KEMAMPUAN SPASIAL MATEMATIS SISWA KELAS XI DALAM MENYELESAIKAN SOAL TRANSFORMASI GEOMETRI DITINJAU DARI KEMAMPUAN MATEMATIKA

SKRIPSI

OLEH

ZAFIRA AL ADILA

NIM. 200108110050

PROGRAM STUDI TADRIS MATEMATIKA

FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

2025

LEMBAR LOGO

KEMAMPUAN SPASIAL MATEMATIS SISWA KELAS XI DALAM MENYELESAIKAN SOAL TRANSFORMASI GEOMETRI DITINJAU DARI KEMAMPUAN MATEMATIKA

SKRIPSI

Diajukan Kepada
Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh

Zafira Al Adila

NIM. 200108110050

PROGRAM STUDI TADRIS MATEMATIKA

FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul "**Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika**" oleh **Zafira Al Adila** ini telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke sidang ujian pada tanggal 10 Oktober 2025

Pembimbing,

Siti Faridah, M.Pd
NIP. 19880618 202321 2 056

Mengetahui,
Ketua Program Studi,

Ulfa Masamah, M.Pd
NIP. 19900531 202012 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **"Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika"** oleh **Zafira Al Adila** ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan **lulus** pada tanggal 24 Oktober 2025.

Dosen Penguji

Dr. Marhayati, M.PMat. — Ketua
NIP. 19771026 200312 2 003

Ulfa Masamah, M.Pd — Penguji
NIP. 19900531 202012 2 001

Siti Faridah, M.Pd — Sekretaris
NIP. 19880618 202321 2 056

Mengesahkan
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan,

Prof. Dr. H. Muhammad Walid, M.A
NIP. 19730823 200003 1 002

NOTA DINAS PEMBIMBING

Siti Faridah, M.Pd
Dosen Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan (FITK)
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

NOTA DINAS PEMBIMBING

Hal : Zafira Al Adila — Malang, 25 Agustus 2025

Lamp : 3 (Tiga) Eksemplar

Yang Terhormat,
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan (FITK)
di
Malang

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Sesudah melakukan beberapa kali bimbingan, baik dari segi isi, bahasa maupun teknik penelitian, dan setelah membaca serta mengoreksi skripsi mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama	:	Zafira Al Adila
NIM	:	200108110050
Program Studi	:	Tadris Matematika
Judul Skrips	:	Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika

maka selaku pembimbing, kami berpendapat bahwa skripsi tersebut sudah layak diajukan untuk diujikan. Demikian, mohon dimaklumi adanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Pembimbing,

Siti Faridah, M.Pd
NIP. 19880618 202321 2 056

iii

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Zafira Al Adila
NIM	: 200108110050
Program Studi	: Tadris Matematika
Judul Skripsi	: Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini merupakan karya saya sendiri, bukan plagiasi dari karya yang telah ditulis atau diterbitkan orang lain. Adapun pendapat atau teman orang lain dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk sesuai kode etik penulisan karya ilmiah dan dicantumkan dalam daftar rujukan. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi ini terdapat unsur-unsur plagiasi, maka saya bersedia untuk diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Malang, 08 Oktober 2025
Hormat saya,

METERAI TEMPEL
307AKX264235744

Zafira Al Adila
NIM. 200108110050

LEMBAR MOTO

وَأَنْ لَيْسَ لِلْإِنسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ

"Dan bahwa manusia tidak memperoleh selain apa yang telah diusahakannya."

QS. An-Najm: 39

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan Rahmat Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang, atas terselesaikannya skripsi ini peneliti persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda Mohammad Khozin, Ibunda Ummi Maisaroh, dan Adik Barra Bintang Al Kamula, serta seluruh keluarga besar dan teman peneliti yang telang mendukung, memotivasi, dan mendoakan peneliti sehingga dapat menyelesaikan studi dan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi rabbil'alamiin, segala puji bagi Allah SWT atas segala berkah, rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya kepada peneliti sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika". Shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan bagi umat manusia.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana di Program Studi Tadris Matematika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Peneliti menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya batuan, dukungan, dan motivasi dari pihak lain. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nurdiana, M.Si., CAHRM., CRMP selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. H. Muhammad Walid, M.A selaku dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ulfa Masamah, M.Pd selaku ketua Program Studi Tadris Matematika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan para dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan sehingga skripsi ini mampu diselesaikan.
4. Siti Faridah, M.Pd selaku dosen pembimbing yang senantiasa mendampingi peneliti, memberikan ilmu, arahan, serta memotivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Sulistya Umie Ruhmana Sari, M.Si selaku dosen wali yang selalu

memberikan arahan dan memotivasi peneliti agar dapat menyelesaikan kuliah dengan baik dan tepat waktu.

6. Dimas Femy Sasongko, M.Pd selaku validator instrumen yang memberikan bimbingan untuk perbaikan skripsi ini.
7. Kepala sekolah dan jajaran guru MAN 1 Jombang, terkhusus kepada Ervingsih Setyorini, M.Pd selaku guru mata pelajaran matematika di kelas XI−F, serta adik-adik kelas XI−F yang telah memberikan kesempatan kepada peneliti untuk melakukan penelitian.
8. Ayah Mohammad Khozin, Ibu Ummi Maisaroh, dan Adik Barra Bintang Al Kamula beserta seluruh keluarga besar peneliti yang telah memberikan dukungan luar biasa baik dari segi material maupun dari segi spiritual kepada peneliti.
9. Seluruh teman-teman di Program Studi Tadris Matematika Angkatan 2020 yang selalu membersamai peneliti hingga tugas akhir.

Peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi peneliti sendiri, serta dapat menjadi referensi demi pengembangan pada arah yang lebih baik. Semoga apa yang telah diperjuangkan mendapatkan keberkahan dan selalu bernilai ibadah di sisi Allah SWT. Amiin

Malang, 7 Oktober 2025

Peneliti

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

ABSTRAK

Adila, Zafira Al, 2025. *Kemampuan Spasial Matematis Siswa dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika*, Skripsi, Program Studi Tadris Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing Skripsi: Siti Faridah, M.Pd.

Kata Kunci: Kemampuan Matematika, Kemampuan Spasial, Menyelesaikan Soal, Transformasi Geometri.

Kemampuan spasial matematis merupakan salah satu kemampuan penting yang harus dimiliki siswa dalam mempelajari geometri, khususnya pada materi transformasi geometri. Namun, pada kenyataannya masih banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep transformasi sehingga berdampak pada rendahnya kemampuan spasial siswa. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri ditinjau dari kemampuan matematika tinggi, sedang, dan rendah.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian studi kasus. Penelitian ini dilaksanakan di MAN 1 Jombang pada kelas XI-F tahun ajaran 2024/2025. Subjek dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Dari hasil seleksi diperoleh 6 siswa yang kemudian dikelompokkan ke dalam tiga kategori kemampuan matematika, yaitu 2 siswa berkemampuan tinggi, 2 siswa berkemampuan sedang, dan 2 siswa berkemampuan rendah melalui hasil tes. Teknik pengumpulan data melibatkan pemberian tes kemampuan transformasi geometri dan wawancara kepada subjek penelitian. Instrument utama penelitian ini adalah peneliti sendiri yang dibantu dengan instrument pendukung lainnya berupa lembar tes kemampuan spasial matematis dan lembar pedoman wawancara. Analisis data dilakukan melalui tahap reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Keabsahan data ini menggunakan triangulasi metode.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa siswa dengan kemampuan matematika tinggi mampu memenuhi sembilan indikator kemampuan spasial matematis dalam menyelesaikan soal transformasi geometri. Sedangkan siswa dengan kemampuan matematika sedang mampu memenuhi empat indikator kemampuan spasial. Adapun siswa dengan kemampuan matematika rendah hanya mampu memenuhi satu indikator, yaitu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan konsep matriks. Hal tersebut menunjukkan bahwa siswa dengan kemampuan rendah masih memiliki keraguan dan kesulitan dalam kemampuan spasialnya.

ABSTRACT

Adila, Zafira Al, 2025. Mathematical Spatial Ability of Grade XI Students in Solving Geometry Transformation Material Problems Reviewed from Mathematical Ability, Thesis, Mathematics Education Study Program, Faculty of Tarbiyah and Keguruan Sciences, Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang. Thesis Supervisor: Siti Faridah, M.Pd.

Keywords: *Mathematical Ability, Spatial Ability, Problem Solving, Geometry Transformation.*

Spatial mathematical ability is one of the essential skills that students must possess in learning geometry, particularly in the topic of geometric transformations. However, in reality, many students still face difficulties in understanding the concept of transformations, which affects their spatial ability. Therefore, the purpose of this research is to describe students' spatial mathematical ability in solving geometry transformation problems in terms of high, medium, and low levels of mathematical ability.

This research employed a qualitative approach with a case study research design. This research was conducted at MAN 1 Jombang in class XI-F for the academic year 2024/2025. Subjects were selected using *purposive sampling* techniques. From the selection process, 6 students were chosen and then categorized into three levels of mathematical ability, namely 2 students with high ability, 2 students with medium ability, and 2 students with low ability based on test results. Data collection techniques involved administering a geometry transformation ability test and conducting interviews with the research subjects. The main instrument of this study is the researcher themselves, supported by other instruments such as the mathematical spatial ability test sheets and interview guide sheets. Data analysis was carried out through data reduction, data presentation, and conclusion drawing. The validity of the data was ensured through methodological triangulation.

The results of this study indicate that students with high mathematical ability are able to fulfill nine indicators of spatial ability. While students with medium mathematical ability are able to fulfill four indicators of spatial ability. Meanwhile, students with low mathematical ability are only able to fulfill one indicator, namely solving geometric transformation problems of an object related to the concept of matrices. This show that students with low abilities still have doubts and difficulties in their spatial abilities.

مستلص البحث

عادلة، ظفيرة آل، ٢٠٢٥. القدرة الرياضية المكانية للطلاب في حل مسائل التحويلات الهندسية، مراجعة من "القدرات الرياضية"، رسالة ماجستير، برنامج دراسات تعليم الرياضيات، كلية التربية وتدريب المعلمين، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. مشرف الرسالة: سيتي فريدة، ماجستير في التربية.

الكلمات المفتاحية:القدرة الرياضية، القدرة المكانية، التحويل الهندسي، حل المشكلات

تُعدّ القدرة الرياضية المكانية من المهارات المهمة التي يجب أن يمتلكها الطلاب في تعلم الهندسة، وخاصةً في مادة التحويلات الهندسية. ومع ذلك، في الواقع، لا يزال العديد من الطلاب يواجهون صعوبات في فهم مفهوم التحويل، مما يؤثر على قدرتهم المكانية المنخفضة. لذلك، تهدف هذه الدراسة إلى وصف قدرة الطلاب الرياضية المكانية في حل مسائل التحويلات الهندسية من حيث القدرة الرياضية العالية والمتوسطة والمنخفضة.

تستخدم هذه الدراسة نهجًا نوعيًا بنوع بحث وصفي. أجريت هذه الدراسة في المدرسة الثانوية الإسلامية الحكومية (مدرسة عليا إسلامية حكومية) رقم ١ جومبانغ في الصف الحادي عشر . الشعبة (و) في العام الدراسي٢٠٢٤/ ٢٠٢٥ .وقد تم اختيار موضوعات البحث من متوسط نتائج تعلم الطلاب التي تم الحصول عليها من الاختبارات اليومية واختبارات منتصف الفصل الدراسي واختبارات نهاية الفصل الدراسي بالإضافة إلى توصيات معلمي الرياضيات مع مراعاة مهارات التواصل لدى الطلاب مع الباحثين.تم اختيار المشاركين باستخدام اسلوب العينة العمية. وتضمنت تقنيات جمع البيانات إدارة اختبارات القدرة على التحويل الهندسي والمقابلات مع موضوعات البحث. وكانت الاداة الرئيسية لهذا البحث هي البحث نفسه بمساعدة ادواة داعمة اخرى في شكل اوراق اختبارة القدرة المكانية الرياضية واوراق دليل المقابلة. وتم إجراء تحليل البيانات من خلال مراحل اختزال البيانات وعرض البيانات واستخلاص النتائج. واستخدمت طرق التثليث للتحقق من صحة هذه البيانات.

تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن الطلاب ذوي القدرات الرياضية العالية قادرون على استيفاء تسعة مؤشرات للقدرة المكانية في حل مسائل التحيلات الهندسية. بينما يستطيع الطلاب ذوو القدرات الرياضية المتوسة استيفاء اربعة مؤشرات للقدرة الرياضية المكانية. في المقابل, لا يستطيع الطلاب ذوو القدرات الرياضية المنخفضة استيفاء سوى مؤشر واحد, وهو حل مسائل التحويلات الهندسية لجسم يتعلق بمفهوم المصفوفات. وهذا يدل على ان الطلاب ذوي القدرات المنخفضة لايزالون يواجهون شكوكا وصعوبات في قدراتهم المكانية.

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi Arab-Latin dalam proposal skripsi ini menggunakan pedoman transliterasi berdasarkan Keputusan bersama Menteri Agama RI dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI no. 158 tahun 1987 dan no. 0543 b/U/1987 yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

A. Huruf

ا	=	a	ز	=	z	ق	=	q
ب	=	b	س	=	s	ك	=	k
ت	=	t	ش	=	sy	ل	=	l
ث	=	ts	ص	=	sh	م	=	m
ج	=	j	ض	=	dl	ن	=	n
ح	=	h	ط	=	th	و	=	w
خ	=	kh	ظ	=	zh	ه	=	h
د	=	d	ع	=	’	ء	=	,
ذ	=	dz	غ	=	gh	ي	=	y
ر	=	r	ف	=	f			

B. Vokal Panjang

Vokal (a) panjang = â

Vokal (i) panjang = î

Vokal (u) panjang = û

C. Vokal Diftong

أو = aw

أي = ay

أو = û

إي = î

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada Undang-Undang Republik Indonesia No 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional yang menjelaskan bahwa pendidikan merupakan suatu kegiatan yang telah direncanakan untuk menjadikan suasana belajar dan proses pembelajaran supaya siswa dapat aktif dalam mengembangkan potensi yang terdapat dalam dirinya agar dapat memiliki jiwa yang spiritual keagamaan, kecerdasan, kepribadian, akhlak mulia, pengendalian diri, serta keterampilan yang ditujukan untuk dirinya sendiri, masyarakat, bangsa, dan juga negara. Ghufron, (2017) menjelaskan bahwa "pendidikan adalah kegiatan yang dilakukan untuk meningkatkan suatu kemampuan pribadi manusia supaya dapat menentukan dan memilih kehidupannya tanpa bergantung kepada orang lain".

Pendidikan sendiri pada umumnya bertujuan untuk mempersiapkan individu yang mampu membentuk manusia dengan wawasan yang luas dan berpikir yang kreatif. Siswa yang mempunyai kemampuan dalam menyelesaikan masalah dengan baik akan mampu untuk berusaha dalam mencari alternatif penyelesaian dari masalah yang sedang dihadapi. Selain itu, siswa juga dapat mempertimbangkan berbagai macam solusi yang berbeda untuk masalah seperti berpikir kritis tentang matematika, dan menggunakan matematika dalam kehidupan sehari-hari (Purborini, 2019). Pada setiap tingkat pendidikan yang terdapat di negara Indonesia seperti sekolah dasar, sekolah menengah pertama, sekolah menengah atas hingga seterusnya terdapat satu mata pelajaran yang wajib dipelajari oleh siswa. Mata Pelajaran ini akan diajarkan oleh guru yang mempunyai nilai penting, yang kemudian berguna untuk kehidupan sehari-hari baik dari segi agama maupun sains yaitu matematika.

Nasution (1982) menjelaskan kata matematika merupakan perkembangan dari kata yunani yaitu *mathein* atau *mantheneini* yang mempunyai arti mempelajari. Dalam bahasa Belanda, matematika sendiri disebut dengan *wiskunde* yang artinya ilmu tentang belajar. Maka dari itu, matematika merupakan suatu mata pelajaran yang harus dipelajari oleh semua siswa di sekolah karena perannya yang penting dalam memajukan ilmu sains. Selain itu juga, karena matematika merupakan ilmu dasar bagi disiplin ilmu lainnya dalam melatih kemampuan orang berpikir yang lebih tinggi.

Dalam mata pelajaran matematika terdapat beberapa materi antara lain aljabar, fungsi, analisis, statistika, dan geometri. Materi geometri merupakan salah satu ilmu matematika yang membahas tentang titik, garis, bidang, ruang, dan mempunyai kaitan dengan ilmu yang lainnya (Murdani, 2013). Kartono (2015) yang disesuaikan dengan sudut pandang psikologi, geometrti adalah ilmu yang menyajikan tentang sebuah abstrak dari pengalaman yang nyata atau dari penca indra dan spasial, seperti bidang, pengukuran, pemetaan, dan pola. Ilmu geometri juga mengembangkan pengetahuan tentang ruang (spasial), kemampuan bernalar, intuisi geometri, argumentasi, pembuktian teorema, dan visualisasi. (Murdan, 2013). Paradesa (2016) menyatakan bahwa perspektif geometri dalam ilmu matematika berisi tentang pendekatan mengenai pemecahan masalah, seperti diagram, gambar-gambar, system kordinat, vektor dan juga transformasi. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa transformasi geometri merupakan cabang dari geometri

Transformasi geometri adalah cabang dari geometri yang menjelaskan tentang suatu perubahan posisi dan ukuran pada benda atau objek pada bidang geometri seperti pencerminan (refleksi), pepergeseran (translasi), perubahan skala atau peregangan (dilatasi), garis, titik, maupun kurva dan perputaran (rotasi). Dengan kata lain, transformasi geometri merupakan sebuah proses yang mengubah setiap titik pada bidang koordinat menjadi titik koordinat pada bidang tertentu lainnya (Satriawati, 2025). Selain itu, di dalam materi transformasi geometri sangat berkaitan dengan kehidupan nyata seperti pembuatan karya-karya seni, desain arsitektur, bidang optik, otomatif, fotografi, dan lain sebagainya. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa transformasi geometri menunjukkan pada bagaimana bangun-bangun dapat berubah kedudukan serta ukurannya sesuai dengan aturan tertentu yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari. Namun, masih banyak siswa yang mengalami hambatan dalam menyelesaikan soal transformasi geometri. Selain itu, pada penelitian milik Mulyadi (2015) juga menjelaskan bahwa persentase siswa dalam kemampuan spasial matematika berupa adanya kesulitan dalam mengubah dan memberikan hasil akhir pada objek transformasi geometri. Oleh karena itu, transformasi geometri mempunysi peran yang sangat penting dalam kemampuan spasial matematis siswa.

Harahap (2018) menjelaskan bahwa kemampuan spasial ialah bagian dari kemampuan yang menjadi kompetensi dasar bagi siswa untuk mempelajari konsep geometri di sekolah. Selain itu, terdapat juga salah satu faktor yaitu berupa faktor perbedaan kemampuan spasial yang dimiliki siswa. Kemampuan spasial ini merupakan suatu konsep abstrak yang berkaitan dengan pemahaman, merotasi, membandingkan, menentukan, menduga, serta menetapkan informasi yang berasal dari stimulus visual dalam konteks ruang. Salah satu standar tujuan diberikannya materi geometri di sekolah ialah supaya siswa memiliki kemampuan dalam menggunakan visualisasi, mempunyai kemampuan spasial, serta pemodelan geometri untuk menyelesaikan suatu soal. Ristontowi (2013) kemampuan spasial merupakan kemampuan untuk menerima secara langsung serta memahami sesuatu dengan menggunakan panca indra, khususnya mata. Hal ini karena mata dapat melihat warna yang bermacam-macam dan juga ruang yang berbeda-beda. Selain itu, mata juga mampu untuk mengubah atau mentransformasi seperti mengubah bentuk suatu benda yang dilihat oleh mata kedalam bentuk yang lain, contohya adalah mencermati, merekam, memberikan pandangan ke dalam pikiran lalu menjadikan rekaman dan pandangan tersebut menjadi sketsa, lukisan dan kolase.

Dari penjelasan di atas, kemampuan tersebut perlu dipelajari dan dikuasai oleh semua siswa untuk mempelajari geometri. Akan tetapi, pada kenyataannya kemampuan spasial yang dimiliki siswa pada saat ini masih tergolong lemah. Hal tersebut dibuktikan melalui hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kariadinata (2008) yang menyatakan bahwa masih banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep geometri yang memerlukan visualisasi untuk memecahkan masalah. Disini juga terlihat bahwa siswa juga mengalami kesulitan dalam membentuk bangun ruang geometri, dan menunjukkan rendahnya tingkat kemampuan matematika siswa dalam penyelesaian masalah (Ristontowi, 2013).

Kemampuan matematika siswa yang terdapat dalam penelitian ini yaitu berupa kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal-soal matematika yang diukur dari perolehan skor. Perolehan skor tersebut diperoleh dari tes matematika yang diberikan ke siswa yang sebelumnya sudah tervalidasi oleh guru mata pelajaran matematika. Setelah itu, dari skor tersebut kemampuan matematika siswa dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kelompok tinggi, kelompok sedang, dan juga kelompok rendah. Setiap kelompok akan dianalisis berdasarkan indikator kemampuan spasial. Selain itu terdapat juga beberapa faktor-faktor yang menyebabkan kurangnya kemampuan spasial para siswa, seperti siswa kurang bereksplorasi, guru kurang mengetahui kemampuan para siswa yang berbeda-beda, kesulitan dalam pembelajaran geometri, dan kecilnya minat siswa terhadap mata pelajaran matematika (Zummrohtul, 2020).

Dalam studi pendahuluan yang telah dilaksanakan oleh peneliti di MAN 1 Jombang pada tanggal 22 Mei 2023, peneliti memperoleh informasi dari guru matematika, bahwa ternyata masih banyak siswa yang mempunyai kesulitan dalam memahami pelajaran matematika khususnya pada materi transformasi. Maka untuk kepentingan perbandingan, penulis melakukan wawancara kepada beberapa siswa terkait dengan pembelajaran matematika khususnya pada materi transformasi geometri. Dari wawancara yang sudah dilakukan, penulis mendapatkan informasi bahwa penyebab dari ketidakpahaman siswa akan materi yang disampaikan oleh guru ialah karena ketika siswa diminta untuk menyelesaikan soal matematika terkait dengan materi transformasi pada bidang kartesius. Siswa lebih cenderung untuk memahami contoh soal yang dijelaskan oleh guru tanpa memahami konsep terlebih dahulu. Hal ini tentunya membuat siswa tidak mampu untuk memahani maksud dari setiap soal yang diberikan oleh guru.

Berdasarkan paparan di atas, maka peneliti mempunyai ketertarikan untuk melakukan penelitian yang berjudul “Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan

Matematika”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dengan kemampuan matematika tinggi dalam menyelesaikan soal transformasi geometri?
2. Bagaimana kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dengan kemampuan matematika sedang dalam menyelesaikan soal transformasi geometri?
3. Bagaimana kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dengan kemampuan matematika rendah dalam menyelesaikan soal transformasi geometri?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk menjelaskan dan mendeskripsikan kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dengan kemampuan matematika tinggi dalam menyelesaikan soal transformasi geometri.
2. Untuk mengetahui dan mendeskripsikan kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dengan kemampuan matematika sedang dalam menyelesaikan soal transformasi geometri.
3. Untuk mendeskripsikan dan menjelaskan kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dengan kemampuan matematika rendah dalam menyelesaikan soal transformasi geometri.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini apabila ditinjau dari hasil yang akan dicapai adalah:

1. Manfaat secara teoritis

a. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat pada dunia pendidikan dan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis dalam pembelajaran matematika.

b. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tentang kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri untuk penelitian selanjutnya.

c. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai khazanah dalam ilmu penelitian.

2. Manfaat secara praktis

a. Bagi guru-guru, hasil penelitian ini dapat menjadi sumbangsih ilmiah dalam rangka memberi bimbingan pembelajaran terhadap siswa di MAN 1 Jombang.

b. Bagi lembaga, hasil dari penelitian ini dapat menjadi masukan untuk lembaga pendidikan tentang kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dalam menyelesaikan soal transformasi geometri ditinjau dari kemampuan matematika.

c. Bagi prodi (Tadris Matematika) hasil dari penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk pengembangan ilmu kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dalam menyelesaikan soal transformasi geometri ditinjau dari kemampuan matematika.

d. Bagi peneliti, hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui secara langsung bagaimana kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dalam menyelesaikan soal transformasi geometri ditinjau dari kemampuan matematika.

E. Orisinalitas Penelitian

Orisinalitas penelitian mengungkapkan mengenai perbedaan dan persamaan dalam kajian antara peneliti dengan beberapa peneliti terdahulu (*literature review*). Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk menghindari adanya peristiwa ter-ulangnya kajian terhadap hal yang sama. Seperti pada metode, media, atau kajian data yang telah diungkap oleh peneliti sebelumnya. Dengan demikian peneliti menyadari secara penuh bahwasannya kajian yang membahas tentang kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dalam menyelesaikan masalah transformasi geometri ini tidak sedikit dan bukan yang pertama kali. Dalam hal ini peneliti akan memperlihatkan dan menjelaskan dalam bentuk tabel dengan tujuan supaya mempermudah untuk dipahami oleh pembaca. Berikut merupakan beberapa peneliti terdahulu yang digunakan sebagai perbandingan pada penelitian ini:

1. Penelitian yang dilakukan Intan Nur Azizah, 2022 dengan judul "Analisis Kemampuan Spasial Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal Matematika dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Materi Dimensi Tiga Kelas XII IPA 2 SMAN Pakusari Kabupaten Jember". Hasil penelitiannya bertujuan untuk mendeskripsikan tentang tingkat kemampuan spasial siswa dalam menyelesaikan soal STEM materi dimensi tiga yang dikelompokkan menjadi 3 bagian tingkat kemampuan spasial yaitu, kemampuan spasial tingkat tinggi, sedang, dan rendah.
2. Fikri Halim, 2020, dengan judul "Kemampuan Spasial Matematis Siswa Ditinjau dari Minat Belajar Melalui Model *Team Assisted Individualization* Berbantuan Geogebra". Penelitian tersebut mempunyai persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Persamaan dari kedua penelitian yaitu penelitian mengenai kemampuan spasial matematis siswa. Sedangkan perbedaannya adalah pemilihan subjek yang diambil ditinjau dari minat belajarnya. sedangkan penelitian yang akan dilakukan untuk pengambilan subjek ditinjau dari kemampuan matematikannya.
3. Kamila Ismi, 2021, skripsi yang berjudul "Analisis Kemampuan Spasial Matematis Siswa ditinjau dari Perbedaan Gender". Hasil penelitiannya memiliki persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Adapun persamaannya yaitu penelitian meliputi tentang kemampuan spasial matematis siswa. Kemudian perbedaannya adalah pengambilan subjek ditinjau dari perbedaan gender. Sedangkan penelitian yang akan dilakukan untuk pengambilan subjek ditinjau dari kemampuan matematika.

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian

No	Nama Penliti, Judul, dan Tahun Terbit	Persamaan	Perbedaan	Orisinalitas Penelitian
1.	Intan Nur Azizah, Analisis Kemampuan Spasial Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal Matematika dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Materi Dimensi Tiga Kelas XII IPA 2 SMAN Pakusari Kabupaten Jember, Skripsi, 2022.	1. Topik penelitian terkait kemampuan spasial siswa.	1. Menggunakan pendekatan STEM.	1. Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika. 2. Memiliki fokus penelitian pada penggabungan kemampuan spasial matematis siswa dengan kemampuan matematika. 3. Metode yang digunakan yaitu kualitatif deskripstif.
2	Fikri Halim, Kemampuan Spasial Matematis Siswa Ditinjau dari Minat Belajar Melalui Model *Team Assisted Individualization* Berbantuan Geogebra, Skripsi, 2020.	1. Topik penelitian terkait tentang kemampuan spasial matematis siswa.	1. Pengambilan subjek yang diambil ditinjau dari minat belajar.	
3	Kamila Ismi, Analisis Kemampuan Spasial Matematis Siwa ditinjau dari Perbedaan Gender di SMP Negeri 2 Praya, Skripsi, 2021.	1. Topik penelitian terkait kemampuan spasial siswa.	1. Pengambilan subjek ditinjau dari perbedaan gender	

F. Definisi Istilah

1. Kemampuan

Kemampuan dapat diartikan sebagai kecakapan yang dimiliki setiap individu seseorang dalam menyelesaikan tugas ataupun pekerjaan yang dikerjakan dengan adanya berbagai faktor daya serap yang dimiliki dalam dirinya.

2. Kemampuan Spasial

Kemampuan spasial adalah keterampilan berpikir visual yang dimiliki seseorang untuk mempresentasikan, mempertahankan, mentransformasi, dan mengubah gambar visual yang terstruktur dengan baik. Hal tersebut melibatkan kemampuan untuk memvisualisasikan bagaimana objek geometri dapat berubah saat mengenai transformasi geometri.

3. Kemampuan Spasial Matematis

Kemampuan spasial matematis merupakan kompetensi yang dimiliki oleh siswa untuk memahami, memanipulasi, dan memvisualisasikan pada suatu objek. Selain itu, kemampuan spasial matematis melibatkan pemahaman siswa pada konsep-konsep geometri, hubungan antar objek, dan representasi visual dalam konteks matematika.

4. Kemampuan Matematika

Kemampuan matematika adalah kapasitas individu untuk memahami konsep, menerapkan prosedur, dan menggunakan penalaran logis dalam memecahkan permasalahan.

5. Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri

Memperoleh penyelesaian atau solusi dari suatu soal yang berkaitan dengan perubahan posisi, bentuk, atau ukuran bangun pada bidang koordinat dengan menggunakan pengetahuan dan konsep transformasi geometri yang dimiliki.

6. Transformasi Geometri

Transormasi geometri adalah suatu konsep dalam matematika yang mencakup proses matematis untuk mengubah letak, bentuk, atau ukuran suatu objek geometris dalam ruang dua dimensi atau tiga dimensi. Dalam penelitian ini materi transformasi geometri yang dibahas berpa translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi.

G. Sistematika Penulisan

1. Bab I Pendahuluan, merupakan bagian pertama yang akan berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, orisinalitas penelitian, definisi istilah, dan juga sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka, merupakan bagian kedua yang berisi teori-teori yang relevan dengan penelitian serta kerangka konseptual yang digunakan.
3. Bab III Metode Penelitian, merupakan bagian yang menjelaskan tentang jenis penelitian, lokasi penelitian, kehadiran peneliti, subjek penelitian, data dan sumber data, instrumen penelitian, teknik pengumpulan data, pengecekan keabsahan data, analisis data, serta prosedur penelitian.
4. Bab IV menjelaskan paparan data dan hasil penelitian yang mencakup data penelitian serta analisis kesalahan peneliti terhadap subjek penelitian.
5. Bab V adalah memberikan penjelasan atas temuan penelitian yang diperoleh selama penelitian.
6. Bab VI yakni penutup yang memuat kesimpulan dan saran atau rekomendasi dari penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Kemampuan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kemampuan berasal dari kata "mampu" yang berarti kuasa (bisa, sanggup, melakukan suatu, dapat). Kemampuan merupakan suatu kesanggupan dalam melakukan sesuatu. Secara umum kemampuan diartikan sebagai kecakapan atau kesanggupan seseorang dalam menyelesaikan atau menyanggupi suatu pekerjaan. Artinya, kemampuan bukan hanya sekedar bisa melakukan sesuatu, tetapi juga mencakup kesiapan, keterampilan, kecakapan dalam melaksanakan tugas dengan baik.

Stephen P. Robbins (1998) menyatakan bahwa kemampuan adalah kapasitas yang dimiliki individu untuk menyelesaikan berbagai tugas dalam suatu pekerjaan. Secara umum, kemampuan seseorang terbentuk dari dua faktor utama, yaitu kemampuan intelektual dan kemampuan fisik. Kemampuan intelektual yakni kemampuan yang diperlukan untuk melakukan kegiatan atau pekerjaan yang berkaitan dengan aktifitas mental. Sedangkan kemampuan fisik berhubungan dengan tenaga dan keterampilan dalam melakukan berbagai kegiatan. Terdapat enam macam tentang kemampuan intelektual yaitu: kemampuan numeris, pemahaman verbal, kecepatan perseptual, penalaran deduktif, penalaran induktif, dan visualisasi ruang. Berdasarkan pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa kemampuan adalah kecakapan yang dimiliki setiap individu dalam menyelesaikan tugas ataupun pekerjaan yang dikerjakan dengan adanya berbagai faktor daya serap yang dimiliki dalam dirinya.

2. Kemampuan Spasial

Kemampuan spasial merupakan kemampuan untuk mempresentasikan, mempertahankan, mentransformasi, dan mengubah gambar visual yang terstruktur dengan baik. Kemampuan spasial dipandang sebagai jenis kemampuan atau kecerdasan yang unik dan berbeda dari kemampuan lain. Hal tersebut di karenakan, kemampuan spasial dianggap sebagai kemampuan yang sangat penting untuk keberhasilan menyelesaikan suatu masalah dalam berbagai hal dalam kehidupan sehari-hari.

Piaget (1967) mengemukakan bahwa kemampuan spasial merupakan suatu konsep abstrak yang mencakup beberapa aspek, antara lain: hubungan spasial (kemampuan melihat keterkaitan posisi objek dalam ruang), kerangka acuan (patokan atau tanda untuk menentukan letak objek dalam ruang), konservasi jarak (kemampuan untuk memperkirakan jarak antara dua titik), representasi spasial (mempresentasikan hubungan spasial dengan memanipulasi secara kognitif), dan rotasi mental (membayangkan perputaran objek dalam ruang).

Terdapat ciri-ciri dari kemampuan spasial yaitu: memberikan gambaran visual yang jelas saat mengerjakan sesuatu, mudah untuk membaca peta atau diagram, mampu untuk menggambar benda mirip dengan aslinya, mencoret-coret di atas kertas atau buku tugas sekolah, dan mendalami informasi lewat gambar daripada kata-kata atau uraian. Ciri-ciri tersebut berkaitan dengan tiga indikator utama kemampuan spasial, yaitu *mental rotation*, *spatial visualisation*, dan *spatial orientation*. *Mental rotation* mencerminkan kemampuan siswa dalam membayangkan perputaran suatu objek dalam ruang, *spatial visualisation* menggambarkan kemampuan untuk membentuk dan memanipulasi citra visual dalam pikiran, sedangkan *spatial orientation* menunjukkan kemampuan menentukan posisi atau arah suatu objek terhadap diri sendiri maupun terhadap objek lain.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa kemampuan spasial merupakan suatu kemampuan yang dimiliki oleh siswa untuk memahami dan memanipulasi objek geometri yang menentukan perubahan posisi, ukuran, ataupun bentuknya dalam ruang. Hal tersebut melibatkan kemampuan untuk memvisualisasikan bagaimana objek geometri dapat berubah saat mengenai transformasi geometri.

3. Kemampuan Spasial Matematis

Kemampuan spasial matematis merupakan kemampuan seseorang untuk memvisualisasi atau menciptakan gambar dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi. Pada dasarnya kemampuan spasial membutuhkan sebuah proses didalam pemikiran manusia yang berfungsi untuk merangsang pemahaman dan penalaran logis disaat menyelesaikan masalah transformasi geometri. Siswa yang dibekali kemampuan spasial dapat mudah mengkonversi objek dengan benar saat objek tersebut ditransformasi.

Wahyudin (2023) mengatakan bahwa kemampuan berpikir spasial siswa merupakan keterampilan yang berkaitan dengan posisi antar unsur dalam suatu bangun ruang, memvisualisasikan gambar yang terdapat di dalamnya, termasuk mengenali bentuk serta objek secara tepat, melakukan manipulasi objek dalam pikiran, dan memahami perubahan yang terjadi pada objek tersebut. Semakin baik kemampuan spasial seorang siswa, maka semakin mudah pula ia dalam memahami konsep-konsep teori pada pembelajaran matematika. Selain itu, dengan adanya kemampuan spasial, siswa yang mengalami kesulitan dalam mengungkapkan ide-ide matematika ke dalam simbol-simbol formal akan lebih terbantu karena dapat menyajikannya dalam bentuk gambar sehingga proses pemecahan masalah menjadi lebih mudah.

Lowrie (2016) mengatakan bahwa kemampuan spasial secara umum dibagi menjadi tiga komponen yaitu: *mental rotation*, *spatial orientation*, dan *spatial visualitation*. Adapun penjelasan tiap-tiap indikator kemampuan spasial sebagai berikut:

1. Rotasi Pikiran *Mental Rotation*

Rotasi pikiran mencakup kemampuan merotasikan suatu bangun ruang secara cepat dan tepat. Rotasi mental dapat dikatakan sebagai kemampuan untuk membayangkan bagaimana suatu objek akan tampak dalam orientasi yang berbeda (Frick, 1971). Rotasi pikiran merupakan kemampuan siswa untuk mengkonversikan objek dan menentukan objek yang tepat setelah diputar.

2. Visualisasi Keruangan *Spatial Visualisation*

Visualisasi keruangan sebagai kemampuan untuk membayangkan atau membayangkan gambar tentang suatu bangun ruang yang bagian-bagian terdapat perubahan atau perpindahan. Lohman (1980), kategori visualisasi keruangan mencakup berbagai tugas yang berkaitan dengan komponen spasial-figural, seperti pergerakan maupun perpindahan bagian dari suatu gambar.

3. Orientasi Keruangan *Spatial Orientation*

Orientasi keruangan merupakan kemampuan untuk mencari pedoman sendiri secara fisik atau mental di dalam ruang. Lohman (1980) menjelaskan bahwa orientasi spasial mencakup kemampuan seseorang dalam membayangkan suatu objek dari sudut pandang yang berbeda melalui proses reorientasi pengalaman. Oleh sebab itu, pengembangan kemampuan orientasi spasial pada siswa dianggap penting sebagai upaya untuk meningkatkan prestasi siswa dalam bidang matematika.

Sub indikator kemampuan spasial pada penelitian ini disusun berdasarkan kompetensi dasar dan tahapan kemampuan spasial disajikan pada tabel sebagai berikut. Peneliti mengadopsi indikator yang dikembangkan oleh Rahmanu (2022) berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Lowrie (2016).

Tabel 2.1 Indikator Kemampuan Spasial

Komponen Kemampuan Spasial	Kompetensi Dasar	Indikator
Mental Rotation	Menganalisis dan membandingkan transformasi dan komposisi transformasi dengan menggunakan metode matriks.	1. Siswa mampu menentukan bentuk bayangan dari suatu objek 2. Siswa mampu memanipulasi objek dengan transformasi yang benar. 3. Siswa mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menenemukan koordinat titik atau fungsi setelah di transformasikan. 4. Siswa mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi

Lanjutan Tabel 2.1 Indikator Kemampuan Spasial

Komponen Kemampuan Spasial	Kompetensi Dasar	Indikator
Spatial visualisation	Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan matriks transformasi geometri (translasi, refeksi, dilatasi, dan rotasi)	5. Siswa mampu untuk menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks. 6. Siswa mampu menentukan bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan. 7. Siswa mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek berkaitan dengan konsep matriks
Spatial Orientation		8. Siswa mampu menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius 9. Siswa mampu menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan.

4. Kemampuan Matematika

Kemampuan matematika merupakan salah satu aspek penting dalam proses pembelajaran untuk memahami konsep dan menerapkan konsep serta prosedur matematika dalam memecahkan masalah secara logis dan kreatif. Karsenty (2020) menjelaskan bahwa kemampuan matematika bukanlah kemampuan tunggal, melainkan suatu keterampilan yang saling berkaitan seperti: berpikir logis, mengenali pola, menerapkan struktur dalam konteks pemecahan masalah. Hal tersebut menegaskan bahwa kemampuan matematika tidak hanya mencakup penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan untuk mengevaluasi proses berpikir.

Krutetskii (1976) mengemukakan bahwa kemampuan matematika adalah kemampuan seseorang untuk berpikir secara matematis, memahami struktur hubungan di dalam konsep, serta mentransfer pengetahuan tersebut dalam situasi baru. krutetskii menekankan bahwa kemampuan matematika meliputi kemampuan memahami hubungan kuantitatif dan spasial, berpikir logis, serta melakukan generalisasi berdasarkan pola dan prinsip matematika yang telah diketahui. Dengan demikian, siswa yang memiliki kemampuan matematika yang baik tidak hanya mampu menghitung, tetapi juga memahami makna di balik setiap operasi dan relasi matematis yang dilakukannya.

Dalam konteks penelitian ini, kemampuan matematika difokuskan pada kemampuan siswa untuk memahami dan menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan transformasi geometri, seperti translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi, yang menuntut integrasi antara kemampuan berpikir matematis dan kemampuan spasial dalam memahami perubahan bentuk dan posisi suatu objek. Selain itu, kemampuan matematika siswa dalam penelitian ini diukur melalui hasil belajar yang diperoleh dari Penilaian Harian (PH), Penilaian Tengah Semester (PTS) ganjil, dan Penilaian Akhir Semester (PAS) ganjil. Hasil penilaian tersebut digunakan untuk mengelompokkan siswa berdasarkan tingkat kemampuan matematikannya tinggi, sedang, dan rendah sehingga dapat dianalisis lebih lanjut keterkaitannya dengan kemampuan spasial dalam menyelesaikan soal transformasi geometri.

5. Menyelesaikan Soal

Dalam pembelajaran matematika, kemampuan spasial memiliki peran penting ketika siswa diminta untuk menyelesaikan soal, khususnya yang berkaitan dengan geometri. Kemampuan spasial adalah kemampuan untuk memahami, memanipulasi, dan membayangkan objek beserta posisinya di ruang dua dimensi maupun tiga dimensi (Harahap, 2018). Soal yang memerlukan kemampuan spasial biasanya melibatkan pengamatan bentuk, ukuran, posisi, arah, dan hubungan antarbangun.

Ristontowi (2013), soal dapat dikategorikan sebagai soal spasial apabila penyelesaiannya membutuhkan visualisasi atau pembayangan bentuk; serta keterampilan mengubah representasi objek dari satu bentuk ke bentuk lain. Siswa yang memiliki kemampuan spasial yang baik akan lebih mudah memahami permasalahan yang memerlukan penggambaran atau pembayangan posisi bangun; misalnya, pada materi transformasi geometri, bangun ruang, atau peta. Sebaliknya, siswa dengan kemampuan spasial rendah seringkali mengalami kesulitan dalam membayangkan posisi dan bentuk objek, sehingga membutuhkan waktu lebih lama dalam menentukan langkah penyelesaian soal (Kariadinata, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kemampuan spasial siswa memengaruhi ketepatan dan efisiensi siswa dalam menyelesaikan soal matematika yang melibatkan bentuk dan ruang. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemampuan spasial sangat berkaitan dengan keberhasilan siswa dalam menyelesaikan soal geometri, karena keterampilan ini membantu siswa memahami informasi visual, dan menghubungkannya dengan konsep matematika (Murdani, 2013).

6. Konsep Transformasi Geometri

Transformasi geometri adalah salah satu cabang geometri yang mempelajari perubahan posisi maupun bentuk suatu objek geometri sebagai akibat dari pergeseran (translasi), pencerminan (refleksi), perputaran (rotasi), perubahan skala atau perbesaran (dilatasi), serta kombinasi dari transformasi-transformasi tersebut. Sudrajat (2015) mengatakan bahwa transformasi geometri merupakan pemetaan bijektif dari suatu titik pada bidang ke titik lain pada bidang yang sama. Transformasi tidak hanya berlaku pada titik tapi dapat juga pada kumpulan titik (garis atau bidang tertentu.

Transformasi T di bidang datar adalah pemetaan titik di bidang yang sama. Jika titik (x, y) ditransformasikan menjadi (x', y') oleh transformasi T, maka ditulis : $(x, y) \to (x', y')$. Transformasi tersebut yang dinamakan dengan transformasi geometri. Dalam penelitian ini, materi transformasi yang digunakan yaitu pergeseran (translasi), pencerminan (refleksi), perputaran (rotasi), dan perubahan skala atau peregangan (dilatasi) yang akan diuraikan sebagai berikut:

1. Pergeseran (Translasi)

Translasi atau pergeseran merupakan transformasi yang memindah titik pada bidang dengan arah dan jarak tertentu. Jika titik $A(x, y)$ ditranslasikan oleh T= (a, b), akan diperoleh bayangan $A'(x', y')$ dengan $A' = x + a$ dan $y' = y + b$ atau dapat ditulis sebagai berikut

$$A(x, y) \xrightarrow{T(a,b)} A'(x + a, y + b)$$

Matriks transformasi yang bersesuaian dengan translasi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

2. Pencerminan (Refleksi)

Perpindahan suatu objek geometri dengan jarak yang sama antara titik awal dan titik perpindahan cermin dikenal sebagai refleksi atau pencerminan (Roebyanto, 2014). Dalam konteks refleksi atau pencerminan, terdapat garis *l* yang disebut sebagai garis refleksi karena garis tersebut tegak lurus terhadap ruas garis AA' dan membaginya menjadi dua bagian yang sama besar ketika titik A dipantulkan di atasnya sehingga menghasilkan bayangan A' (Kristanto, 2022).

Tabel 2.2 Rumus Refleksi

Garis Refleksi	**Pemetaan**	**Matriks Transformasi**
Sumbu x	$A(x,y) \xrightarrow{sb\ x} A'(x,-y)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Sumbu y	$A(x,y) \xrightarrow{sb\ y} A'(-x,y)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Titik pusat $O(0,0)$	$A(x,y) \xrightarrow{O(0,0)} A'(-x,-y)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Garis $y = x$	$A(x,y) \xrightarrow{garis\ y=x} A'(y,x)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Garis $y = -x$	$A(x,y) \xrightarrow{garis\ y=-x} A'(-y,x)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Titik (a,b)	$A(x,y) \xrightarrow{Titik(a,b)} A'(2a-x,2b-y)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2a \\ 2b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Garis $x = h$	$A(x,y) \xrightarrow{y=h} A'(2h-x,y)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2h-x \\ y \end{pmatrix}$
Garis $y = k$	$A(x,y) \xrightarrow{y=k} A'(x,2k-y)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ 2k-y \end{pmatrix}$

3. Perputaran (Rotasi)

Rotasi merupakan transformasi yang memindahkan setiap titik pada bidang titik lainnya dengan cara memutar pada titik tertentu. Jika positif, arah putaran berlawanan dengan putaran jarum jam begitupun sebaliknya.

Tabel 2.3 Rumus Rotasi

Transformasi	Pemetaan	Matriks Transformaasi
Rotasi terhadap pusat O(0,0) dan sudut putar $\propto$	$A(x,y) \xrightarrow{R(0,\propto)} A'(x',y')$ dengan $x' = x\cos\propto + y\sin\propto$ $y' = x\sin\propto + y\cos\propto$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Rotasi terhadap pusat P(a,b) dan sudut putar $\propto$	$A(x,y) \xrightarrow{R(P,\propto)} A'(x',y')$ dengan $x' = (x-a)\cos\propto - (y-b)\sin\propto + \propto$ $y' = (x-a)\sin\propto + (y-b)\cos\propto + b$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$

4. Memperkecil/Memperbesar (Dilatasi)

Dilatasi merupakan Perubahan ukuran suatu objek geometri yang dipengaruhi oleh faktor penskalaan dan titik pusat dengan tetap mempertahankan bentuk aslinya dikenal sebagai dilatasi atau perkalian (Irmawati, 2020). Dilatasi ditentukan oleh skala k dan titik pusat dilatasi.

Jika titik $A(x,y)$ di dilatasikan dengan pusat $O(0,0)$ dan difaktorkan skala k maka akan diperoleh bayangan $A'(x',y')$, dapat dituliskan sebagai berikut.

$$A(x,y) \xrightarrow{\{O(0,0),K\}} A'(x',y')$$

Tabel 2.4 Rumus Dilatasi

Transformasi	Pemetaan	Matriks Transformaasi
Dilatasi terhadap pusat O(0,0) dengan faktor dilatasi k	$A(x,y) \xrightarrow{(0,k)} A'(x',y')$ dengan $x' = kx$ $y' = ky$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$
Dilatasi terhadap pusat P(a,b) dengan faktor dilatasi k	$A(x,y) \xrightarrow{(P,k)} A'(x',y')$ dengan $x' - a = k(x-a)$ $y' - b = k(y-b)$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$

B. Perspektif Teori dalam Islam

Agama Islam sejak dahulu sudah mengatur semua aspek kehidupan umatnya melalui kitab Al-Qur'an dan melalui tuntunan nabi Muhammad SAW melalui sunnahnya. Hal ini meliputi aspek hubungan manusia dengan Allah, manusia dengan alam, dan manusia dengan sesama manusia. Termasuk juga dalam hal menuntut ilmu, Agama Islam sendiri sudah memberikan tuntunan serta petunjuk bagi seseorang yang sedang mempelajari atau sedang menuntut ilmu, baik ilmu agama maupun ilmu umum. Nabi Muhammad Saw bersabda:

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ

Artinya: “Menuntut ilmu adalah wajib bagi setiap muslim” (H.R. Ibnu Majah).

Hadis tersebut menerangkan bahwa Nabi Muhammad SAW mewajibkan seluruh umat Islam untuk menuntut ilmu. Dalam hadis ini ditegaskan bahwa Nabi tidak memberikan batasan bagi umatnya dalam mencari ilmu. Syarat menuntut ilmu menurut kitab *al-‘Ilal al-Dal Enam* meliputi: kemampuan berpikir, adanya semangat, sikap sabar, memiliki bekal, adanya pengajar, dan tersedianya waktu yang lapang.

Selain itu, Agama Islam Allah juga sudah memberikan isyarat mengenai potensi kemampuan berpikir spasial yang terkandung pada Qur’an Surah Ar-Rahman ayat 38-40 yang berbunyi:

وَالشَّمْسُ تَجْرِيْ لِمُسْتَقَرٍّ لَّهَاۗ ذٰلِكَ تَقْدِيْرُالْعَزِيْزِالْعَلِيْمِۗ (٣٨) وَالْقَمَرَ قَدَّرْنٰهُ مَنَازِلَ حَتّٰى عَادَ
كَالْعُرْجُوْنِ الْقَدِيْمِ (٣٩) لَا الشَّمْسُ يَنْۢبَغِيْ لَهَآ اَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا الَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِۗ وَكُلٌّ فِيْ
فَلَكٍ يَّسْبَحُوْنَ (٤٠)

Artinya : 38. “Dan matahari berjalan di tempat peredarannya. Demikianlah ketetapan (Allah) Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. 39. Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah (tempat-tempat peredaran), sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua. 40. Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan, dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.”

Pada Surah Yasin ayat 38-40 menggambarkan tentang keteraturan dan keterkaitan ruang gerak antara matahari, bulan, siang, dan malam yang masing-masing memiliki lintasan serta poros peredarannya sendiri. Fenomena tersebut menunjukkan adanya sistem ruang yang teratur dan seimbang. Melalui ayat tersebut, Allah mengajarkan manusia untuk merenungkan keteraturan dan dinamika ruang alam semesta seperti, pergerakan rotasi dan revolusi benda langit yang tidak saling bertabrakan, tetapi saling melengkapi dalam keteraturan ruang dan waktu. Pemahaman konsep tersebut memerlukan kemampuan untuk membayangkan bagaimana posisi dan arah suatu benda dapat berubah di dalam ruang. Dengan demikian, Surah Yasin ayat 38-40 tidak hanya menegaskan keagungan dan kekuasan Allah dalam menciptakan tatanan alam semesta. Tetapi juga memberikan isyarat tentang kemampuan berpikir spasial manusia. Allah memberikan manusia akal agar dapat berpikir dan memahami keteraturan ruang di alam semesta. Kemampuan tersebut membantu manusia dalam berpikir ilmiah, misalnya saat mempelajari matematika tentang transformasi geometri dan rotasi, yang memerlukan kemampuan membayangkan perubahan posisi dan arah suatu bentuk.

Salah satu ayat Al-Qur’an yang berkaitan dengan kegiatan menghitung dalam matematika yang mana kegiatan tersebut tidak terlepas dari “ukuran”, dijelaskan pasa Q.S Al-Qamar ayat 49 sebagai berikut:

اِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنٰهُ بِقَدَرٍ (٤٩)

Artinya : 49. “Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran.“

Surah ini menjelaskan bahwa setiap manusia diciptakan oleh Allah SWT sesuai dengan kemampuannya yang telah ditakdirkan dan telah ditetapkan. Sehingga, segala sesuatu yang terdapat pada setiap diri manusia sudah ditentukan oleh Allah SWT sesuai dengan kemampuannya. Oleh karena itu, manusia tidak lepas dari qada' dan qadar yang telah diberikan oleh Allah SWT.

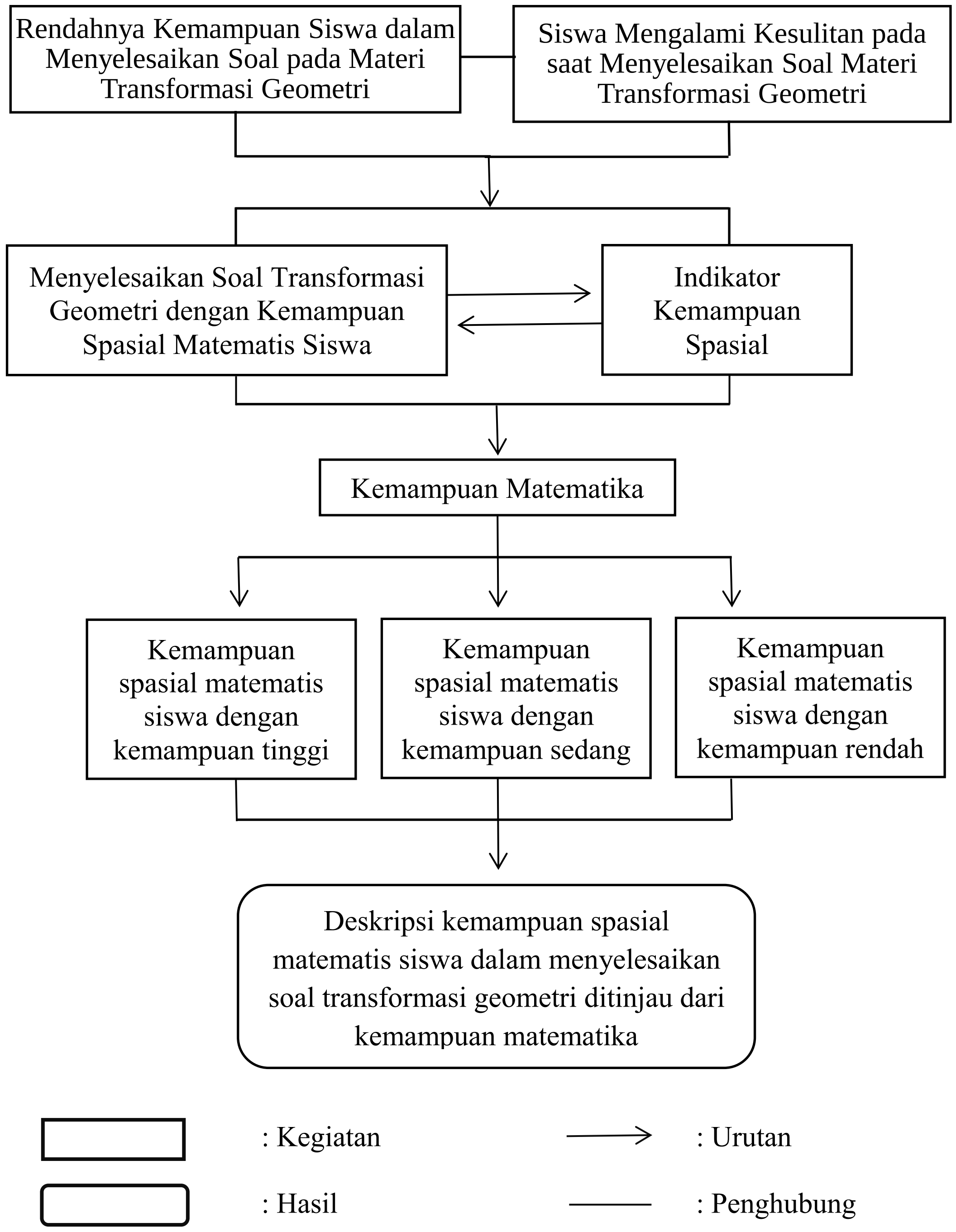
Dalam pembelajaran matematika, setiap siswa tentunya mempunyai kemampuan yang berbeda satu sama lain, contohnya seperti kemampuan matematika. Kemampuan matematika siswa dibagi menjadi tiga kategori, yaitu kemampuan matematika tinggi, sedang, dan rendah (Rofiki, 2012). Siswa dapat dinyatakan mempunyai kemampuan matematika yang tinggi apabila pengetahuan yang ia miliki banyak sehingga hasil belajar yang akan muncul juga akan tinggi. Selain itu, pengetahuan yang diperoleh siswa juga menjadi salah satu factor yang berpengaruh pada proses belajar siswa tersebut.

C. Kerangka Konseptual

Kemampuan spasial merupakan kemampuan siswa untuk memvisualisasi atau menciptakan gambar dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi. kemampuan ini berkaitan dengan pemahaman dan penguasaan materi transformasi geometri yang meliputi translasi, rotasi, refleksi, dan dilatasi. Kemampuan spasial sangat penting dalam mendukung keberhasilan belajar matematika karena membantu siswa memahami hubungan antara bentuk, posisi, dan perubahan suatu objek. Kemampuan ini memiliki dampak dalam pendidikan formal dan berkontribusi pada perkembangan kemampuan matematika siswa. Setiap siswa memiliki tingkat kemampuan yang berbeda, yang berkembang seiring dengan pendidikan formal dan informal.

Dengan lebih banyak belajar, siswa dapat melatih kemampuan siswa tentang transformasi geometri dan menggunakannya dalam berbagai situasi, maka semakin terasah pula kemampua matematika siswa tersebut dalam memvisualisasikan dan memanipulasi objek-objek geometri. Oleh karena itu, peran guru menjadi sangat penting dalam menggali dan mengembangkan kemampuan spasial siswa dengan tujuan memudahkan pemahaman materi, khususnya dalam pelajaran matematika di tahap selanjutnya.

Dalam penelitian ini, kemampuan spasial matematis siswa dianalisis dalam konteks penyelesaian soal transformasi geometri yang ditinjau dari kemampuan matematikanya. Kemampuan matematika digunakan sebagai dasar pengelompokan subjek (tinggi, sedang, dan rendah) untuk melihat perbedaan strategi berpikir, cara memvisualisasikan, serta kesulitan yang dialami siswa dalam memahami konsep transformasi geometri. Untuk mempermudah pembaca, kerangka konseptual dalam penelitian ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kerangka Konseptual

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan pada penelitian ini ialah pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian studi kasus. Pendekatan kualitatif dipilih untuk memahami secara mendalam fenomena yang diteliti melalui deskripsi secara jelas dan sistematis. Melalui pendekatan kualitatif, peneliti berupaya memperoleh data yang bersifat deskriptif berupa kata-kata, tindakan, dan hasil pekerjaan siswa. Sehingga, dapat menggambarkan proses berpikir siswa secara utuh.

Adapun jenis penelitian studi kasus dipilih karena penelitian ini berfokus pada sekelompok siswa tertentu yang dikaji secara mendalam dalam konteks pembelajaran nyata. Dengan menggabungkan pendekatan kualitatif dan jenis penelitian studi kasus, peneliti dapat mengungkap secara rinci bagaimana kemampuan spasial matematis siswa muncul, berkembang, serta berpengaruh terhadap menyelesaikan soal transformasi geometri.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi dari penelitian ini ialah Madrasah Aliyah Negeri (MAN) tepatnya di MAN 1 Jombang yang letaknya di JL. Dokter Wahidin Sudirohusodo No. 2, Sengon, Kecamatan Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur 61418. Pemilihan sekolah ini didasarkan pada beberapa pertimbangan. Pertama, terdapat kesediaan dari pihak MAN 1 Jombang dan peneliti juga telah melakukan asistensi mengajar di sana sehingga, mudah dalam koordinasi dengan guru di MAN 1 Jombang. Kedua, siswa kelas XI di sekolah ini telah menyelesaikan pembelajaran materi transformasi geometri (translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi). Sehingga siswa menjadi subjek penelitian untuk mengkaji kemampuan spasial matematis siswa dalam konteks tersebut. Ketiga, hingga saat ini belum ada penelitian sejenis yaitu mengkaji tentang kemampuan spasial di sekolah tersebut.

C. Kehadiran Peneliti

Pada penelitian ini peneliti memiliki peran sebagai instrumen utama dan juga sebagai pengumpul data sehingga kehadiran peneliti sangat penting. Peneliti juga bertindak sebagai pengamat, memperhatikan dan mencatat data yang berhubungan dengan fenomena yang diteliti. Oleh karena itu, peneliti akan hadir secara transparan dan memberi tahu informan dan lembaga tempat penelitian tentang status peneliti.

D. Subjek Penelitian

Subjek yang terdapat pada penelitian ini merupakan siswa kelas XI−F di MAN 1 Jombang tahun ajaran 2024/2025. Kemudian, subjek dikelompokkan menggunakan *purposive sampling* yaitu pemilihan subjek secara sengaja sesuai kriteria penelitian (Sugiono, 2011). Pemilihan subjek didasarkan pada kemampuan matematika siswa yang diukur melalui rata-rata hasil belajar di kelas, meliputi Penilaian Harian (PH), Penilaian Tengah Semester (PTS) ganjil, dan Penilaian Akhir Semester (PAS) ganjil. Selain itu, penentuan subjek juga mempertimbangkan rekomendasi dari guru matematika dengan alasan bahwa siswa tersebut mudah diajak berkomunikasi dan bersedia bekerja sama dengan peneliti. Setelah itu, peneliti melakukan pengelompokkan berdasarkan kemampuan matematika siswa yang didapatkan setiap kelompok 2 siswa sehingga jumlah siswa yang diperoleh sebanyak 6 siswa sebagai subjek penelitian yang terbagi menjadi 3 kelompok: kelompok dengan kemampuan matematika tingkat tinggi, kelompok dengan kemampuan matematika tingkat sedang, dan kelompok dengan kemampuan matematika tingkat rendah. Selanjutnya skor dianalisis untuk mengkategorikan siswa ke dalam tiga kelompok dengan kategori.

Penentuan subjek dilakukan secara purposive, yakni berdasarkan pertimbangan tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Oleh karena itu, pemilihan keenam subjek ini tidak dilakukan secara acak, melainkan dengan mempertimbangkan kemampuan matematika siswa dan kemudahan komunikasi selama proses pengambilan data. Dengan demikian, data yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran yang mendalam mengenai kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri (Moleong, 2017).

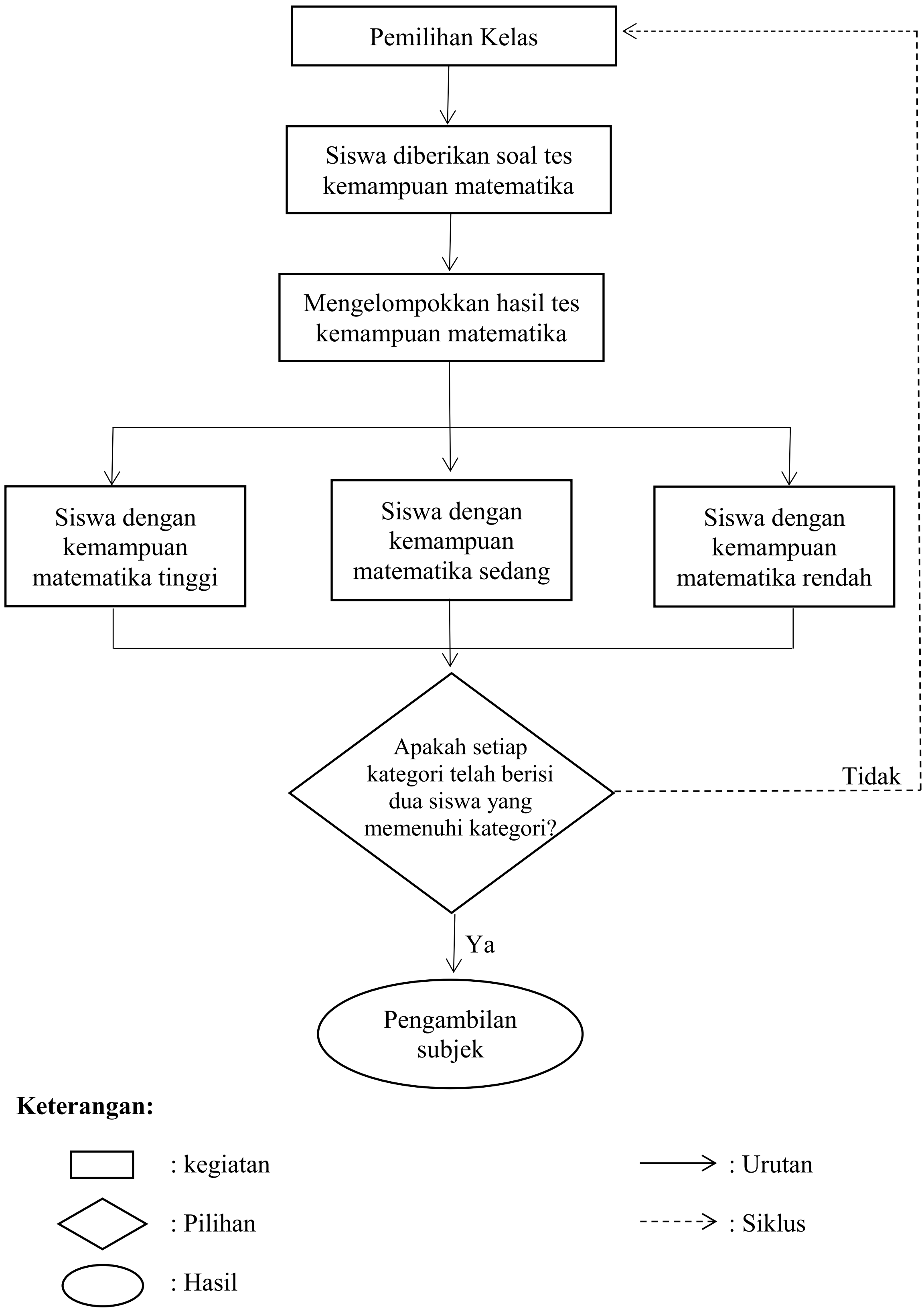
Selanjutnya, skor kemampuan matematika siswa dianalisis untuk mengelompokkan ke dalam tiga kategori sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Kategori Kemampuan Matematika

No	Interval Skor	Kategori
1	$x > 75$	Tinggi
2	$55 \leq x \leq 75$	Sedang
3	$x < 55$	Rendah

Sumber : (Isro'il & Supriyanto, 2020)

Dari kategori yang ada, dipilih enam subjek penelitian dengan rincian dua siswa berkemampuan matematika tinggi, dua siswa berkemampuan sedang, serta dua siswa berkemampuan rendah. Jika pada suatu kelas tidak terdapat siswa yang sesuai dengan kriteria tersebut, maka peneliti akan mencari subjek di kelas lain dan melaksanakan prosedur yang sama sebagaimana dilakukan pada kelas sebelumnya.



Gambar 3.1 Pemilihan Subjek Penelitian

E. Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu hasil tes kemampuan spasial matematis siswa dan data hasil wawancara. Sumber data pada penelitian ini enam siswa kelas XI−F MAN 1 Jombang.

F. Instrumen Penelitian

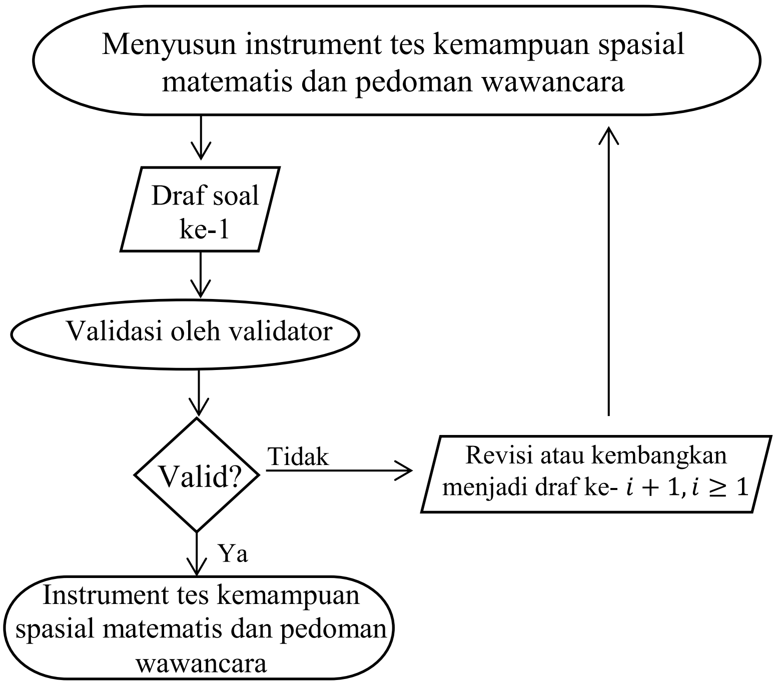
Moleong, (2017) menjelaskan bahwa dalam Instrumen utama dalam penelitian kualitatif, peneliti adalah instrumen pertama yang berperan secara langsung dalam keseluruhan pada proses penelitian. Peneliti berfungsi sebagai perencana, pelaksana pengumpulan data, penganalisis, penafsir data, serta pelapor hasil penelitian. Sedangkan instrument yang mendukung dalam penelitian ini meliputi:

1) Lembar Tes Kemampuan Spasial Matematis

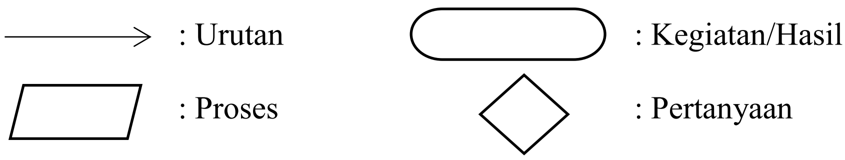
Tes kemampuan spasial yang digunakan yaitu tes tertulis berupa dua soal uraian materi transformasi geometri. Tujuan dari tes kemampuan spasial ini adalah untuk mengidentifikasi kesalahan-kesalahan yang dihadapi siswa pada saat menyelesaian soal kemampuan spasial matematis siswa pada materi translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi yang berjumlah 2 soal dengan durasi pengerjaan adalah 50 menit. Sebelum diujikan soal yang dibuat divalidasi terlebih dahulu oleh validator.

2) Pedoman Wawancara

Siswa pada saat mengerjakan lembar tes yang menunjukkan kemampuan spasial matematis siswa untuk memahami materi transralasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi, pedoman wawancara berfungsi untuk panduan berisi tentang pertanyaan penting yang akan memastikan atau memperkuat jawaban siswa. Peneliti menggunakan jenis wawancara semi-terstruktur. Hal ini karena jenis wawancara tersebut memudahkan peneliti untuk mendapat lebih banyak informasi dan membuat siswa merasa nyaman dan tidak terbebani saat menjawab pertanyaan siswa. Pada wawancara semi-terstruktur disesuaikan dengan tanggapan subyek penelitian. Proses pembuatan instrumen pada penelitian ini disajikan dalam bentuk Gambar 3.2 sebagai berikut



Keterangan :



Gambar 3.2 Proses Penyusunan Instrumen Penelitian dan Pedoman Wawancara

G. Teknik Pengumpulan Data

Data menjadi tujuan utama dalam penelitiain, peneliti akan gagal dalam mengumpulkan data yang sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan tanpa teknik pengumpulan data yang tepat. Peneliti menggunakan beberapa teknik pengumpulan data dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Tes

Peneliti menggunakan tes tertulis yang menilai kemampuan spasial matematis siswa. Tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa baik siswa memahami materi transformasi geometri. Tes terdiri dari 2 soal uraian yang berkaitan dengan materi transralasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi yang dibagikan kepada siswa dengan total 6 siswa, tiap 2 siswa berasal dari setiap kategori tingkat kemampuan matematika tinggi, sedang, dan rendah.

2. Wawancara

Wawancara didefinisikan sebagai pertemuan di mana dua orang atau lebih yang bertemu untuk bertukar informasi dan gagasan melalui pertanyaan dan jawaban, yang menghasilkan definisi tentang topik tertentu. Enam subjek penelitian yang masing-masing terdiri dari dua siswa dengan kemampuan matematika yang tinggi, sedang, dan juga rendah diikutsertakan dalam wawancara semi terstruktur dalam penelitian ini. Selama di lapangan peneliti tetap menggunakan pedoman wawancara. Namun pedoman tersebut dimodifikasi berdasarkan tanggapan yang didapatkan dari subjek penelitian. Peneliti mencatat semua yang dikemukakan subjek penelitian agar dapat mengetahui lebih jauh mengenai kesalahan-kesalahan yang dilakukan oleh siswa saat menyelesaikan soal transformasi geometri.

H. Pengecekan Keabsahan Data

Penelitian yang dilakukan harus valid dan sesuai dengan kondisi lapangan. Jadi, data yang dikumpulkan harus dilakukan pengecekan keabsahan terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, untuk mengecek keabsahan data peneliti menggunakan triangulasi.

Triangulasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah triangulasi metode dengan menggunakan dua metode pengumpulan data yaitu tes, dan wawancara. Data yang diperoleh dari kedua metode tersebut digunakan saling melengkapi guna memperkaya informasi dan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam. Jika terdapat kekurangan atau ketidakjelasan dari salah satu sumber data, maka data tersebut akan didukung dan diperdalam melalui wawancara untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh.

I. Analisis Data

Analisis data yang terdapat pada penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, antara lain:

1. Reduksi Data

Pada langkah ini, data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah hasil pengolahan data dari hasil tes tulis dan wawancara terhadap subjek yang terpilih. Reduksi data dilakukan setelah peneliti meninjau dan memeriksa tanggapan siswa terhadap pertanyaan wawancara dan hasil jawaban siswa dari lembar tes kemampuan spasial matematis materi transformasi geometri. Dalam penelitian ini, tahap reduksi data dilakukan sebagai berikut:

a. Mentransksipsikan data hasil wawancara dituliskan secara rinci dan diberikan kode yang berbeda pada setiap subjeknya yaitu dengan menggunakan kode berupa angka dan huruf sebagai berikut:

P : Pewawancara/peneliti

JS : Jawaban subjek

JW : Jawaban wawancara

S_i : Subjek penelitian siswa ke-i, dengan i = 1, 2, 3, …

W_i : Bagian wawancara ke-i, dengan i = 1, 2, 3, …

TS : Hasil tes kemampuan spasial dari subjek penelitian

T_i : Pernyataan kemampuan spasial ke-i, dengan i = 1, 2, 3, …

Contoh dari penggunaan kode ini yaitu JS-S1-W1 dan JW-S1-T15. JS-S1-W1 yang bermakna jawaban subjek pertama pada pertanyaan ke-1. Sedangkan arti kode JW-S1-T15 yaitu jawaban wawancara dari subjek pertama padahasil tes ke-15.

b. Menelaah semua jawaban yang terkumpul berupa jawaban dari tes kemampuan spasial matematis materi transformasi geometri dan data hasil wawancaea.

2. Penyajian Data

Tahap selanjutnya ialah menyajikan data. Pada tahap penyajian data ini adalah menyusun data dan mendeskripsikan dalam bentuk uraian dan tabel. Tujuan dari penyajian data ini adalah agar data tertata dengan baik, mudah untuk dibaca, dan dipahami oleh pembaca.

3. Penarikan Kesimpulan

Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan. Penarikan kesimpulan bertujuan untuk menuliskan hasil yang telah dilakukan oleh peneliti. Pada tahap ini, data akan dikumpulkan dan akan ditarik kesimpulan oleh peneliti. Pada penelitian ini, data yang telah melalui proses reduksi, kemudian disajikan dan dianalisis sesuai dengan indikator kemampuan spasial matemats siswa. Apabila data telah valid, maka penarikan kesimpulan dapat dilakukan.

J. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang terdapat di penelitian ini meliputi 3 tahapan, diantarannya:

1. Tahap Persiapan

Sebelum melakukan penelitian, seorang peneliti perlu mempersiapkan beberapa hal. Salah satunya menggali informasi terlebih dahulu kepada guru pamong ketika pelaksanaan Asistensi Mengajar sebagai observasi awal. Setelah mendapatkan informasi yang cukup dari observasi awal yang telah dilakukan, peneliti merumuskan masalah dan tujuan penelitian. Dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian tersebut peneliti melanjutkan kegiatan penelitian dengan menyusun instrumen penelitian berupa soal tes kemampuan spasial matematis siswa dan pedoman wawancara.

2. Tahap Penelitian

Setelah semua kebutuhan penelitian dipersiapkan, tahap berikutnya adalah pelaksanaan penelitian. Pada tahap ini, peneliti memberikan tes tulis berupa soal transformasi geometri kepada siswa yang telah ditetapkan sebagau subjek. Selanjutnya, subjek diminta menyelesaikan soal tersebut. Setelah jawaban diperoleh, peneliti melaksanakan wawancara berdasarkan pedoman yang telah disysyn untuk mengklarifikasi serta memperkuat jawaban, sekaligus menggali kemmapuan spasial matematis siswa. data yang diperoleh selama proses penelitian kemudian dikumpulkan dan dianalisis guna mendapatkan informasi yang relevan mengenai kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri ditinjau dari tingkat kemampuan matematika siswa. Setelah proses analisis selesai, peneliti menarik kesimpulan dari hasil temuannya.

3. Tahap Akhir

Tahap akhir penelitian mencakup mengolah data dan menganalisis data sesuai dengan teknis analisis data yang digunakan. Peneliti menyusun laporan berdasarkan hasil temuan yang telah disimpulkan.

BAB IV

PAPARAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

A. Paparan Data

Penelitian ini dilakukan terhadap siswa kelas XI-F di MAN 1 Jombang yang dimulai pada tanggal 3 Oktober 2024 sampai 28 Oktober 2024. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui kemampuan spasial matematis siswa kelas XI dalam menyelesaikan soal transformasi geometri ditinjau dari kemampuan matematika.

Dalam pelaksanaan penelitian ini, peneliti menyususn beberapa instrumen sebagai sarana pengumpulan data. Instrumen yang digunakan meliputi soal uraian pada materi transformasi geometri untuk mengukur kemampuan spasial matematis serta pedoman wawancara. Sebelum dipakai, instrumen-instrumen tersebut terlebih dahulu melewati tahap validasi guna memastikan kelayakan dan keabsahannya. Dari hasil validasi yang telah dilakukan dengan melibatkan beberapa validator, maka diperoleh hasil diantaranya yaitu soal tes kemampuan spasial yang juga dinyatakan valid dengan perbaikan pada redaksi soal sesuai dengan saran dari validator. Kedua yaitu pedoman wawancara yang dinyatakan valid dengan perbaikan untuk membuat pertanyaan lebih terarah dan mendalam sesuai dengan saran yang telah diberikan oleh validator.

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yang terdiri dari pemberian soal tes kemampuan spasial matematis siswa dan wawancara. Pada tahap pertama, soal tes kemampuan spasial matematis diberikan kepada siswa kelas XI-F MAN 1 Jombang. Selanjutnya, peneliti memperoleh data dari hasil tes yang sudah disebarkan kepada siswa kelas XI-F. Selain itu, peneliti juga meminta saran, masukan, serta rekomendasi nama siswa dari guru mata pelajaran matematika, terutama yang berkaitan dengan kemampuan komunikasi siswa yang akan dijadikan subjek penelitian. Hal ini bertujuan untuk membantu peneliti memperoleh infromasi yang lebih mendalam mengenai subjek yang mampu menyampaikan ide atau gagasanya dengan baik.

Pemilihan subjek penelitian dilakukan berdasarkan tingkat tingkat kemampuan matematika siswa, yaitu terdiri atas dua siswa berkemampua tinggi, dua siswa berkemampuan sedang, dan 2 siswa berkemampuan rendah. Adapun daftar subjek penelitian dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Subjek Penelitian

No	**Nama**	**Nilai**	**Kategori**	**Kode**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	DID	97	Tinggi	S1
2	FOS	91	Tinggi	S2
3	DF	78	Sedang	S3
4	YAF	64	Sedang	S4
5	KAS	59	Rendah	S5
6	MYD	55	Rendah	S6

Keterangan:
S1 : Subjek Penelitian Kategori Kemampuan Matematika Tinggi
S2 : Subjek Penelitian Kategori Kemampuan Matematika Tinggi
S3 : Subjek Penelitian Kategori Kemampuan Matematika Sedang
S4 : Subjek Penelitian Kategori Kemampuan Matematika Sedang
S5 : Subjek Penelitian Kategori Kemampuan Matematika Rendah
S6 : Subjek Penelitian Kategori Kemampuan Matematika Rendah

Paparan dan analisis data dari subjek penelitian yang ditinjau dari kemampuan matematika yang dijelaskan sebagai berikut:

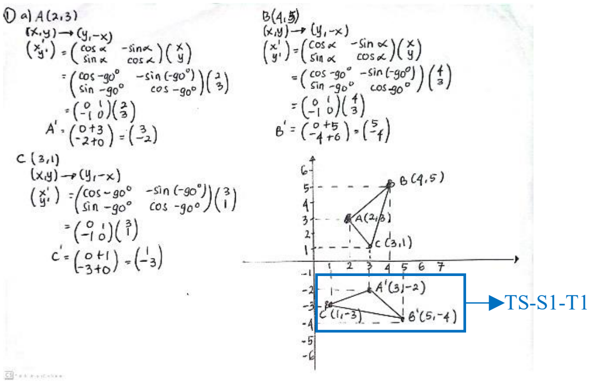
1. Kemampuan Spasial Subjek Berkemampuan Matematika Tinggi dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Transformasi Geometri

a. Subjek 1 (S1)

Pada soal nomor 1-a dirancang untuk mengetahui kemampuan siswa dalam menentukan bentuk bayangan dari suatu objek.

1) Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a, subjek 1 mengawali dengan menentukan bentuk bayangan dari suatu objek hasil transformasi, berikut merupakan cuplikan hasil jawaban S1.



Gambar 4.1 Jawaban S1 Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa S1 menuliskan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) di rotasikan 90° searah jarum jam. Setelah itu, S1 mencoba membayangkan bentuk dari hasil rotasi koordinat titik tersebut. Pada bagian TS-S1-T1, S1 menggambarkan ketiga koordinat titik tersebut sehingga membentuk segitiga ABC. Kegiatan tersebut menunjukkan S1 memvisualisasikan posisi dan bentuk bangun secara mental sebelum melakukan rotasi. Hal tersebut diperkuat dengan hasil wawancara S1 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Wawancara Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Setelah kamu menuliskan koordinat titik A,B, dan C, apa yang kamu lakukan sebelum menentukan hasil rotasinya dek?
JS-S1-W1	:	Saya coba bayangkan dulu koordinat titiknya ketika ketiganya saling digabungkan, biar tahu bentuknya seperti apa.
P	:	Apakah kamu memutar kertas atau langsung membayangkan bentuk hasil rotasinya?
JS-S1-W2	:	Saya nggak memutar kertasnya kak, cuma ngebayangin aja. Saya ngebayanginnya segitiga tersebut diputar ke

Lanjutan Tabel 4.2 Wawancara Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

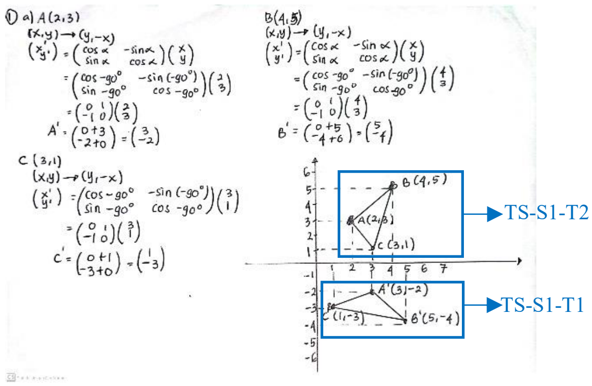
Kode		Deskripsi Wawancara
		Kanan. Jadi koordinat titik yang awalnya di atas, saya bayangin pindah ke kanan bawah.
P	:	Berarti kamu tahu bentuk bayangannya tanpa menggambar?
JS-S1-W3	:	Iya tahu kak, bentuknya segitiga. Karena, saya bisa ngebayangin perpindahan tiap titiknya.

Pada bagian JS-S1-W1, S1 berusaha membayangkan posisi titik koordinat A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) di dalam pikirannya sebelum melakukan rotasi. Dengan kata lain, S1 mmebentuk gambaran bayangan segitiga secara mental untuk mengetahui seperti apa bentuk awalnya. Selanjutnya pada bagian JS-S1-W2, S1 melakukan rotasi bayangan objek ke dalam pikiran, tanpa bantuan alat. S1 dapat membayangkan perubahan posisi segitiga ABC ketika diputar 90° searah jarum jam. Aktivitas tersebut menunjukkan bahwa S1 dapat mengubah orientasi objek segitiga secara mental tanpa merubah bentuknya.

Berdasarkan hasil tes dan hasil wawancara, dapat dikatakan bahwa S1 tidak melakukan kesalahan dalam menentukan bentuk bayangan objek, yang ditandai dengan menjelaskan proses bagaimana bentuk bayangan objek setelah ditransformasikan.

2) Memanipulasi Objek *Mental Rotation*

Selain melihat kemampuan spasial matematis dalam menentukan bentuk bayangan dari suatu objek pada soal nomor 1-a juga dapat digunakan untuk melihat kemampuan spasial terkait memanipulasi objek pada transformasi geometri. Pada soal tersebut, S1 diminta untuk memutar segitiga dengan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) sebesar 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0).



Gambar 4.2 Jawaban S1 Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa S1 menuliskan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) sebesar 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Setelah itu, S1 membayangkan bentuk segitiga yang terbentuk dari ketiga koordinat titik tersebut secara mental. Pada bagian TS-S1-T2, S1 memvisualisasikan bentuk awal objek segitiga ABC tersebut. Setelah memahami bentuk awal objek segitiga tersebut, S1 membayangkan proses rotasi segitiga sebesar 90° searah jarum jam ke dalam pikirannya (lihat bagian TS-S1-T1). Hal ini diperkuat oleh pernyataan S1 pada hasil wawancara berikut.

Tabel 4.3 Wawancara Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

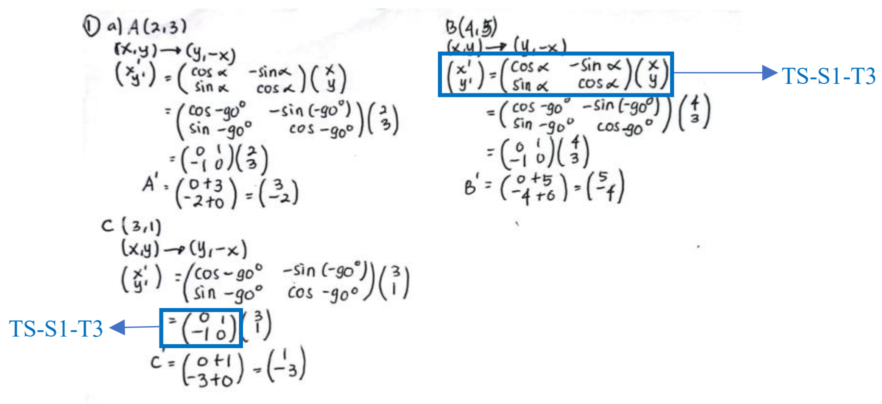
Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Pada soal nomor 1-a sampean sudah mengetahui informasi apa saja yang terdapat pada soal nomor satu? apakah kamu bisa menjelaskan bagaimana bentuk dan posisi segitiga tersebut setelah diputar?
JS-S1-W4	:	Pada soal diminta untuk melakukan rotasi searah jarum jam sebesar 90° terhadap titik pusat $(0, 0)$.
P	:	Oke, lalu bagaimana cara sampean menentukan titik koordinat A, B, dan C setelah dirotasi?
JS-S1-W5	:	Pertama, saya bayangkan dulu posisi awal segitiga tersebut agak miring ke kanan atas. Lalu, saya membayangkan kembali ketika segitiganya diputar 90° terhadap titik pusat $(0, 0)$. Setelah itu kak, posisi segitiganya setelah dirotasi bergeser ke arah bawah kanan.

Pada bagian JS-S1-W4, terlihat S1 menjelaskan bahwa pada soal tersebut diminta untuk melakukan rotasi searah jarum jam sebesar 90° terhadap titik pusat

$(0,0)$. S1 juga menjelaskan proses berpikirnya dalam menentukan hasil rotasi, yaitu dengan membayangkan posisi awal segitiga yang miring ke kanan atas, kemudian di putar 90° searah jarum jam terhadap titik pusat $(0,0)$. Selain itu, S1 juga menyebutkan bahwa setelah diputar posisi segitiga bergeser ke arah bawah kanan (lihat bagian JS-S1-W5). Aktivitas memanipulasi objek tersebut menunjukkan bahwa S1 dapat mengubah orientasi objek segitiga secara mental tanpa merubah bentuknya.

3) Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a, selain melihat kemampuan spasial matematis dalam memanipulasi objek pada soal nomor 1-a juga dapat digunakan untuk melihat kemampuan S1 terkait penggunaan konsep matriks dalam transformasi geometri. S1 menyelesaikan soal dengan menggunakan langkah-langkah yang sistematis dan terstruktur. Hasil penyelesaian S1 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 1-a pada Gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 Jawaban S1 Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Berdasarkan hasil penyelesaian pada Gambar 4.3, S1 menggunakan konsep transformasi geometri yang berkaitan dengan konsep matriks rotasi. Pada bagian bagian TS-S1-T3, S1 menuliskan rumus rotasi searah jarum jam sebesar 90° dengan bentuk rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ atau $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$. Berikut pernyataan S1 pada hasil wawancara.

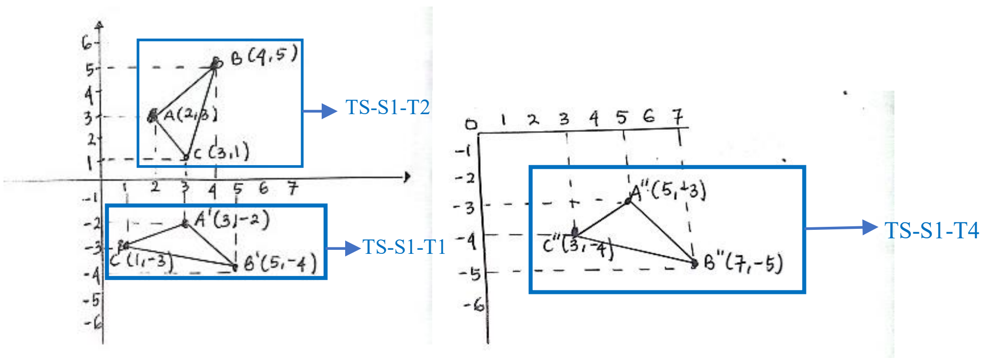
Tabel 4.4 Wawancara Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode	Deskripsi Wawancara
P	: Pada soal nomor 1-a, bagaimana cara sampean menentukan koordinat titik A', B', dan C' setelah dirotasi?
JS-S1-W6	: Saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ atau $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$. Tinggal dikalikan saja kak dengan titik asalnya, misalnya titik A(2, 3) $\begin{pmatrix} 2 \\ -3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$ maka diperoleh $A'(3, -2)$.

Hasil wawancara pada Tabel 4.4 menunjukkan S1 menerapkan rumus matriks rotasi dan mengalikan matriks dengan koordinat titik asal, misalnya pada titik A(2, 3) sehingga diperoleh hasil $A'(3, -2)$. Berdasarkan hasil tes dan wawancara S1 mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan matriks secara benar, serta mampu menjelaskan proses yang dilakukan secara jelas dan runtut.

4) Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-b yang disusun untuk mengetahui kemampuan spasial subjek penelitian terkait menyelesaikan komposisi transformasi geometri. Berikut merupakan cuplikan hasil jawaban S1.



Gambar 4.4 Jawaban S1 Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Berdasarkan cuplikan lembar jawaban yang tertera pada kode TS-S1-T2, S1 menggambarkan bentuk koordinat titik awal. setelah itu, S1 menggambarkan hasil dari rotasi dan translasi dalam bentuk bayangan segitiga baru (lihat bagian TS-S1-T4). Hal ini menunjukkan bahwa, S1 tidak menuliskan langkah perhitungan secara matematis. Tetapi, S1 langsung menggambarkan hasil dari rotasi dan translasi dalam bentuk koordinat titik bayangan baru. Hal ini diperkuat oleh pernyataan S1 pada hasil wawancara berikut.

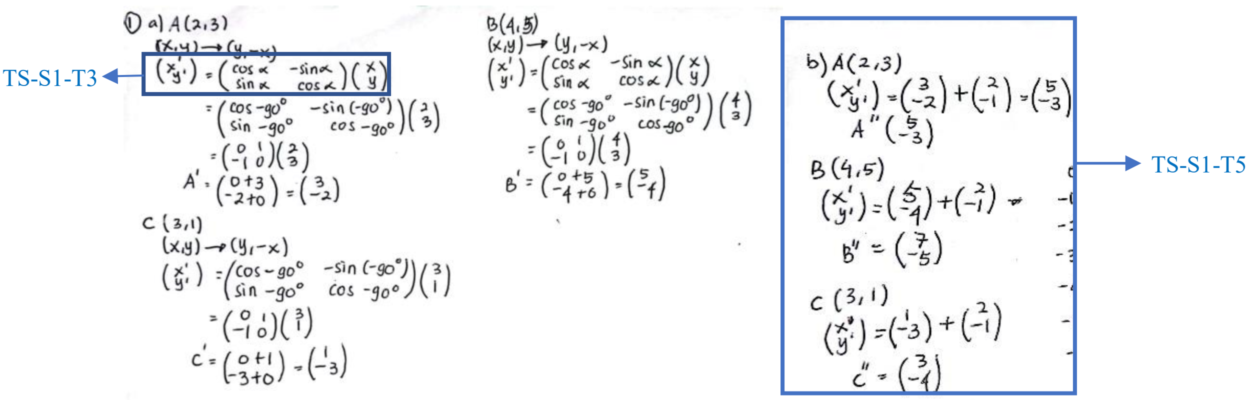
Tabel 4.5 Wawancara Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomor 1-b ini?
JS-S1-W7	:	Tentu, kak. Pertama, saya membayangkan dulu segitiga awal yang ada di kanan atas. Langkah kedua, saya putar kea rah bawah kanan. Karena, diputar 90° searah jarum jam. Setelah itu, saya geser hasil dari langkah kedua ke sebelah kanan dua langkah dan ke bawah satu langkah agar sesuai sama vektornya.
P	:	Oalah begitu, apakah kamu menghitung koordinat titik hasilnya satu persatu menggunakan rumus?
JS-S1-W8	:	Aku hanya membayangkan saja kak.

Berdasarkan cuplikan wawancara tersebut, S1 menjelaskan bahwa S1 membayangkan posisi segitiga awal berada di kanan atas. Kemudian, diputar 90° searah jarum jam.sehingga berpindah kea rah bawah kanan. Setelah itu, S1 juga menyebutkan bahwa hasil rotasi digeser ke kanan dua langkah dan ke bawah satu langkah sesuai dengan vektor pergeseran yang diberikan (lihat bagian JS-S1-W7). Pada bagian JS-S1-W8, S1 menegaskan bahwa tidak melakukan perhitungan koordinat satu persatu menggunakan rumus, S1 hanya membayangkan perubahan posisi tersebut secara mental. Dari hasil tes dan wawancara tersebut dapat dinyatakan bahwa S1 mampu menyelesaikan komposisi transformasi geometri.

5) Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a dan 1-b menunjukkan komponen kemampuan spasial matematis S1 terkait menentukan bentuk bayangan suatu objek menggunakan matriks. Hasil penyelesaian S1 pada nomor 1-a dan 1-b dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 4.5 Jawaban S1 Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Dalam hasil tes pada Gambar 4.5 pada bagian TS-S1-T3, S1 menuliskan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. selain itu, S1 juga menuliskan koordinat titik $A'(3,-2)$, $B'(5,-4)$, dan $C'(1,-3)$. Selanjutnya, S1 S1 menambahkan vektor translasi $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ untuk mendapatkan koordinat bayangan gabungan. Hasil akhirnya adalah $A''(5,-3)$, $B''(7,-5)$, dan $C''(3,-4)$ (lihat bagian TS-S1-T5). Aktivitas tersebut menunjukkan bahwa S1 telah mengoperasikan koordinat hasil transformasi sebelumnya dengan vektor translasi untuk menemukan koordinat bayangan akhir dari komposisi transformasi. Hasil dari pengerjaan soal tes S1 juga selaras dengan hasil wawancara S1 yang disajikan sebagai berikut:

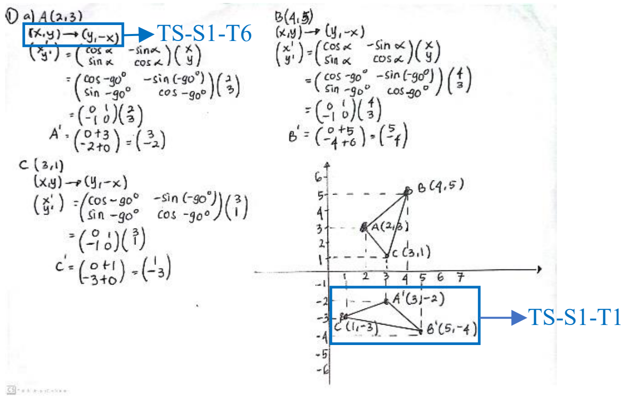
Tabel 4.6 Wawancara Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana posisi akhir objek tersebut?
JS-S1-W9	:	Posisi akhirnya tergantung dari dua transformasi yang dilakukan kak. Setelah saya lakukan rotasi 90° searah jarum jam, posisi titik-titiknya menjadi $A'(3,-2), B'(5,-4)$, dan $C'(1,-3)$.
P	:	Coba kamu jelaskan dek langkah-langkah penyelesaiannya?
JS-S1-W10	:	Pertama, saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Misalnya, untuk titik $A(2,3)$ setelah rotasi menjadi $A'(3,-2)$. Titik $B(4,5)$ menjadi $B'(5,-4)$, dan titik $C(3,\ 1)$ menjadi $C'(1,-3)$.
P	:	Lalu, untuk langkah selanjutnya apa yang kamu lakukakan?
JS-S1-W11	:	Setelah melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ dengn cara menambahkan komponen vektor x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi seperti, $A' = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = A"\begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$. Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah $A''(5,-3), B''(7,-5)$, dan $C''(3,-4)$.

Hasil wawancara pada Tabel 4.6 menunjukkan S1 menjelaskan bahwa posisi akhir objek diperoleh setelah dilakukan dua transformasi, yaitu rotasi 90° searah jarum jam dan translasi (JS-S1-W9). Selain itu pada bagian JS-S1-W10, S1 menyebutkan tentang penggunaan rumus matriks rotasi untuk menentukan hasil koordinat titik pada rotasi. Kemudian pada bagian JS-S1-W11, S1 menegaskan bahwa translasi dilakukan dengan cara menambahkan komponen vektor translasi pada setiap koordinat titik hasil rotasi. Sehingga diperoleh koordinat titik akhir yang sesuaiberdasarkan hasil tes dan wawancara tersebut, S1 memahami langkah-langkah komposisi transformasi geometri secara sistematis, dimulai dari penerapan rumus matriks rotasi hingga penambahan vektor translasi.

6) Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 1 yang disusun untuk mengetahui kemampuan spasial subjek penelitian terkait menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan. S1 memulai penyelesaian dengan memahami langkah-langkah transformasi geometri yang diminta, yaitu rotasi. Hasil penyelesaian S1 pada soal tes transformasi dapat dilihat Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Jawaban S1 Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa, S1 menuliskan koordinat titik $\mathrm{A}(2,3), \mathrm{B}(4,5), \text{dan } \mathrm{C}(3,1)$ kemudian melakukan rotasi $90°$ searah jarum jam dengan pusat (0,0) (TS-S1-T1). Setelah menuliskan koordinat titik awal, S1 mencoba membayangankan bentuk dan posisi segitiga tersebut dengan menggunakan rumus rotasi (x, y) menjadi $(\mathrm{y}, -\mathrm{x})$ (lihat bagian TS-S1-T6). Aktivitas tersebut menunjukkan bahwa, S1 memvisualisasikan posisi awal objek sebelum menentukan bayangan hasil rotasi. Selanjutnya, S1 menunjukkan penggunaan kemampuan visual spasialnya untuk menentukan bayangan objek. Hal tersebut diperkuat oleh hasil wawancara berikut:

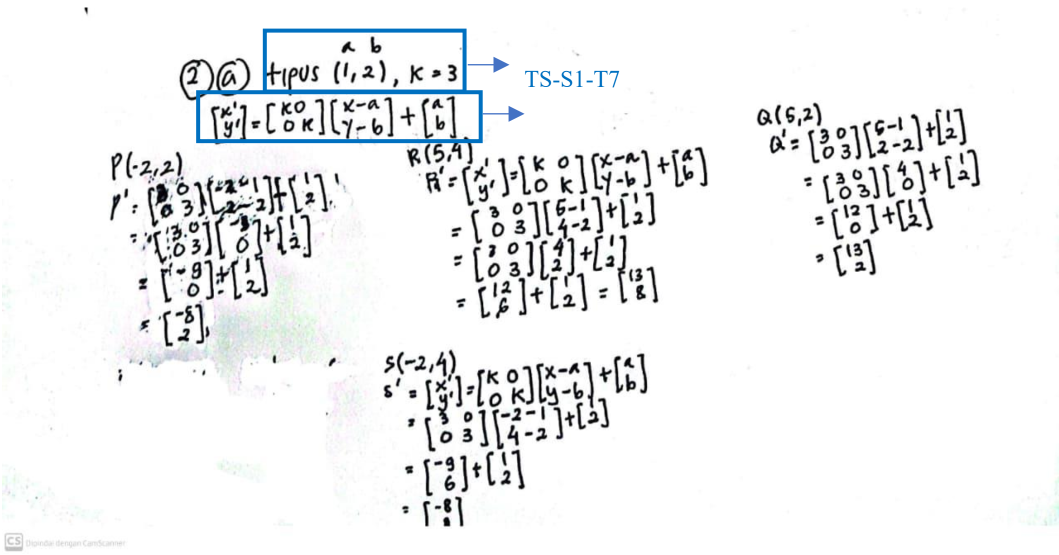
Tabel 4.7 Wawancara Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana cara kamu menyelesaikan soal nomor 1?
JS-S1-W12	:	Saya lihat dulu posisi titiknya di kertas, lalu saya mencoba gabungkan untuk lihat bentuk segitiganya.
P	:	Selanjutnya, bagaimana kamu memastikan hasil rotasinya benar?
JS-S1-W13	:	Saya putar kertasnya pelan-pelan kak, biar kelihatan kalau bentuknya diputar ke kanan. Jadi saya lihat langsung bentuk segitinga berubah posisi.
P	:	Jadi, kamu melihat perubahan bentuknya dengan cara memutar kertas?
JS-S1-W14	:	Bener kak, saya melihat dari kertasnya. Jadi tahu segitiganya geser ke arah kanan bawah setelah diputar. Baru setelah itu, saya cocokin sama rumus rotasinya.

Hasil wawancara S1 menjelaskan langkah awal yang dilakukan adalah memperhatikan posisi titik-titiknya pada kertas dan membentuk gambaran segitiga terlebih dahulu sebelum melakukan rotasi (lihat bagian JS-S1-W12). Pada bagian JS-S1-W13, S1 menyebutkan bahwa S1 memutar kertas secara perlahan untuk mengamati perubahan posisi segitiga ketika diputar 90° searah jarum jam. Selanjutnya pada bagian JS-S1-W14, S1 menegaskan bahwa **h**asil pengamatan visual tersebut kemudian dicocokkan dengan aturan rotasi agar memperoleh koordinat yang tepat. Berdasarkan temuan tersebut, dapat dinyatakan bahwa S1 menggunakan strategi pengamatan visual dalam memprediksi hasil rotasi sebelum memverifikasi menggunakan konsep transformasi, sehingga menunjukkan kemampuan spatial visualisation dalam menentukan bayangan objek hasil rotasi.

7) Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 2-a yang disusun untuk mengukur kemampuan spasial subjek penelitian khususnya dalam aspek spatial visualisation, yaitu menyelesaikan masalah transformasi geometri dengan konsep matriks, berikut merupakan cuplikan hasil jawaban S1.



Gambar 4.7 Jawaban S1 Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Dalam lembar jawaban, S1 menuliskan apa yang diketahui yaitu titik pusatnya (1,2) dan faktor skalanya $k = 3$. Selain itu, S1 menuliskan juga rumus matriks dilatasi yaitu $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ (lihat bagian TS-S1-T7). Kemudian, S1 menghubungkan rumus dengan data yang diketahui pada soal, yaitu pusat dilatasi (1,2) dan faktor skala $k = 3$ (lihat bagian T11-S1). Hal ini diperkuat oleh pernyataan wawancara berikut:

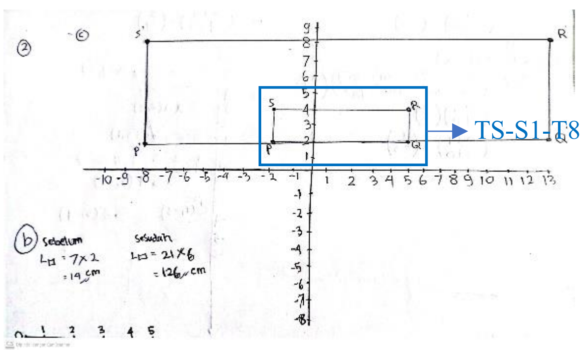
Tabel 4.8 Wawancara Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana kamu menerapkan matriks dilatasi pada titik-titik koordinat bangun PQRS ini?
JS-S1-W15	:	Saya pakai rumus matriks dilatasi, $\begin{pmatrix} \mathrm{x}' \\ \mathrm{y}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathrm{k} & 0 \\ 0 & \mathrm{k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathrm{x} - \mathrm{a} \\ \mathrm{y} - \mathrm{b} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathrm{a} \\ \mathrm{b} \end{pmatrix}$ dengan pusat (1,2) dan skalanya 3. Jadi setiap titik saya kurangi dulu dengan pusatnya, lalu saya kalikan dengan 3, setelah itu saya tambahkan lagi dengan pusat. Dengan begitu saya bisa tahu bagaimana bangun PQRS berubah, ukurannya jadi lebih besar tapi tetap mengacu pada titik pusat itu.

Hasil wawancara pada Tabel 4.8 S1 menjelaskan bahwa, S1 menggunakan rumus matriks dilatasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ dengan pusat (1,2) dan faktor skala $k = 3$. Pada bagian JS-S1-W15, S1 menyebutkan langkah-langkahnya secara urut, yaitu mengurangkan setiap koordinat titik dengan pusat dilatasi terlebih dahulu, kemudian mengalikan hasilnya dengan skala 3 dan menambahkan kembali titik pusat untuk mendapatkan koordinat bayangan. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S1 menunjukkan kemampuan untuk menghubungkan konsep matriks dilatasi dengan proses perhitungan matematis secara benar serta memahami langkah-langkah perhitungan yang tepat.

8) Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-b yang disusun untuk mengetahui kemampuan subjek dalam menentukan bayangan hasil transformasi pada koordinat kartesius. S1 menunjukkan proses berpikir yang sistematis dalam memahami dan menyelesaikan permasalahan dilatasi. Hasil penyelesaian S1 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 2-b pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Jawaban S1 Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Dalam lembar jawabannya, S1 menuliskan koordinat titik awal $P(-2,2), Q(5,2), R(5,4)$, dan S(-2, 4) pada bidang kartesius. Selanjutnya, S1 menerapkan dilatasi dengan pusat $P(1,2)$. S1 menghitung setiap titik dengan cara mengurangkan koordinat titik dengan pusat dilatasi (lihat Gambar 4.7). terlihat pada Gambar 4.8, S1 menggambarkan posisi bangun datar PQRS sebelum dan setelah di dilatasi (lihat bagian TS-S1-T8). Aktivitas tersebut menunjukkan S1 memahami perubahan posisi dan ukuran bangun datar PQRS dalam sistem koordinat kartesius. Hal ini diperkuat oleh pernyataan S1 pada hasil wawancara berikut.

Tabel 4.9 Wawancara Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

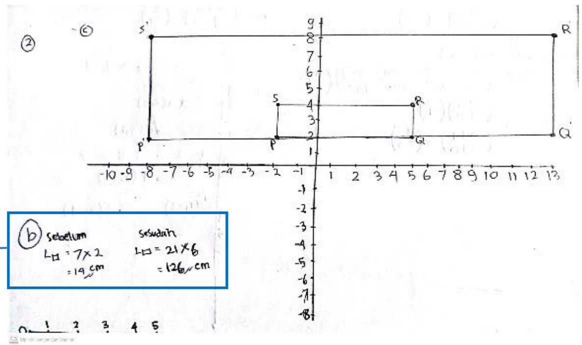
Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Setelah kamu hitung, bagaimana perubahan bangun PQRS setelah didilatasi?
JS-S1-W16	:	Bentuk persegi panjangnya tetap sama, tapi ukurannya jadi lebih besar, tepatnya tiga kali dari ukuran awal karena faktor skalanya 3. Kalau luasnya otomatis ikut membesar, jadi sembilan kali lipat dari luas semula. Saya mengerjakannya dengan menggambar bangun datar persegi panjang sebelum dan sesudah di dilatasi supaya lebih jelas perubahannya.
P	:	Kenapa bisa Sembilan kali lipat?
JS-S1-W17	:	Karena kalau panjang dan lebar masing-masing diperbesar 3 kali, luasnya jadi 3 × 3, berarti 9 kali lipat dari luas awal.

Hasil wawancara S1 pada Tabel 4.9 bagian JS-S1-W16 menyebutkan bahwa S1 menjelaskan perubahan bentuk bangun datar PQRS setelah dilatasi dengan faktor skala $k = 3$ terhadap pusat $P(1,2)$. Selain itu, S1 menyatakan bahwa S1 menggambar bangun sebelum dan sesudah dilatasi untuk melihat pergeseran titik-titik koordinat dan bentuk bayangannya di bidang kartesius. Berdasarkan hasil tes dan wawancara tersebut, S1 mampu menentukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius melalui orientasi spasial. Pada JS-S1-W17, S1 menjelaskan bahwa bangun datar persegi panjang tersebut bentuknya tetap . Namun, ukurannya menjadi tiga kali lebih besar, serta memahami bahwa luas bangun menjadi sembilan kali lipat karena kedua dimensi bangun diperbesar tiga kali.hubungan antara faktor skala dan perubahan luas persegi panjang setelah didilatasi. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S1 mampu menentukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius melalui orientasi spasial.

9) Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation*

Selain melihat kemampuan spasial matematis subjek terkait menentukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius pada soal nomor 2-c juga dapat digunakan untuk melihat kemampuan subjek dalam menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan. Hasil penyelesaian S1 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 2-a pada Gambar 4.9 berikut.

TS-S1-T9



Gambar 4.9 Jawaban S1 Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Dalam lembar jawabannya pada Gambar 4.9, S1 diminta menghitung luas persegi panjang sebelum dan sesudah dilakukan dilatasi dengan faktor skala $k = 3$. Pada bagian TS-S1-T9, S1 menghitung luas persegi panjang sebelum dilatasi $L = P \times l = 7 \times 2 = 14\ cm^2$ dan setelah dilatasi $L = p \times l = 21 \times 6 = 126\ cm^2$. Hal ini diperkuat oleh S1 pada hasil wawancara berikut:

Tabel 4.10 Wawancara Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah didilatasikan? Bagaimana perubahan tersebut dapat berhubungan dengan faktor skalanya?
JS-S1-W18	:	Setelah persegi panjang di dilatasikan luasnya bertambah. Sebelum dilatasi, luasnya adalah $7 \times 2 = 14\ \text{cm}^2$, dan setelah dilatasi menjadi $21 \times 6 = 126\ \text{cm}^2$.
P	:	Apa hubungan faktor skala dengan perubahan luas yang terjadi?
JS-S1-W19	:	Karena setiap sisi diperbesar 3 kali, luasnya jadi membesar 9 kali. Jadi bentuknya sama, hanya ukurannya lebih besar dan posisinya bergeser di bidang koordinat.

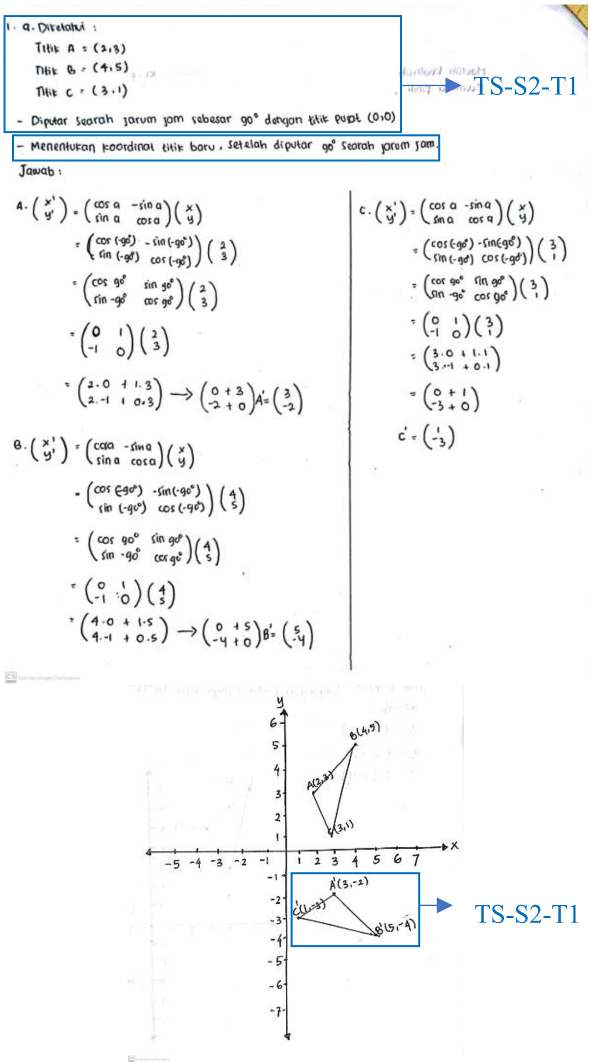
Hasil wawancara S1 pada Tabel 4.10 S1 menjelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luas persegi panjang setelah didilatasi. Hal ini sesuai dengan hasil wawancara pada bagian JS-S1-W18. Selain itu, S1 mampu memahami titik pusat dan objek yang didilatasi, menentukan jarak skala dengan benar, serta menjelaskan perubahan ukuran objek akibat dilatasi dengan faktor skala tertentu (JS-S1-W19). Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S1 menyelesaikan tes dengan tepat tanpa melakukan kesalahan dalam menentukan bayangan objek sebelum maupun sesudah dilatasi. Artinya, pada soal nomor 2-b S1 dapat menunjukkan kemampuan spasial matematis pada aspek menentukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius.

b. Subjek 2 (S2)

Pada soal nomor 1-a dirancang untuk mengetahui kemampuan siswa dalam menentukan bentuk bayangan dari suatu objek.

1) Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation*

Pada bagian ini dipaparkan mengenai hasil penyelesaian soal nomor 1-a oleh S2 yang dirancang untuk melihat kemampuan spasial subjek terkait menentukan bentuk bayangan dari suatu objek hasil transformasi rotasi. Hasil penyelesaian S2 pada nomor 1 disajikan pada Gambar 4.6 sebagai berikut



Gambar 4.10 Jawaban S2 Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Hasil tes S2 pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa S2 menuliskan informasi yang diketahui dari soal, yaitu menuliskan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) serta rotasi sebesar 90° searah jarum jam terhadap pusat $(0, 0)$. Setelah itu, S2 menggambar koordinat titik ABC sehingga membentuk segitiga ABC. (lihat bagian TS-S2-T1). Langkah ini menunjukkan bahwa S2 memvisualisasikan posisi serta bentuk bangun secara mental sebelum melakukan proses rotasi. Proses ini kemudian diperkuat melalui hasil wawancara berikut.

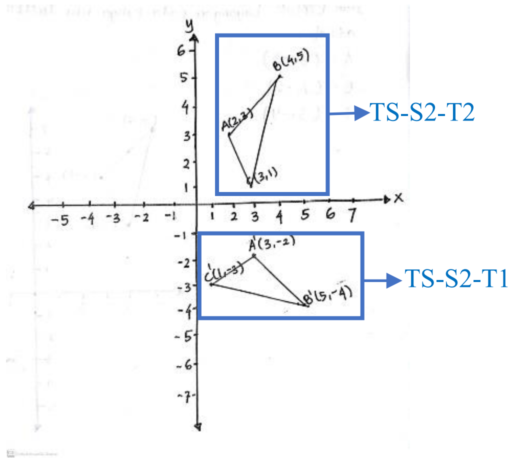
Tabel 4.11 Wawancara Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Hal apa yang kamu lakukan pada soal nomor 1-a?
JS-S2-W1	:	Saya coba bayangin dulu ketiga koordinat titiknya ketika ketiganya digabung, biar tahu bentuk segitiganya.
P	:	Bagaimana cara kamu merotasikan bentuk segitiganya?
JS-S2-W2	:	Caranya dengan membayangkan dalam pikiran. Saya bayangin segitiganya diputar ke kanan. Jadi titik awalnya di atas, saya bayangin pindah ke kanan bawah.
P	:	Berarti kamu tahu bentuk bayangannya?
JS-S2-W3	:	Iya kak, bentuknya tetap segitiga.

Pada Tabel 4.11 bagian JS-S2-W1, S2 membentuk gambaran awal objek secara mental dengan cara membayangkan posisi koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) sebelum dilakukan rotasi. Dengan kata lain, S2 terlebih dahulu memahami bentuk awal objek sebelum menentukan hasil transformasi. Selanjutnya, pada bagian JS-S2-W2, S2 membayangkan perputaran segitiga tanpa bantuan alat. Berdasarkan wawancara dan hasil tes, S2 mampu menentukan bentuk bayangan objek dengan benar setelah rotasi. Hal ini ditunjukkan melalui penjelasan runtut mengenai proses visualisasi dan perubahan posisi objek, sehingga S2 dapat memahami dan menggambarkan hasil transformasi dengan tepat.

2) Memanipulasi Objek *Mental Rotation*

Selain melihat kemampuan spasial matematis subjek terkait menentukan bentuk bayangan dari suatu objek pada soal nomor 1-a juga dapat digunakan untuk melihat kemampuan subjek terkait memanipulasi objek pada transformasi geometri. Hal ini ditunjukkan hasil tes S2 dalam memanipulasi objek pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Jawaban S2 Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada Gambar 4.11 terlihat bahwa S2 menuliskan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) serta rotasi sebesar 90° searah jarum jam terhadap pusat $(0, 0)$. Setelah mencatat koordinat titik awal, S2 membayangkan bentuk segitiga yang terbentuk dari ketiga titik tersebut. Pada bagian TS-S2-T2 terlihat bahwa S2 memvisualisasikan posisi awal segitiga ABC dalam pikirannya sebelum menentukan hasil rotasinya. Selanjutnya, S2 membayangkan proses perputaran segitiga sebesar 90° searah jarum jam secara mental untuk memahami posisi akhir segitiga setelah transformasi (lihat TS-S2-T1). Proses mental tersebut diperkuat melalui penjelasan S2 pada wawancara berikut.

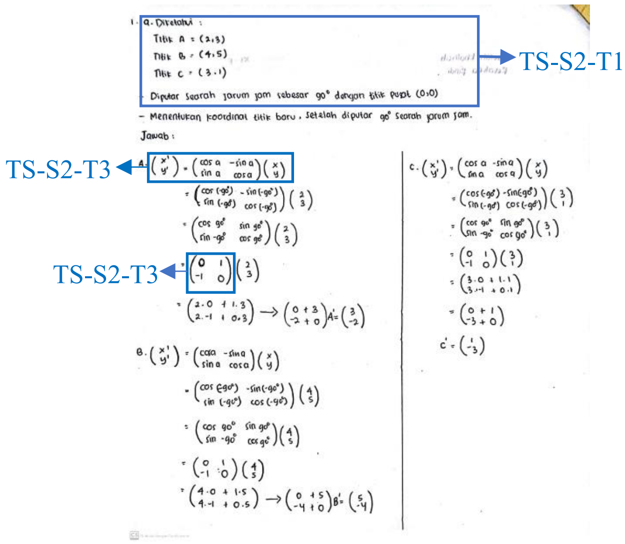
Tabel 4.12 Wawancara Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	sekarang kakak ingin tanya, setelah segitiga tersebut diputar seperti apa bentuk dan posisinya?
JS-S2-W4	:	Di soal diminta untuk melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat $(0, 0)$.
P	:	Baik, lalu bagaimana caramu menentukan koordinat titik A, B, dan C setelah dirotasi?
JS-S2-W5	:	Awalnya saya bayangin dulu posisi segitiganya, agak mengarah ke kanan atas. Terus saya putar dalam pikiran 90° searah jarum jam terhadap titik pusat $(0, 0)$. Hasilnya, segitiganya berpindah ke bagian kanan bawah setelah diputar kak.

Pada bagian wawancara JS-S2-W4, S2 menunjukkan pemahaman terhadap perintah soal, yaitu melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat $(0, 0)$. Selanjutnya, melalui pernyataan pada JS-S2-W5, S2 menjelaskan proses berpikirnya, yaitu membayangkan bentuk awal segitiga yang condong ke kanan atas kemudian memutar bayangan tersebut secara mental hingga berada di posisi kanan bawah. Hal ini menunjukkan bahwa S2 dapat melakukan manipulasi mental terhadap objek geometri, di mana orientasi segitiga berubah akibat rotasi tanpa mengubah bentuknya Berdasarkan hasil penyelesaian dan wawancara, terlihat bahwa S2 dapat menjelaskan proses dan hasil dari transformasi geometri berupa rotasi searah jarum jam sebesar 90° terhadap titik pusat $(0, 0)$. Artinya, S2 dapat menyelesaikan tes tanpa melakukan kesalahan dalam memanipulasi objek.

3) Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Selain mampu memanipulasi objek, pada soal nomor 1-a juga disusun untuk mengetahui kemampuan subjek penelitian terkait menggunakan konsep matriks dalam transformasi geometri. S2 menyelesaikan soal dengan langkah yang jelas dan logis. Hasil penyelesaian S2 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 1-a pada Gambar 4.12 sebagai berikut.



Gambar 4.12 Jawaban S2 Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Berdasarkan hasil tes pada Gambar 4.12, S2 menuliskan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) serta rotasi sebesar 90° searah jarum jam terhadap pusat $(0, 0)$ (lihat bagian TS-S2-T1). S2 tampak menerapkan konsep transformasi geometri yang berkaitan dengan matriks rotasi dalam menentukan bayangan masing-masing titik. Pada bagian TS-S2-T3, S2 menuliskan bentuk matriks rotasi 90° searah jarum jam, yaitu $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum menentukan hasil rotasi, S2 memahami rumus matriks rotasi dan menuliskannya sebagai dasar perhitungan. Penjelasan mengenai proses tersebut juga diperkuat melalui wawancara berikut.

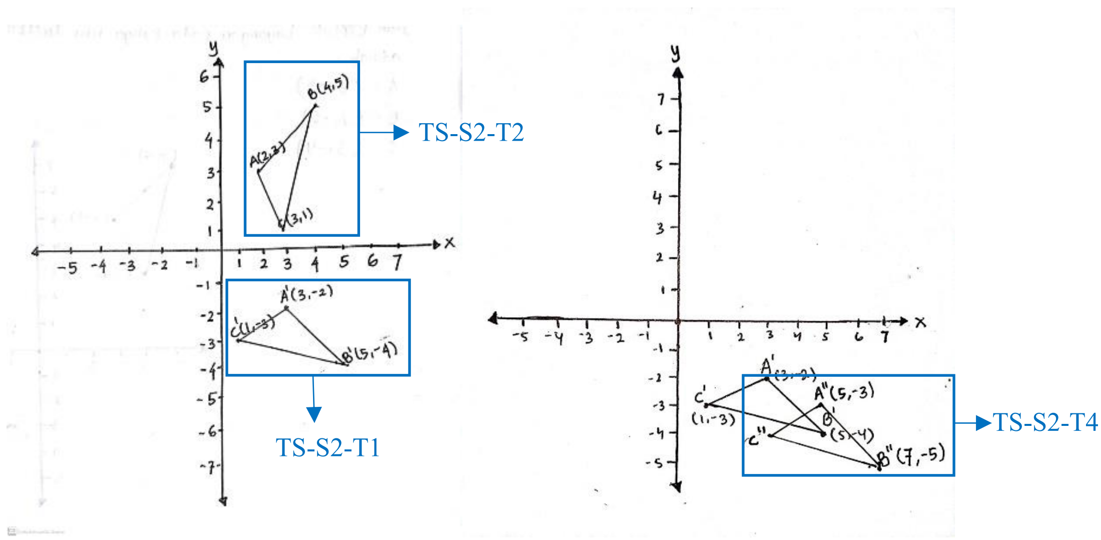
Tabel 4.13 Wawancara Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Pada soal nomor 1-a, bagaimana caramu menentukan koordinat titik A', B', dan C' setelah rotasi?
JS-S2-W6	:	Saya pakai rumus matriks rotasi kak $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Lalu saya kalikan dengan koordinat titik awalnya, missal titik B(4, 3) $\binom{4}{3} \times \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$ maka diperoleh $\mathrm{B}'(5, -4)$.

Pada hasil wawancara pada Tabel 4.13 bagian JS-S2-W6, S2 menjelaskan bahwa matriks rotasi sebesar 90° searah jarum jam, yaitu $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$, yang kemudian dikalikan dengan koordinat titik awal. berdasarkan hasil tes dan jawaban wawancara, S2 menerapkan konsep matriks rotasi secara tepat untuk menentukan koordinat hasil rotasi. S2 juga mampu menjelaskan langkah perhitungan yang dilakukan secara runtut dan logis, menunjukkan pemahaman konsep transformasi matriks yang baik dalam menyelesaikan soal rotasi.

4) Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-b yang disusun untuk mengetahui kemampuan spasial subjek penelitian terkait menyelesaikan komposisi transformasi geometri. Berikut merupakan cuplikan hasil jawaban S2.



Gambar 4.13 Jawaban S2 Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Lembar jawaban pada soal tes pada Gambar 4.13 bagian TS-S2-S2, terlihat bahwa S2 menggambarkan posisi awal koordinat titik segitiga pada koordinat kartesius. Selanjutnya pada bagian TS-S2-T4, S2 membuat gambar bayangan hasil rotasi dan translasi sehingga terbentuk segitiga baru. Dari proses tersebut, tampak bahwa S2 tidak menuliskan proses perhitungan matematis. Melainkan S2 merepresentasikan perubahan posisi melalui gambar bayangan titik hasil transformasi. Pernyataan tersebut dipertegas melalui hasil wawancara berikut.

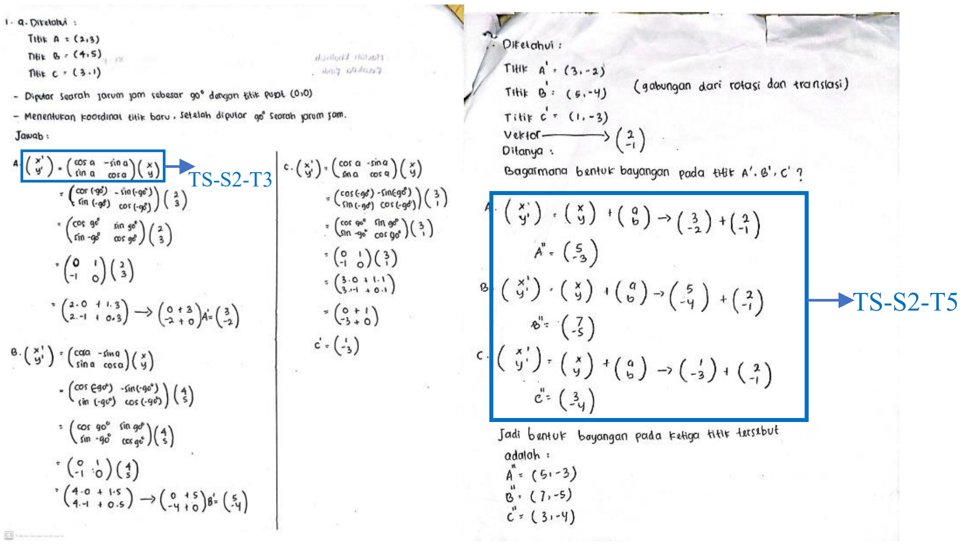
Tabel 4.14 Wawancara Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Jelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomor 1-b ini?
JS-S2-W7	:	Pertama, saya melakukan rotasi 90° searah jarum jam dengan titik pusat di (0,0) karena rotasinya searah jarum jam, jadi berpindah tempat ke sebelah kanan bawah. Setelah itu, saya bayangkan dulu posisi segitiga awal yang letaknya di kanan atas. Lalu saya geser haadi dua langkah ke kanan dan satu langkah ke bawah sesuai vektornya.
P	:	Apakah kamu menghitng koordinat titiknya satu persatu dengan menggunakan rumus?
JS-S2-W8	:	Tidak kak, saya hanya membayangkan pergeserannya saja

Berdasarkan cuplikan wawancara tersebut, S2 menjelaskan bahwa proses penyelesaian dilakukan melalui pembayangan posisi objek secara bertahap, dimulai dari posisi awal, kemudian diputar 90° searah jarum jam, lalu digeser sesuai vektor translasi (lihat bagian JS-S2-W7). Selain itu, pada bagian JS-S2-W8, S2 menegaskan bahwa S2 tidak menggunakan prosedur perhitungan koordinat secara matematis, melainkan sepenuhnya mengandalkan visualisasi mental dalam menentukan posisi akhir objek. Dengan demikian, berdasarkan hasil tes dan wawancara, S2 mampu menyelesaikan soal komposisi transformasi geometri menggunakan strategi visualisasi spasial secara efektif tanpa menuliskan prosedur perhitungan formal.

5) Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a dan 1-b menunjukkan komponen kemampuan spasial matematis siswa terkait menentukan bentuk bayangan suatu objek menggunakan matriks. Hasil penyelesaian S2 pada nomor 1-a dan 1-b dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Jawaban S2 Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Berdasarkan hasil tes pada Gambar 4.14 bagian TS-S2-T3, S2 menuliskan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ sebagai dasar perhitungan. Selain itu, S2 menuliskan hasil koordinat titik $\mathrm{A}'(3,-2)$, $\mathrm{B}'(5,-4)$, dan $\mathrm{C}'(1,-3)$ sebagai hasil dari proses rotasi awal. Pada tahap berikutnya, S2 menambahkan vector translasi $\mathrm{v} = \binom{2}{-1}$ untuk memperoleh koordinat titik bayangan akhir dari komposisi transformasi. Hasil akhirnya yaitu, $\mathrm{A}''(5,-3)$, $\mathrm{B}''(7,-5)$, dan C’’(3,-4) (lihat bagian TS-S2-T5). Langkah tersebut menunjukkan bahwa S2 mampu menerapkan operasi translasi dengan benar pada koordinat hasil rotasi, sehingga titik bayangan akhir dapat ditentukan secara tepat. Hal ini diperkuat oleh pernyataan S2 pada hasil wawancara berikut.

Tabel 4.15 Wawancara Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana posisi akhir objeknya?
JS-S2-W9	:	Posisi akhirnya mengikuti dua langkah transformasi kak.

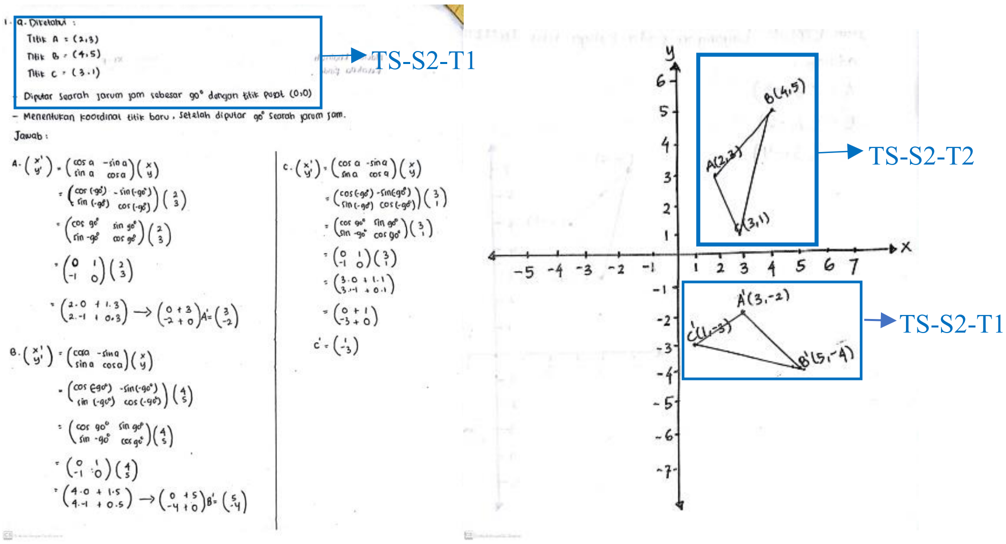
Lanjutan Tabel 4.15 Wawancara Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
JS-S2-W9	:	Setelah saya putar 90° searah jarum jam, titik-titiknya jadi $A'(3,-2)$, $B'(5,-4)$, dan $C'(1,-3)$.
P	:	Bisa kamu jelaskan dek langkah-langkah penyelesaiannya?
JS-S2-W10	:	Pertama, saya mulai dengan rotasi dengan menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ Misalnya, untuk titik $A(2,3)$ setelah rotasi menjadi $A'(3,-2)$. Titik $B(4,5)$ menjadi $B'(5,-4)$, dan titik $C(3,\ 1)$ menjadi $C'(1,-3)$.
P	:	Setelah rotasi, apa langkah yang kamu lakukakan selanjutnya?
JS-S2-W11	:	Langkah berikutnya kak melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ dengn cara menambahkan komponen vector x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi seperti, $A' = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = A''\begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$. Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah $A''(5,-3), B''(7,-5)$, dan $C''(3,-4)$.

Dari pernyataan S2 pada proses wawancara Tabel 4.15 terlihat bahwa S2 memahami posisi posisi akhir objek diperoleh melalui dua tahap, yakni rotasi menggunakan matriks rotasi dan dilanjutkan translasi (JS-S2-W9). Pada bagian JS-S2-W10, S2 menyampaikan penggunaan rumus matriks rotasi untuk menghitung masing-masing koordinat titik. Kemudian pada JS-S2-W11, S2 menjelaskan penambahan komponen vektor translasi pada hasil rotasi untuk mendapatkan titik akhir. Berdasarkan hasil tes dan wawancara tersebut, S2 memiliki pemahaman sistematis terhadap komposisi transformasi, mulai dari penerapan matriks rotasi sampai penambahan vektor translasi dengan tepat. Artinya, S2 dapat menyelesaikan tes tanpa melakukan kesalahan dalam menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks.

6) Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 1 yang dirancang untuk mengukur kemampuan spasial dalam menentukan bayangan hasil rotasi melalui pengamatan visual.



Gambar 4.15 Jawaban S2 Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Pada Gambar 4.15 tampak bahwa S2 menuliskan koordinat titik awal A(2,3), B(4,5), dan C(3,1), kemudian melakukan rotasi sebesar 90° searah jarum jam berpusat di titik (0,0). Setelah menentukan koordinat awal tersebut, S2 terlihat berupaya membayangkan bentuk segitiga serta perubahan posisinya setelah rotasi (TS-S2-T1). Hal tersebut mengindikasikan bahwa S2 terlebih dahulu membentuk representasi mental mengenai bentuk dan orientasi objek sebelum menentukan bayangan hasil rotasi. Dengan kata lain, S2 memanfaatkan kemampuan visual spasial untuk memprediksi letak bayangan objek setelah transformasi. Hal ini diperkuat oleh kutipan wawancara berikut.

Tabel 4.16 Wawancara Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana cara kamu menyelesaikan soal pada soal nomor 1?
JS-S2-W12	:	Pertama saya lihat posisi titiknya dulu, terus saya coba

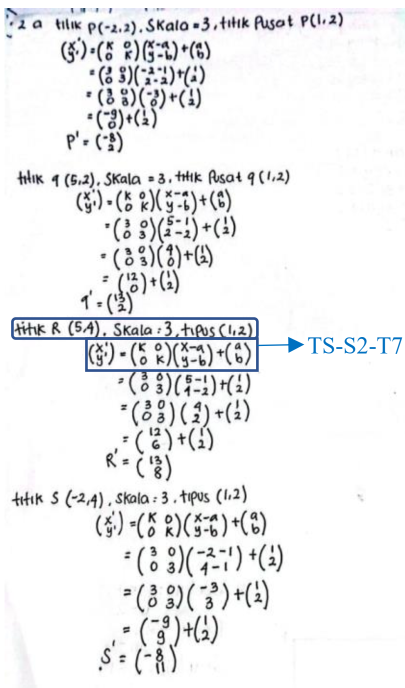
Lanjutan Tabel 4.16 Wawancara Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Kode		Deskripsi Wawancara
JS-S2-W12	:	bayangkan bentuk segitiganya di kertas.
P	:	Bagaimana caramu memastikan hasil rotasinya benar?
JS-S2-W13	:	Saya putar kertasnya pelan-pelan sambil melihat pergeseran bentuk segitiganya ke arah kanan. Jadi saya amati langsung perubahan posisinya. Dari situ kelihatan segitiganya bergerak ke kanan bawah setelah diputar.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa pada tahap awal, S2 memperhatikan posisi titik-titik pada lembar kerja lalu membentuk gambaran visual dari segitiga tersebut (JS-S2-W12). Pada bagian JS-S2-W13, S2 menjelaskan bahwa ia memutar kertas secara perlahan untuk mengamati perubahan posisi segitiga ketika diputar 90° searah jarum jam. Dari hasil tes dan wawancara, S2 dapat menentukan bayangan objek setelah dirotasi dengan pengamatan tanpa melakukan kesalahan.

7) Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation*

Soal nomor 2-a yang dirancang untuk mengukur kemampuan spasial siswa tentang menyelesaikan masalah transformasi geometri dengan konsep matriks. Berikut merupakan hasil jawaban S2.



Gambar 4.16 Jawaban S2 Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Berdasarkan hasil tes tulis pada Gambar 4.16, S2 menuliskan informasi yang diketahui yaitu titik pusat $P(1,2)$ dengan faktor skala $k = 3$. Selanjutnya, S2 juga menuliskan rumus matriks dilatasi, yaitu: $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ (lihat bagian TS-S2-T7). untuk menentukan hasil transformasi geometri dengan menggunakan konsep perhitungan matriks. Berikut pernyataan S2 pada hasil wawancara. Langkah tersebut menunjukkan bahwa S2 memahami konsep dilatasi melalui pendekatan matriks dan mampu mengaitkan informasi yang diberikan pada soal dengan prosedur matematis yang tepat. Hal ini diperkuat oleh pernyataan wawancara berikut:

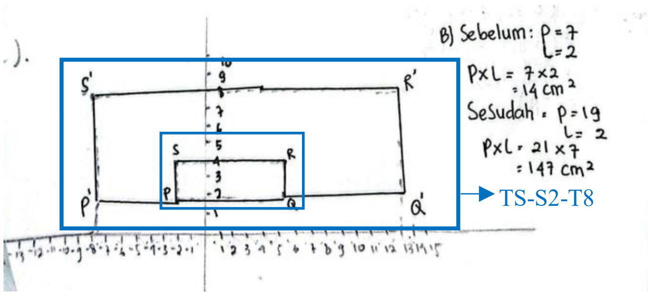
Tabel 4.17 Wawancara Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana kamu menerapkan matriks dilatasi pada titik-titik koordinat bangun PQRS ini?
JS-S2-W14	:	Saya menggunakan rumus matriks $\begin{pmatrix} \mathrm{x}' \\ \mathrm{y}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathrm{k} & 0 \\ 0 & \mathrm{k} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \mathrm{x-a} \\ \mathrm{y-b} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathrm{a} \\ \mathrm{b} \end{pmatrix}$ dilatasi Dengan pusat (1,2) dan skala 3. Jadi langkahnya, pertama saya menghitung dengan cara $\begin{pmatrix} \mathrm{x}' \\ \mathrm{y}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathrm{k} & 0 \\ 0 & \mathrm{k} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \mathrm{x-a} \\ \mathrm{y-b} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathrm{a} \\ \mathrm{b} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$Maka $\mathrm{P}' = \begin{pmatrix} -8 \\ 2 \end{pmatrix}$. Dengan cara ini, saya bisa menentukan perubahan seluruh titik PQRS, dan bentuk persegi panjangnya menjadi lebih besar tapi tetap mengacu pada titik pusat tersebut.

Berdasarkan hasil wawancara pada bagian JS-S2-W14, S2 menghitung koordinat titik baru menggunakan rumus matriks dilatasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Selanjutnya, S2 menjelaskan langkah-langkah perhitungan seperti pada titik P(-2,2) yang menghasilkan bayangan P’(-8,2). Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S2 tidak melakukan kesalahan dalam menentukan transformasi geometri untuk mencari koordinat titik baru menggunakan konsep matriks. Selanjutnya, S2 dapat menyusun informasi dengan baik saat menggunakan rumus matriks dilatasi berdasarkan data yang tersedia, serta menjelaskan setiap langkah yang dilakukan dan memberi keterangan yang sesuai.

8) Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation*

Soal nomor 2-b dirancang untuk mengetahui kemampuan subjek dalam menentukan bayangan hasil transformasi pada koordinat kartesius. S2 menunjukkan pemahaman yang baik dalam menyelesaikan soal tes transformasi geometri pada nomor 2-b pada Gambar 4.17



Gambar 4.17 Jawaban S2 Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Pada hasil tes tulis bagian TS-S2-T8, S2 menggambar titik koordinat PQRS sebelum dan sesudah dengan tujuan mengetahui perubahan bentuknya. Berikut pernyataan S2 pada hasil wawancara.

Tabel 4.18 Wawancara Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana kamu melihat perubahan bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi dengan pusat (1,2) dan skala 3?:
JS-S2-W15	:	Bangunnya tetap berbentuk persegi panjang, hanya saja ukurannya membesar tiga kali dari panjang dan lebarnya semula. Jadi, kalau dibandingkan dengan bangun awal,

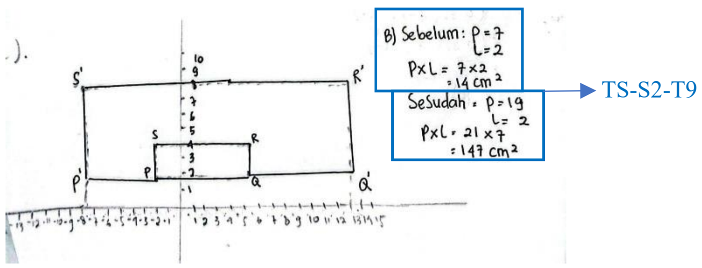
Lanjutan Tabel 4.18 Wawancara Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Kode		Deskripsi Wawancara
JS-S2-W15	:	posisinya melebar menjauh dari pusat dilatasi. Tapi, bentuk dasarnya tidak berubah bentuk.
P	:	Kalau luasnya bagaimana menurutmu?
JS-S2-W16	:	Luasnya otomatis juga membesar. Karena Panjang dan lebarnya masing-masing menjadi tiga kali, maka luasnya ikut bertambah jadi sembilan kali lipat dari luas awal.

Pada bagian wawancara JS-S2-W15 dan JS-S2-W16, S2 mampu menjelaskan keterkaitan antara faktor skala dilatasi dengan perubahan ukuran panjang, lebar, serta luas persegi panjang. S2 menekankan bahwa bentuk bangun tetap persegi panjang, namun ukurannya membesar selaras dengan faktor skala yang digunakan. Hasil ini konsisten dengan data hasil tes pada bagian TS-S2-T8, yang memperlihatkan bahwa S2 dapat mengaitkan faktor skala dengan perubahan ukuran dan luas bangun secara tepat. Berdasarkan hasil tes dan wawancara. S2 mampu menentukan bayangan transformasi. Artinya, S2 dapat menyelesaikan soal tes tanpa kesalahan dalam menentukan hasil dilatasi baik dari segi bentuk, ukuran, maupun luas bangun.

9) Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation*

Soal nomor 2-c yang disusun untuk mengetahui kemampuan menentukan faktor skala dalam suatu dilatasi pada Gambar 4.18 sebagai berikut.



Gambar 4.18 Jawaban S2 Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Pada hasil tes Gambar 4.18, S2 menhitung luas persegi panjang sebelum di dilatasikan, diperoleh hasilnya $14cm^2$. Selain itu, S2 menuliskan hasil luas persegi panjang PQRS setelah di dilatasikan dengan memperoleh hasilnya $147cm^2$(lihat bagian TS-S2-T9). Berikut pernyataan S2 pada hasil wawancara yang menguatkan hal tersebut.

Tabel 4.19 Wawancara Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah didilatasikan? Bagaimana perubahan tersebut dapat berhubungan dengan faktor skalanya?
JS-S2-W17	:	Setelah persegi panjang di dilatasikan luasnya bertambah. Sebelum dilatasi luasnya yaitu $7 \times 2 = 14\ cm^2$dan setelah dilatasi menjadi $21 \times 7 = 147\ cm^2$."
P	:	Apa yang menyebabkan perubahan tersebut?
JS-S2-W18	:	Perubahan luas terjadi karena semua sisi persegi panjang diperbesar oleh faktor skala $k = 3$. Panjang menjadi tiga kali lebih besar, begitu juga lebarnya. Sehingga luasnya bertambah menjadi $3^2 = 9$ kali lipat dari luas sebelum dilatasi.

Pada bagian wawancara JS-S2-W17 dan JS-S2-W18, S2 menjelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luas persegi Panjang setelah didilatasi. menyebutkan hasil perhitungan luas sebelum dan sesudah dilatasi. Hal ini sesuai dengan hasil tes pada bagian TS-S2-W9. Seharusnya, luas sebelum dilatasi yaitu $L = P \times l = 7 \times 2 = 14\ cm^2$. Maka diperoleh hasil akhir setelah dilatasi tidak sesuai dengan konsep perubahan luas akibat faktor skala. Hal tersebut menunjukkan bahwa S2 belum sepenuhnya memahami konsep perubahan ukuran objek akibat dilatasi, khususnya dalam menghitung perubahan luas. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S2 mengalami kesalahan dalam menentukan bayangan objek dan menghitung luas setelah dilatasi. Kesalahan ini tampak pada proses operasi hitung dan penerapan konsep faktor skala yang tidak tepat. Artinya, S2 menyelesaikan soal dengan pemahaman yang belum utuh terhadap hubungan antara faktor skala dilatasi dan perubahan ukuran objek, baik dalam bentuk koordinat maupun luas bangun.

2. Kemampuan Spasial Subjek Berkemampuan Matematika Sedang dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Transformasi Geometri

c. Subjek 3 (S3)

Pada soal nomor 1 dirancang untuk mengetahui kemampuan atau kepekaan siswa dalam menentukan bentuk bayangan dari suatu objek.

1) Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a menunjukkan komponen kemampuan spasial matematis terkait menentukan bentuk bayangan objek. Hasil penyelesaian S3 pada nomor 1 disajikan pada Gambar 4.19 sebagai berikut.

TS-S3-T1

Gambar 4.19 Jawaban S3 Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada hasil tes pada bagian TS-S3-T1, diketahui bahwa S3 tidak menuliskan jawaban sama sekali. Hasil tes tersebut diperkuat dengan hasil wawancara berikut.

Tabel 4.20 Wawancara Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Soal nomor 1-a informasi apa saja yang adek ketahui?
JS-S3-W1	:	Ehm… saya tidak terlalu paham dengan soal nomor 1-a.
P	:	Bisakah kamu menjelaskan bagaimana cara menentukan bayangan yang dihasilkan pada soal tersebut? Bagaimana langkah-langkahnya?
JS-S3-W2	:	Saya tidak tahu kak harus mulai dari mana untuk menggambarnya.

Pada bagian wawancara Tabel 4.20 JS-S3-W1, S3 tidak mampu menyebutkan bagian yang diketahui maupun yang ditanyakan dari soal. Selain itu, S3 juga tidak mampu mengidentifikasi informasi penting dari permasalahan dalam soal. Hal ini menunjukkan bahwa S3 mengalami hambatan sejak awal membaca soal dan tidak memahami konteks permasalahan yang disajikan. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S3 tidak memahami konsep dasar rotasi 90° searah jarum jam dan tidak dapat menerapkannya untuk menentukan bayangan objek hasil transformasi. Dalam penyelesaiannya pun, S3 tidak menggambar titik-titik bayangan dari objek awal, yang merupakan langkah awal dalam menentukan hasil transformasi. Artinya, S3 tidak menyebutkan apa saja yang diketahui dan ditanyakan dari soal, serta belum bisa menjelaskan isi atau maksud soal setelah membacanya. Tidak adanya jawaban pada lembar tes maupun wawancara menunjukkan bahwa S3 belum memahami soal dan tidak tahu harus mulai dari mana untuk menyelesaikannya. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan spasial S3 dalam menentukan bentuk bayangan objek masih belum berkembang dengan baik.

2) Memanipulasi Objek *Mental Rotation*

Pada Gambar 4.20 berikut ini merupakan hasil jawaban S3 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri.

TS-S3-T2

Gambar 4.20 Jawaban S3 Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada lembar hasil tes Gambar 4.21 bagian TS-S3-T2, S3 tidak menuliskan jawaban sama sekali. Hasil tes tersebut diperkuat dengan hasil wawancara berikut.

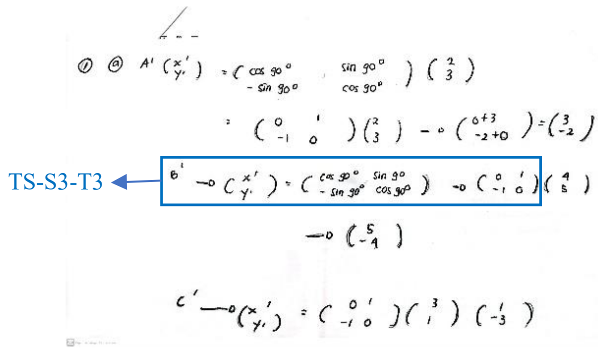
Tabel 4.21 Wawancara Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Sekarang kakak ingin Tanya, setelah segitiga diputar bentuk dan posisinya seperti apa?
JS-S3-W3	:	Saya tidak bisa membayangkan kak bagaimana bentuk dan posisinya setelah diputar.

Dari hasil wawancara pada Tabel 4.21 JS-S3-W3, S3 belum mampu membayangkan perubahan bentuk segitiga setelah mengalami rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Serta tidak ada upaya untuk menggambarkan hasil bayangan rotasi maupun memvisualisasikan perubahan posisi segitiga ABC setelah diputar. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S3 belum mampu menunjukkan kemampuan manipulasi objek secara mental pada transformasi geometri rotasi.

3) Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada Gambar 4.21 berikut ini merupakan lanjutan hasil jawaban S3 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri.



Gambar 4.21 Jawaban S3 Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Dalam lembar jawabannya, S3 menuliskan koordinat titik $A(2,3), B(4,5), \text{dan } C(3,1)$ dengan menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ untuk menghitung koordinat hasil rotasi (lihat bagian TS-S3-T3). Berikut hasil wawancara yang menguatkan pernyataan tersebut.

Tabel 4.22 Wawancara Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Coba dek kamu jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?
JS-S3-W4	:	Saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Setelah itu kita rotasikan dengan rumus matriks rotasi sehingga diperoleh koordinat titik $A'(3, -2)$ dengan $x' = 3$ dan $y' = -2$, sedangkan yang

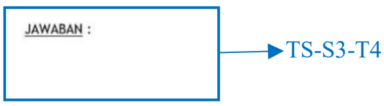
Lanjutan Tabel 4.22 Wawancara Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
JS-S3-W4	:	titik $B'(5,-4)$ dengan $x' = 5$ dan $y' = -4$, terakhir titik $C'(1,-3)$ dengan $x' = 1$ dan $y' = -3$.

Pada hasil wawancara Tabel 4.22 bagian JS-S3-W4, S3 menjelaskan langkah-langkah bagaimana cara menerapkan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$, yaitu dengan cara mengalikan terhadap koordinat titik awal. berdasarkan hasil tes dan jawaban wawancara, S3 menerapkan konsep matriks rotasi secara tepat untuk menentukan koordinat hasil rotasi. S3 juga mampu menjelaskan langkah perhitungan yang dilakukan secara runtut dan logis, menunjukkan pemahaman konsep transformasi matriks yang baik dalam menyelesaikan soal rotasi.

4) Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada Gambar 4.22 berikut ini merupakan hasil jawaban S3 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri dalam menyelesaikan komposisi transformasi geometri



Gambar 4.22 Jawaban S3 Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Berdasarkan cuplikan lembar jawaban pada bagian TS-S3-T4, tidak ditemukan penyelesaian terkait komposisi transformasi yang diminta. Hal ini menunjukkan bahwa S3 tidak melakukan proses mental maupun langkah matematis untuk menentukan bayangan titik hasil rotasi dan translasi. Hal ini diperkuat oleh pernyataan S3 pada hasil wawancara berikut.

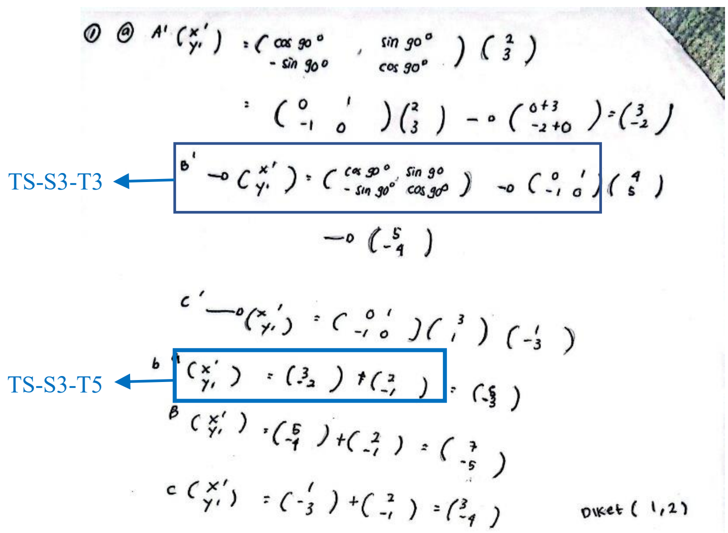
Tabel 4.23 Wawancara Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Dek, kenapa kamu tidak menuliskan langkah-langkah penyelesaiannya pada nomor 1-b?
JS-S3-W5	:	Soalnya saya tidak tahu cara mengerjakannya.
P	:	Bagian mana yang kamu bingungi? Rotasi atau translasi?
JS-S3-W6	:	Keduanya kak

Pada bagian wawancara JS-S3-W5, S3 tidak mampu menyelesaikan soal komposisi transformasi geometri. S3 tidak menuliskan langkah penyelesaian karena tidak tahu cara mengerjakannya. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa S3 tidak dapat menyelesaikan soal tes terkait komposisi transformasi geometri.

5) Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a dan 1-b menunjukkan komponen kemampuan spasial matematis siswa terkait menentukan bentuk bayangan suatu objek menggunakan matriks. Hasil penyelesaian S3 pada nomor 1-a dan 1-b dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Jawaban S3 Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks Mental Rotation Nomor 1-a dan 1-b

Berdasarkan hasil tes pada bagian TS-S3-T3, S3 menuliskan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ sebagai dasar perhitungan. Selain itu, S3 menuliskan hasil perhitungan koordinat titik $A'(3,-2)$, $B'(5,-4)$, dan $C'(1,-3)$ setelah dilakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Selanjutnya, sebagai hasil dari proses rotasi awal. pada tahap berikutnya, S3 menambahkan vektor translasi $v = \binom{2}{-1}$ untuk memperoleh koordinat titik bayangan akhir dari komposisi transformasi. Hasil akhirnya yaitu, $A''(5,-3)$, $B''(7,-5)$, dan C''(3,-4) (lihat bagian TS-S3-T5). Langkah-langkah tersebut menunjukkan bahwa S3 dapat menerapkan rotasi menggunakan matriks, kemudian melanjutkan proses transformasi dengan menambahkan vektor translasi untuk menentukan posisi akhir objek dengan tepat. Hal ini dipertegas melalui hasil wawancara berikut.

Tabel 4.24 Wawancara Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana posisi akhir objek tersebut?
JS-S3-W7	:	Posisinya berubah setelah dua transformasi dilakukan, kak. Setelah rotasi 90° searah jarum jam, titik-titiknya menjadi $A'(3,-2)$, $B'(5,-4)$, dan $C'(1,-3)$.
P	:	Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah penyelesaiannya?
JS-S3-W8	:	Pertama. saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$). Misalnya, titik $A(2,3)$ setelah rotasi menjadi $A'(3,-2)$. Titik $B(4,5)$ menjadi $B'(5,-4)$, dan titik $C(3,\ 1)$ menjadi $C'(1,-3)$.
P	:	Lalu, langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?
JS-S3-W9	:	Setelah rotasi, saya melakukan translasi dengan menambahkan vector $v = \binom{2}{-1}$. Misalnya, untuk titik $A' = \binom{3}{-2} + \binom{2}{-1} = A''\binom{5}{-3}$ untuk titik lainnya caranya sama.

Pada bagian wawancara Tabel 4.24 JS-S3-W7 dan JS-S3-W8, S3 menjelaskan proses transformasi (rotasi dan translasi) dengan baik. Bagian JS-S3-S8, S3 menyampaikan penggunaan rumus matriks rotasi untuk menghitung masing-masing koordinat titik. Kemudian pada JS-S3-W9, S3 menjelaskan penambahan komponen vektor translasi pada hasil rotasi untuk mendapatkan titik akhir.

Berdasarkan hasil tes dan wawancara tersebut, S3 memiliki pemahaman sistematis terhadap komposisi transformasi, mulai dari penerapan matriks rotasi sampai penambahan vektor translasi dengan tepat. Artinya, S3 dapat menyelesaikan tes tanpa melakukan kesalahan dalam menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks.

6) Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 1 yang dirancang untuk mengukur kemampuan spasial dalam menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan, Hasil penyelesaian S3 pada nomor 1 dapat dilihat pada Gambar 4.24.

TS-S3-T6

Gambar 4.24 Jawaban S3 Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Pada cuplikan jawaban hasil tes Gambar 4.24, S3 tidak menuliskan langkah pengerjaan maupun hasil bayangan rotasi**.** Aktivitas menunjukkan bahwa S3 kesulitan dalam memahami perubahan posisi bangun setelah rotasi dan tidak mampu memvisualisasikan pergerakan objek pada bidang koordinat. Berikut pernyataan S3 pada hasil wawancara.

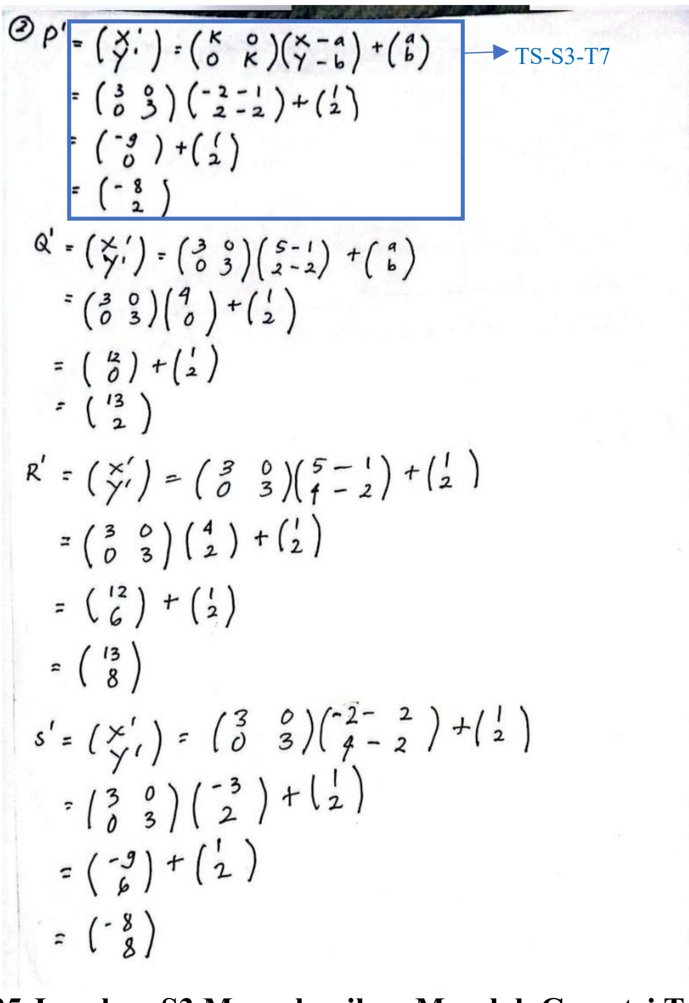
Tabel 4.25 Wawancara Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana cara kamu menyelesaikannya dek?
JS-S3-W10	:	Saya tidak tahu harus diputar ke arah mana.
P	:	Sebelumnya, apakah kamu sudah mencoba membayangkan segitiganya diputar?
JS-S3-W11	:	Sudah kak, tapi saya tidak yakin.

Dari hasil wawancara JS-S3-W10, S3 menyatakan kesulitan untuk membayangkan perubahan posisi titik-titik setelah diputar dan tidak dapat membentuk representasi mental dari bangun tersebut. Selanjutnya, S3 mengaku kurang yakin dengan prosedur rotasi tanpa bantuan rumus atau contoh visual (lihat bagian JS-S3-W11). Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S3 tidak memberikan jawaban dan tidak menggambarkan bayangan objek setelah rotasi. Hal ini menunjukkan bahwa tidak berhasil menyelesaikan soal karena gagal dalam mengamati, memperkirakan, dan menentukan bayangan objek secara visual**.**

7) Menyelesaikan Masalah Gometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation*

Pada Gambar 4.25 berikut ini merupakan lanjutan hasil jawaban nomor 2-a oleh S3 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri.



Gambar 4.25 Jawaban S3 Menyelesaikan Masalah Gometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Gambar 4.25 hasil tes S3 pada bagian TS-S3-T7, S3 menuliskan rumus yang digunakan untuk melakukan dilatasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Rumus tersebut kemudian diterapkan pada masing-masing koordinat titik PQRS dengan menambahkan titik pusat dilatasi, dan faktor skala ke dalam rumus untuk mendapatkan hasil koordinat titik baru. Langkah tersebut menunjukkan bahwa S3 memahami konsep dilatasi melalui pendekatan matriks dan mampu mengaitkan informasi yang diberikan pada soal dengan prosedur matematis yang tepat. Hal ini diperkuat oleh pernyataan wawancara berikut:

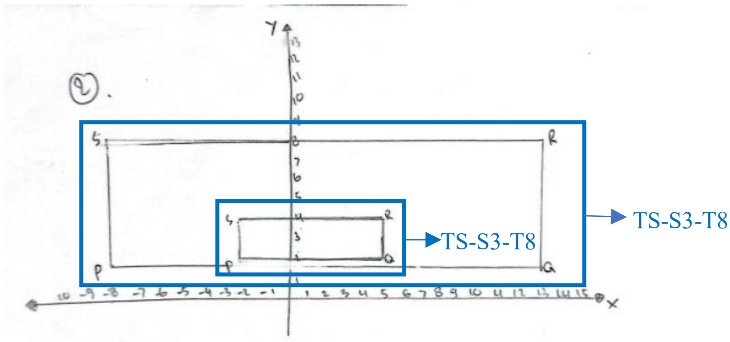
Tabel 4.26 Wawancara Menyelesaikan Masalah Gometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana cara atau strategi yang kamu gunakan untuk menentukan koordinat titik pada bangun datar tersebut?
JS-S3-W12	:	Saya menggunakan rumus matriks dilatasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$.
P	:	Coba kamu jelaskan bagaimana cara menghitung koordinat titik baru, seperti titik $Q(5, 2)$?
JS-S3-W13	:	Pertama saya menghitung menggunakan rumus matriks dilatasi $(x', y') = k(x-a, y-b) + (a, b)$. Lalu, kurangi koordinat titik dengan pusat dilatasi $(5-1, 2-2) = (4,0)$ kemudian kalikan hasilnya dengan faktor skala $k = 3$, sehingga diperoleh $(3 \times 4, 3 \times 0) = (12,0)$. Setelah itu, tambahkan kembali pada pusat dilatasi $(1,2)$ maka hasilnya $(12+1, 0+2) = (13,2)$. Untuk mencari pada titik-titik yang lainnya caranya sama kak.

Pada bagian hasil wawancara Tabel 2.26 JS-S3-W12, S3 menggunakan rumus dilatasi dan mensubstitusikan ke dalam rumus tersebut untuk mendapatkan hasil koordinat titik baru. Kemudian, pada bagian JS-S3-W15, S3 menjabarkan cara menghitung bayangan dari titik $Q(5, 2)$ yang menghasilkan bayangan $(13, 2)$. Dari hasil tes tulis dan wawancara, S3 tidak melakukan kesalahan dalam menentukan geometri transformasi dengan menggunakan konsep matriks.

8) Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation*

Pada Gambar 4.26 berikut ini merupakan lanjutan hasil jawaban nomor 2 oleh S3 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri.



Gambar 4.26 Jawaban S3 Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Berdasarkan hasil penyelesaian tes tulis yang diberikan pada bagian TS-S3-T8, S3 menggambarkan visualisasi bentuk objek sebelum dan sesudah dilatasi secara terpisah. Gambar tersebut menunjukkan bahwa S3 mampu memvisualisasikan objek yang mengalami perubahan posisi dan ukuran, Hal ini diperkuat hasil wawawancara oleh S3.

Tabel 4.27 Wawancara Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana kamu melihat perubahan bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi dengan pusat (1,2) dan skala 3?
JS-S3-W14	:	Bangunnya tetap sama, cuma ukurannya jadi lebih besar dari semula.
P	:	Maksudnya lebih besar itu bagaimana?
JS-S3-W15	:	Ya, kalau dibandingkan dengan yang awal bangunnya membesar, panjang dan lebarnya ikut membesar.

Pada bagian JS-S3-W14, S3 menyatakan bahwa bangun hasil dilatasi tetap sama dengan bangun awal, hanya saja ukurannya menjadi lebih besar. Selanjutnya, pada bagian JS-S3-W15, S3 menambahkan bahwa pembesaran tersebut terjadi pada panjang dan lebar bangun sehingga keseluruhan bangun terlihat lebih besar dibandingkan dengan bangun semula. Pernyataan ini sejalan dengan hasil tes tulis pada TS-S3-W8, di mana S3 menggambarkan visualisasi bangun PQRS sebelum dan sesudah dilatasi secara terpisah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa S3 mampu memahami perubahan ukuran bangun akibat dilatasi, meskipun belum menjelaskan secara detail mengenai posisi koordinat maupun perhitungan luasnya.

9) Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-c diberikan suatu soal yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan menentukan faktor skala dalam suatu dilatasi. Hasil penyelesaian S3 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 2-c pada Gambar 4.27 sebagai berikut.

TS-S3-T9

Gambar 4.27 Jawaban S3 Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Berdasarkan hasil penyelesaian tes tulis yang diberikan pada bagian TS-S3-T9 S3 tidak memberikan penyelesaian tertulis terhadap soal nomor 2-c yang berkaitan dengan perubahan luas persegi panjang setelah dan sebelum dilatasi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa S3 belum memahami hubungan antara faktor skala dan perubahan luas bangun setelah transformasi.

Tabel 4.28 Wawancara Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah didilatasikan?
JS-S3-W16	:	Saya tidak tahu cara menghitungnya.
P	:	Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya.
JS-S3-W17	:	Saya tidak tahu kak.

Pada bagian JS-S3-W16 dan JS-S3-W17, S3 tidak dapat memahami hubungan antara faktor skala dan perubahan luas persegi panjang setelah didilatasikan. Hal ini sesuai dengan hasil tes pada bagian TS-S3-W9. Berdasarkan hasil wawancara dan tes diperoleh data, yaitu S3 tidak memahami hubungan antara faktor skala dan perubahan luas persegi panjang setelah didilatasikan.

d. Subjek 4 (S4)

Pada soal nomor 1 dirancang untuk mengetahui kemampuan atau kepekaan siswa dalam menentukan bentuk bayangan dari suatu objek.

1) Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a menunjukkan komponen kemampuan spasial terkait menentukan bentuk bayangan dari suatu objek. Hasil penyelesaian S4 pada nomor 1-a disajikan pada Gambar 4.28 sebagai berikut.

Gambar 4.28 Jawaban S4 Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada hasil tes pada bagian TS-S4-T1, S4 tidak menuliskan jawaban. Hasil tes tersebut diperkuat dengan hasil wawancara berikut.

Tabel 4.29 Wawancara Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Jelaskan bagaimana cara menentukan bayangan dari objek tersebut?
JS-S4-W1	:	Saya tidak tahu kak.

Pada bagian JS-S4-W1, S4 menyebutkan bahwa tidak mengetahui langkah-langkah dalam menyelesaikan soal yang diberikan. Hal ini sesuai dengan hasil tes pada bagian TS-S4-W1. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S4 tidak memahami konsep dasar rotasi 90° searah jarum jam, tidak dapat menerapkannya untuk menentukan bayangan dari objek hasil transformasi. Selain itu, S4 tidak menggambar bayangan titik-titik hasil transformasi dalam penyelesaiannya. Artinya, S4 tidak dapat menyelesaikan tes karena melakukan kesalahan dalam menentukan bayangan objek.

2) Memanipulasi Objek *Mental Rotation*

Gambar 4.29 berikut ini merupakan hasil jawaban S4 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri.

Gambar 4.29 Jawaban S4 Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada lembar hasil tes Gambar 4.29 bagian TS-S4-T2, S4 tidak menuliskan jawaban sama sekali. Hasil tes tersebut diperkuat dengan hasil wawancara berikut.

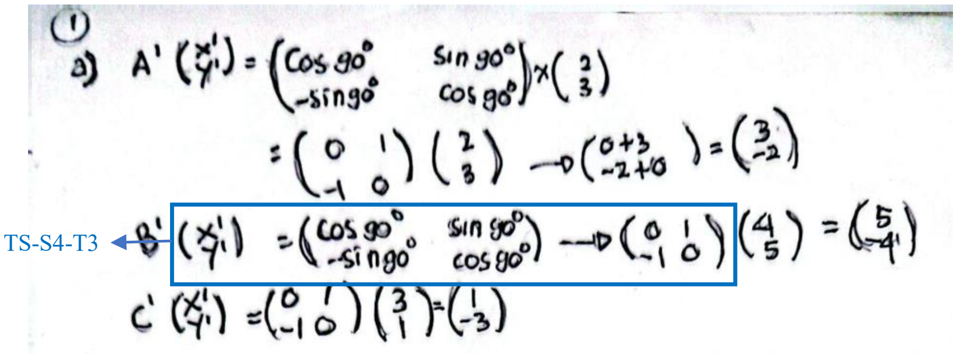
Tabel 4.30 Wawancara Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Sekarang kakak ingin Tanya, setelah segitiga diputar bentuk dan posisinya seperti apa?
JS-S4-W2	:	Saya tidak bisa membayangkan kak bagaimana bentuk dan posisinya setelah diputar.

Dari hasil wawancara pada Tabel 4.30 JS-S4-W2, S4 belum mampu membayangkan perubahan bentuk segitiga setelah mengalami rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Serta tidak ada upaya untuk menggambarkan hasil bayangan rotasi maupun memvisualisasikan perubahan posisi segitiga ABC setelah diputar. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S4 belum mampu menunjukkan kemampuan manipulasi objek secara mental pada transformasi geometri rotasi.

3) Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada Gambar 4.30 berikut ini merupakan lanjutan hasil jawaban S4 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri mengenai konsep matriks.



Gambar 4.30 Jawaban S4 Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Dalam lembar jawabannya, S4 menuliskan koordinat titik $A(2,3), B(4,5), \text{dan } C(3,1)$ dengan menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ untuk menghitung koordinat hasil rotasi (lihat bagian TS-S4-T3). Berikut hasil wawancara yang menguatkan pernyataan tersebut.

Tabel 4.31 Wawancara Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

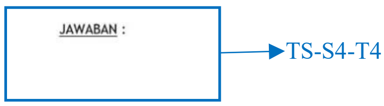
Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Coba dek kamu jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?
JS-S4-W3	:	Saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} \mathrm{x}' \\ \mathrm{y}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathrm{x} \\ \mathrm{y} \end{pmatrix}$. Setelah itu kita rotasikan dengan rumus matriks rotasi sehingga diperoleh koordinat titik $\mathrm{A}'(3,-2)$ dengan $\mathrm{x}' = 3$ dan $\mathrm{y}' = -2$, sedangkan yang titik $\mathrm{B}'(5,-4)$ dengan $\mathrm{x}' = 5$ dan $\mathrm{y}' = -4$, terakhir titik $\mathrm{C}'(1,-3)$ dengan $\mathrm{x}' = 1$ dan $\mathrm{y}' = -3$.

Pada hasil wawancara Tabel 4.31 bagian JS-S4-W3, S4 menjelaskan langkah-langkah bagaimana cara menerapkan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} \mathrm{x}' \\ \mathrm{y}' \end{pmatrix} =$

$\begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$, yaitu dengan cara mengalikan terhadap koordinat titik awal. berdasarkan hasil tes dan jawaban wawancara, S4 menerapkan konsep matriks rotasi secara tepat untuk menentukan koordinat hasil rotasi. S4 juga mampu menjelaskan langkah perhitungan yang dilakukan secara runtut dan logis, menunjukkan pemahaman konsep transformasi matriks yang baik dalam menyelesaikan soal rotasi.

4) Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada Gambar 4.31 berikut ini merupakan hasil jawaban S4 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri dalam menyelesaikan komposisi transformasi geometri.



Gambar 4.31 Jawaban S4 Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Berdasarkan cuplikan lembar jawaban pada bagian TS-S4-T4, tidak ditemukan penyelesaian terkait komposisi transformasi yang diminta. Hal ini menunjukkan bahwa S4 tidak melakukan proses mental maupun langkah matematis untuk menentukan bayangan titik hasil rotasi dan translasi. Hal ini diperkuat oleh pernyataan S4 pada hasil wawancara berikut.

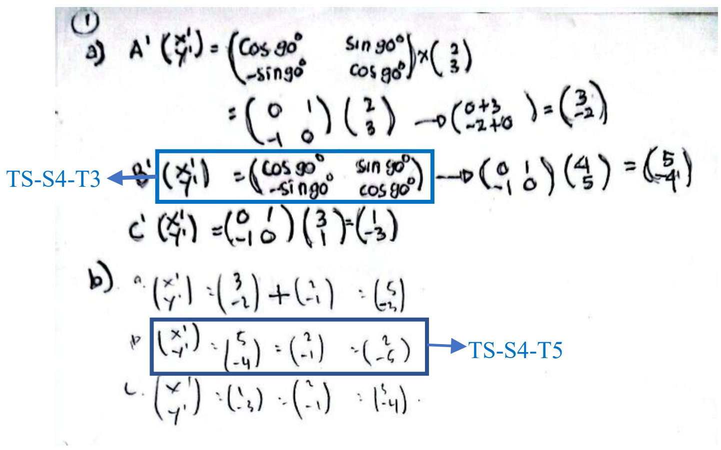
Tabel 4.32 Wawancara Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Dek, kenapa kamu tidak menuliskan langkah-langkah penyelesaiannya pada nomor 1-b?
JS-S4-W4	:	Soalnya saya tidak tahu cara mengerjakannya.
P	:	Bagian mana yang kamu bingungi? Rotasi atau translasi?
JS-S4-W5	:	Keduanya kak.

Pada bagian wawancara JS-S4-W4, S4 tidak mampu menyelesaikan soal komposisi transformasi geometri. S4 tidak menuliskan langkah penyelesaian karena tidak tahu cara mengerjakannya. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa S4 tidak dapat menyelesaikan soal tes terkait komposisi transformasi geometri.

5) Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a dan 1-b, S4 menunjukkan komponen kemampuan spasial matematis terkait menentukan bentuk bayangan suatu objek menggunakan matriks. Hasil penyelesaian S4 terhadap soal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.32



Gambar 4.32 Jawaban S4 Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks Mental Rotation Nomor 1-a dan 1-b

Berdasarkan hasil tes pada bagian TS-S4-T3, S4 menuliskan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ sebagai dasar perhitungan. Selain itu, S4 menuliskan hasil perhitungan koordinat titik $\mathrm{A}'(3,-2)$, $\mathrm{B}'(5,-4)$, dan $\mathrm{C}'(1,-3)$ setelah dilakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Selanjutnya, sebagai hasil dari proses rotasi awal. pada tahap berikutnya, S4 menambahkan vektor translasi $\mathrm{v} = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ untuk memperoleh koordinat titik bayangan akhir dari komposisi transformasi. Hasil akhirnya yaitu, $\mathrm{A}''(5,-3)$, $\mathrm{B}''(7,-5)$, dan C’’(3,-4) (lihat bagian TS-S4-T5). Langkah-langkah tersebut menunjukkan bahwa S4 dapat menerapkan rotasi menggunakan matriks, kemudian melanjutkan proses transformasi dengan menambahkan vektor translasi untuk menentukan posisi akhir objek dengan tepat. Hal ini dipertegas melalui hasil wawancara berikut.

Tabel 4.33 Wawancara Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana posisi akhir objek tersebut?
JS-S4-W6	:	Posisinya berubah setelah dua transformasi dilakukan, kak. Setelah rotasi 90° searah jarum jam, titik-titiknya menjadi $A'(3,-2), B'(5,-4)$, dan $C'(1,-3)$.
P	:	Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah penyelesaiannya?
JS-S4-W7	:	Pertama. saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$). Misalnya, titik $A(2,3)$ setelah rotasi menjadi $A'(3,-2)$. Titik $B(4,5)$ menjadi $B'(5,-4)$, dan titik $C(3,\ 1)$ menjadi $C'(1,-3)$.
P	:	Lalu, langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?
JS-S4-W8	:	Setelah rotasi, saya melakukan translasi dengan menambahkan vector $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$. Misalnya, untuk titik $B' = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = C"\begin{pmatrix} 7 \\ -5 \end{pmatrix}$ untuk titik lainnya caranya sama menghasilkan $C''(7,-5)$.

Pada bagian wawancara Tabel 4.33 JS-S4-S7, S4 menyampaikan penggunaan rumus matriks rotasi untuk menghitung masing-masing koordinat titik. Kemudian pada JS-S4-W8, S4 menjelaskan penambahan komponen vektor translasi pada hasil rotasi untuk mendapatkan titik akhir. Berdasarkan hasil tes dan wawancara tersebut, S4 memiliki pemahaman sistematis terhadap komposisi transformasi, mulai dari penerapan matriks rotasi sampai penambahan vektor translasi dengan tepat. Artinya, S4 dapat menyelesaikan tes tanpa melakukan kesalahan dalam menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks.

6) Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 1 yang dirancang unruk mengukur kemampuan spasial dalam menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan. Hasil penyelesaian S4 pada nomor 1 dapat dilihat pada Gambar 4.33.

Gambar 4.33 Jawaban S3 Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Pada cuplikan jawaban hasil tes Gambar 4.33, S4 tidak menuliskan langkah pengerjaan maupun hasil bayangan rotasi**.** Aktivitas menunjukkan bahwa S4 kesulitan dalam memahami perubahan posisi bangun setelah rotasi dan tidak mampu memvisualisasikan pergerakan objek pada bidang koordinat. Berikut pernyataan S4 pada hasil wawancara.

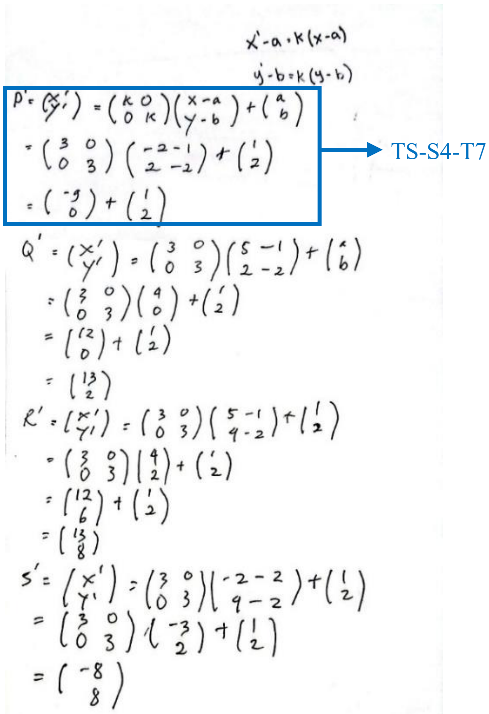
Tabel 4.34 Wawancara Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana cara kamu menyelesaikannya dek?
JS-S4-W9	:	Saya tidak tahu harus diputar ke arah mana.
P	:	Sebelumnya, apakah kamu sudah mencoba membayangkan segitiganya diputar?
JS-S4-W10	:	Sudah kak, tapi saya tidak yakin.

Dari hasil wawancara JS-S4-W9, S4 menyatakan kesulitan untuk membayangkan perubahan posisi titik-titik setelah diputar dan tidak dapat membentuk representasi mental dari bangun tersebut. Selanjutnya, S4 mengaku kurang yakin dengan prosedur rotasi tanpa bantuan rumus atau contoh visual (lihat bagian JS-S3-W10). Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S4 tidak memberikan jawaban dan tidak menggambarkan bayangan objek setelah rotasi. Hal ini menunjukkan bahwa tidak berhasil menyelesaikan soal karena gagal dalam mengamati, memperkirakan, dan menentukan bayangan objek secara visual**.**

7) Menyelesaikan Masalah Gometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation*

Pada Gambar 4.34 berikut ini merupakan lanjutan hasil jawaban nomor 2-a oleh S4 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri.



$x'-a = k(x-a)$

$y'-b = k(y-b)$

$P' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$Q' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 12 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 13 \\ 2 \end{pmatrix}$

$R' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5-1 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 12 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 13 \\ 8 \end{pmatrix}$

$S' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -2-2 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} -8 \\ 8 \end{pmatrix}$

Gambar 4.34 Jawaban S4 Menyelesaikan Masalah Gometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Gambar 4.34 hasil tes S4 pada bagian TS-S4-T7 menunjukkan bahwa S4 menuliskan rumus yang digunakan untuk melakukan dilatasi, yaitu $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Rumus tersebut kemudian diterapkan pada bagian TS-S4-T7 dengan menggantikan titik awal, titik pusat dilatasi, dan faktor skala ke dalam rumus untuk mendapatkan hasil koordinat titik baru. Proses ini menunjukkan bahwa S4 telah menentukan langkah-langkah transformasi secara sistematis dan mengaplikasikan aturan transformasi ke dalam koordinat kartesius. Berikut ini adalah pernyataan yang diberikan S4 selama wawancara:

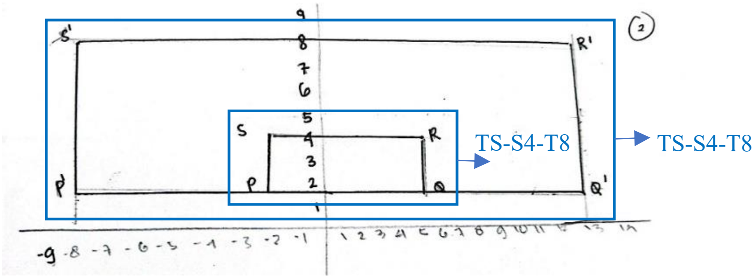
Tabel 4.35 Wawancara Menyelesaikan Masalah Gometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana cara atau strategi yang kamu gunakan untuk menentukan koordinat titik pada bangun datar tersebut?
JS-S4-W11	:	Saya menggunakan rumus matriks dilatasi $(x', y') = k(x - a, y - b) + (a, b)$.
P	:	Coba kamu jelaskan bagaimana cara menghitung koordinat titik baru, seperti titik $R(5, 4)$?
JS-S4-W12	:	Pertama saya menghitung dengan rumus matriks dilatasi $(x', y') = k(x - a, y - b) + (a, b)$. lalu, kurangi koordinat titik dengan pusat dilatasi $(5 - 1, 4 - 2) = (4,2)$ kemudian kalikan hasilnya dengan faktor skala $k = 3$, sehingga diperoleh $(3 \times 4, 3 \times 2) = (12,6)$. Setelah itu, tambahkan kembali pada pusat dilatasi $(1,2)$ maka hasilnya $(12 + 1, 6 + 2) = (13,8)$. Untuk mencari titik-titik lainnya caranya sama kak.

Pada bagian JS-S4-W11, S4 menggunakan rumus dilatasi dan mensubstitusikan ke dalam rumus tersebut untuk mendapatkan hasil koordinat titik baru. Selanjutnya, pada bagian JS-S4-W12, S4 menjelaskan langkah-langkah perhitungan bayangan dari titik R(5,4) yang menghasilkan koordinat baru (13,8). Hasil tersebut sesuai dengan hasil tes pada bagian TS-S4-T7. Dari hasil tes tulis dan wawancara, S4 mampu menentukan bayangan koordinat titik hasil dilatasi tanpa melakukan kesalahan dalam menggunakan konsep matriks transformasi.

8) Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-b yang disusun untuk mengukur kemampuan subjek penelitian dalam menentukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius. Hasil penyelesaian S4 pada soal tes transformasi geometri nomor 2-a dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Jawaban S4 Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Berdasarkan hasil pengerjaan tes tulis pada bagian TS-S4-T8, terlihat bahwa S4 menggambarkan bangun PQRS sebelum dan sesudah dilatasi secara terpisah. Hasil gambar tersebut menunjukkan kemampuan S4 dalam memvisualisasikan perubahan bentuk yang mengalami pembesaran dan pergeseran posisi. Temuan ini diperkuat dengan pernyataan S4 pada sesi wawancara.

Tabel 4.36 Wawancara Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana kamu melihat perubahan bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi dengan pusat (1,2) dan skala 3?
JS-S4-W13	:	Bangunnya tetap sama, Cuma ukurannya jadi lebih besar dari semula.
P	:	Maksudnya lebih besar itu bagaimana
JS-S4-W14	:	Ya, kalau dibandingkan dengan yang awal bangunnya membesar, panjang dan lebarnya ikut membesar.

Pada hasil wawancara Tabel 4.36 JS-S4-W13, S4 mengungkapkan bahwa bentuk bangun tidak berubah, melainkan hanya mengalami pembesaran. Kemudian, pada JS-S4-W14, S4 menegaskan bahwa pembesaran tersebut terlihat pada sisi panjang dan lebar bangun, sehingga bangun keseluruhan tampak lebih besar dibandingkan bangun semula. Hasil ini konsisten dengan jawaban tertulis pada TS-S4-T8, yang menunjukkan bahwa S4 mampu memahami efek dilatasi dalam memperbesar ukuran bangun.

9) Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-c, S4 diminta menunjukkan pemahaman mengenai hubungan faktor skala dengan perubahan luas bangun hasil dilatasi. Jawaban S4 terhadap soal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.36.

TS-S4-T9

Gambar 4.36 Jawaban S4 Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Berdasarkan hasil tes pada bagian TS-S4-T9, terlihat bahwa S4 tidak menuliskan langkah penyelesaian terhadap soal nomor 2-c. Ketiadaan jawaban ini mengindikasikan bahwa S4 belum mampu menghubungkan konsep faktor skala dengan perubahan luas pada bangun persegi panjang yang didilatasikan. Hal ini diperkuat oleh S4 pada wawancara berikut ini.

Tabel 4.37 Wawancara Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah di dilatasikan?
JS-S4-W15	:	Saya tidak tau cara menghitungnya.
P	:	Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya.
JS-S4-W16	:	Saya tidak tau kak.

Dari pernyataan hasil wawancara pada bagian JS-S4-W15 dan JS-S4-W16, dapat disimpulkan bahwa S4 tidak memahami bagaimana faktor skala memengaruhi luas bangun. Hal ini sejalan dengan hasil tes tulis pada TS-S4-T9 yang tidak memuat penyelesaian sama sekali. Dengan demikian, data tes dan wawancara konsisten menunjukkan bahwa S4 belum menguasai konsep keterkaitan faktor skala dengan perubahan luas hasil dilatasi.

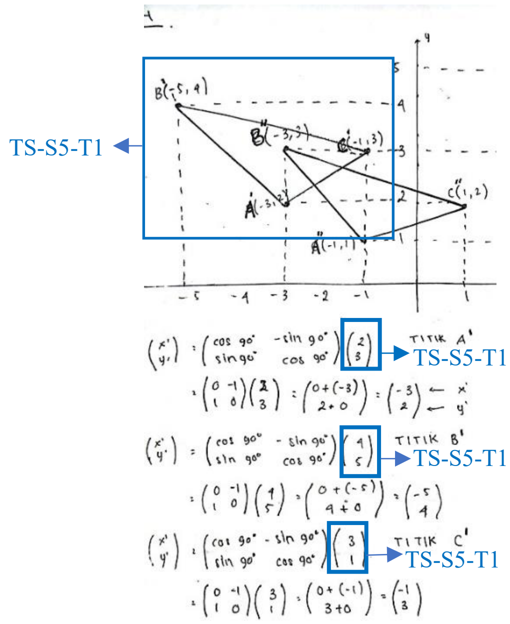
3. Kemampuan Spasial Subjek Berkemampuan Matematika Rendah dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Transformasi Geometri

e. Subjek 5 (S5)

Pada soal nomor 1 dirancang untuk mengetahui kemampuan atau kepekaan siswa dalam menentukan bentuk bayangan dari suatu objek.

1) Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a, S5 menunjukkan komponen kemampuan spasial terkait menentukan bentuk bayangan. Hasil penyelesaian S5 pada nomor 1-a disajikan pada Gambar 4.37 sebagai berikut.



Gambar 4.37 Jawaban S5 Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada Gambar 4.37 lembar hasil tes pada bagian TS-S5-T1, S5 mencatat informasi awal yang diberikan dalam soal, seperti titik koordinat A(2, 3), B(4, 5), dan C(3, 1) untuk kemudian dirotasikan sebesar 90° searah jarum jam. Setelah mencatat titik awal, S5 mencoba membayangkan bentuk awal segitiga ABC dan perubahannya setelah rotasi. Pada bagian TS-S5-T1, S5 menggambarkan titik-titik tersebut sehingga membentuk segitiga ABC. Hal tersebut diperkuat oleh hasil wawancara S5 sebagai berikut:

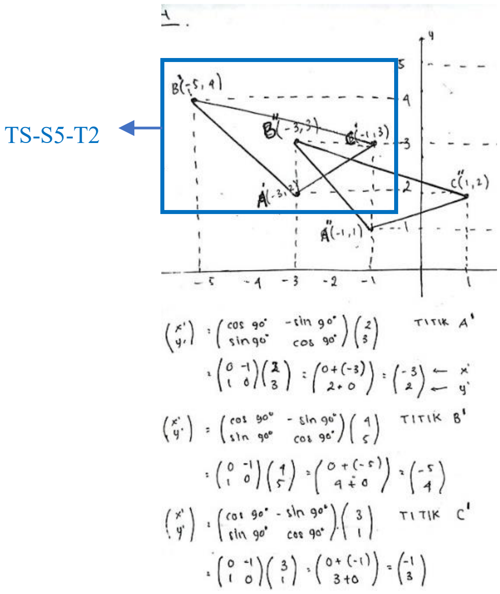
Tabel 4.38 Wawancara Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Setelah kamu menuliskan koordinat titik A, B, dan C, apa yang kamu lakukan sebelum menentukan hasil rotasinya dek?
JS-S5-W1	:	Saya coba bayangin dulu bentuk segitiganya kak.
P	:	Apakah kamu memutar kertas atau langsung membayangkan bentuk hasil rotasinya?
JS-S5-W2	:	Saya langsung ngebayangin aja kak. Segitiganya saya bayangin diputar ke kanan, tapi saya agak bingung posisi tepatnya pindah ke mana.

Hasil wawancara pada Tabel 4.38 bagian JS-S5-W1, S5 berusaha membayangkan posisi titik A, B, dan C serta membentuk segitiga secara mental sebelum melakukan rotasi. Hal ini menunjukkan bahwa S5 telah mencoba mengonstruksi bentuk bayangan objek dalam pikirannya. Selanjutnya pada JS-S5-W2, S5 menyatakan bahwa ia melakukan rotasi bayangan objek secara mental tanpa bantuan kertas. Namun, S5 mengaku mengalami kebingungan mengenai letak posisi hasil rotasi, yang kemudian berpengaruh terhadap kesalahan penempatan titik bayangan. Berdasarkan hasil wawancara dan hasil tes S5 tidak tepat. S5 salah menempatkan posisi titik hasil rotasi, sehingga bentuk segitiga setelah transformasi tidak sesuai dengan hasil rotasi 90° searah jarum jam. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun S5 melakukan proses visualisasi awal, namun kemampuan mental rotation belum sepenuhnya akurat.

2) Memanipulasi Objek *Mental Rotation*

Selain melihat kemampuan spasial matematis subjek terkait menentukan bentuk bayangan dari suatu objek pada soal nomor 1-a juga dapat digunakan untuk melihat kemampuan subjek terkait memanipulasi objek pada transformasi geometri. Hal ini ditunjukkan hasil tes S5 dalam memanipulasi objek pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38 Jawaban S5 Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Terlihat pada lembar hasil tes 4.38 terlihat bahwa S5 menuliskan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1) serta rotasi sebesar 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Setelah mencatat koordinat titik awal, S5 tampak mencoba membayangkan bentuk segitiga yang terbentuk dari ketiga titik tersebut. Pada bagian TS-S5-T2 terlihat bahwa S5 melakukan visualisasi awal terhadap posisi segitiga ABC dalam pikirannya sebelum menentukan hasil rotasinya. Hal tersebut tercermin dalam wawa ncara berikut:

Tabel 4.39 Wawancara Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Sekarang kakak ingin tanya, setelah segitiga tersebut diputar seperti apa bentuk dan posisinya?
JS-S5-W3	:	Di soal diminta untuk rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Segitiganya nanti pindah ke sebelah kanan kak, agak turun juga kayaknya.
P	:	Lalu bagaimana caramu menentukan koordinat titik A, B, dan C setelah dirotasi?
JS-S5-W4	:	Saya bayangin dulu segitiganya condong ke kanan atas. Terus saya putar dalam pikiran ke kanan bawah. Tapi pas

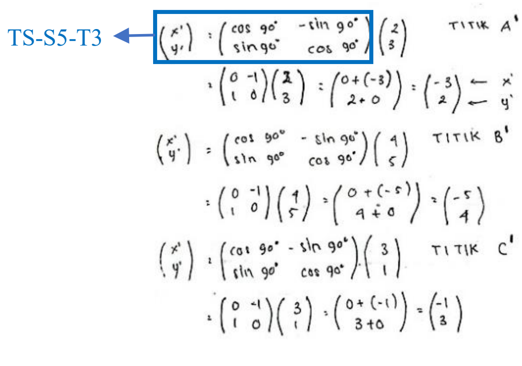
Lanjutan Tabel 4.39 Wawancara Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
JS-S5-W4	:	nulis, saya agak bingung titik mana dulu yang pindah, jadi saya tulis sesuai perkiraan saya aja kak.

Hasil wawancara pada Tabel 4.39 bagian JS-S5-W3 menunjukkan S5 memahami instruksi soal, yakni melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Namun, pada JS-S5-W4 terlihat bahwa S5 masih mengalami kebingungan dalam menentukan posisi tepat hasil rotasi. S5 menjelaskan bahwa S5 mencoba memutar segitiga secara mental, namun ketika menuliskan koordinat hasil rotasi, S5 hanya menebak tanpa melakukan pengecekan atau perhitungan yang tepat. Berdasarkan hasil wawancara dan hasil tes, S5 mencoba melakukan manipulasi mental terhadap objek, hasil visualisasi yang terbentuk tidak akurat.

3) Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Pada Gambar 4.39 berikut ini merupakan lanjutan hasil jawaban S5 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri mengenai konsep matriks.



Gambar 4.39 Jawaban S5 Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-a

Dalam lembar jawabannya, S5 menuliskan koordinat titik $A(2,3), B(4,5), \text{dan } C(3,1)$ dengan menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} =$

$\begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ untuk menghitung koordinat hasil rotasi (lihat bagian TS-S5-T3). Berikut hasil wawancara yang menguatkan pernyataan tersebut.

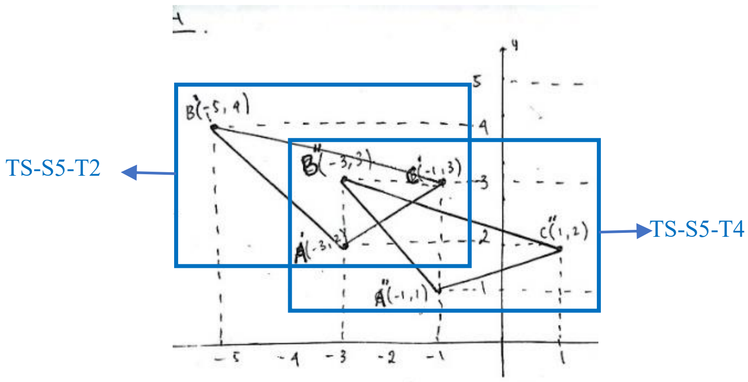
Tabel 4.40 Wawancara Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Coba dek, jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?
JS-S5-W5	:	Saya menggunakan matriks rotasi 90° searah jarum jam, yaitu $\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ lalu mengalikannya drngan koordinat masing-masing titik.
P	:	Bagaimana hasil perhitungan koordinat setelah rotasi?
JS-S5-W6	:	Dengan cara saya mengalikan rotasi dengan koordinat titik, misalnya untuk $\mathrm{B}(4{,}5)$ menjadi $\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$ dengan cara yang sama maka diperoleh $\mathrm{A}'(-3{,}2)$ dan $\mathrm{C}'(-1{,}3)$.

Berdasarkan hasil wawancara bagian JS-S5-W5, S5 menjelaskan penggunaan umus matriks rotasi dalam menyelesaikan soal. Namun, S5 salah dalam melakukan operasi perkalian matriks pada koordinat titik A, B, dan C. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa S5 tertukar dalam tanda koordinat dan arah rotasi, sehingga hasil rotasi yang dituliskan tidak sesuai dengan aturan transformasi rotasi 90° searah jarum jam.Walaupun S5 mampu menyebutkan rumus dengan benar, proses perhitungan yang dilakukan tidak tepat, dan S5 tidak melakukan pengecekan kembali terhadap hasil perhitungannya (JS-S5-W6). Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S5 tidak dapat menghitung hasil titik koordinat dengan benar, karena terdapat kesalahan dalam menerapkan konsep dasar rotasi. Artinya, S5 tidak dapat menyelesaikan tes karena melakukan kesalahan dalam penggunaan konsep matriks dalam transformasi geometri.

4) Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Gambar 4.40 berikut ini merupakan hasil jawaban S5 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri dalam menyelesaikan komposisi transformasi geometri.



Gambar 4.40 Jawaban S5 Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Lembar jawaban soal tes pada Gambar 4.40 bagian TS-S5-T2, S5 menggambarkan bayangan posisi segitiga setelah dilakukan rotasi. Selanjutnya pada bagian TS-S5-T4, S5 juga menggambar bayangan hasil translasi sehingga terbentuk posisi segitiga baru. Pernyataan tersebut diperkuat melalui hasil wawancara sebagai berikut.

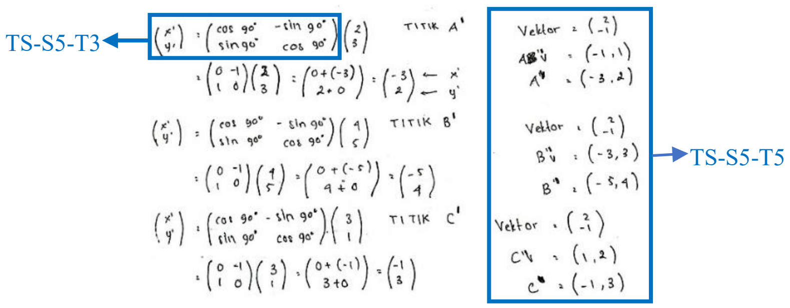
Tabel 4.41 Wawancara Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode	Deskripsi Wawancara
P	: Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomr 1-b ini?
JS-S5-W7	: Tentu, saya melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Jadi berpindah tempat ke sebelah kanan bawah. Setelah itu, saya bayangkan dulu posisi segitiga awal yang letaknya di kanan atas. Lalu saya geser dua langkah ke kanan dan satu langkah ke bawah sesuai vektornya.
P	: Apakah kamu menghitung koordinat titiknya satu per satu dengan menggunakan rumus?
JS-S5-W8	: Tidak kak, saya hanya membayangkan pergeserannya saja

Berdasarkan cuplikan wawancara bagian JS-S5-W7, S5 menjelaskan bahwa proses penyelesaian dilakukan melalui pembayangan posisi objek secara bertahap, dimulai dari posisi awal, kemudian diputar 90° searah jarum jam, lalu digeser sesuai vektor translasi. Namun, hasil gambar menunjukkan bahwa S5 melakukan kesalahan dalam menentukan arah perpindahan hasil rotasi dan translasi, sehingga posisi bayangan segitiga tidak sesuai dengan hasil yang seharusnya. Selain itu pada bagian JS-S5-W8, S5 menegaskan bahwa dirinya tidak menggunakan prosedur perhitungan koordinat secara matematis, melainkan sepenuhnya mengandalkan visualisasi mental dalam menentukan posisi akhir objek. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S5 belum mampu menyelesaikan soal komposisi transformasi geometri dengan benar, meskipun menggunakan strategi visualisasi spasial, S5 melakukan kesalahan dalam menentukan arah hasil rotasi dan translasi.

5) Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a dan 1-b yang bertujuan untuk mengukur kemampuan spasial matematis dalam menentukan bentuk bayangan suatu objek menggunakan matriks. Hasil penyelesaian S5 terhadap soal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.41



Gambar 4.41 Jawaban S5 Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks Mental Rotation Nomor 1-a dan 1-b

Lembar jawaban pada hasil tes Gambar 4.41 bagian TS-S5-T3, S5 menuliskan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix}x'\\y'\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\cos\propto & -\sin\propto\\ \sin\propto & \cos\propto\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}$ sebagai dasar perhitungan. Selain itu, S5 juga menuliskan hasil perhitungan koordinat titik

$A'(-3,2), B'(-5,4)$, dan $C'(-1,3)$ setelah dilakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Selanjutnya, S5 menambahkan vektor translasi $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ untuk memperoleh koordinat titik bayangan akhir dari komposisi transformasi. Hasil yang perhitungan yang diperoleh S5 yaitu $A''(-1,1), B''(-3,3)$, dan , $C''(1,2)$ (TS-S5-T5). Berikut adalah cuplikan wawancara yang memperjelas langkah-langkah yang dilakukan S5.

Tabel 4.42 Wawancara Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Coba kamu jelaskan langkah-langkah penyelesaiannya?
JS-S5-W9	:	Pertama, saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Misalnya, untuk titik A(2, 3), setelah rotasi menjadi A'(-3, 2). Titik B(4, 5) menjadi B'(-5, 4), dan titik C(3, 1) menjadi C'(-1, 3).
P	:	Lalu, untuk langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?
JS-S5-W10	:	Setelah melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi v = (2, -1) dengan cara menambahkan komponen vektor x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi, seperti A'(-3, 2) + (2, -1) = A"(-1, 1). Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah $A''(-1,1), B'(-3,3)$ dan $C''(1,2)$.

Dari cuplikan wawancara bagian JS-S5-W9 dan JS-S5-W10, S5 menjelaskan langkah-langkah penyelesaian soal komposisi transformasi geometri dengan menggunakan rumus matriks rotasi dan translasi. Bagian JS-S5-W9, S5 menuliskan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ sebagai dasar perhitungan dan memberikan contoh hasil rotasi 90° searah jarum jam dengan titik pusat di (0,0). Namun, hasil yang dituliskan yaitu A'(-3, 2), B'(-5, 4), dan C'(-1, 3). Hal tersebut menunjukkan bahwa S5 melakukan kesalahan dalam menentukan arah rotasi, karena hasil tersebut justru sesuai dengan rotasi 90° berlawanan arah jarum jam, bukan searah jarum jam seperti yang diminta dalam soal. Selanjutnya bagian JS-S5-W10, S5 melakukan translasi dengan menambahkan vektor $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ pada setiap titik hasil rotasi. Namun, hasil ini tidak sesuai dengan prosedur komposisi transformasi yang benar, karena kesalahan arah rotasi pada langkah sebelumnya menyebabkan seluruh koordinat bayangan akhir menjadi tidak tepat.

Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S5 memahami Langkah-langkah dasar dalam menyelesaikan soal yaitu menggunakan rumus matriks rotasi dan menambahkan vektor translasi. Namun, S5 belum mampu menerapkan rumus tersebut dengan benar saat menghitung. Kesalahan terjadi karena S5 salah menentukan arah rotasi, seharusnya searah jarum jam tetapi dikerjakan berlawanan arah jarum jam, serta tidak memeriksa kembali hasil koordinatnya. Oleh karena itu, S5 belum mampu menyelesaikan komposisi transformasi geometri dengan tepat, meskipun sudah mengetahui urutan langkah penyelesaiannya.

6) Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 1 yang dirancang untuk mengukur kemampuan spasial dalam menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan, S5 mengalami kesulitan dalam memahami perubahan posisi objek setelah transformasi. Berdasarkan hasil tes pada Gambar 4.38 bagian TS-S5-T2, S5 mampu menggambarkan bayangan koordinat titik hasil rotasi. Namun, gambar yang dihasilkan tidak sesuai dengan arah rotasi 90° searah jarum jam yang tertera pada soal. Berikut adalah pernyataan S5 dalam hasil wawancara:

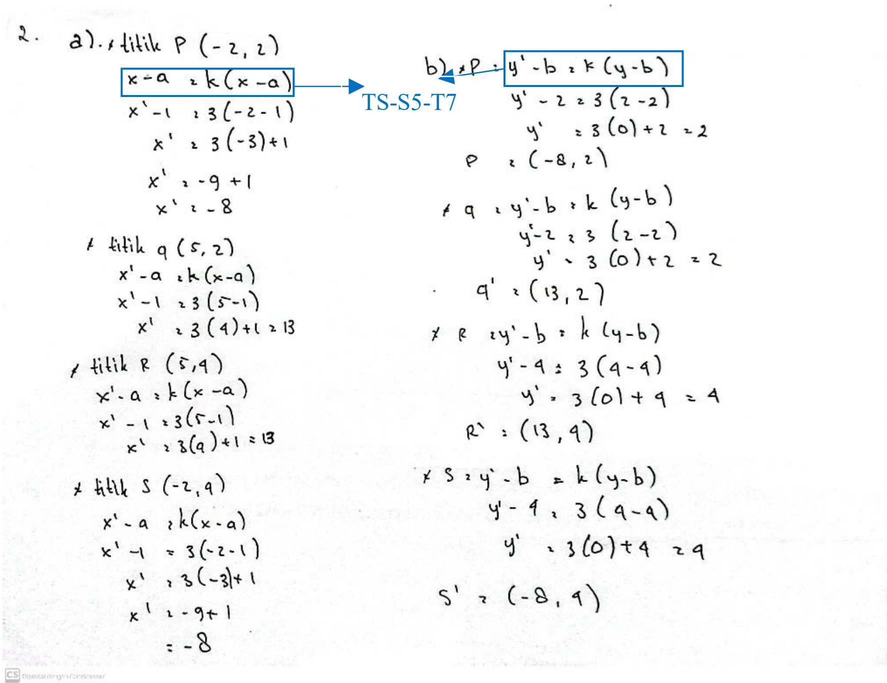
Tabel 4.43 Wawancara Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana langkah-langkah yang kamu lakukan dalam menentukan bayangan titik setelah rotasi?
JS-S5-W11	:	Saya gatau kak.

Pada bagian JS-S5-W11, S5 menyebutkan bahwa tidak mengetahui langkah-langkah dalam menyelesaikan soal yang diberikan. Hal ini sesuai dengan hasil tes pada bagian TS-S5-T2. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S5 tidak memahami konsep dasar rotasi 90° searah jarum jam, tidak dapat menentukan bayangan objek setelah dirotasi tanpa menggunakan perhitungan. Selain itu, S5 menggambar bayangan titik-titik hasil transformasi dalam penyelesaiannya akan tetapi tidak bisa memutar objek tersebut. Artinya, S5 tidak dapat menyelesaikan tes karena melakukan kesalahan dalam menentukan bayangan objek setelah dirotasi dengan pengamatan.

7) Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 2-a yang disusun untuk mengetahui kemampuan subjek penelitian terkait geometri transformasi dengan konsep matriks hasil penyelesaian S5 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 2-a dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42 Jawaban S5 Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Berdasarkan hasil tes tulis yang telah dilakukan pada bagian TS-S5-T7, S5 menuliskan apa saja yang diketahui, yaitu titik koordinat PQRS. S5 menggunakan rumus rumus $x' - a = k(x - a)$ dan $y' - b = k(y - b)$ untuk menghitung koordinat bayangan titik. Berikut pernyataan S5 dalam wawancara.

Tabel 4.44 Wawancara Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana cara/strategi yang kamu gunakan untuk menentukan koordinat titik bayangan bangun datar tersebut?
JS-S5-W12	:	Saya menggunakan rumus dilatasi, untuk mencari koordinat x' menggunakan rumus x' - a = k(x - a), sedangkan untuk y' menggunakan rumus y' - b = k(y - b). Lalu saya masukkan nilai titik awal, titik pusat dilatasi, dan faktor skalanya ke dalam rumus tersebut. Setelah itu, saya menghitung hasil akhirnya.
P	:	Coba kamu jelaskan bagaimana cara menghitung koordinat titik bayangan, seperti titik P(-2,2)?
JS-S5-W13	:	Pertama saya menghitung koordinat x' menggunakan rumus x' - a = k(x - a), yaitu x' - 1 = 3(-2 - 1) menjadi x' =

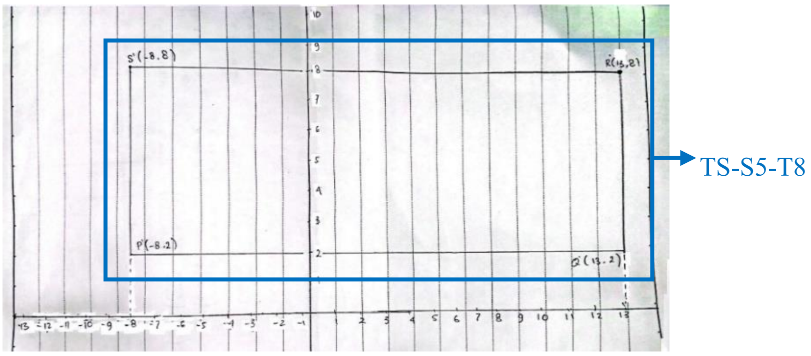
Lanjutan Tabel 4.44 Wawancara Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
JS-S5-W13	:	-6 - 3 + 1, hasilnya = -8. Lalu, untuk mencari koordinat y' menggunakan rumus y' - b = k(y - b), yaitu y' - 2 = 3(2 - 2) menjadi y' = 6 - 6 + 2, hasilnya = 2. Jadi, hasil koordinat titik P(-2,2) hasil bayangannya adalah x' = -8 dan y' = 2. Untuk mencari hasil bayangan pada titik-titik lainnya, caranya sama.

Berdasarkan hasil tes tulis yang telah dilakukan, S5 mampu menyelesaikan perhitungan koordinat bayangan dengan benar meskipun tidak menggunakan rumus matriks dilatasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Pada bagian JS-S5-W13 terlihat bahwa S5 memilih menggunakan bentuk rumus sederhana, yaitu $\mathrm{x}' - \mathrm{a} = \mathrm{k}(\mathrm{x} - \mathrm{a})$ dan $\mathrm{y}' - \mathrm{b} = \mathrm{k}(\mathrm{y} - \mathrm{b})$ hasilnya tepat, S5 dapat menguraikan langkah perhitungan secara runtut, contohnya pada titik P(-2,2) yang diperoleh bayangan (-8,2). S5 juga memberikan alasan logis bahwa penggunaan rumus tersebut lebih praktis dalam menyelesaikan soal. Berdasarkan tes tulis dan wawancara bahwa S5 mampu menentukan bayangan hasil dilatasi, meskipun menggunakan metode yang berbeda dari rumus matriks.

8) Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-b yang disusun untuk mengetahui kemampuan subjek penelitian terkait menentukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius. Hasil penyelesaian S5 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 2-b pada Gambar 4.43 sebagai berikut.



Gambar 4.43 Jawaban S5 Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Berdasarkan hasil penyelesaian tes tulis yang diberikan pada bagian TS-S5-T8, S5 hanya mampu menggambarkan bentuk persegi panjang hasil transformasi dengan ukuran yang lebih besar tanpa melibatkan ukuran asli secara jelas. Hasil ini juga dikuatkan oleh wawancara yang dilakukan dengan S5.

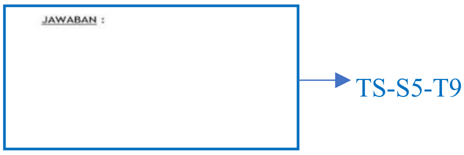
Tabel 4.45 Wawancara Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Menurutmu, bagaimana bentuk bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi?
JS-S5-W14	:	Bangunnya sama seperti sebelumnya, cuma ukurannya jadi lebih besar.
P	:	Kalau luasnya bagaimana, apakah juga ikut berubah?
JS-S5-W15	:	Kayaknya ikut membesar juga, tapi saya tidak tahu cara menghitung luasnya.
P	:	Apa hubungannya perubahan itu dengan faktor skala yang digunakan?
JS-S5-W16	:	Saya tidak tahu kak.

Bagian JS-S5-W14, S5 menjelaskan bahwa bentuk bangun tetap sama, namun ukurannya berubah menjadi lebih besar. Akan tetapi, penjelasan tersebut sebatas pada visualisasi, tanpa mengaitkan dengan konsep matematis mengenai faktor skala dan luas bangun. Pada bagian JS-S5-W15, S5 menyatakan mengetahui bangun membesar tetapi tidak mampu menghitung maupun menjelaskan keterkaitan perubahan luas dengan faktor skala. Dengan demikian, dapat diartikan bahwa pemahaman S5 masih terbatas pada deskripsi visual, dan belum menguasai konsep dilatasi dalam kaitannya dengan faktor skala serta luas bangun.

9) Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-c, S5 diminta menunjukkan pemahaman mengenai hubungan faktor skala dengan perubahan luas bangun hasil dilatasi. Jawaban S4 terhadap soal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.44.



Gambar 4.44 Jawaban S5 Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Berdasarkan hasil tes pada bagian TS-S5-T9, terlihat bahwa S5 tidak menuliskan langkah penyelesaian terhadap soal nomor 2-c. Ketiadaan jawaban ini mengindikasikan bahwa S5 belum mampu menghubungkan konsep faktor skala dengan perubahan luas pada bangun persegi panjang yang didilatasikan. Hal ini diperkuat oleh S5 pada wawancara berikut ini.

Tabel 4.46 Wawancara Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah di dilatasikan.
JS-S5-W17	:	Saya tidak tahu cara menghitungnya.
P	:	Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya.
JS-S5-W18	:	Saya tidak tahu kak.

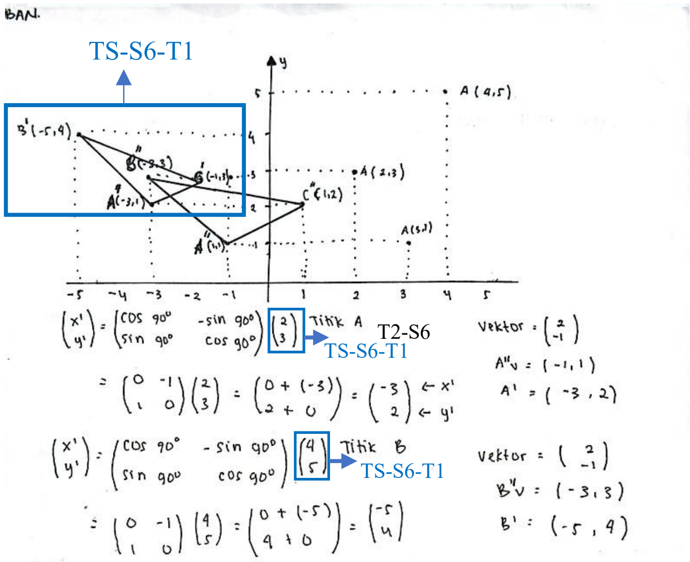
Dari pernyataan pada JS-S5-W17 dan JS-S5-W18, S5 tidak memahami bagaimana faktor skala memengaruhi luas bangun. Hal ini sejalan dengan hasil tes tulis pada TS-S5-T9 yang tidak memuat penyelesaian sama sekali. Dengan demikian, data tes dan wawancara konsisten menunjukkan bahwa S5 belum menguasai konsep keterkaitan faktor skala dengan perubahan luas hasil dilatasi.

f. Subjek 6 (S6)

Pada soal nomor 1 dirancang untuk mengetahui kemampuan atau kepekaan siswa dalam menentukan bentuk bayangan dari suatu objek.

1) Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a menunjukkan komponen kemampuan spasial terkait menentukan bentuk bayangan dari suatu objek. Hasil penyelesaian S6 pada nomor 1-a disajikan pada Gambar 4.45 sebagai berikut.



Gambar 4.45 Jawaban S6 Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada gambar 4.45 lembar hasil tes bagian TS-S6-T1, S6 menuliskan informasi yang terdapat dalam soal yaitu koordinat titik A(2, 3), B(4, 5), dan C(3, 1) yang kemudian akan dirotasikan sebesar 90° searah jarum jam. Setelah menuliskan data awal tersebut, S6 tampak mencoba memvisualisasikan bentuk awal segitiga ABC serta memperkirakan perubahan posisi ketiga titik setelah dilakukan rotasi. Pada bagian TS-S6-T1, S6 menggambarkan titik-titik tersebut hingga membentuk segitiga ABC secara lengkap. Aktivitas ini memperlihatkan bahwa S6 berusaha memahami bentuk awal objek sebelum menentukan hasil rotasinya. Hal tersebut diperkuat oleh hasil wawancara berikut:

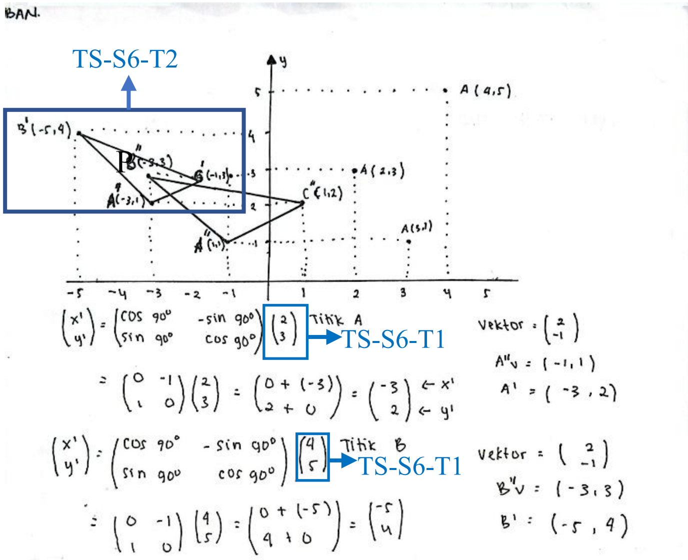
Tabel 4.47 Wawancara Menentukan Bentuk Bayangan Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Setelah kamu menuliskan koordinat titik A, B, dan C, apa yang kamu lakukan sebelum menentukan hasil rotasinya, dek?
JS-S6-W1	:	Saya coba bayangin dulu bentuk segitiganya, Kak.
P	:	Apakah kamu memutar kertas atau langsung membayangkan bentuk hasil rotasinya?
JS-S6-W2	:	Saya langsung ngebayangin aja, Kak. Segitiganya saya bayangin diputar ke kanan, tapi saya agak bingung posisi tepatnya pindah ke mana.

Berdasarkan hasil wawancara pada bagian JS-S6-W1, terlihat bahwa S6 berusaha memvisualisasikan posisi titik A, B, dan C untuk membentuk segitiga secara mental sebelum melakukan proses rotasi. Hal ini menunjukkan bahwa S6 telah berupaya membentuk representasi mental mengenai bayangan objek yang akan dirotasikan. Selanjutnya pada bagian JS-S6-W2, S6 melakukan rotasi secara mental tanpa bantuan media fisik seperti kertas. S6 mengaku masih mengalami kebingungan dalam menentukan posisi akhir hasil rotasi, sehingga penempatan titik bayangan menjadi tidak tepat. Dari hasil wawancara dan lembar jawaban tes, diketahui bahwa hasil rotasi yang diperoleh S6 belum benar. Kesalahan tersebut terjadi karena S6 belum mampu menentukan posisi akhir segitiga hasil rotasi 90° searah jarum jam secara akurat.

2) Memanipulasi Objek *Mental Rotation*

Selain melihat kemampuan untuk menentukan bentuk bayangan dari suatu objek pada soal nomor 1-a juga dapat digunakan untuk melihat kemampuan S6 terkait memanipulasi objek pada transformasi geometri. Hal ini ditunjukkan hasil tes S6 dalam memanipulasi objek pada Gambar 4.46.



Gambar 4.46 Jawaban S6 Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada lembar hasil tes Gambar 4.46 bagian TS-S6-T1 terlihat bahwa S6 menuliskan koordinat titik A(2, 3), B(4, 3), dan C(3, 1), serta mencantumkan informasi bahwa segitiga tersebut akan dirotasikan sebesar 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Setelah menuliskan data awal tersebut, S6 tampak berupaya membayangkan bentuk segitiga ABC dan memperkirakan perubahan posisinya setelah dilakukan rotasi**.** Pada bagian TS-S6-T2, terlihat bahwa S6 melakukan proses visualisasi awal terhadap letak segitiga dalam pikirannya sebelum menentukan koordinat hasil rotasi. Upaya ini tercermin dalam wawancara berikut:

Tabel 4.48 Wawancara Memanipulasi Objek *Mental Rotation* Nomor 1-a

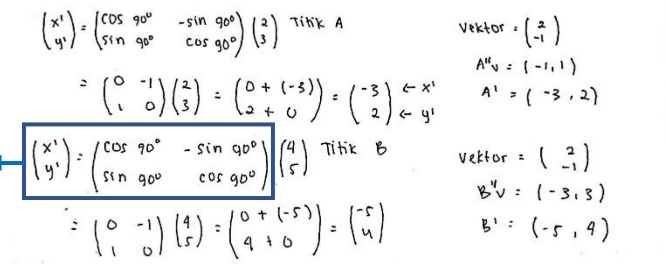
Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Sekarang kakak ingin tanya, setelah segitiga tersebut diputar seperti apa bentuk dan posisinya?
JS-S6-W3	:	Di soal diminta untuk rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Segitiganya nanti pindah ke sebelah kanan, Kak, agak ke bawah juga kayaknya.
P	:	Apakah kamu bisa menjelaskan bagaimana bentuk dan posisi segitiga setelah diputar? Lalu bagaimana caramu menentukan koordinat titik A, B, dan C setelah dirotasi?
JS=S6-W4	:	aya bayangin dulu segitiganya miring ke kanan atas, terus saya putar dalam pikiran ke arah kanan bawah. Tapi pas nulis, saya agak bingung titik mana yang harus dipindah dulu, jadi saya tulis berdasarkan perkiraan aja, Kak.

Pada bagian JS-S6-W3, S6 menunjukkan pemahaman terhadap instruksi soal, yaitu melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Namun, dari penjelasan pada JS-S6-W4, terlihat bahwa S6 masih mengalami kesulitan dalam menentukan posisi yang tepat dari hasil rotasi. Meskipun S6 berusaha memanipulasi posisi segitiga secara mental dengan cara membayangkan pergerakan objek, proses tersebut belum akurat**.** Dari wawancara dan hasil tes, S6 tidak dapat menginterpretasikan perubahan posisi dan bentuk objek setelah rotasi. Artinya, S6 belum memahami dan mampu mengubah bentuk geometri melalui rotasi dengan benar.

3) Penggunaan Konsep Matriks dalam Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Setelah S6 melakukan proses transformasi geometri pada soal nomor 1-a, S6 terlihat mencoba menentukan cara penyelesaian masalah dengan menerapkan konsep matriks rotasi dan translasi. Berikut hasil penyelesaian S6 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 1-a pada Gambar 4.47.

TS-S6-T3



Gambar 4.47 Jawaban S6 Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada lembar jawabannya, S6 menuliskan koordinat titik A(2,3), B(4,5), dan C(3,1) serta menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ untuk menentukan koordinat hasil rotasi (lihat bagian TS-S6-T3). Hal ini menunjukkan bahwa S6 berusaha menerapkan konsep transformasi rotasi melalui perhitungan menggunakan matriks. Berikut hasil wawancara yang mendukung temuan tersebut:

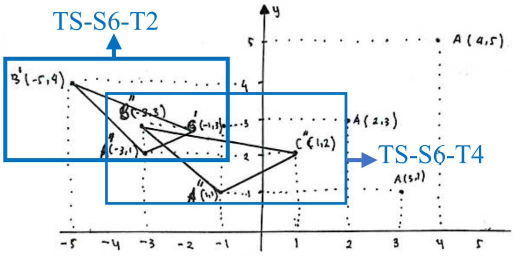
Tabel 4.49 Wawancara Penggunaan Konsep Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Coba dek, jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?
JS-S6-W5	:	Saya menggunakan matriks rotasi 90° searah jarum jam, yaitu $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$ lalu mengalikannya drngan koordinat masing-masing titik.
P	:	Bagaimana hasil perhitungan koordinat setelah rotasi?
JS-S6-W6	:	Dengan cara saya mengalikan rotasi dengan koordinat titik, misalnya untuk $\mathrm{B}(4{,}5)$ menjadi $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$ dengan cara yang sama maka diperoleh $\mathrm{A}'(-3{,}2)$ dan $\mathrm{C}'(-1{,}3)$.

Pada JS-S6-W5, S6 menjelaskan langkah-langkah penyelesaiannya dengan menjelaskan bahwa S6 memahami penggunaan matriks rotasi dan proses penambahan vektor translasi. Namun, meskipun strategi penyelesaian yang digunakan oleh S6 benar, hasil akhir dari perhitungan tidak sesuai (TS-S6-T3). Hal ini terlihat dari kesalahan dalam pengoperasian data koordinat saat menerapkan rumus rotasi, sehingga menyebabkan koordinat bayangan yang diperoleh tidak akurat. Hal ini sesuai dengan hasil tes pada bagian TS-S6-T3. Berdasarkan hasil tes dan wawancara menunjukkan bahwa S6 tidak dapat menghitung hasil titik koordinat dengan benar, karena terdapat kesalahan dalam menerapkan konsep dasar rotasi. Artinya, S6 tidak dapat menyelesaikan tes karena melakukan kesalahan dalam penggunaan konsep matriks dalam transformasi geometri.

4) Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation*

Gambar 4.48 berikut ini merupakan hasil jawaban S5 dalam menyelesaikan soal tes pada materi transformasi geometri dalam menyelesaikan komposisi transformasi geometri.



Gambar 4.48 Jawaban S6 Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-a

Pada lembar jawaban soal tes Gambar 4.48 bagian TS-S6-T2, terlihat bahwa S6 telah menggambarkan bayangan segitiga hasil rotasi. Selanjutnya, pada bagian TS-S6-T4, S6 juga menambahkan gambar bayangan hasil translasi sehingga terbentuk posisi segitiga baru sebagai hasil akhir komposisi transformasi. Hal ini menunjukkan bahwa S6 berupaya memahami urutan transformasi secara visual. Pernyataan tersebut didukung oleh hasil wawancara berikut.

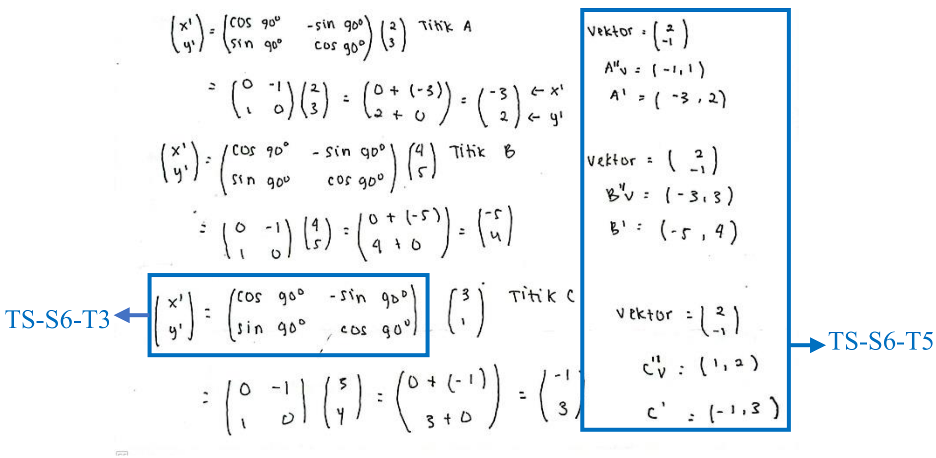
Tabel 4.50 Wawancara Menyelesaikan Komposisi Transformasi Geometri *Mental Rotation* Nomor 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomor 1-b ini?
JS-S6-W7	:	Tentu, saya melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0), jadi segitiganya berpindah ke sebelah kanan bawah. Setelah itu saya bayangkan dulu posisi segitiga awal yang ada di kanan atas, lalu saya geser dua langkah ke kanan dan satu langkah ke bawah sesuai dengan vektornya.
P :	:	Apakah kamu menghitung koordinat titiknya satu per satu menggunakan rumus?
JS-S6-W8	:	Tidak, Kak. Saya hanya membayangkan pergeserannya saja.

Berdasarkan hasil wawancara pada bagian JS-S6-W7, S6 menjelaskan bahwa proses penyelesaian dilakukan secara bertahap melalui pembayangan posisi segitiga dimulai dari rotasi sebesar 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0), kemudian dilanjutkan dengan translasi sesuai vektor yang diberikan. Namun, hasil gambar menunjukkan bahwa S6 melakukan kesalahan dalam menentukan arah perpindahan hasil rotasi dan translasi, sehingga posisi bayangan segitiga yang diperoleh tidak sesuai dengan hasil komposisi transformasi yang seharusnya. Selanjutnya, dari pernyataan JS-S6-W8, diketahui bahwa S6 tidak menggunakan perhitungan koordinat secara matematis, melainkan hanya mengandalkan visualisasi mental dalam menentukan posisi akhir segitiga. Berdasarkan hasil tes dan wawancara tersebut, S6 belum mampu menyelesaikan soal komposisi transformasi geometri dengan benar.

5) Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation*

Pada soal nomor 1-a dan 1-b yang bertujuan untuk mengukur kemampuan spasial matematis dalam menentukan bentuk bayangan suatu objek menggunakan matriks. Hasil penyelesaian S6 terhadap soal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.49.



Gambar 4.49 Jawaban S6 Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks Mental Rotation Nomor 1-a dan 1-b

Pada lembar jawaban hasil tes Gambar 4.49 bagian TS-S6-T3, terlihat bahwa **S6** menuliskan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ sebagai dasar dalam melakukan perhitungan. Selain itu, S6 juga menuliskan hasil perhitungan koordinat titik hasil rotasi, yaitu A'(-3,2), B'(-5,4), dan C'(-1,3) setelah dilakukan rotasi sebesar 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Kemudian, S6 menambahkan vektor translasi $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ untuk menentukan koordinat bayangan akhir dari hasil komposisi transformasi. Berdasarkan perhitungannya, S6 memperoleh hasil akhir A"(-1,1), B"(-3,3), dan C"(1,2) (lihat bagian TS-S6-T5). Berikut adalah cuplikan wawancara yang memperjelas langkah-langkah yang dilakukan S6.

Tabel 4.51 Wawancara Menentukan Bayangan Suatu Objek Menggunakan Matriks *Mental Rotation* Nomor 1-a dan 1-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Coba kamu jelaskan langkah-langkah penyelesaiannya.
JS-S6-W9	:	Pertama, saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Misalnya, untuk titik A(2, 3), setelah rotasi menjadi A'(-3, 2). Titik B(4, 5) menjadi B'(-5, 4), dan titik C(3, 1) menjadi C'(-1, 3).
P	:	Lalu, untuk langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?
JS-S6-W10	:	Setelah melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi v = (2, -1) dengan cara menambahkan komponen vektor x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi, seperti A'(-3, 2) + (2, -1) = A"(-1, 1). Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah A"(-1, 1), B"(-3, 3), dan C"(1, 2).

Dari hasil wawancara pada JS-S6-W9 dan JS-S6-W10, S6 mampu menjelaskan langkah-langkah penyelesaian komposisi transformasi geometri dengan menggunakan rumus matriks rotasi dan vektor translasi. Pada tahap rotasi, S6 telah menuliskan rumus yang benar dan menunjukkan pemahaman terhadap urutan langkah penyelesaian. Namun, hasil perhitungan menunjukkan bahwa arah rotasi yang digunakan terdapat kesalahan karena hasil yang diperoleh sesuai dengan soal. Selanjutnya, S6 menambahkan vektor translasi $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$ untuk menentukan posisi akhir segitiga. Akan tetapi, karena kesalahan terjadi pada tahap rotasi sebelumnya, maka koordinat hasil translasi pun menjadi tidak tepat. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, dapat disimpulkan bahwa S6 memahami prosedur penyelesaian komposisi transformasi geometri melalui penerapan rumus matriks rotasi dan translasi, tetapi belum mampu menerapkannya secara akurat. Kesalahan utama terletak pada arah rotasi yang salah dan tidak dilakukannya pengecekan ulang terhadap hasil perhitungan, sehingga jawaban akhir tidak sesuai dengan konsep transformasi yang benar.

6) Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 1 yang dirancang untuk mengukur kemampuan spasial dalam menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan, S6 mengalami kesulitan dalam memahami perubahan posisi objek setelah transformasi. Berdasarkan hasil tes pada Gambar 4.48 bagian TS-S6-T2, S6 mampu menggambarkan bayangan koordinat titik hasil rotasi. Namun, gambar yang dihasilkan tidak sesuai dengan arah rotasi 90° searah jarum jam yang tertera pada soal. Berikut adalah pernyataan S6 dalam hasil wawancara:

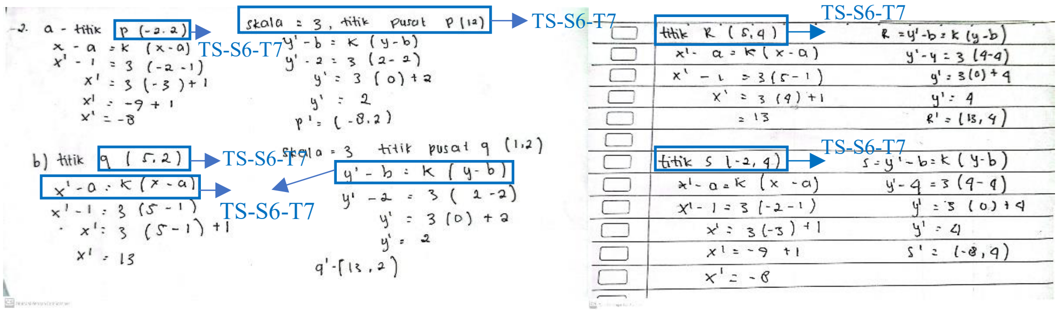
Tabel 4.52 Wawancara Menentukan Bayangan Rotasi Melalui Pengamatan *Spatial Visualisation* Nomor 1

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana langkah-langkah yang kamu lakukan dalam menentukan bayangan titik setelah rotasi?
JS-S6-W11	:	Saya gatau kak.

Pada bagian JS-S6-W11, S6 menyebutkan bahwa tidak mengetahui langkah-langkah dalam menyelesaikan soal yang diberikan. Hal ini sesuai dengan hasil tes pada bagian TS-S6-T2. Berdasarkan hasil tes dan wawancara, S6 tidak memahami konsep dasar rotasi 90° searah jarum jam, tidak dapat menentukan bayangan objek setelah dirotasi tanpa menggunakan perhitungan. Selain itu, S6 menggambar bayangan titik-titik hasil transformasi dalam penyelesaiannya akan tetapi tidak bisa memutar objek tersebut. Artinya, S6 tidak dapat menyelesaikan tes karena melakukan kesalahan dalam menentukan bayangan objek setelah dirotasi dengan pengamatan.

7) Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation*

Pada soal nomor 2-a yang disusun untuk mengetahui kemampuan dalam menentukan geometri transformasi dengan konsep matriks. Hasil penyelesaian S6 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 2-a pada Gambar 4.50 berikut.



Gambar 4.50 Jawaban S6 Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Berdasarkan hasil tes tulis di atas pada bagian TS-S6-T7, S6 bisa menentukan koordinat bayangan hasil dilatasi terhadap titik pusat $P(1, 2)$ dengan faktor skala $k = 3$ pada koordinat titik $P(-2, 2), Q(5, 2), R(5, 4)$, dan $S(-2, 4)$ (lihat bagian T9-S6). Lalu pada bagian T10-S6, S6 menggunakan rumus dilatasi, yaitu: $x' - a = k(x - a)$ dan $y' - b = k(y - b)$. Berikut pernyataan S6 pada hasil wawancara.

Tabel 4.53 Wawancara Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Bagaimana strategi yang adek gunakan untuk menentukan koordinat titik bayangan?
JS-S6-W12	:	Strategi yang saya lakukan yaitu menggunakan rumus dilatasi dengan memasukkan titik awal, titik pusat, dan faktor skala ke dalam rumus. Setelah itu, saya menghitung koordinat bayangan dengan mengikuti langkah perhitungan yang benar. Selanjutnya, saya menghitung koordinat x'menggunakan rumus $\mathrm{x}' - 1 = 3(5 - 1)$ yang menghasilkan $\mathrm{x}' = 13$. Kemudian, untuk y' saya

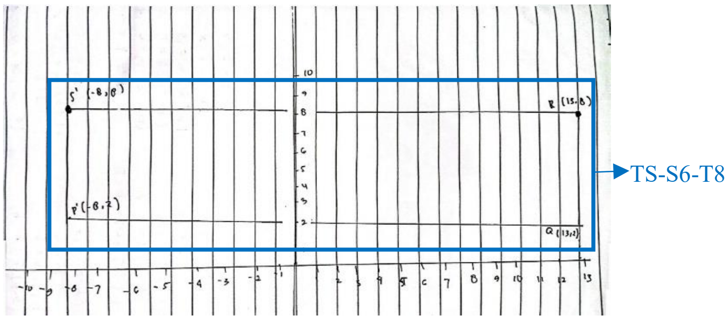
Lanjutan Tabel 4.53 Wawancara Menyelesaikan Masalah Geometri Transformasi dengan Konsep Matriks *Spatial Visualisation* Nomor 2-a

Kode		Deskripsi Wawancara
JS-S6-W12	:	menggunakan $y' - 2 = 3(2 - 2)$ sehingga hasilnya $y' = 2$. Jadi, bayangan titik $Q(5, 2) \rightarrow Q'(13,2)$. Saya menggunakan cara yang sama kak untuk mencari titik-titik lainnya.

Berdasarkan hasil tes tulis yang telah dilakukan, S6 mampu menyelesaikan perhitungan koordinat bayangan dengan benar meskipun tidak menggunakan rumus matriks dilatasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$. Pada bagian JS-S6-W12 terlihat bahwa S6 memilih menggunakan bentuk rumus sederhana, yaitu $x' - a = k(x - a)$ dan $y' - b = k(y - b)$ dan hasilnya tepat sesuai dengan jawaban tes pada T12-S5. Selanjutnya, pada JS-S6-W12, S6 dapat menguraikan langkah perhitungan secara runtut, contohnya pada titik Q(5,2) yang diperoleh bayangan (13,2). Hasil ini sesuai dengan hasil tes pada bagian T11-S6 dan T12-S6. Berdasarkan tes tulis dan wawancara, S6 mampu menentukan bayangan hasil dilatasi, meskipun menggunakan metode yang berbeda dari rumus matriks.

8) Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-b yang disusun untuk mengetahui kemampuan subjek penelitian terkait menentukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius. Hasil penyelesaian S6 pada soal tes transformasi geometri pada nomor 2-b pada Gambar 4.51 sebagai berikut.



Gambar 4.51 Jawaban S6 Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Berdasarkan hasil penyelesaian tes tulis yang diberikan pada bagian bagian TS-S6-T8, S6 hanya mampu menggambarkan bentuk persegi panjang hasil transformasi dengan ukuran yang lebih besar tanpa melibatkan ukuran asli secara jelas. Hasil ini juga dikuatkan oleh wawancara yang dilakukan dengan S6.

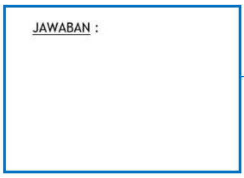
Tabel 4.54 Wawancara Menentukan Bayangan Transformasi pada Koordinat Kartesius *Spatial Orientation* Nomor 2-b

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Menurutmu, bagaimana bentuk bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi?
JS-S6-W13	:	Bangunnya sama seperti sebelumnya, Cuma ukurannya jadi lebih besar.
P	:	Kalau luasnya bagaimana, apakah juga ikut berubah?
JS-S6-W14	:	Kayaknya ikut membesar juga, tapi saya tidak tahu cara menghitung luasnya.
P	:	Apa hubungannya perubahan itu dengan faktor skala yang digunakan?
JS-S6-W15	:	Saya tidak tahu kak.

Bagian JS-S6-W13, S6 menjelaskan bahwa bentuk bangun tetap sama, namun ukurannya berubah menjadi lebih besar. Akan tetapi, penjelasan tersebut sebatas pada visualisasi, tanpa mengaitkan dengan konsep matematis mengenai faktor skala dan luas bangun. Pada bagian JS-S6-W14, S6 menyatakan mengetahui bangun membesar tetapi tidak mampu menghitung maupun menjelaskan keterkaitan perubahan luas dengan faktor skala. Dengan demikian, dapat diartikan bahwa pemahaman S6 masih terbatas pada deskripsi visual, dan belum menguasai konsep dilatasi dalam kaitannya dengan faktor skala serta luas bangun.

9) Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation*

Pada soal nomor 2-c, S6 diminta menunjukkan pemahaman mengenai hubungan faktor skala dengan perubahan luas bangun hasil dilatasi. Jawaban S6 terhadap soal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.52.



TS-S6-T9

Gambar 4.52 Jawaban S6 Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Berdasarkan hasil tes pada bagian TS-S6-T9 terlihat bahwa S6 tidak menuliskan langkah penyelesaian terhadap soal nomor 2-c. Ketiadaan jawaban ini mengindikasikan bahwa S6 belum mampu menghubungkan konsep faktor skala dengan perubahan luas pada bangun persegi panjang yang didilatasikan. Hal ini diperkuat oleh S6 pada wawancara berikut ini.

Tabel 4.55 Wawancara Menentukan Faktor Skala dalam Dilatasi *Spatial Orientation* Nomor 2-c

Kode		Deskripsi Wawancara
P	:	Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah didilatasikan?
JS-S6-W16	:	Saya tidak tahu cara menghitungnya.
P	:	Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya?
JS-S6-W17	:	Saya tidak tahu kak.

Dari pernyataan pada JS-S6-W16 dan JS-S6-W17, dapat disimpulkan bahwa S6 tidak memahami bagaimana faktor skala memengaruhi luas bangun. Hal ini sejalan dengan hasil tes tulis pada TS-S6-T9 yang tidak memuat penyelesaian sama sekali. Dengan demikian, data tes dan wawancara konsisten menunjukkan bahwa S6 belum menguasai konsep keterkaitan faktor skala dengan perubahan luas hasil dilatasi.

B. Hasil Penelitian

1. Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Tinggi

Berdasarkan penelitian dan analisis data pada subjek 1 (S1) dan subjek 2 (S2), dapat diungkapkan bahwa siswa memiliki tingkat kemampuan spasial yang tinggi dalam menyelesaikan soal, sebagaimana ditampilkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4. 56 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Tinggi

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Tinggi		Keterangan
	S1	S2	
Menentukan bentuk bayangan dari suatu objek	S1 memiliki pemahaman yang kuat tentang transformasi geometri, khususnya rotasi. S1 tidak hanya mengidentifikasi informasi dengan baik, tetapi juga dapat menerapkan rumus rotasi dengan benar untuk menentukan bentuk bayangan objek yang dihasilkan.	S2 memiliki pemahaman yang kuat tentang transformasi geometri, khususnya rotasi. S2 tidak hanya mengidentifikasi informasi dengan baik, tetapi juga dapat menerapkan rumus rotasi dengan benar untuk menentukan bentuk bayangan objek yang dihasilkan.	Kedua subjek telah memenuhi salah satu indikator pada penyelesaian masalah, yaitu memahami masalah dengan kemampuannya dalam memahami masalah dengan baik, serta yakin dalam menyelesaikan soal transformasi geometri, khususnya dalam menentukan bentuk bayangan objek.
Memanipulasi objek dengan transformasi yang benar	S1 telah menunjukkan kemampuan yang baik dalam memahami dan memanipulasi objek melalui transformasi geometri, khususnya rotasi. S1 tidak hanya mampu mengidentifikasi informasi yang relevan dari soal, tetapi juga dapat menerapkan rumus	S2 telah menunjukkan kemampuan yang baik dalam memahami dan menerapkan rumus rotasi untuk menyelesaikan soal transformasi geometri. Namun S2 mengalami kesulitan dalam menggambarkan hasil rotasi secara akurat pada bidang	Kedua subjek telah memenuhi salah satu indikator pemecahan masalah, yaitu memanipulasi objek dengan transformasi yang benar. S1 mampu mengidentifikasi informasi yang relevan dari soal, menerapkan rumus rotasi dengan benar, dan

Lanjutkan Tabel 4.56 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Tinggi

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Tinggi		Keterangan
	S1	S2	
Memanipulasi objek dengan dapattransformasi yang benar	rotasi dengan benar untuk menentukan hasil rotasi objek. Selain itu, S1 dapat menjelaskan dengan jelas perubahan posisi dan orientasi objek setelah rotasi, baik sebelum maupun sesudah proses transformasi. S1 juga mampu menyusun langkah-langkah sistematis dalam menyelesaikan soal, mengintegrasikan rumus rotasi dengan benar, serta menghitung hasilnya secara tepat.	koordinat kartesius. Meskipun langkah-langkah perhitungan sudah benar, visualisasi hasil rotasi yang dibuat S2 tidak sesuai dengan koordinat yang dihitung, sehingga akurasi gambar menjadi kurang tepat.	dan menjelaskan dengan jelas perubahan posisi dan orientasi objek setelah rotasi. Sementara itu, S2 juga telah memahami dan menerapkan rumus rotasi dengan baik, namun mengalami kesulitan dalam menggambarkan hasil rotasi dengan akurat pada bidang koordinat kartesius. Meskipun langkah-langkah perhitungannya sudah benar, visualisasi hasil rotasi yang dibuat S2 tidak sesuai dengan koordinat yang dihitung, sehingga akurasi gambarnya kurang tepat.
Mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan	S1 mampu menyelesaikan soal dengan langkah-langkah yang terstruktur dan tepat, mulai dari rotasi menggunakan matriks hingga penambahan vektor translasi untuk menentukan koordinat bayangan	S2 dapat menyelesaikan soal dengan cara yang terorganisir dan akurat, dimulai dengan melakukan rotasi menggunakan matriks, kemudian dilanjutkan dengan penambahan vektor translasi	Kedua subjek tersebut mampu menyelesaikan soal transformasi geometri dengan langkah-langkah yang sistematis dan tepat, mampu mengaplikasikan konsep matriks untuk rotasi dan vektor untuk

Lanjutkan Tabel 4.56 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Tinggi

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Tinggi		Keterangan
	S1	S2	
konsep matriks dalam menenemukan koordinat titik atau fungsi setelah di transformasikan	titik. Proses perhitungan yang dilakukan S1 menunjukkan pemahaman yang mendalam tentang konsep matriks dan vektor dalam transformasi geometri.	untuk mendapatkan koordinat bayangan titik. Tahapan perhitungan yang dilakukan S2 mencerminkan pemahaman yang kuat terhadap konsep matriks dan vektor dalam konteks transformasi geometri.	translasi secara benar, menunjukkan pemahaman yang mendalam terhadap konsep-konsep tersebut.
Menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi	S1 berhasil menyelesaikan masalah transformasi geometri yang melibatkan komposisi transformasi dengan cara yang sistematis dan efisien. S1 mampu mengidentifikasi langkah-langkah yang harus dilakukan, dimulai dengan rotasi menggunakan rumus dasar rotasi, dilanjutkan dengan translasi menggunakan vektor	S2 memahami konsep rotasi dan translasi secara mendalam, dan dapat menerapkannya dengan benar dalam menyelesaikan soal. Kemampuan S2 untuk menjelaskan langkah-langkah secara terstruktur dan menghitung hasilnya dengan cermat menunjukkan pemahaman yang kuat dan kemampuan spasial matematis yang baik, sehingga S2 memenuhi indikator dalam	Kedua subjek menunjukkan pemahaman yang kuat dan kemampuan yang baik dalam menyelesaikan masalah geometri transformasi yang melibatkan komposisi transformasi, mampu mengidentifikasi langkah-langkah yang diperlukan dengan jelas dan sistematis, dimulai dengan rotasi menggunakan rumus dasar, kemudian dilanjutkan dengan translasi menggunakan vektor yang sesuai.

Lanjutkan Tabel 4.56 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Tinggi

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Tinggi		Keterangan
	S1	S2	
		menyelesaikan masalah geometri transformasi yang melibatkan komposisi transformasi.	
Menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks	S1 menunjukkan kemampuan yang baik dalam memahami dan menyelesaikan soal yang berkaitan dengan menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks, terutama dalam transformasi rotasi dan translasi. S1 mampu dengan jelas mengidentifikasi langkah-langkah yang harus dilakukan, dimulai dengan menggunakan rumus rotasi yang tepat dan kemudian melanjutkan dengan penambahan vektor translasi ke setiap titik hasil rotasi.	S2 berhasil menunjukkan pemahaman yang baik dalam menentukan bayangan objek menggunakan matriks, melalui langkah-langkah rotasi dan translasi yang tepat dan sistematis. S2 mampu menyelesaikan masalah transformasi geometri dengan benar, memenuhi indikator kemampuan yang ditetapkan.	Kedua subjek berhasil memenuhi indikator kemampuan dalam menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks Selain itu, kedua subjek menunjukkan pemahaman yang baik dalam menyelesaikan soal melalui langkah-langkah rotasi dan translasi yang tepat.
Menentukan bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan	S1 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menentukan bayangan objek setelah dirotasi melalui pengamatan dengan memahami langkah-langkah rotasi, S1 menggambarkan	S2 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menentukan bayangan objek setelah dirotasi melalui pengamatan dengan memahami langkah-langkah rotasi, S2	Kedua subjek telah memenuhi indikator pemecahan masalah dengan baik, yaitu mampu menentukan bayangan objek setelah rotasi melalui pengamatan.

Lanjutkan Tabel 4.56 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Tinggi

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Tinggi		Keterangan
	S1	S2	
	segitiga pada bidang kartesius, memutar diagram secara visual, dan mengidentifikasi perubahan posisi.	menggambarkan segitiga pada bidang kartesius, memutar diagram secara visual, dan mengidentifikasi perubahan posisi.	Kedua subjek menggambarkan segitiga pada bidang kartesius, memutar diagram secara visual, dan mengidentifikasi
Menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius	S1 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menentukan bayangan objek setelah transformasi pada koordinat kartesius. S1 berhasil menggunakan rumus dilatasi dengan tepat untuk menghitung koordinat bayangan titik, serta mampu menjelaskan langkah-langkah perhitungannya secara sistematis dan logis.	S2 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius, mampu menggunakan rumus dilatasi dengan benar, menjelaskan langkah-langkah perhitungannya secara logis, dan memperoleh koordinat bayangan yang tepat.	Kedua subjek menunjukkan kemampuan yang baik dalam menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius. S1 dan S2 masing-masing mampu menggunakan rumus dilatasi dengan tepat, menjelaskan langkah-langkah perhitungan secara sistematis dan logis, serta memperoleh koordinat bayangan yang akurat.
Menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek berkaitan dengan konsep matriks	S1 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menyelesaikan masalah transformasi geometri menggunakan konsep matriks. S1 mampu dengan tepat mengidentifikasi langkah-langkah	S2 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menyelesaikan masalah transformasi geometri menggunakan konsep matriks. S2 mampu dengan tepat mengidentifikasi	Kedua subjek menunjukkan kemampuan yang baik dalam menyelesaikan masalah transformasi geometri dengan konsep matriks, mampu mengidentifikasi langkah-langkah

Lanjutkan Tabel 4.56 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Tinggi

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Tinggi		Keterangan
	S1	S2	
	yang diperlukan untuk rotasi, menerapkan matriks rotasi yang sesuai, dan memvisualisasikan perubahan posisi objek dengan menggambar diagram dan memutar segitiga secara mental.	langkah-langkah yang diperlukan untuk rotasi, menerapkan matriks rotasi yang sesuai, dan memvisualisasikan perubahan posisi objek dengan menggambar diagram dan memutar segitiga secara mental.	yang diperlukan dan memvisualisasikan perubahan posisi objek dengan benar.
Menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan	S1 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan. S1 mampu mengidentifikasi rumus dilatasi dengan tepat, menghitung koordinat bayangan titik setelah transformasi dengan benar, dan memvisualisasikan perubahan ukuran serta posisi objek pada bidang koordinat sesuai dengan faktor skala yang diberikan. Hal ini menunjukkan pemahaman yang kuat dan sistematis dalam menyelesaikan soal dilatasi	S2 menunjukkan kemampuan yang baik dalam menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan. S2 mampu menggunakan rumus dilatasi dengan tepat, menghitung bayangan koordinat titik setelah transformasi, serta memvisualisasikan perubahan posisi titik-titik sesuai dengan faktor skala k=3. Hal ini menunjukkan pemahaman yang kuat dalam menentukan faktor skala dan menerapkannya pada soal dilatasi.	Kedua subjek menunjukkan pemahaman yang baik dalam menentukan faktor skala untuk dilatasi yang diberikan. Keduanya mampu menggunakan rumus dilatasi dengan tepat, menghitung koordinat bayangan titik setelah transformasi, serta memvisualisasikan perubahan posisi titik sesuai faktor skala yang diberikan.

Berdasarkan tabel 4.56 di atas, dapat dilihat bahwa subjek yang memiliki kemampuan spasial matematis tinggi mampu memenuhi Sembilan indikator kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal.

2. Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Sedang

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis data pada subjek 3 (S3) dan subjek 4 (S4) berada pada tingkat kemampuan spasial matematis sedang. Bukti tersebut tampak dari penyelesaian soal yang siswa kerjakan, seperti tercantum dalam tabel di bawah.

Tabel 4.57 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Sedang

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Sedang		Keterangan
	S3	S4	
Menentukan bentuk bayangan dari suatu objek	S3 menunjukkan kesulitan dalam mengidentifikasi informasi penting dalam soal dan tidak dapat memahami atau menerapkan konsep dasar rotasi, tidak dapat menentukan bentuk bayangan objek hasil transformasi, yang menunjukkan kurangnya pemahaman dalam menyelesaikan soal geometri transformasi.	S4 mengalami kesulitan dalam memahami maksud soal dan tidak dapat mengidentifikasi informasi penting dalam soal dengan benar. S4 juga kesulitan dalam menentukan bentuk bayangan objek hasil transformasi pemahaman terhadap konsep dasar rotasi dan transformasi geometri.	Kedua subjek belum bisa memenuhi indikator menetukan bentuk bayangan dari suatu objek untuk menyelesaikan masalah
Memanipulasi objek dengan transformasi yang benar	S3 menunjukkan pemahaman yang cukup dalam menentukan koordinat hasil rotasi 90° searah jarum jam, namun masih kesulitan dalam memanipulasi	S4 menunjukkan kemampuan yang cukup dalam menghitung koordinat hasil rotasi 90° searah jarum jam, namun masih kesulitan dalam	Kedua subjek belum mampu melaksanakan tahapan penyelesaian pemecahan masalah pada soal yang diujikan secara menyeluruh.

Lanjutan Tabel 4.57 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Sedang

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Sedang		Keterangan
	S3	S4	
Memanipulasi objek dengan transformasi yang benar	dalam memanipulasi objek dan menginterpretasikan perubahan bentuk serta posisi segitiga setelah rotasi. Meskipun dapat menghitung titik hasil transformasi, S3 belum sepenuhnya mampu memvisualisasikan dan menjelaskan perubahan objek dengan baik.	memanipulasi objek dan memahami perubahan bentuk serta posisi segitiga setelah rotasi. Meskipun menggunakan rumus yang benar, S4 belum sepenuhnya dapat menginterpretasikan transformasi geometri dengan baik, sehingga kesulitan dalam memvisualisasikan perubahan objek.	Meskipun keduanya dapat menghitung koordinat hasil rotasi dengan benar, keduanya kesulitan dalam memanipulasi objek dan menginterpretasikan perubahan bentuk serta posisi objek setelah transformasi.
Mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menenemukan koordinat titik atau fungsi setelah di transformasikan	S3 mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menentukan koordinat titik setelah ditransformasikan. S3 dapat menerapkan matriks rotasi dengan benar untuk menentukan koordinat bayangan setelah rotasi dan menambahkan vektor translasi dengan tepat. S3 menjelaskan langkah-langkahnya secara sistematis dan melakukan perhitungan dengan	S4 menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan matriks untuk menentukan koordinat titik setelah dilakukan rotasi dan translasi. S4 mampu mengaplikasikan rumus rotasi dengan tepat, serta secara sistematis menambahkan vektor translasi pada setiap titik yang telah tertransformasi. Dengan menjelaskan langkah-langkahnya	Kedua subjek dapat menerapkan matriks rotasi dengan tepat dan menambahkan vektor translasi secara sistematis. Selain itu, keduanya mampu mengidentifikasi informasi yang diketahui dan yang ditanyakan sesuai dengan konteks soal, serta menjelaskan langkah-langkah penyelesaian dengan jelas.

Lanjutan Tabel 4.57 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Sedang

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Sedang		Keterangan
	S3	S4	
	akurat.	dengan jelas dan akurat.	
Menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi	**S3** belum mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi. S3 melakukan kesalahan dalam menerapkan rotasi dan translasi sehingga hasil perhitungan yang diperoleh tidak tepat. Hal ini menunjukkan bahwa S3 belum sepenuhnya memahami konsep rotasi dan translasi serta belum dapat menjelaskan langkah-langkah penyelesaiannya dengan benar dan sistematis.	S4 belum mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi**.** S4 melakukan kesalahan dalam menerapkan rotasi 90° searah jarum jam dan perhitungan koordinat hasil rotasi yang diperoleh tidak tepat. Selain itu, pada tahap translasi, S4 juga kurang teliti dalam menggunakan vektor yang diberikan sehingga hasil akhir yang diperoleh tidak sesuai dengan aturan komposisi transformasi yang benar.	Kedua subjek belum mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dengan komposisi transformasi secara sistematis dan tepat. Keduanya masih melakukan kesalahan dalam menerapkan konsep rotasi dan translasi, sehingga hasil perhitungan dan posisi bayangan objek tidak sesuai. Selain itu, penjelasan langkah-langkah penyelesaian yang diberikan juga belum runtut dan menunjukkan adanya ketidaktelitian dalam memahami prosedur komposisi transformasi geometri.
Menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks	S3 mampu menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks dengan tepat S3 menerapkan rumus rotasi dan translasi secara sistematis serta	S4 mampu menentukan bayangan objek menggunakan matriks dengan tepat dan menjelaskan langkah-langkah transformasi dengan	Kedua subjek tersebut mampu memenuhi indikator menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks

Lanjutan Tabel 4.57 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Sedang

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Sedang		Keterangan
	S3	S4	
	melakukan perhitungan dengan benar.	jelas.	
Menentukan bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan	S3 belum mampu menentukan bayangan objek setelah dirotasi dengan pengamatan. S3 mengalami kesulitan dalam membayangkan perubahan posisi titik-titik dan tidak memiliki strategi yang jelas dalam menyelesaikan soal. S3 juga tidak dapat memastikan kebenaran hasilnya.	S4 belum mampu menentukan bayangan objek setelah dirotasi dengan pengamatan. S4 mengalami kesulitan dalam membayangkan perubahan posisi titik-titik dan tidak memiliki strategi yang jelas dalam menyelesaikan soal. S4 juga tidak dapat memastikan kebenaran hasilnya.	Kedua subjek tersebut tidak mampu memenuhi indikator yang berkaitan dengan mementukn bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan
Menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius	S3 mampu menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius dengan tepat. S3 menggunakan rumus dilatasi dengan langkah yang benar dan melakukan perhitungan secara sistematis. S3 juga dapat menjelaskan proses transformasi dapat menjelaskan proses transformasi dengan logis serta menilai hasil perhitungan dengan akurat.	S4 mampu menentukan bayangan transformasi pada koordinat Kartesius dengan tepat menggunakan rumus dilatasi dan menjelaskan langkah-langkahnya dengan jelas.	Kedua subjek mampu menetukan bayangan objek pada soal yang diujikan dengan cara mentransformasikan pada koordinat kartesius

Lanjutan Tabel 4.57 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Sedang

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Sedang		Keterangan
	S3	S4	
Menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek berkaitan dengan konsep matriks	S3 mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan konsep matriks. S3 memahami langkah-langkah rotasi menggunakan matriks rotasi dan menerapkannya dengan benar dalam perhitungan. Meskipun tidak dapat menggambar secara langsung, S3 membayangkan perubahan posisi objek setelah transformasi untuk memverifikasi hasilnya.	S4 mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dengan konsep matriks, meskipun tidak menggambar bayangan segitiga, S4 berhasil memvisualisasikan perubahan posisi titik dengan membayangkan rotasi secara mental.	Kedua subjek belum dapat memenuhi indikator dalam mengidentifikasi strategi perencanaan yang sesuai untuk memecahkan masalah. Meskipun keduanya memahami konsep dan langkah-langkah rotasi menggunakan matriks, keduanya belum menggambar bayangan objek atau merencanakan secara jelas bagaimana visualisasi perubahan posisi objek.
Menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan	S3 belum mampu menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius, karena tidak memberikan jawaban pada lembar tes. Dengan demikian, tidak terdapat bukti bahwa S3 menggunakan rumus dilatasi ataupun melakukan perhitungan koordinat bayangan titik, sehingga menunjukkan bahwa S3 belum	S4 belum mampu merencanakan strategi pemecahan masalah dalam menentukan faktor skala dilatasi dan menghitung koordinat bayangan titik, karena tidak memberikan jawaban pada lembar tes. Akibatnya, tidak terlihat adanya proses visualisasi terhadap perubahan posisi maupun ukuran objek hasil dilatasi. Hal ini menunjukkan	Kedua subjek tersebut tidak dapat memenuhi indikator yang berkaitan dengan menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan.

Lanjutan Tabel 4.57 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Sedang

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Sedang		Keterangan
	S3	S4	
	memahami langkah-langkah penyelesaian terkait konsep dilatasi.	bahwa S4 belum memahami konsep dan langkah-langkah penyelesaian terkait transformasi dilatasi.	

Berdasarkan tabel 4.57 di atas, dapat dilihat bahwa subjek yang memiliki kemampuan spasial matematis sedang mampu memenuhi empat indikator kemampun spasial matematis dalam menyelesaikan soal dengan tepat yaitu penggunaan konsep matriks dalam transformasi geometri, menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks, menyelesaikan masalah gometri transformasi dengan konsep matriks, dan mementukan bayangan transformasi pada koordinat kartesius.

3. Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Rendah

Berdasarkan temuan penelitian dan analisis data, dapat disimpulkan bahwa subje 5 (S5) dan subjek 6 (S6), terlihat bahwa keduannya menunjukkan kemampuan spasial matematis yang tergolonng rendah dalam menyelesaikan soal. Hal ini tersebut tampak dari cara siswa mengerjakan soal yang diberikan, sebagaimana tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4.58 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Rendah

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Rendah		Keterangan
	S5	S6	
Menentukan bentuk bayangan dari suatu objek	S5 memahami prosedur rotasi dan rumus yang digunakan, namun masih melakukan kesalahan dalam	S6 menunjukkan pemahaman yang baik dalam mengidentifikasi informasi yang terdapat dalam	Kedua subjek belum bisa memenuhi indikator menetukan bentuk bayangan dari

Lanjutan Tabel 4.58 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Rendah

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Rendah		Keterangan
	S5	S6	
	menentukan bentuk bayangan akibat ketidaktepatan penerapan rumus. Meskipun informasi soal telah di identifikasi dengan benar, hasil koordinat belum tepat, sehingga S5 masih memerlukan penguatan dalam penerapan konsep rotasi.	soal dan menjelaskan langkah-langkah yang diperlukan untuk menentukan bayangan objek. Namun, terdapat kesalahan dalam penerapan rumus rotasi yang menyebabkan hasil koordinat bayangan tidak tepat.	suatu objek untuk menyelesaikan masalah
Memanipulasi objek dengan transformasi yang benar	S5 belum bisa memenuhi indikator memanipulasi objek dengan transformasi yang benar, meskipun dapat menentukan koordinat rotasi, S5 kesulitan memahami bentuk dan posisi objek setelah rotasi.	S6 mampu memanipulasi objek dengan transformasi yang benar, tetapi masih kesulitan dalam memahami perubahan bentuk dan posisi objek setelah rotasi.	Kedua subjek belum bisa memenuhi indikator memanipulasi objek dengan transformasi yang benar, meskipun S5 dan S6 dapat melakukan rotasi, keduanya kesulitan memahami perubahan bentuk dan posisi objek setelah rotasi.
Mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menenemukan koordinat titik atau fungsi setelah di transformasikan	S5 mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menemukan koordinat titik atau fungsi setelah ditransformasikan, tetapi masih terjadi kesalahan dalam perhitungan.	S6 mampu menggunakan konsep	Kedua subjek tidak mampu memenuhi indikator menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menenemukan koordinat titik atau fungsi setelah di transformasikan

Lanjutan Tabel 4.58 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Rendah

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Rendah		Keterangan
	S5	S6	
Menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi	S5 mampu mengikuti langkah-langkah transformasi dengan benar, namun masih ada kesalahan dalam perhitungan hasil akhir setelah rotasi dan translasi.	S6 mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi, tetapi masih terjadi kesalahan dalam perhitungan.	Kedua subjek belum bisa memenuhi indikator menyelesaikan masalah geometri transformasi dengan benar, meskipun mengikuti langkah-langkah yang tepat, masih terdapat kesalahan perhitungan.
Menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks	S5 tidak dapat memenuhi indikator menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan. Meskipun mencoba membayangkan perputaran objek, S5 kesulitan memahami perubahan posisi titik dan tidak dapat menjelaskan atau menggambar pergerakan titik dengan tepat setelah rotasi.	S6 mampu menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks, tetapi masih mengalami kesalahan dalam perhitungan.	S5 tidak dapat memenuhi indikator menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan, Sementara itu, S6 mampu menentukan bayangan objek menggunakan matriks meskipun masih melakukan kesalahan perhitungan.
Menentukan bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan	S5 belum dapat memenuhi indikator menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan. Meskipun mencoba membayangkan perputaran objek, S5 kesulitan memahami perubahan posisi titik dan tidak dapat menjelaskan atau menggambar	S6 belum mampu menentukan bayangan objek setelah dirotasi dengan pengamatan. S6 kesulitan membayangkan perubahan posisi titik.	Kedua subjek tidak dapat memenuhi indikator menentukan bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan

Lanjutan Tabel 4.58 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Rendah

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Rendah		Keterangan
	S5	S6	
Menentukan bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan	pergerakan titik dengan tepat setelah rotasi.		
Menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius	S5 belum mampu menentukan bayangan transformasi meskipun telah menggunakan rumus dilatasi. Meskipun S5 dapat menjelaskan langkah-langkah perhitungan, penerapan rumus belum tepat sehingga orientasi dan hasil bayangan objek tidak sesuai.	S6 belum mampu menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius. S6 menggunakan matriks rotasi namun hasil perhitungan dan visualisasi tidak sesuai dengan aturan rotasi yang benar	Kedua subjek tidak dapat menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius
Menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek berkaitan dengan konsep matriks	S5 mampu merencanakan strategi pemecahan masalah transformasi rotasi menggunakan matriks dan memahami langkah-langkah dasarnya.	S6 mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek berkaitan dengan konsep matriks.	Kedua subjek dapat memenuhi indikator menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek berkaitan dengan konsep matriks
Menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan	S5 tidak dapat menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan karena tidak memberikan jawaban pada soal tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa S5 belum mampu menerapkan rumus dilatasi dan tidak dapat	S6 tidak dapat menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan karena tidak memberikan jawaban pada soal tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa S6 belum mampu menerapkan rumus dilatasi dan tidak	Kedua subjek tidak dapat memenuhi indikator dalam menentukan faktor skala pada suatu dilatasi dan belum mampu memvisualisasikan perubahan posisi serta ukuran objek setelah dilatasi

Lanjutan Tabel 4.58 Hasil Penelitian Subjek Kemampuan Spasial Matematis Rendah

Indikator Kemampuan Spasial	Kategori Kemampuan Spasial Matematis Rendah		Keterangan
	S5	S6	
	memvisualisasikan perubahan posisi maupun ukuran objek setelah dilatasi.	memvisualisasikan perubahan posisi maupun ukuran objek setelah dilatasi.	

Berdasarkan tabel di atas, subjek dengan kemampuan spasial matematis rendah hanya dapat memenuhi satu indikator, yaitu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan konsep matriks. Subjek mampu menunjukkan informasi yang diketahui dan ditanyakan pada soal, serta dapat mengidentifikasi penggunaan konsep matriks dalam penyelesaian. Namun, subjek belum mampu memenuhi indikator lainnya, seperti menentukan bentuk bayangan objek, memanipulasi objek, menyelesaikan komposisi transformasi geometri, menentukan bayangan objek menggunakan matriks, menentukan bayangan rotasi melalui pengamatan, menentukan bayangan transformasi pada koordinat Kartesius, dan menentukan faktor skala untuk sebuah dilatasi. Hal ini menunjukkan bahwa subjek masih memerlukan penguatan dalam pemahaman dan penerapan konsep transformasi geometri secara menyeluruh

BAB V

PEMBAHASAN

A. Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI Berkemampuan Tinggi dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Transformasi Geometri

Berdasarkan hasil penelitian, siswa dengan kemampuan matematika tinggi mampu memahami semua indikator kemampuan spasial matematis falam menyelesaikan soal pada materi transformasi geometri. Dalam menjawab soal yang diberikan terlihat bahwa siswa dengan kemampuan spasial matematis tinggi mampu menggunakan kemampuan spasialnya yang dimilikinya.

1. *Mental Rotation*

Siswa dengan kemampuan tinggi dalam mental rotation mampu mengidentifikasi dan membayangkan bentuk bayangan objek setelah dilakukan rotasi. Hal ini menunjukkan pemahaman yang kuat terhadap konsep spasial, di mana siswa dapat memvisualisasikan objek dalam berbagai orientasi setelah perputaran atau rotasi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hegarty dan Waller (2015) siswa yang memiliki kemampuan tinggi dalam mental rotation dapat dengan mudah membayangkan objek dalam orientasi yang berbeda, bahkan jika objek tersebut diputar dalam dimensi tiga.

Selain itu, siswa yang memiliki kemampuan tinggi dalam mental rotation dapat menerapkan konsep transformasi, seperti rotasi atau translasi yang melibatkan penggunaan matriks untuk menghitung perubahan posisi koordinat titik setelah objek mengalami transformasi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rahmawati dan Suhartono (2019) menyatakan siswa dapat memanfaatkan konsep matriks untuk memanipulasi objek geometris dan memvisualisasikan perubahan posisi objek setelah transformasi dilakukan.

Siswa yang terampil dalam mental rotation juga dapat menyelesaikan masalah yang melibatkan komposisi transformasi, seperti menggabungkan beberapa rotasi atau translasi untuk menghasilkan perubahan bentuk atau posisi objek. Hal ini menunjukkan keterampilan siswa dalam memahami dan memanipulasi objek secara spasial. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sutopo dan Subroto (2017) menjelaskan bahwa dalam pembelajaran geometri, siswa yang terampil dalam mental rotation dapat menggabungkan beberapa transformasi geometris untuk mencapai solusi yang benar. Selain itu dalam penelitiannya, menyoroti bagaimana siswa dengan keterampilan spasial yang tinggi mampu memanipulasi objek dalam ruang, yang pada gilirannya memungkinkan siswa untuk menyelesaikan masalah transformasi yang melibatkan komposisi dari beberapa jenis transformasi spasial.

Pada komponen kemampuan spasial ini, siswa dengan kemampuan tinggi dalam mental rotation mampu menentukan strategi yang efisien dalam menyelesaikan masalah yang melibatkan transformasi objek. Dalam proses penyelesaian soal, siswa yang memiliki kemampuan spasial tinggi dapat dengan tepat memilih dan menerapkan strategi rotasi untuk menentukan posisi bayangan objek setelah rotasi dilakukan. Siswa tersebut tidak hanya mampu mengidentifikasi rumus dan prosedur yang tepat, tetapi juga dapat memilih cara yang paling efektif dan efisien dalam memvisualisasikan dan menghitung perubahan posisi objek. Oleh karena itu, siswa berkemampuan tinggi mampu menunjukkan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana rotasi mempengaruhi objek dalam ruang dan menggunakan konsep spasial secara efektif dalam penyelesaian masalah. Siswa dengan kemampuan spasial tinggi juga mampu menilai kewajaran suatu langkah perhitungan, seperti memilih sudut rotasi yang sesuai, serta memberikan alasan yang logis dan jelas mengenai strategi rotasi yang digunakan, seperti yang dijelaskan oleh Sari dan Setiawan (2017) yang menyatakan bahwa siswa dengan pemahaman spasial yang baik mampu menyelesaikan soal dengan pendekatan yang efisien dan mempertimbangkan kelayakan strategi yang dipilih.

2. *Spatial Orientation*

Pada komponen spatial orientation ini, berdasarkan data yang diperoleh, menunjukkan bahwa siswa dengan kemampuan spasial tinggi mampu menentukan bayangan objek setelah transformasi dengan menggunakan konsep dilatasi pada koordinat kartesius. Siswa tersebut dapat mengidentifikasi dan memahami jenis-jenis transformasi geometris yang ada dalam soal, seperti dilatasi dan rotasi, serta dapat menghitung koordinat bayangan objek dengan langkah-langkah yang tepat. Dalam penyelesaian soal, siswa dengan kemampuan spasial tinggi terlihat sudah memahami dan mengaplikasikan rumus dilatasi secara benar. Selain itu, siswa mampu menggambarkan perubahan objek, baik sebelum maupun setelah dilatasi, dengan cara yang sistematis.

Dengan kemampuan ini, siswa berkemampuan spasial tinggi juga mampu menjelaskan karakteristik hasil yang ditemukan, Hal ini menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami langkah-langkah perhitungan, tetapi juga dapat menghubungkan konsep transformasi geometris dengan pemahaman siswa tentang ruang dan ukuran. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Musdalifah, Nurdin, dan Alimuddin (2019) yang menyatakan bahwa siswa dengan kemampuan spasial tinggi mampu mengidentifikasi dan memahami berbagai jenis transformasi geometris serta memberikan penjelasan yang logis tentang dampak dari transformasi tersebut terhadap objek.

3. *Spatial Visualisation*

Siswa dengan kemampuan spasial tinggi mampu menentukan bayangan objek setelah transformasi menggunakan konsep dilatasi pada koordinat Kartesius. Siswa dapat mengidentifikasi dan memahami berbagai jenis transformasi geometris, seperti dilatasi dan rotasi, serta menghitung koordinat bayangan objek dengan langkah-langkah yang tepat. Selain itu, siswa tersebut dapat menggambarkan perubahan objek, baik sebelum maupun setelah dilatasi, dengan cara yang sistematis. Siswa juga mampu menjelaskan perubahan ukuran objek sesuai dengan faktor skala yang diberikan dan menghubungkan konsep perubahan ukuran objek dengan perhitungan yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami langkah-langkah perhitungan, tetapi juga dapat menghubungkan konsep transformasi geometris dengan pemahaman siswa tentang ruang dan ukuran.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rustanuarsi (2023), yang menyatakan bahwa mahasiswa dengan kemampuan spasial tinggi mampu memahami konsep transformasi geometris dan memberikan penjelasan yang logis tentang dampak transformasi tersebut terhadap objek.

B. Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI Berkemampuan Sedang dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Tranformasi Geometri

Berdasarkan hasil penelitian, siswa dengan kemampuan matematika sedang belum mampu memahami keseluruhan indikator kemampuan spasial dalam menyelesaikan soal pada materi transformasi geometri. Hal ini senada dengan hasil penelitian Asmiwati, Nurhayati, dan Masruroh (2024). Dalam menyelesaikan soal pada soal yang diberikan terlihat bahwa siswa dengan kemampuan spasial sedang belum mampu menggunakan kemampuan spasial matematis yang dimilikinya dengan sempurna hanya mampu memenuhi 6 indikator kemampuan spasial. Berikut penjelasan terkait kemampuan spasial matematis siswa berkemampuan sedang.

1. *Mental Rotation*

Pada komponen yang pertama, terlihat bahwa siswa berkemampuan matematika belum mampu memenuhi indikator yang mencakup menentukan bentuk bayangan objek, memanipulasi objek dengan transformasi yang benar, serta menyelesaikan komposisi transformasi geometri. Siswa masih kesulitan dalam memvisualisasikan perubahan posisi dan bentuk objek setelah transformasi, terutama tanpa bantuan rumus atau prosedur tertulis. Walaupun siswa dapat memahami informasi dasar pada soal, kemampuan untuk mengelola dan memutar objek secara mental belum terlihat. Dalam hal ini, siswa berkemampuan sedang dapat mengidentifikasi langkah-langkah perhitungan yang benar untuk transformasi, namun kesulitan dalam menggambarkan atau memanipulasi objek secara mental (mental rotation) tanpa bergantung pada rumus perhitungan yang diberikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa siswa berkemampuan sedang mampu mengidentifikasi hasil rotasi dengan benar namun belum mampu memanipulasi objek secara spasial dengan baik. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian oleh Ioni (2022) siswa dengan kemampuan matematika tingkat sedang mampu mengidentifikasi dan memperkirakan hasil transformasi geometri. Namun, siswa mungkin belum sepenuhnya mampu memvisualisasikan dan mengelola perubahan bentuk objek melalui rotasi secara mental. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun siswa dapat mengidentifikasi nilai dan ukuran transformasi geometri, proses manipulasi spasial objek secara mental masih perlu ditingkatkan.

2. *Spatial Orientation*

Siswa dengan kemampuan matematika sedang mampu menerapkan konsep dilatasi pada koordinat Kartesius. Meskipun siswa mampu menentukan bayangan koordinat titik hasil dilatasi dengan tepat, ia mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara faktor skala dan perubahan luas objek setelah dilatasi. Ini menunjukkan bahwa siswa memiliki pemahaman spasial yang baik dalam hal posisi dan perubahan koordinat, namun masih kurang dalam hal pemahaman terhadap perubahan ukuran objek yang lebih kompleks.

Pernyataan ini sejalan dengan temuan dalam penelitian oleh Rosadi (2016)**,** yang menyatakan bahwa siswa dengan kemampuan matematika tingkat sedang mampu mengidentifikasi dan memperkirakan hasil transformasi. Namun, siswa belum sepenuhnya mampu mengelola perubahan bentuk objek melalui manipulasi spasial secara mental. Dalam hal ini, siwa dapat menentukan bayangan transformasi dan memvisualisasikan perubahan objek dalam ruang, namun kesulitan dalam menghubungkan perubahan tersebut dengan faktor skala yang lebih besar. Ini menunjukkan bahwa meskipun siswa berkemampuan sedang mampu memahami dan mengidentifikasi nilai transformasi geometris, proses pengolahan perubahan spasial yang lebih mendalam, seperti perubahan luas setelah dilatasi, masih perlu penguatan lebih lanjut.

3. *Spatial Visualisation*

Pada indikator ketiga, siswa berkemampuan matematika sedang tidak mampu menentukan bayangan objek setelah dirotasi berdasarkan pengamatan**.** Meskipun siswa memahami konsep dasar serta langkah-langkah rotasi dengan matriks, siswa belum dapat menggambarkan bayangan objek hasil rotasi atau merencanakan visualisasi perubahan posisi objek dengan jelas. Siswa berkemampuan sedang mampu menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius, siswa menggunakan rumus dilatasi dengan langkah-langkah yang benar dan menghitung koordinat bayangan titik secara sistematis.

Siswa juga dapat memvisualisasikan perubahan posisi objek secara tepat berdasarkan faktor skala yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa berkemampuan sedang memiliki pemahaman operasional yang baik terhadap konsep dilatasi, serta mampu menghubungkan rumus dan visualisasi geometri dalam menyelesaikan soal. Selanjutnya, siswa berkemampuan sedang juga menentukan faktor skala dilatasi dan menghitung bayangan titik secara akurat. Siswa mampu merencanakan strategi penyelesaian masalah secara tepat dan menunjukkan kemampuan visualisasi yang baik dalam menggambarkan perubahan posisi dan ukuran objek setelah dilatasi.

C. Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI Berkemampuan Rendah dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Transformasi Geometri

Berdasarkan hasil penelitian, siswa dengan kemampuan matematika rendah tidak mampu memahami indikator kemampuan dalam menyelesaiakan soal pada materi bilangan bulat kemampuan spasial dalam menyelesaikan masalah pada materi transformasi geometri. Dalam menjawab soal yang diberikan siswa dengan kemampuan rendah terlihat kesulitan dalam menyelesaikan soal tersebut. Berikut penjelasan terkait kemampuan spasial matematis siswa berkemampuan rendah.

1. *Mental Rotation*

Pada komponen pertama, siswa dengan kemampuan matematika rendah tidak mampu menyelesaikan soal-soal transformasi geometri dalam konteks rotasi dan translasi. Hal ini ditunjukkan oleh ketidakmampuan siswa dalam menentukan bayangan suatu objek hasil rotasi, baik secara visual maupun melalui penggunaan rumus matriks transformasi. Siswa dengan kemampuan matematika rendah tidak memahami konsep dasar rotasi dan tidak mampu menggunakan rumus rotasi dengan tepat. Hal ini terlihat dari kesalahan dalam menentukan bayangan titik hasil transformasi yang menyebabkan koordinat yang dihasilkan tidak sesuai.

Siswa juga tidak mampu memanipulasi bentuk dan posisi objek, serta tidak dapat menginterpretasikan perubahan bentuk segitiga setelah rotasi. Ketidakmampuan ini menunjukkan bahwa siswa belum menguasai aspek mental rotation yang menjadi bagian dari keterampilan spasial dalam geometri transformasi. Selanjutnya, siswa dengan kemampuan matematika rendah belum mampu menyelesaikan soal yang melibatkan komposisi transformasi, seperti rotasi yang dilanjutkan dengan translasi. Meskipun siswa telah menuliskan langkah-langkah transformasi secara prosedural, hasil akhirnya tidak akurat. Ini menunjukkan bahwa siswa belum dapat menghubungkan antara rumus, konsep, dan hasil perhitungan secara menyeluruh. Siswa juga belum mampu menentukan bayangan objek melalui matriks transformasi secara utuh. Ketidaktepatan hasil koordinat bayangan menunjukkan bahwa siswa belum memahami dan belum dapat menerapkan konsep dasar transformasi geometri dengan benar. Siswa hanya menyalin atau mengikuti prosedur tanpa memahami secara menyeluruh makna dari setiap langkah yang dilakukan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rosadi (2016), siswa dengan kemampuan matematika rendah juga tidak mampu menemukan pemecahan masalah yang tepat karena lemahnya pemahaman konsep dan prosedur. Dalam konteks ini, ketidakmampuan siswa dalam menentukan bayangan objek hasil rotasi menunjukkan lemahnya pemahaman spasial serta rendahnya kemampuan dalam melakukan mental rotation.

2. *Spatial Orientation*

Pada komponen kedua, siswa dengan kemampuan spasial matematis rendah menunjukkan kemampuan yang sangat terbatas dalam menyelesaikan soal transformasi geometri pada koordinat Kartesius. Siswa hanya mampu memenuhi satu indikator, yaitu menyelesaikan masalah transformasi geometri yang berkaitan dengan konsep matriks secara prosedural. Pada bagian ini, siswa dapat mengikuti langkah-langkah dasar penyelesaian berdasarkan rumus yang telah dipelajari, namun belum memahami makna konseptual dari proses transformasi tersebut. Selanjutnya, siswa tidak mampu memenuhi indikator lain, seperti menentukan faktor skala dilatasi, memahami hubungan antara skala dan perubahan ukuran objek, serta memvisualisasikan perubahan posisi objek setelah transformasi. Siswa belum mampu menghubungkan konsep numerik dengan perubahan spasial, dan cenderung menghafal rumus tanpa memahami alasan matematis di balik proses transformasi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan spasial siswa masih terbatas pada kemampuan prosedural, tanpa didukung pemahaman konseptual dan visualisasi spasial yang memadai.

3. *Spatial Visualisation*

Pada komponen yang ketiga, siswa berkemampuan matematika rendah tidak mampu memahami konsep transformasi geometri, khususnya dalam hal rotasi.

Siswa hanya mampu menjalankan langkah-langkah penyelesaian secara mekanis tanpa memahami perubahan posisi atau bentuk objek yang terjadi akibat transformasi. Hal ini tampak dari cara siswa menyelesaikan soal yang mengharuskan pengamatan terhadap hasil rotasi maupun penerapan konsep rotasi melalui pendekatan matriks. Dalam kategori ini terlihat kesulitan ketika diminta membayangkan bagaimana posisi suatu objek berubah setelah mengalami rotasi. Siswa tidak mampu memperkirakan arah putaran ataupun menentukan posisi bayangan objek secara visual tanpa bantuan perhitungan. Bahkan ketika siswa mencoba menggambar hasil rotasi, bentuk dan posisi objek yang digambarkan tidak sesuai dengan karakteristik rotasi yang seharusnya. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan visual spasial siswa dalam konteks transformasi geometri masih sangat terbatas.

Dalam penyelesaian menggunakan matriks, siswa memang berusaha menerapkan prosedur yang telah diajarkan. Siswa mengikuti langkah-langkah perhitungan, namun hasil akhirnya tidak menggambarkan perubahan posisi yang tepat dari objek yang dirotasi. Dengan kata lain, siswa mampu mengikuti prosedur teknis, tetapi tidak memahami makna geometris dari hasil yang diperoleh. Bahkan setelah proses perhitungan selesai, siswa tetap ragu terhadap jawabannya dan tidak dapat menghubungkannya dengan bentuk atau arah rotasi yang diharapkan.

BAB VI

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan paparan data dan hasil penelitian mengenai kemampuan spasial matematis materi transformasi geometri kelas XI MAN 1 Jombang, peneliti memperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Siswa dengan tingkat kemampuan matematika tinggi menunjukkan kemampuan spasial matematis dalam hal: pada indikator *mental rotation*, siswa mampu menentukan mampu merotasikan objek melalui pikiran sehingga sudah bisa menebak bayangan objek sebelum menghitung. Saat menggunakan rumus atau matriks, langkah yang siswa lakukan runtut dan hasilnya tepat. Pada indikator *spatial orientation,* siswa mampu menghitung bayangan titik hasil dilatasi menggunakan rumus secara tepat. dapat menyusun informasi, menerapkan rumus dengan benar, dan memperoleh hasil tanpa kesalahan. Selain itu, siswa mampu menggambar objek sebelum dan sesudah transformasi untuk mengamati perubahan bentuk dan ukuran, serta memahami bahwa perubahan luas berkaitan dengan kuadrat faktor skala. Tahap *spatial visualisation*, siswa mampu membayangkan rotasi tanpa sepenuhnya bergantung pada rumus, lalu mengonfirmasi dengan perhitungan. Pemahaman faktor skala juga terhubung dengan visualisasi perubahan ukuran objek.
2. Siswa dengan tingkat kemampuan matematika sedang menunjukkan kemampuan spasial matematis yang masih terbatas. Pada aspek *mental rotation*, siswa mampu mengikuti prosedur perhitungan transformasi, namun

belum mampu menentukan bentuk bayangan objek, memanipulasi objek secara mental, dan menyelesaikan komposisi transformasi tanpa bantuan rumus. Pada aspek *spatial visualization*, siswa belum dapat menentukan bayangan objek hasil rotasi melalui pengamatan dan belum mampu menyelesaikan transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks. Pada aspek *spatial orientation*, siswa belum mampu menentukan faktor skala dilatasi serta memvisualisasikan perubahan ukuran dan bentuk objek secara tepat.

3. Siswa dengan kemampuan matematika rendah menunjukkan kemampuan spasial matematis dalam hal: tahap *mental rotation*, Siswa tidak mampu membayangkan secara mental perubahan posisi objek setelah mengalami rotasi, baik melalui pengamatan langsung maupun melalui prosedur perhitungan. *Spatial orientation*, siswa tidak memahami hubungan titik-titik pada bidang koordinat setelah transformasi. Siswa tidak dapat menjelaskan perubahan ukuran bangun (misalnya luas persegi panjang) setelah dilatasi dan tidak memahami keterkaitannya dengan faktor skala. Orientasi spasial siswa terhadap posisi objek di bidang kartesius masih bersifat mekanis, hanya mencoba mengikuti rumus tanpa pemahaman. *Spatial visualisation*, siswa mengalami kesulitan dalam membayangkan perubahan bentuk dan posisi objek sebagai hasil dari transformasi geometri. Siswa tidak dapat menggunakan representasi visual internal untuk memahami transformasi secara menyeluruh.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah dipaparkan, peneliti memberikan saran yang akan disampaikan:

1. Bagi guru dan sekolah, peneliti berharap untuk lebih berupaya dalam meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri. Guru diharapkan dapat menekankan pemahaman konsep dasar transformasi secara visual, tidak hanya melalui prosedur perhitungan, serta melakukan tindak lanjut terhadap kesalahan representasi spasial yang dilakukan oleh siswa agar tidak terulang kembali. Sekolah juga diharapkan dapat menyediakan media pembelajaran visual yang menunjang, serta pelatihan guru terkait strategi pembelajaran spasial.
2. Bagi peneliti selanjutnya, peneliti berharap agar dapat mengembangkan penelitian dengan memberikan *scaffolding* yang relevan sesuai dengan kesulitan spasial yang dialami subjek, seperti dalam membayangkan rotasi, memahami hubungan antar titik, maupun memvisualisasikan hasil transformasi. Selain itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi pendekatan pembelajaran yang secara khusus menargetkan penguatan pada indikator mental rotation, spatial orientation, dan spatial visualisation.

DAFTAR RUJUKAN

Aini, Nurul, & Eny Suryowati (2022). Mengeksplor penalaran spasial siswa dalam menyelesaikan soal geometri berdasarkan gender. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika, 11*(1), 61−72.

Alimuddin, H. & Hidayati, A. (2021). Pengaruh pembelajaran berbasis teknologi terhadap kemampuan spasial siswa dalam menyelesaikan soal geometri. *Jurnal Pendidikan Matematika, 16*(2), 115–127.

Alimuddin, H., & Trisnowali, A (2018). Profil kemampuan spasial dalam menyelesaikan masalah geometri siswa yang memiliki kecerdasan logis. *HISTOGRAM: Jurnal Pendidikan Matematika, 2*(2).

Anjarsari & Elly, (2019). Mengembangkan kemampuan spasial siswa melalui pendekatan saintifik dalam pembelajaran matematika. *Reforma: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 7*(2), 55−61.

Asri, N. W & Alpha, G. A (2019). Analisis kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan masalah matematika. *Prosiding Seminar Nalsionall Matematika dan Pendidikan Matematika Sesiomadika,* hlm. 504−513.

Asmiwati, A., Nurhayati, N., & Masruroh, R. (2024). Analisis kemampuan spasial siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri ditinjau dari kemampuan matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, *12*(1), 55–68.

Aziz, Musdalifah, dkk. (2015). Profil kemampuan spasial dalam menyelesaikan masalah geometri siswa yang memiliki kecerdasan logis matematis tinggi ditinjau dari perbedaan gender. *Daya Matematis: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika, 3*(1), 78−87.

Azuztian, H., Fiantika, F. R., & Handayani, A. D. (2017). Jurnal kemampuan spasial siswa SMP kelas VIII ditinjau dari kemampuan matematika siswa di SMPN 1 Semen. *Simki Techsain, 1*(5), 1−11.

Delina, Sani, & Siti Khayroiyalh. (2021). Analisis kemampuan spasial visualisation siswa pada materi geometri transformasi menggunakan aplikasi zoom. *MAJU: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, 8*(2), 389−398.

Evidiasari, S., Subanji, S., & Irawati, S. (2019). Students spatial reasoning in solving geometrical transformation problems. *IJOLAE: Indonesian Journal on*

Learning and Advanced Education, 1(2), 38−51.

Fikri, H., (2020). Kemampuan spasial matematis siswa ditinjau dari minat belajar melalui model team assisted individualization berbantuan geogebra. *Jurnal Pendidikan Matematika, 14(2)*, 115-126.

Ghufron, N. M., & Rini, R. S. (2017). Teori-teori psikologi. *Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.*

Harahap, R., Surya, E., & Syahputra, E. (2018). Perbedaan kemampuan spasial dan motivasi belajar siswa pada pembelajaran kontekstual dan penemuan terbimbing berorientasi budaya mandaling. *Paradikma Jurnal Pendidikan Matematika, 11*(1), 1–7.

Hegarty, M., & Waller, D. (2015). Individual differences in spatial abilities. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 121–169). Cambridge University Press.

Intan, N. A., (2022). Analisis kemampuan spasial peserta didik dalam menyelesaikan soal matematika dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) materi dimensi tiga kelas XII IPA 2 SMAN Pakusari Kabupaten Jember.

Isro'il, A., & Supriyanto. Berpikir dan kemampuan matematika. (Jombang: JDS Media, 2020), 120.

Krutetskii, V. A. The psychology of mathematical abilities in school children. (Chicago: University of Chicago Press, 1976), 417.

Lestari dan Yudhanegara. Penelitian pendidikan matematika. (Bandung: PT. Refika Aditama, 2015), 348.

Lowrie, T., Logan, T., Harris, D., Hergarty, M. (2018). The Impact of an intervention program on students' spatial reasoning: Student Engagement through mathematics enhanced learning activities. *Cognitive Research : Principles and Implications. 3*(50), 1-10.

Mulyadi, Riyadi, & Subanti, S. (2015). Analisis kesalahan dalam menyelesaikan soal cerita pada materi luas permukaan bangun ruang berdasarkan Newman's Error Analysis (NEA) ditinjau dari kemampuan spasial. *Jurnal Elektronik Pembelajaran Matematika, 3*(4), 370–382.

Murdani, Rahmah, Turmudi. (2013). Pengembangan perangkat pembelajaran matematika dengan pendekatan realistik untuk meningkatkan penalaran geometri spasial siswa di SMP Negeri Arun Lhokseumawe. *Jurnal Peluang, 1*(2), 22-39.

Musdalifah, Nurdin, M., & Alimuddin, A. (2019). Analisis kemampuan spasial dalam menyelesaikan soal transformasi geometri pada siswa kelas XI. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, *10*(1), 55–64.

Moleong, Lexy J. Metodologi penelitian kualitatif (Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2017), 410.

Paradesa, R. (2016). Pengembangan bahan ajar geometri transformasi. *Jurnal Pendidikan Matematika, 2*(1), 56-84.

Purborini, S. D., & Hastari, R. C. (2019). Analisis kemampuan spasial pada bangun ruang sisi datar ditinjau dari perbedaan gender. *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 5*(1), 49–58.

Piaget, J., Inhelder, B.(1967). T*he child's conception of space.* New York, NY: Norton.

Posamentier, A. S., Krulik, S. Problem solving srategies for efficient and elegant solution.

Rahmawati, I., & Suhartono, S. (2019). Kemampuan spasial siswa dalam menyelesaikan masalah transformasi geometri menggunakan matriks. *Jurnal Pendidikan Matematika, 7*(2), 143–153.

Ristontowi. (2013). Kemampuan spasial siswa melalui pendekatan pendidikan matematika realistik indonesia dengan media geogebra. Prosiding.

Rofiki, I. (2012). Profil pemecahan masalah geometri siswa kelas akselerasi SMP ditinjau dari tingkat kemampuan matematika. Universitas Negeri Surabaya.

Rosadi, D. (2016). Analisis kemampuan spasial siswa dalam memahami transformasi geometri. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *5*(1), 88–97.

Rustanuarsi, R. (2023). Kemampuan visualisasi spasial mahasiswa dalam memahami transformasi geometri. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 11*(1), 21–30.

Sari, R. H. N. (2015). Literasi matematika: apa, mengapa, dan bagaimana?. *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNY, 8*, 713-720.

Sari, N. P., & Surya, A. R. (2020). Pengaruh pembelajaran geometri menggunakan pendekatan visualisasi terhadap kemampuan spasial siswa. *Jurnal Edukasi Matematika, 10*(1), 33–45.

Satriawati, G., Sobiruddin, D., Priatna, B. A., & Martadiputra, T. S. (2025). Mapping the mind: Exploring students' visual-spatial thinking in transformation geometry. *Journal of General Education and Humanities, 4*(2), 535–548.

Sutopo, S., & Subroto, B. (2017). Kemampuan rotasi mental siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, *3*(1), 52–64.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Pra-Penelitian MAN 1 Jombang

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
JalanGajayana 50, Telepon (0341) 552398 Faximile (0341) 552398 Malang
http:// fitk.uin-malang.ac.id. email : fitk@uin_malang.ac.id

Nomor	: 3002/Un.03.1/TL.00.1/09/2024	19 September 2024
Sifat	: Penting	
Lampiran	: -	
Hal	: **Izin Survey**	

Kepada

Yth. Kepala MAN 1 Jombang
di
Jombang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat, dalam rangka penyusunan proposal Skripsi pada Jurusan Tadris Matematika (TM) Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan (FITK) Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, kami mohon dengan hormat agar mahasiswa berikut:

Nama	: Zafira Al Adila
NIM	: 200108110050
Tahun Akademik	: Ganjil - 2024/2025
Judul Proposal	: **Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika**

Diberi izin untuk melakukan survey/studi pendahuluan di lembaga/instansi yang menjadi wewenang Bapak/Ibu

Demikian, atas perkenan dan kerjasama Bapak/Ibu yang baik disampaikan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

an. Dekan,
Wakil Dekan Bidang Akaddemik

Dr. Muhammad Walid, MA
NIP. 19730823 200003 1 002

Tembusan :

1. Ketua Program Studi TM
2. Arsip

Lampiran 2 Surat Izin Penelitian di MAN 1 Jombang

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
JalanGajayana 50, Telepon (0341) 552398 Faximile (0341) 552398 Malang
http:// fitk.uin-malang.ac.id. email : fitk@uin_malang.ac.id

Nomor	: 3027/Un.03.1/TL.00.1/09/2024	20 September 2024
Sifat	: Penting	
Lampiran	: -	
Hal	: **Izin Penelitian**	

Kepada

Yth. Kepala MAN 1 Jombang
di
Jombang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat, dalam rangka menyelesaikan tugas akhir berupa penyusunan skripsi mahasiswa Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan (FITK) Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, kami mohon dengan hormat agar mahasiswa berikut:

Nama	:	Zafira Al Adila
NIM	:	200108110050
Jurusan	:	Tadris Matematika (TM)
Semester - Tahun Akademik	:	Ganjil - 2024/2025
Judul Skripsi	:	**Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika**
Lama Penelitian	:	**September 2024** sampai dengan **November 2024** (3 bulan)

diberi izin untuk melakukan penelitian di lembaga/instansi yang menjadi wewenang Bapak/Ibu.

Demikian, atas perkenan dan kerjasama Bapak/Ibu yang baik di sampaikan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

An Dekan,
Wakil Dekan Bidang Akaddemik

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
MALANG

Dr. Muhammad Walid, MA
NIP. 19730823 200003 1 002

Tembusan :

1. Yth. Ketua Program Studi TM
2. Arsip

Lampiran 3 Surat Izin Validasi 1

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jalan Gajayana 50, Telepon (0341) 552398 Faximile (0341) 552398 Malang
http:// fitk.uin-malang.ac.id. email : fitk@uin_malang.ac.id

Nomor	: B-2310/Un.03/FITK/PP.00.9/08/2024	15 Agustus 2024
Lampiran	: -	
Perihal	: Permohonan Menjadi Validator (Ahli Instrumen)	

Kepada Yth.
Dimas Femy Sasongko, M.Pd
di –
Tempat

Assalamualaikum Wr. Wb.

Sehubungan dengan proses penyusunan skripsi mahasiswa berikut:

Nama	:	Zafira Al Adila
NIM	:	200108110050
Program Studi	:	Tadris Matematika (TM)
Judul Skripsi	:	Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI Dalam Menyelesaikan Masalah Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika
Dosen Pembimbing	:	Siti Faridah, M.Pd

maka dimohon Bapak/Ibu berkenan menjadi validator penelitian tersebut. Adapun segala hal berkaitan dengan apresiasi terhadap kegiatan validasi sebagaimana dimaksud sepenuhnya menjadi tanggung jawab mahasiswa bersangkutan.

Demikian Permohonan ini disampaikan, atas perkenan dan kerjasamanya yang baik disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

a.n Dekan
Wakil Dekan Bid. Akademik

Muhammad Walid, M.A
NIP. 197308232000031002

Lampiran 4 Surat Izin Validasi 2

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jalan Gajayana 50, Telepon (0341) 552398 Faximile (0341) 552398 Malang
http:// fitk.uin-malang.ac.id. email : fitk@uin_malang.ac.id

Nomor	: B-2916/Un.03/FITK/PP.00.9/10/2024	15 Oktober 2024
Lampiran	: -	
Perihal	: Permohonan Menjadi Validatorr (Ahli Instrumen)	

Kepada Yth.
Erviningsih Setyorini, S.Pd, M.Pd
di –
Tempat

Assalamualaikum Wr. Wb.

Sehubungan dengan proses penyusunan skripsi mahasiswa berikut:

Nama	:	Zafira Al Adila
NIM	:	200108110050
Program Studi	:	Tadris Matematika (TM)
Judul Skripsi	:	Kemampuan Spasial Matematis Siawa Kelas XI Dalam Menyelesaikan Masalah Transfirmasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika
Dosen Pembimbing	:	Siti Faridah, M.Pd

maka dimohon Bapak/Ibu berkenan menjadi validator penelitian tersebut. Adapun segala hal berkaitan dengan apresiasi terhadap kegiatan validasi sebagaimana dimaksud sepenuhnya menjadi tanggung jawab mahasiswa bersangkutan.

Demikian Permohonan ini disampaikan, atas perkenan dan kerjasamanya yang baik disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

a.n Dekan
Wakil Dekan Bid. Akademik

Muhammad Walid, M.A
NIP. [illegible]32000031002

Lampiran 5 Lembar Validasi Instrumen

LEMBAR VALIDASI TES SOAL KEMAMPUAN SPASIAL MATEMATIS

A. PENGANTAR

Lembar validasi ini digunakan untuk mengetahui apakah instrumen tes soal kemampuan spasial matematis materi transformasi geometri telah valid dan layak dipergunakan.

B. PETUNJUK

Bapak/ibu dimohon memberikan penilaian dan saran dengan cara sebagai berikut:

1. Memberikan tanda (√) pada kolom apabila indikator terpenuhi dengan skala penilaian sebagai berikut:
   1 = Sangat kurang
   2 = Kurang
   3 = Cukup
   4 = Baik
   5 = Sangat baik
2. Memberikan saran pada kolom yang telah disediakan.

Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dan saran, saya ucapkan terimakasih.

C. PENILAIAN

Nama Validator : Dimas Femy Sasongko, M.Pd

Instansi : UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Tanggal Validasi :

No.	INDIKATOR PENILAIAN	SKALA PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
	SEGI ISI					
1.	Kesesuaian soal dengan indikator kemampuan spasial matematis.				✓	
2.	Materi yang ditanyakan sesuai dengan kompetensi yang diukur.					✓
3.	Petunjuk pengerjaan soal tertera jelas.					✓
4.	Pertanyaan soal dapat dipahami oleh siswa.					✓

BAHASA DAN PENULISAN SOAL						
1.	Bahasa yang digunakan pada soal sesuai dengan kaidah penulisan					✓
2.	Kalimat pertanyaan tidak mengandung penafsiran ganda					✓
3.	Kalimat yang digunakan sederhana dan dapat dimengerti oleh siswa					✓

D. KOMENTAR UMUM DAN SARAN

Pertimbangkan untuk melihat kesesuaian jumlah indikator soal dengan butir soal yang dibuat.

Soal No. 1. Σ indikator soal = 5 $\neq$ 2 = Σ butir soal

Soal No. 2 Σ indikator soal = 4 $\neq$ 3 = Σ butir soal No. 2

E. KESIMPULAN

Secara umum instrumen tes soal kemampuan spasial matematis dinyatakan (Lingkari salah satu):

1. Valid dan layak digunakan tanpa revisi
2. Valid dan layak digunakan dengan revisi
3. Tidak valid dan tidak layak digunakan

Malang, 27 September 2024
Validator/Penilai

Dimas Femy Sasongko, M.Pd.
NIP. 19900410 20180201 1 136

LEMBAR VALIDASI TES SOAL KEMAMPUAN SPASIAL MATEMATIS

A. PENGANTAR

Lembar validasi ini digunakan untuk mengetahui apakah instrumen tes soal kemampuan spasial matematis materi transformasi geometri telah valid dan layak dipergunakan.

B. PETUNJUK

Bapak/ibu dimohon memberikan penilaian dan saran dengan cara sebagai berikut:

1. Memberikan tanda (√) pada kolom apabila indikator terpenuhi dengan skala penilaian sebagai berikut:

   1 = Sangat kurang
   2 = Kurang
   3 = Cukup
   4 = Baik
   5 = Sangat baik

2. Memberikan saran pada kolom yang telah disediakan.

Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dan saran, saya ucapkan terimakasih.

C. PENILAIAN

Nama Validator : Erviningsih Setyorini, S.Pd, M.Pd
Instansi : MAN 1 Jombang
Tanggal Validasi :

No.	INDIKATOR PENILAIAN	SKALA PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
	SEGI ISI					
1.	Kesesuaian soal dengan indikator kemampuan spasial matematis.				√	
2.	Materi yang ditanyakan sesuai dengan kompetensi yang diukur.				√	
3.	Petunjuk pengerjaan soal tertera jelas.					√
4.	Pertanyaan soal dapat dipahami oleh siswa.				√	
	BAHASA DAN PENULISAN SOAL					
1.	Bahasa yang digunakan pada soal sesuai dengan kaidah penulisan				√	

2.	Kalimat pertanyaan tidak mengandung penafsiran ganda				✓	
3.	Kalimat yang digunakan sederhana dan dapat dimengerti oleh siswa				✓	

D. KOMENTAR UMUM DAN SARAN

soal tes sudah memenuhi kaidah pembuatan soal.

E. KESIMPULAN

Secara umum instrumen tes soal kemampuan spasial matematis dinyatakan (Lingkari salah satu):

1. Valid dan layak digunakan tanpa revisi
2. Valid dan layak digunakan dengan revisi
3. Tidak valid dan tidak layak digunakan

Malang, Oktober 2024
Validator/Penilai

Erviningsih Setyorini, S.Pd, M.Pd
NIP. 19761225 22005012 0 003

LEMBAR VALIDASI

PEDOMAN WAWANCARA

A. PENGANTAR

Lembar validasi ini digunakan untuk mengetahui apakah instrumen wawancara telah valid dan layak dipergunakan.

B. PETUNJUK

Bapak/ibu dimohon memberikan penilaian dan saran dengan cara sebagai berikut:

1. Memberikan tanda (√) pada kolom apabila indikator terpenuhi dengan skala penilaian sebagai berikut:

   1 = Sangat kurang

   2 = Kurang

   3 = Cukup

   4 = Baik

   5 = Sangat baik

2. Memberikan saran pada kolom yang telah disediakan.

Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dan saran, saya ucapkan terimakasih.

C. PENILAIAN

Nama Validator : Dimas Femy Sasongko, M.Pd

Instansi : UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Tanggal Validasi :

No.	INDIKATOR PENILAIAN	SKALA PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
	SEGI ISI					
1.	Pedoman wawancara dapat mengetahui kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri					√
2.	Pedoman wawancara sudah sesuai dengan indikator.				√	
	SEGI BAHASA					

1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar.					✓
2.	Menggunakan bahasa yang mudah dipahami oleh siswa.					✓
3.	Menggunakan bahasa yang komunikatif.					✓
4.	Bahasa yang digunakan tidak bersifat menimbulkan makna ganda atau ambigu.					✓

D. KOMENTAR UMUM DAN SARAN

Pertanyaan sebaiknya mengacu pd. indikator soal daripada indikator ketercapaian KD.

E. KESIMPULAN

Secara umum instrumen tes soal kemampuan spasial matematis dinyatakan (Lingkari salah satu):

1. Valid dan layak digunakan tanpa revisi.
2. Valid dan layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak valid dan tidak layak digunakan.

Malang, 27 September 2024
Validator/Penilai

Dimas Femy Sasongko, M.Pd.
NIP. 19900410 20180201 1 136

LEMBAR VALIDASI

PEDOMAN WAWANCARA

A. PENGANTAR

Lembar validasi ini digunakan untuk mengetahui apakah instrumen wawancara telah valid dan layak dipergunakan.

B. PETUNJUK

Bapak/ibu dimohon memberikan penilaian dan saran dengan cara sebagai berikut:

1. Memberikan tanda (√) pada kolom apabila indikator terpenuhi dengan skala penilaian sebagai berikut:

   1 = Sangat kurang
   2 = Kurang
   3 = Cukup
   4 = Baik
   5 = Sangat baik

2. Memberikan saran pada kolom yang telah disediakan.

Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian dan saran, saya ucapkan terimakasih.

C. PENILAIAN

Nama Validator : Erviningsih Setyorini, S.Pd, M.Pd

Instansi : MAN 1 Jombang

Tanggal Validasi :

No.	INDIKATOR PENILAIAN	SKALA PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
	SEGI ISI					
1.	Pedoman wawancara dapat mengetahui kemampuan spasial matematis siswa dalam menyelesaikan soal transformasi geometri				✓	
2.	Pedoman wawancara sudah sesuai dengan indikator.				✓	
	SEGI BAHASA					
1.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar.					✓
2.	Menggunakan bahasa yang mudah dipahami oleh siswa.				✓	

3.	Menggunakan bahasa yang komunikatif.				✓	
4.	Bahasa yang digunakan tidak bersifat menimbulkan makna ganda atau ambigu.				✓	

D. KOMENTAR UMUM DAN SARAN

Instrumen wawancara valid dan layak digunakan.

E. KESIMPULAN

Secara umum instrumen ~~tes soal kemampuan spasial matematis~~ pedoman wawancara dinyatakan (Lingkari salah satu):

1. Valid dan layak digunakan tanpa revisi.
2. Valid dan layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak valid dan tidak layak digunakan.

Malang, Oktober 2024
Validator/Penilai

Ervinigsih Setyorini, S.Pd, M.Pd
NIP. 19761225 22005012 0 03

Lampiran 6 Instrumen Penelitian

INSTRUMEN SOAL TES KEMAMPUAN SPASIAL MATERI TRANSFORMASI GEOMETRI

Nama :

Kelas :

No. Absen :

Petunjuk pengerjaan soal :

1. Awali pengerjaan dengan berdoa!
2. Tulislah nama dan kelas pada lembar jawaban!
3. Cermati dan selesaikan soal dengan menuliskan langkah-langkah pengerjaan!
4. Jika terdapat kesalahan, tidak perlu menghapusnya, tetapi sebaiknya dicoret dan diberi keterangan perbaikan.

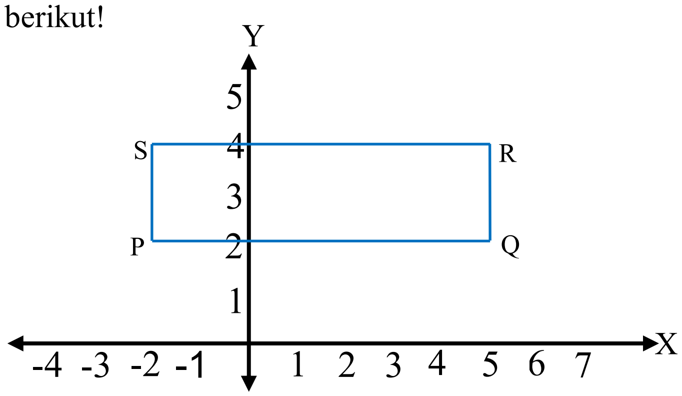
Soal

1. Arna sedang menggambar sebuah peta untuk mengerjakan tugas sekolahnya. Pada peta tersebut, Arna menggambarkan tiga titik lokasi yang berbentuk segitiga, yaitu titik A$(2,3)$, B$(4,5)$, dan C$(3,1)$. Arna ingin mencoba membuat peta tersebut lebih menarik dengan melakukan beberapa perubahan pada posisi titik-titik tersebut. Pertama, Arna memutar segitiga tersebut searah dengan jarum jam sebesar 90° dengan titik pusat $(0,0)$. Setelah itu, Arna menggeser seluruh segitiga berdasarkan sebuah vaktor pergeseran, yaitu vektor $v = \binom{2}{-1}$.

Pertanyaan:

a. Dapatkah kamu membantu Arna menentukan koordinat titik baru dari segitiga ABC setelah diputar 90° searah jarum jam?
b. Jika Arna melakukan kedua perubahan tersebut secara langsung (gabungan dari rotasi dan translasi), bagaimana bentuk bayangan pada titik A', B', dan C'?

2. Perhatikan gambar berikut!



Di sebuah taman kota, terdapat lahan yang berbentuk persegi panjang dengan titik-titik sudut PQRS yang terletak di koordinat kartesius. Pengelola taman berencana untuk memperbesar lahan tersebut menggunakan faktor skala $= 3$ terhadap titik pusat $P[1, 2]$. Setelah lahan diperbesar, taman akan memiliki bentuk persegi panjang baru.

a. Berdasarkan informasi tersebut tentukan koordinat titik $\mathrm{P}', \mathrm{Q}', \mathrm{R}',$ dan S'!
b. Buatlah sketsa persegi panjang PQRS beserta hasil dilatasinya pada bidang koordinat kartesius!
c. Hitunglah luas lahan taman sebelum dan setelah diperbesar dengan faktor skala!

INSTRUMEN PEDOMAN WAWANCARA

Tujuan dilakukannya wawancara ini adalah sebagai berikut:

1. Memverifikasi hasil pengerjaan tes transformasi geometri oleh peserta.
2. Mendapatkan pemahaman lebih mendalam dari peserta mengenai kemampuan spasial matematis dalam menyelesaikan masalah transformasi geometri.
3. Melengkapi data tertulis tanpa mengubah jawaban peserta menjadi benar.

Metode wawancara yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara semi-terstruktur dengan beberapa ketentuan:

1. Pertanyaan wawancara disesuaikan dengan kemampuan individu peserta.
2. Meskipun pertanyaan yang diajukan dapat bervariasi, intinya adalah untuk mengungkap kemampuan spasial matematis peserta.
3. Jika peserta mengalami kesulitan dengan pertanyaan tertentu, pertanyaan yang lebih sederhana dapat diberikan tanpa mengubah tujuan wawancara.

Langkah-langkah pelaksanaan wawancara sebagai berikut:

1. Peserta diberikan lembar tes transformasi geometri untuk menilai kemampuan spasial.
2. Peserta diminta untuk menyelesaikan tes sesuai dengan kemampuannya.
3. Setelah menyelesaikan tes, peserta diajak untuk menjelaskan cara penyelesaiannya.
4. Jika terdapat jawaban wawancara yang tidak jelas, peneliti akan melakukan klarifikasi dengan peserta.

Berikut pertanyaan-pertanyaan yang digunakan saat wawancara:

No	Komponen Kemampuan Spasial	Indikator Soal Kemampuan Spasial	Indikator	Pertanyaan
1	*Mental Rotation* (Rotasi Pikiran)	Kemampuan siswa dalam memutar objek secara vertika dan horizontal dengan benar tanpa menggambar.	a. Siswa mampu menentukan bentuk bayangan dari suatu objek. b. Siswa mampu memanipulasi objek dengan transformasi yang benar. c. Siswa mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menentukan koordinat titik atau fungsi setelah di transformasikan. d. Siswa mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi. e. Siswa mampu untuk menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks.	1.Bagaimana bentuk bayangan yang dihasikan pada soal tersebut? 2.Bagaimana bentuk dan posisinya jika objek tersebut diputar? 3.Bagaimana cara kamu untuk menentukan koordinat baru pada titik objek setelah rotasi? 4.Bagaimana posisi akhir objek tersebut? Coba jelaskan langkah-langkah penyelesaianya!
2	*Spatial Orientation*	Kemampuan siswa dalam	a. Siswa mampu menentukan	1.Bagaimana cara kamu dapat

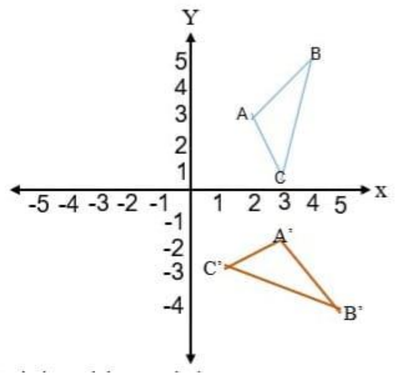
	(Orientasi Keruangan)	membayangkan efek orientasi dari transformasi yang diberikan dilambangkan dengan siswa yang dapat menentukan posisi dengan benar.	bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan. b. Siswa mampu menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius. c. Siswa mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek berkaitan dengan konsep matriks. d. Siswa mampu menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan.	memastikan bahwa bayangan tersebut sesuai dengan hasil transformasi? 2.Bagaimana kamu menghitung koordinat titik bayangan bangun datar tersebut? 3.Coba kamu jelaskan bagaimana langkah-langkah menghitungnya? 4.Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah di dilatasikan? Bagaimana perubahan tersebut dapat berhubungan dengan faktor skalanya?
3	*Spatial Visualisation* (Visualisasi Keruangan)	Kemampuan siswa dalam menentukan koordinat bayangan hasil transformasi geometri pada koordinat kartesius, dilambangkan		1. Apakah kamu merasa lebih mudah memvisualisasikan rotasi dalam pikiran atau perlu menggambar terlebih dahulu? Coba jelaskan! 2. Apakah kamu mengalami

		dengan siswa yang mampu mengubah objek baik sebelum atau sesudah ditranformasikan		kesulitan saat menentukan koordinat bayangan setelah di transformasikan? Jika iya, bagian mana yang paling sulit? 3. Coba jelaskan bagaimana konsep matriks dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah transformasi geometri? 4. Apakah kamu mengalami kesulitan dalam menentukan faktor skala? Jika iya, bagian mana yang paling sulit?

Lampiran 7 Kisi−kisi Soal dan Kunci Jawaban

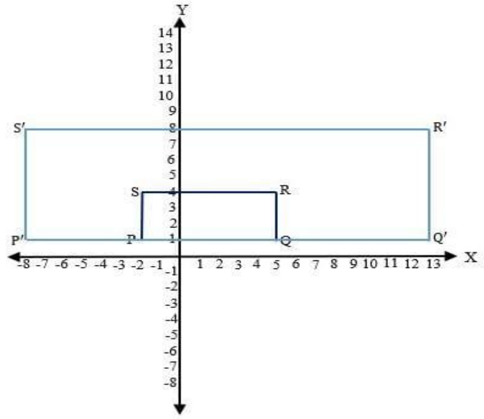
KISI-KISI PENULISAN INSTRUMEN TES KEMAMPUAN SPASIAL

Satuan Pendidikan : MAN 1 Jombang
Kelas/Mata Pelajaran : XI/Matematika
Tahun Ajar : 2024/2025

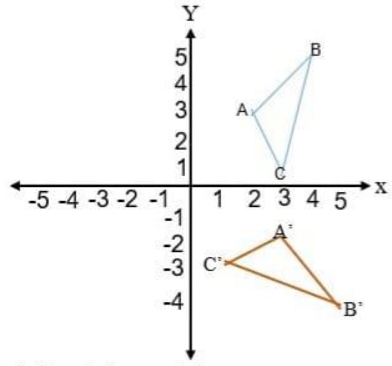
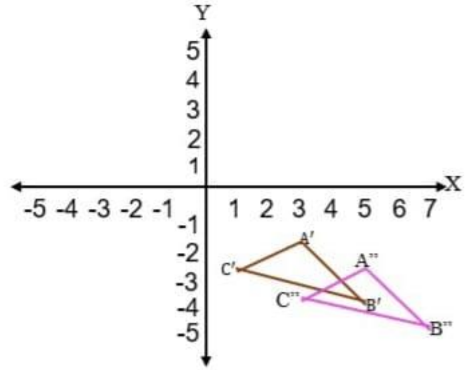
Komponen Kemampuan Spasial	Indikator	Soal	Kunci Jawaban	Bentuk Soal
Mental Rotation (Rotasi Pikiran)	a. Siswa mampu menentukan bentuk bayangan dari suatu objek b. Siswa mampu memanipulasi objek dengan transformasi yang benar	Dapatkah kamu membantu Arna menentukan koordinat titik baru dari segitiga ABC setelah diputar 90° searah jarum jam?		uraian
	c. Siswa mampu menggunakan konsep transformasi yang berkaitan dengan konsep matriks dalam menenemukan	berdasarkan sebuah vaktor pergeseran, yaitu vektor $v = \binom{2}{-1}$.	Koordinat titik $A'(3,-2)$, $\binom{3}{-2} + \binom{2}{-1} = \binom{5}{-3}$ $A" = \binom{5}{-3}$ Koordinat titik $B'(5,-4)$, $\binom{5}{-4} + \binom{2}{-1} = \binom{7}{-5}$ $B" = \binom{7}{-5}$ Koordinat titik $C'(1,-3)$, $\binom{1}{-3} + \binom{2}{-1} = \binom{3}{-4}$	uraian

	koordinat titik atau fungsi setelah di transformasikan		C" $= \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$	
	d. Siswa mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek yang berkaitan dengan komposisi transformasi	Jika Arna melakukan kedua perubahan tersebut secara langsung (gabungan dari rotasi dan translasi), bagaimana bentuk bayangan pada titik A″, B″, dan C″?	Diketahui titik awal $\mathrm{A}(2,3), \mathrm{B}(4,5)$ dan $\mathrm{C}(3,1)$ Transformasi yang dilakukan berurutan: 1. Rotasi 90° searah jarum jam terhadap pusat (0,0). Untuk rotasi 90° searah jarum jam, aturan koordinat: $$A(x,y) \xrightarrow{R(0,90°)} A'(y,-x)$$ Untuk $\mathrm{A}(2,3) \rightarrow A' = (y,-x) = (3,-2)$ Untuk $\mathrm{B}(4,5) \rightarrow B' = (y,-x) = (5,-4)$ Untuk $\mathrm{C}(3,1) \rightarrow C' = (y,-x) = (1,-3)$ 2. Translasi dengan vektor $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$. Jika titik hasil rotasi adalah (x', y'), setelah translasi menjadi $(x'', \mathrm{y''}) = (x'+2, y'-1)$ $A'' = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$ $B'' = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \\ -5 \end{pmatrix}$ $C'' = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$	uraian
	e. Siswa mampu untuk menentukan bayangan suatu objek menggunakan matriks	a. Dapatkah kamu membantu Arna menentukan koordinat titik baru dari segitiga ABC	a. Rotasi 90° searah dengan jarum jam terhadap titik pusat $(0,0)$. Karena sudutnya searah dengan jarum jam maka nilai sudutnya yaitu positif. $$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$	uraian

		setelah diputar 90° searah jarum jam? b. Jika Arna melakukan kedua perubahan tersebut secara langsung (gabungan dari rotasi dan translasi), bagaimana bentuk bayangan pada titik A', B', dan C'?	Koordinat titik $A(2,3)$ $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-90°) - \sin(-90°) \\ \sin(-90°) \quad \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0+3 \\ -2+0 \end{pmatrix}$ Maka $A' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}$ Koordinat titik $B(4,5)$ $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-90°) - \sin(-90°) \\ \sin(-90°) \quad \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$ Maka $B' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$ Koordinat titik $C(3,1)$ $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-90°) - \sin(-90°) \\ \sin(-90°) \quad \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$ Maka $C' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix}$	

Spatial Orientation (Orientasi Keruangan)	a. Siswa mampu menentukan bayangan objek hasil transformasi pada koordinat kartesius	Buatlah sketsa persegi panjang PQRS beserta hasil dilatasinya pada bidang koordinat kartesius!	 Bentuk persegi panjang tetap sama, namun ukurannya membesar tiga kali lipat dari ukuran semula karena semua jarak dari titik pusat diperbesar dengan faktor skala yang sama. Dengan demikian, luas persegi panjang juga ikut membesar, tepatnya menjadi sembilan kali lipat dari luas awal. Jadi, dilatasi mengubah persegi panjang taman kota dari ukuran kecil menjadi lebih luas dengan bentuk yang sama, hanya berbeda pada besar dan letaknya di bidang koordinat.	uraian
	b. Siswa mampu menentukan faktor skala untuk suatu dilatasi yang diberikan	Hitunglah luas lahan taman sebelum dan setelah diperbesar dengan faktor skala!	Luas persegi panjang sebelum dan setelah di dilatasikan. • Luas persegi panjang sebelum di dilatasi $L = p \times l$ $= 7 \times 2$ $= 14$ satuan luas	uraian

			• Luas persegi panjang setelah di dilatasi $L = p \times l$ $= 21 \times 7$ $= 147$ satuan luas Jadi, ukurannya membesar tiga kali lipat dari ukuran semula karena semua jarak dari titik pusat diperbesar dengan faktor skala yang sama.	
Spatial Visualisation (Visualisasi Keruangan)	c. Siswa mampu menentukan bayangan objek setelah di rotasi dengan pengamatan	Pertama, Arna memutar segitiga tersebut searah dengan jarum jam sebesar 90° dengan titik pusat $(0, 0)$. Setelah itu, Arna menggeser seluruh segitiga berdasarkan sebuah vaktor pergeseran, yaitu vektor $v = \binom{2}{-1}$.	Sebelum dimanipulasi, segitiga dengan titik A(2,3), B(4,5), dan C(3,1) berada pada kuadran I, yaitu seluruh titiknya memiliki nilai koordinat positif sehingga letaknya berada di atas dan di sebelah kanan titik pusat (0,0). Setelah dilakukan rotasi sebesar 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0), segitiga berpindah ke kuadran IV dengan titik A'(3,–2), B'(5,–4), dan C'(1,–3). Dengan demikian, posisi segitiga berubah menjadi berada di bawah sumbu-x, namun tetap di sisi kanan sumbu-y. a. Arna memutar segitiga tersebut searah dengan jarum jam sebesar 90° dengan titik pusat $(0, 0)$.	uraian

			 b. Arna menggeser seluruh segitiga berdasarkan sebuah vaktor pergeseran, yaitu vektor $v = \binom{2}{-1}$ 	
	d. Siswa mampu menyelesaikan masalah geometri transformasi dari suatu objek	Pengelola taman berencana untuk memperbesar lahan tersebut menggunakan faktor skala $= 3$ terhadap titik pusat	Diketahui koordinat titik taman kota yang berbentuk persegi panjang $\mathrm{P}(-2,2), \mathrm{Q}(5,2), \mathrm{R}(5,4)$, dan S(-2, 4), titik pusat $P[1,2]$, faktor skala $= 3$. $$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$ • Koordinat titik $\mathrm{P}(-2,2)$,	uraian

	berkaitan dengan konsep matriks	$P[1, 2]$. Setelah lahan diperbesar, taman akan memiliki bentuk persegi panjang baru. Berdasarkan informasi tersebut tentukan koordinat $\mathrm{P}', \mathrm{Q}', \mathrm{R}', \text{dan } \mathrm{S}'$!	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ Maka $P' = \begin{pmatrix} -8 \\ 2 \end{pmatrix}$ • Koordinat titik $\mathrm{Q}(5, 2)$, $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 12 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ Maka $\mathrm{Q}' = \begin{pmatrix} 13 \\ 2 \end{pmatrix}$ • Koordinat titik $\mathrm{R}(5, 4)$, $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5-1 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 12 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$	

			Maka $R' = \begin{pmatrix} 13 \\ 8 \end{pmatrix}$ • Koordinat titik S(-2, 4), $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2-1 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} -9 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ Maka $S' = \begin{pmatrix} -8 \\ 8 \end{pmatrix}$	

KUNCI JAWABAN TES KEMAMPUAN SPASIAL

1. Diketahui titik koordinat $A(2,3), B(4,5)$ dan $C(3,1)$
   a. Rotasi 90° searah dengan jarum jam terhadap titik pusat $(0,0)$. Karena sudutnya searah dengan jarum jam maka nilai sudutnya yaitu positif.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto - \sin \propto \\ \sin \propto \quad \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Koordinat titik $A(2,3)$, $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-90°) - \sin(-90°) \\ \sin(-90°) \quad \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0+3 \\ -2+0 \end{pmatrix}$$

Maka $A' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}$

Koordinat titik $B(4,5)$, $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-90°) - \sin(-90°) \\ \sin(-90°) \quad \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

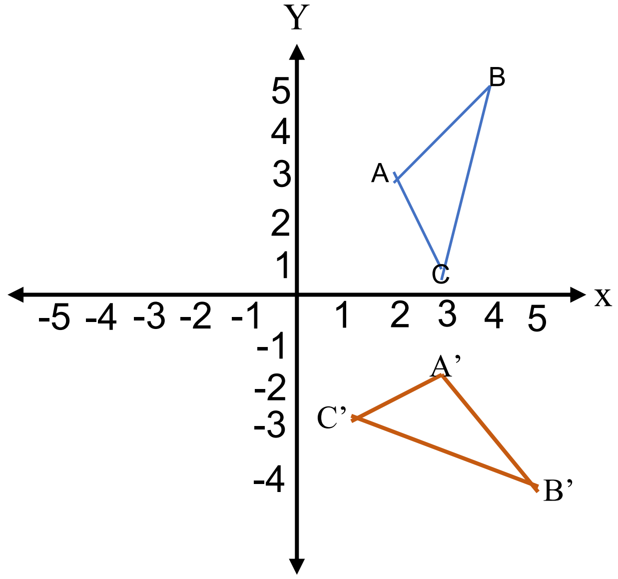
$$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Maka $B' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$

Koordinat titik $C(3,1)$, $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-90°) - \sin(-90°) \\ \sin(-90°) \quad \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Maka $C' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix}$



   b. Gabungan dari rotasi dan translasi
   Koordinat titik $A'(3,-2)$, $\begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$

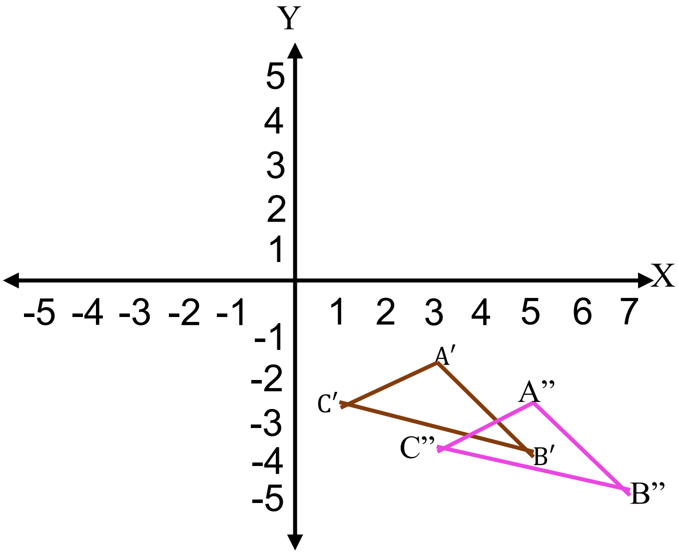
$$A'' = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$$

Koordinat titik $B'(5,-4)$, $\binom{5}{-4}+\binom{2}{-1}=\binom{7}{-5}$

$$B'' = \begin{pmatrix} 7 \\ -5 \end{pmatrix}$$

Koordinat titik $C'(1,-3)$, $\binom{1}{-3}+\binom{2}{-1}=\binom{3}{-4}$

$$C'' = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$$



2. Tentukan koordinat titik P′, Q′, R′, dan S′.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

a. Koordinat titik P′, Q′, R′, dan S′.

- Koordinat titik $P(-2,2)$,

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -3 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Maka $P' = \begin{pmatrix} -8 \\ 2 \end{pmatrix}$

- Koordinat titik $Q(5,2)$,

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 12 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Maka $Q' = \begin{pmatrix} 13 \\ 2 \end{pmatrix}$

- Koordinat titik R(5, 4),

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5 - 1 \\ 4 - 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 12 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Maka $R' = \begin{pmatrix} 13 \\ 8 \end{pmatrix}$

- Koordinat titik S(-2, 4),

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2 - 1 \\ 4 - 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -9 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Maka $S' = \begin{pmatrix} -8 \\ 8 \end{pmatrix}$

b. Luas persegi panjang sebelum dan setelah di dilatasikan.

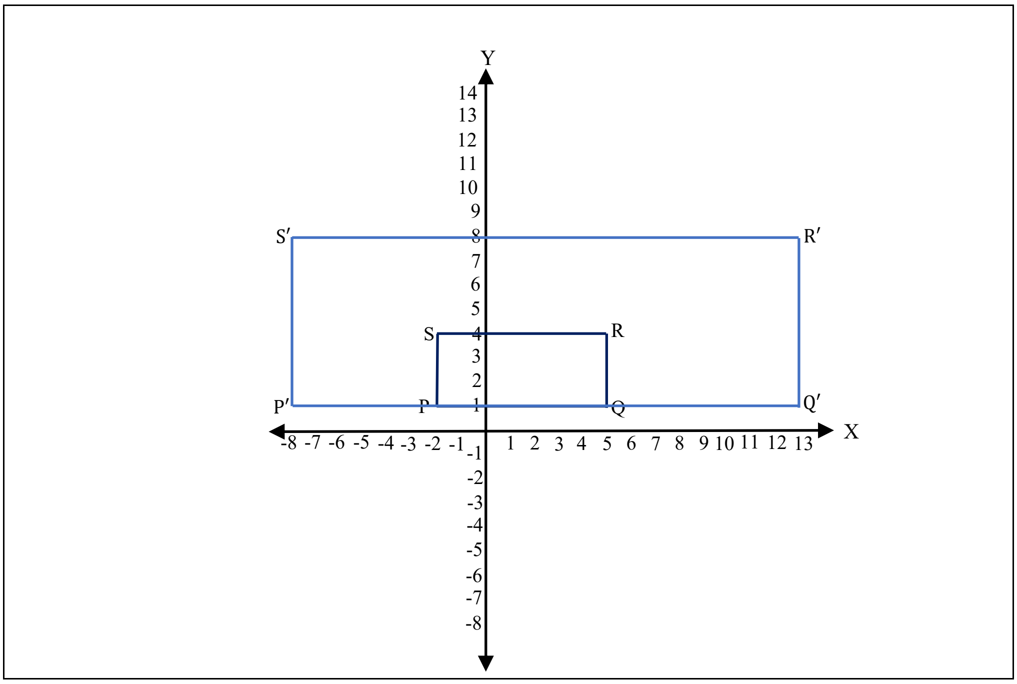
- Luas persegi panjang sebelum di dilatasi

$$L = p \times l$$
$$= 7 \times 2$$
$$= 14 \text{ satuan luas}$$

- Luas persegi Panjang setelah di dilatasi

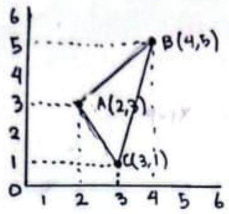
$$L = p \times l$$
$$= 21 \times 7$$
$$= 147 \text{ satuan luas}$$

c. Gambarkan persegi panjang PQRS beserta hasil dilatasinya


Y
X
S′
R′
S
R
P′
P
Q
Q′
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Lampiran 8 Lembar Jawaban Subjek S1

1



a) A(2,3)

$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} \cos -90^\circ & -\sin -90 \\ \sin -90^\circ & \cos -90^\circ \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$A' = \begin{pmatrix} 0+3 \\ -2+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}$

B(4,5)

$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos -90 & -\sin -90^\circ \\ \sin -90^\circ & \cos -90^\circ \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

$B' = \begin{pmatrix} 0+5 \\ -4+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$

C(3,1)

$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos -90^\circ & -\sin -90^\circ \\ \sin -90^\circ & \cos -90^\circ \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

$C' = \begin{pmatrix} 0+1 \\ -3+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix}$

b) A(2,3)

$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$

$A'' = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$

B(4,5)

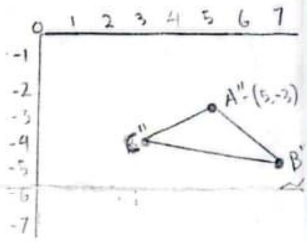
$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \\ -5 \end{pmatrix}$

$B'' = \begin{pmatrix} 7 \\ -5 \end{pmatrix}$

C(3,1)

$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$

$C'' = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$



2 a

titik pusat $(\overset{a}{1}, \overset{b}{2})$, k = 3

P(-2,2)

$P' = \{ x' - a = k(x-a)$

$x' - 1 = 3(-2-1)$

$x' = -6-3+1$

$x' = -8$

$y' - b = k(y-b)$

$y' - 2 = 3(2-2)$

$y' = 6-6+2$

$y' = 2$

S(-2,4)

$x' - a = k(x-a)$

$x' - 1 = 3(-2-1)$

$x' = -6-3+1$

$x' = -8$

$y' - b = k(y-b)$

$y' - 2 = 3(4-2)$

$y' = 12-6+2$

$= 8$

R(5,4)

$x' - a = k(x-a)$

$x' - 1 = 3(5-1)$

$x' = 15-3+1$

$= 13$

$y' - 2 = 3(4-2)$

$= 12-6+2$

$y' = 8$

Q(5,2)

$x' - 1 = 3(5-1)$

$= 15-3+1$

$= 13$

$y' - 2 = 3(2-2)$

$= 6-6+2$

$= 2$

Mencari $x' - a = k(x - a)$ tipus $\overset{a}{(1}, \overset{b}{2)}$

$y' - b = k(y - b)$

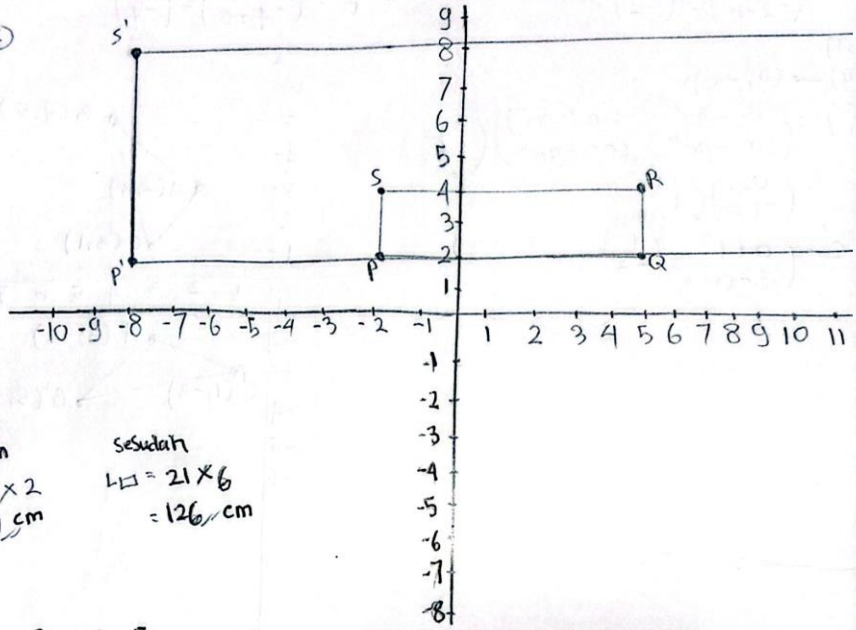
Nama : Devan mas D

Kelas : XI-F

$P = x' - a = k(x - a)$

$x' - (-2) = 3($

(2) - (c)



(b) sebelum

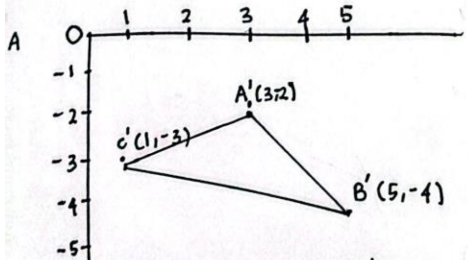
$L_{\square} = 7 \times 2$

$= 14 \text{ cm}$

sesudah

$L_{\square} = 21 \times 6$

$= 126 \text{ cm}$



(2) (a) tipus $\overset{a}{(1}, \overset{b}{2)}$, $k = 3$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x-a \\ y-b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

P(-2,2)

$$P' = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -9 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -8 \\ 2 \end{bmatrix}$$

R(5,4)

$$R' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x-a \\ y-b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5-1 \\ 4-2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 \\ 2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 12 \\ 6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 13 \\ 8 \end{bmatrix}$$

Q(5,2)

$$Q' = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5-1 \\ 2-2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 12 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 13 \\ 2 \end{bmatrix}$$

S(-2,4)

$$S' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x-a \\ y-b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2-1 \\ 4-2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -9 \\ 6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -8 \\ 8 \end{bmatrix}$$

Lampiran 9 Lembar Jawaban Subjek S2

1\. a. Diketahui :

Titik A = (2,3)

Titik B = (4,5)

Titik C = (3,1)

- Diputar searah jarum jam sebesar 90° dengan titik pusat (0,0)
- Menentukan koordinat titik baru, setelah diputar 90° searah jarum jam.

Jawab :

A. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos a & -\sin a \\ \sin a & \cos a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} \cos(-90°) & -\sin(-90°) \\ \sin(-90°) & \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} \cos 90° & \sin 90° \\ \sin -90° & \cos 90° \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 2 \cdot 0 + 1 \cdot 3 \\ 2 \cdot -1 + 0 \cdot 3 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 0 + 3 \\ -2 + 0 \end{pmatrix} A' = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}$

B. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos a & -\sin a \\ \sin a & \cos a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} \cos(-90°) & -\sin(-90°) \\ \sin(-90°) & \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} \cos 90° & \sin 90° \\ \sin -90° & \cos 90° \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 4 \cdot 0 + 1 \cdot 5 \\ 4 \cdot -1 + 0 \cdot 5 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 0 + 5 \\ -4 + 0 \end{pmatrix} B' = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$

C. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos a & -\sin a \\ \sin a & \cos a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} \cos(-90°) & -\sin(-90°) \\ \sin(-90°) & \cos(-90°) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} \cos 90° & \sin 90° \\ \sin -90° & \cos 90° \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 \cdot 0 + 1 \cdot 1 \\ 3 \cdot -1 + 0 \cdot 1 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 + 1 \\ -3 + 0 \end{pmatrix}$

$C' = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix}$

2. Diketahui :

Titik $A' = (3, -2)$

Titik $B' = (5, -4)$ (gabungan dari rotasi dan translasi)

Titik $C' = (1, -3)$

Vektor $\longrightarrow \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

Ditanya :

Bagaimana bentuk bayangan pada titik A', B', C' ?

A. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

$A'' = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$

B. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

$B'' = \begin{pmatrix} 7 \\ -5 \end{pmatrix}$

C. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

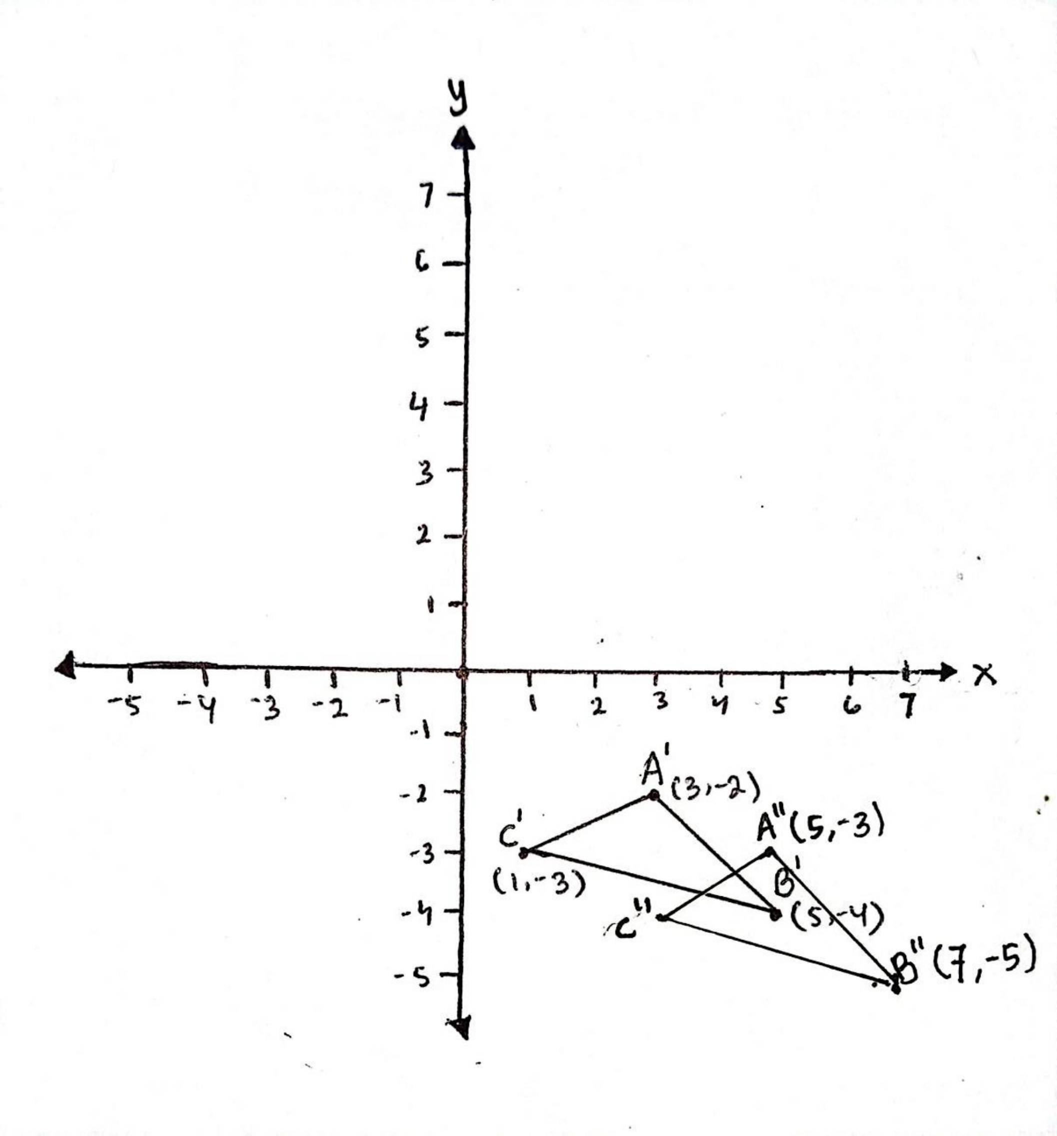
$C'' = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$

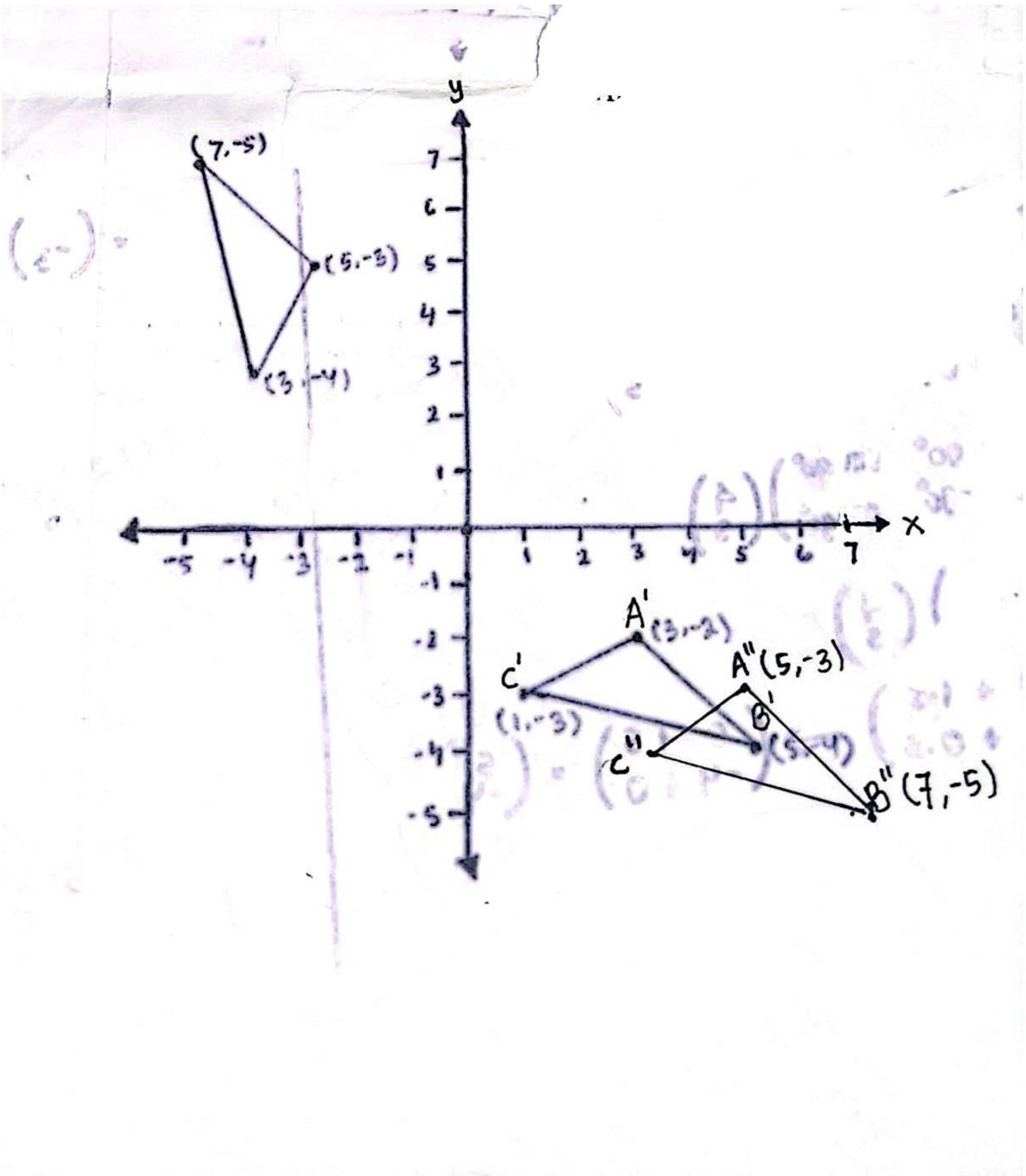
Jadi bentuk bayangan pada ketiga titik tersebut adalah :

$A'' = (5, -3)$

$B'' = (7, -5)$

$C'' = (3, -4)$


y
x
7
6
5
4
3
2
1
-1
-2
-3
-4
-5
-5
-4
-3
-2
-1
1
2
3
4
5
6
7
A'(3,-2)
C'
(1,-3)
A''(5,-3)
B'
(5,-4)
C''
B''(7,-5)


y
x
(7,-5)
(5,-3)
(3,-4)
A'(3,-2)
C'
(1,-3)
A''(5,-3)
B'
(5,-4)
C''
B''(7,-5)

2 a titik $P(-2,2)$. Skala $= 3$, titik Pusat $P(1,2)$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$P' = \begin{pmatrix} -8 \\ 2 \end{pmatrix}$$

titik $q(5,2)$. Skala $= 3$. titik Pusat $q(1,2)$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 12 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$q' = \begin{pmatrix} 13 \\ 2 \end{pmatrix}$$

titik $R(5,4)$. Skala : 3, tipus $(1,2)$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5-1 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 12 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$R' = \begin{pmatrix} 13 \\ 8 \end{pmatrix}$$

titik $S(-2,4)$, skala : 3. tipus $(1,2)$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2-1 \\ 4-1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -3 \\ 3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -9 \\ 9 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$S' = \begin{pmatrix} -8 \\ 11 \end{pmatrix}$$

A – titik p (-2,2), Skala = 3 , titik pusat P(1,2) Fitri

$x' - a = k(x-a)$ $\quad$ $y' - b = k(y-b)$

$x' - 1 = 3(-2-1)$ $\quad$ $y' - 2 = 3(2-2)$

$x' = 3(-3) + 1$ $\quad$ $y' = 3(0)+2$

$x' = -9+1$ $\quad$ $y' = 2$

$x' = -8$

$p' = (-8,2)$

o) titik q (5,2) skala = 3, tipus q (1,2)

$x' - a = k(x-a)$ $\quad$ $y' - b = k(y-b)$

$x' - 1 = 3(5-1)$ $\quad$ $y' - 2 = 3(2-2)$

$x' = 3(5-1)+1$ $\quad$ $y' = 3(0)+2$

$x' = 13$ $\quad$ $y' = 2$

$q' = (13,2)$

c). titik R (5,4), skala:3, tipus (1,2)

$x' - a = k(x-a)$ $\quad$ $y' - b = k(y-b)$

$x' - 1 = 3(5-1)$ $\quad$ $y' - 2 = 3(4-2)$

$x' = 3(5-1)+1$ $\quad$ $y' = 3(4-2)+2$

$x' = 13$ $\quad$ $y' = 8$

$R'(13,8)$

d). titik s (-2,4) skala:3, tipus (1,2)

$x' - a = k(x-a)$ $\quad$ $y' - b = k(y-b)$

$x' - 1 = 3(-2-1)$ $\quad$ $y' - 2 = 3(4-1)$

$x' = 3(-2-1)+1$ $\quad$ $y' = 3(4-1)+2$

$x' = 3(-3)+1$ $\quad$ $y' = 3(3)+2$

$x' = -8$ $\quad$ $y' = 11$

$s'(-8,11)$

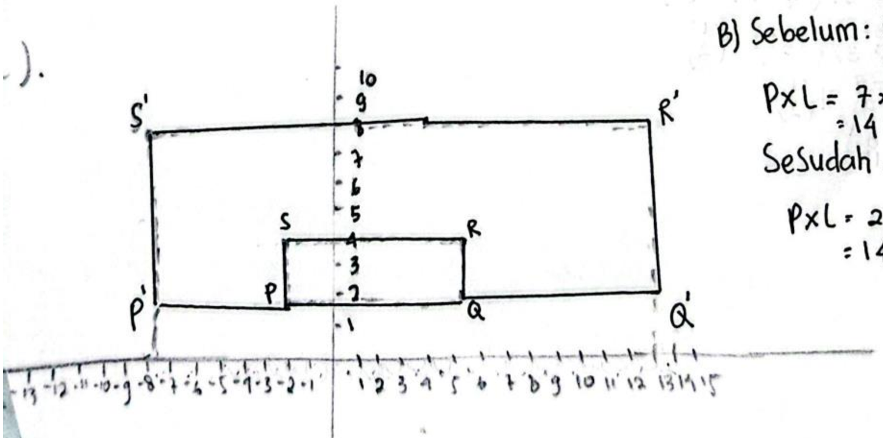
B). Sebelum : p = 7
l = 2

$P \times L = 7 \times 2$
$= 14$

Sesudah = p = 19
l = 2

$P \times L = 21 \times 7$
$= 147$

.).



B) Sebelum: p = 7
l = 2

$P \times L = 7 \times 2$
$= 14 \text{ cm}^2$

Sesudah = p = 19
l = 2

$P \times L = 21 \times 7$
$= 147 \text{ cm}^2$

Lampiran 10 Lembar Jawaban Subjek S3

① ⓐ $A' \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & \sin 90^\circ \\ -\sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 0+3 \\ -2+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}$

$B' \rightarrow \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & \sin 90 \\ -\sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

$\rightarrow \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$

$C' \rightarrow \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix}$

b $a \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$

$B \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \\ -5 \end{pmatrix}$

$c \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$ Diket $(1,2)$

② $P' = x' - 1 = 3(-2-1)$
$= 3(-3)$
$= 3(-3)+1)$
$= -8$

$Q' = x' - 1 = 3(-5-1)$
$= 3(4)$
$= 3(4)+1$
$= 13$

$R' = x' - 1 = 3(5-1)$
$= 3(4)$
$= 3(4)+1$
$= 13$

$S' = x' - 1 = 3(-2-1)$
$= 3(-3)$
$= 3(-3+1)$
$= -8$

$P' = x' - b = k(y - b)$
$y' - 2 = 3(2-2)$
$y' = 3(0)+2$
$P' = 2$

$R' = y' - 2 = 3(4-2)$
$= 3(2)+2)$
$= 8$

$S' = y' - b = 3(4-2)$
$y' = 3(2)+2$
$= 8$

$Q' = y' - 2 = 3(2-2)$
$= 3(0)+2)$
$= 2$

CS Dipindai dengan CamScanner

② $P' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} -8 \\ 2 \end{pmatrix}$

$Q' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 12 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 13 \\ 2 \end{pmatrix}$

$R' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5-1 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 12 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 13 \\ 8 \end{pmatrix}$

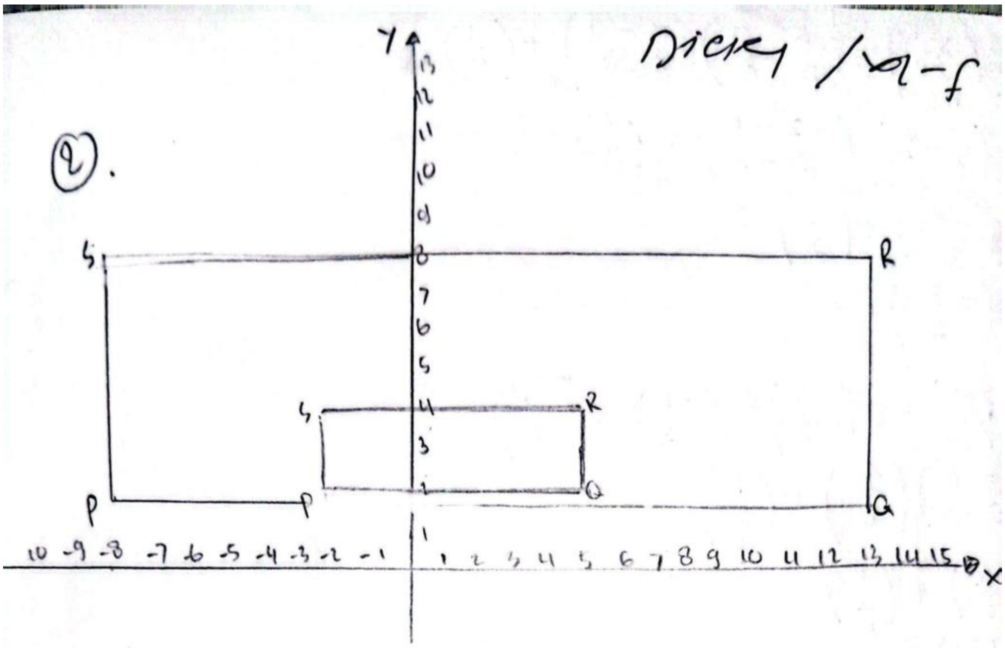
$S' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -2-2 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

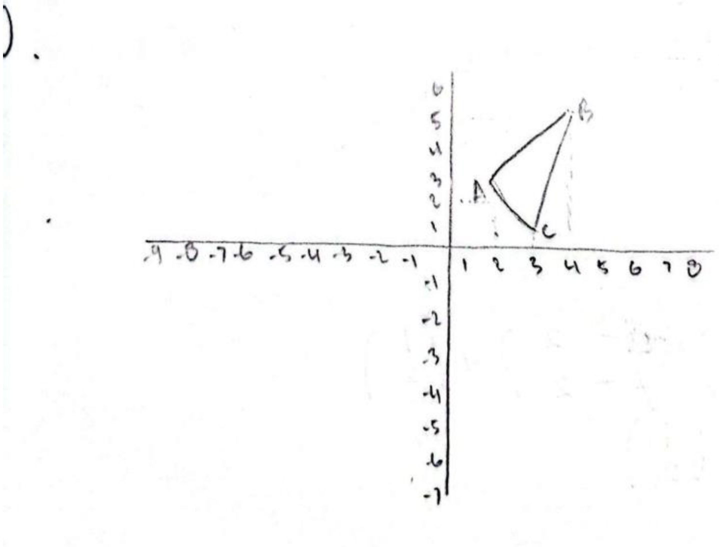
$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} -9 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} -8 \\ 8 \end{pmatrix}$

Dipindai dengan CamScanner





Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 11 Lembar Jawaban Subjek S4

(1)

a) $A' \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & \sin 90^\circ \\ -\sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 0+3 \\ -2+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}$

$B' \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & \sin 90^\circ \\ -\sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$

$C' \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix}$

b) a. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$

b. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -5 \end{pmatrix}$

c. $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$.

2) $P' = x' - 1 = 3(-2-1)$
$= 3(-3)$
$= 3(-3)+1$
$= -8$

$Q' = x' - 1 = 3(5-1)$
$= 3(4)$
$= 3(4)+1$
$= 13$.

$R' = x' - 1 = 3(5-1)$
$= 3(4)+1$
$= 13$

$S' = x' - 1 = 3(-2-1)$
$= 3(-3)+1$
$= -8$

$P' = y' - 2 = 3(2-2)$
$= 3(0)+2$
$= 2$

$Q' = y' - 2 = 3(2-2)$
$= 3(0)+2$
$= 2$

$R' = y' - 2 = 3(4-2$
$= 3(2)+2$
$= 8$

$S' = y' - 2 = 3(4-2)$
$= 3(2)+2$
$= 8$.

Dipindai dengan CamScanner

$$x' - a = k(x-a)$$

$$y' - b = k(y-b)$$

$$P' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$Q' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 12 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 13 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$R' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5-1 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 12 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

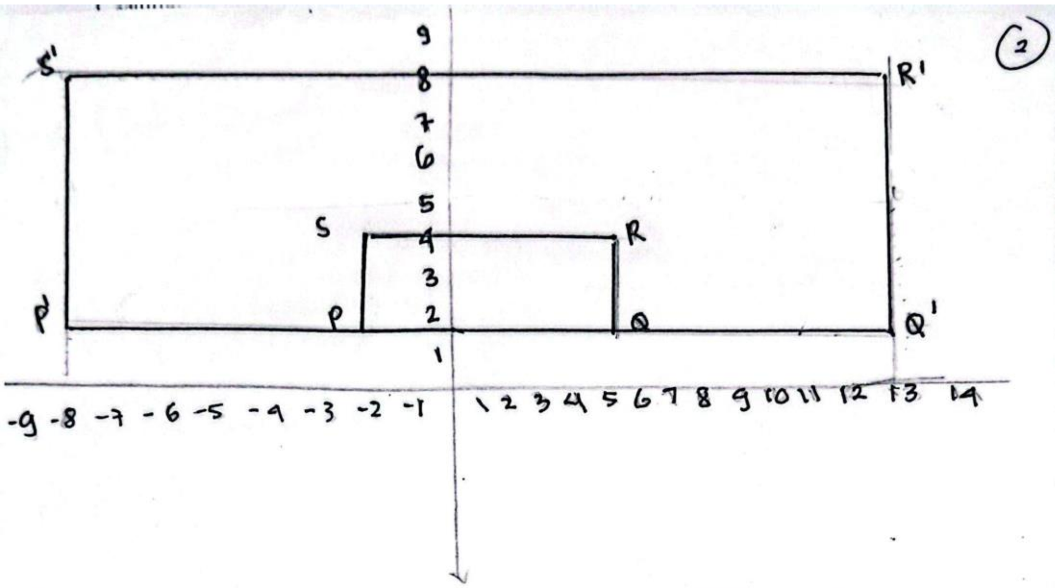
$$= \begin{pmatrix} 13 \\ 8 \end{pmatrix}$$

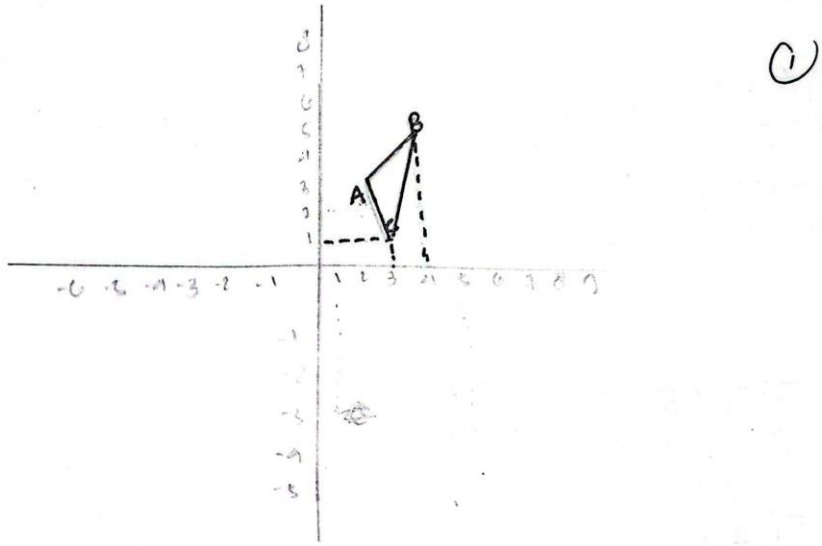
$$S' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2-2 \\ 4-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

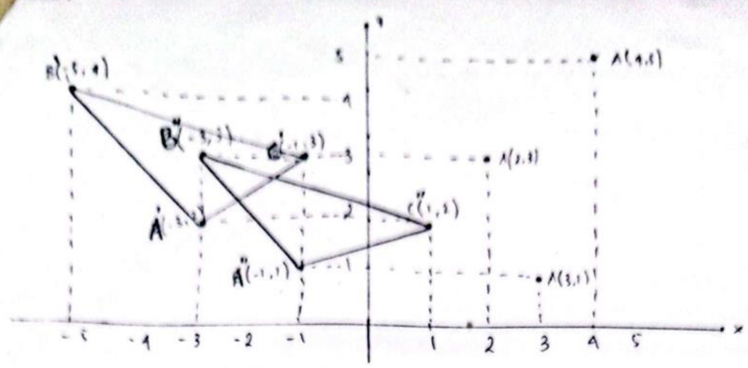
$$= \begin{pmatrix} -8 \\ 8 \end{pmatrix}$$

CS Dipindai dengan CamScanner


2
S'
R'
S
R
P'
P
Q
Q'
-9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14


1
A
B

Lampiran 12 Lembar Jawaban Subjek S5



$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ TITIK A'

$= \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0+(-3) \\ 2+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix} \begin{matrix} \leftarrow x' \\ \leftarrow y' \end{matrix}$

Vektor $= \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

$A''_v = (-1, 1)$

$A' = (-3, 2)$

$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}$ TITIK B'

$= \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0+(-5) \\ 4+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -5 \\ 4 \end{pmatrix}$

Vektor $= \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

$B''_v = (-3, 3)$

$B' = (-5, 4)$

$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$ TITIK C'

$= \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0+(-1) \\ 3+0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 3 \end{pmatrix}$

Vektor $= \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

$C'_v = (1, 2)$

$C' = (-1, 3)$

2. a). titik P (-2, 2)

$x - a = k(x - a)$

$x' - 1 = 3(-2 - 1)$

$x' = 3(-3) + 1$

$x' = -9 + 1$

$x' = -8$

titik q (5, 2)

$x' - a = k(x - a)$

$x' - 1 = 3(5 - 1)$

$x' = 3(4) + 1 = 13$

titik R (5, 4)

$x' - a = k(x - a)$

$x' - 1 = 3(5 - 1)$

$x' = 3(4) + 1 = 13$

titik S (-2, 4)

$x' - a = k(x - a)$

$x' - 1 = 3(-2 - 1)$

$x' = 3(-3) + 1$

$x' = -9 + 1$

$= -8$

b). P : $y' - b = k(y - b)$

$y' - 2 = 3(2 - 2)$

$y' = 3(0) + 2 = 2$

$P = (-8, 2)$

q : $y' - b = k(y - b)$

$y' - 2 = 3(2 - 2)$

$y' = 3(0) + 2 = 2$

$q' = (13, 2)$

R : $y' - b = k(y - b)$

$y' - 4 = 3(4 - 4)$

$y' = 3(0) + 4 = 4$

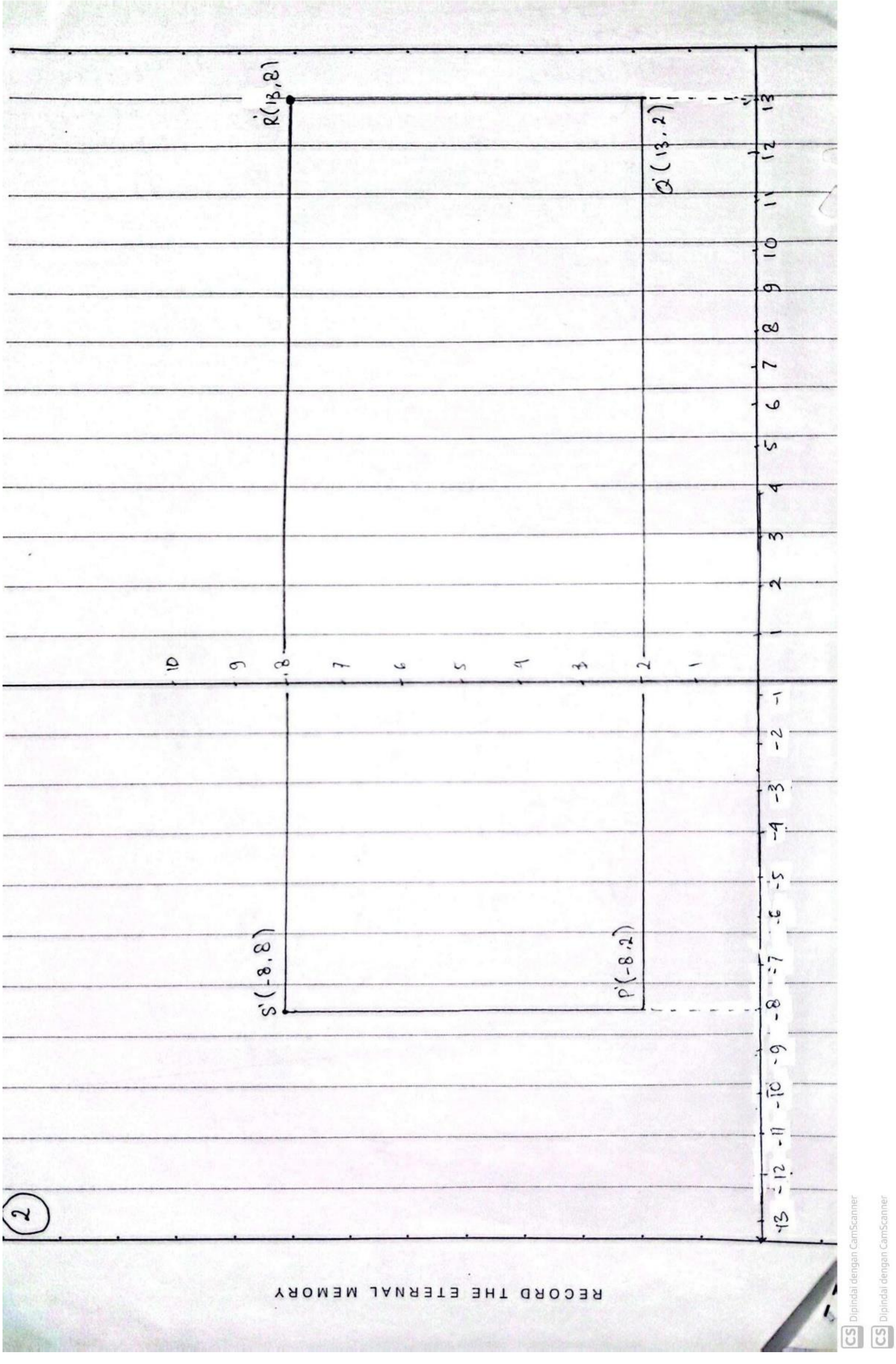
$R' = (13, 4)$

S : $y' - b = k(y - b)$

$y' - 4 = 3(4 - 4)$

$y' = 3(0) + 4 = 4$

$S' = (-8, 4)$

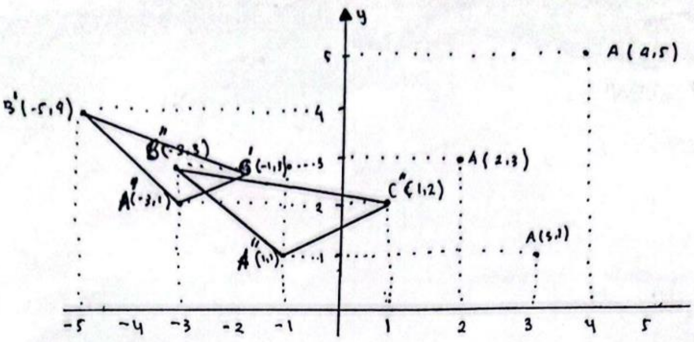


R'(13,8)
Q'(13,2)
S'(-8,8)
P'(-8,2)
2
RECORD THE ETERNAL MEMORY
Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 13 Lembar Jawaban Subjek S6

JAWABAN.

1.



$\begin{pmatrix}x'\\y'\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\cos 90^\circ & -\sin 90^\circ\\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ\end{pmatrix}\begin{pmatrix}2\\3\end{pmatrix}$ Titik A

$= \begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}2\\3\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0+(-3)\\2+0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-3\\2\end{pmatrix}\begin{matrix}\leftarrow x'\\ \leftarrow y'\end{matrix}$

Vektor $= \begin{pmatrix}2\\-1\end{pmatrix}$

$A''v = (-1,1)$

$A' = (-3,2)$

$\begin{pmatrix}x'\\y'\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\cos 90^\circ & -\sin 90^\circ\\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ\end{pmatrix}\begin{pmatrix}4\\5\end{pmatrix}$ Titik B

$= \begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}4\\5\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0+(-5)\\4+0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-5\\4\end{pmatrix}$

Vektor $= \begin{pmatrix}2\\-1\end{pmatrix}$

$B''v = (-3,3)$

$B' = (-5,4)$

$\begin{pmatrix}x'\\y'\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\cos 90^\circ & -\sin 90^\circ\\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ\end{pmatrix}\begin{pmatrix}3\\1\end{pmatrix}$ Titik C

$= \begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}5\\4\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0+(-1)\\3+0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-1\\3\end{pmatrix}$

Vektor $= \begin{pmatrix}2\\-1\end{pmatrix}$

$C''v = (1,2)$

$C' = (-1,3)$

2. a - titik p (-2.2)

$x - a = k(x - a)$
$x' - 1 = 3(-2-1)$
$x' = 3(-3)+1$
$x' = -9+1$
$x' = -8$

skala = 3, titik pusat p (1,2)

$y' - b = k(y - b)$
$y' - 2 = 3(2-2)$
$y' = 3(0)+2$
$y' = 2$
$p' = (-8,2)$

b) titik q (5,2)

$x' - a = k(x - a)$
$x' - 1 = 3(5-1)$
$x' = 3(5-1)+1$
$x' = 13$

skala = 3 titik pusat q (1,2)

$y' - b = k(y - b)$
$y' - 2 = 3(2-2)$
$y' = 3(0)+2$
$y' = 2$
$q' = (13,2)$

CS Dipindai dengan CamScanner

25 - 32

No.
Date:

titik R (5, 4)

$x' - a = k(x - a)$

$x' - 1 = 3(5 - 1)$

$x' = 3(4) + 1$

$= 13$

$R = y' - b = k(y - b)$

$y' - 4 = 3(4 - 4)$

$y' = 3(0) + 4$

$y' = 4$

$R' = (13, 4)$

titik S (-2, 4)

$x' - a = k(x - a)$

$x' - 1 = 3(-2 - 1)$

$x' = 3(-3) + 1$

$x' = -9 + 1$

$x' = -8$

$S = y' - b = k(y - b)$

$y' - 4 = 3(4 - 4)$

$y' = 3(0) + 4$

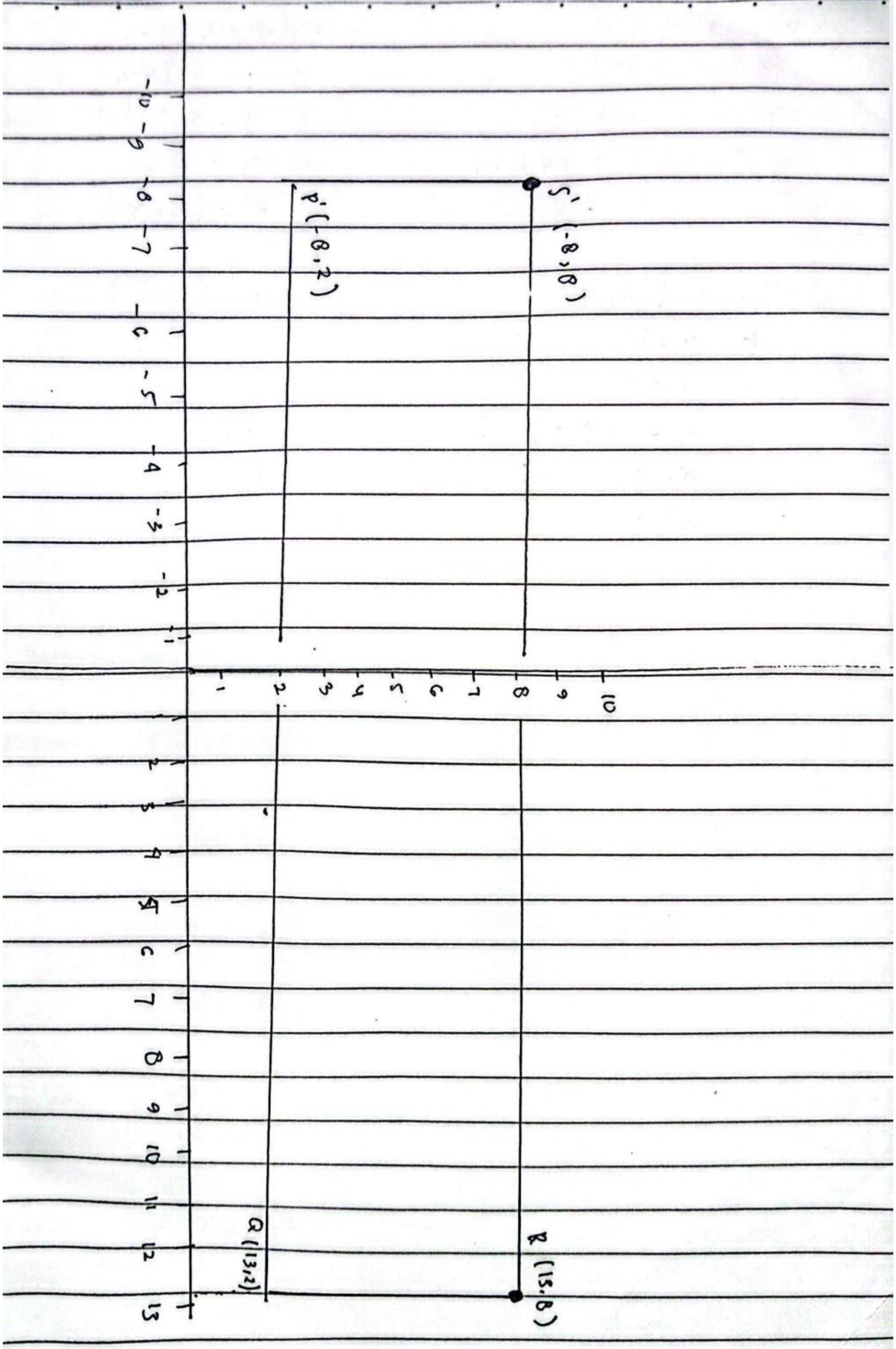
$y' = 4$

$S' = (-8, 4)$

CS Dipindai dengan CamScanner

MEGA YULIA DEWI XI-F

No.
Date:



Lampiran 14 Transkip Wawancara

TRANSKIP WAWANCARA SUBJEK S1

P : Setelah kamu menuliskan koordinat titik A,B, dan C, apa yang kamu lakukan sebelum menentukan hasil rotasinya dek?

S1 : Saya coba bayangkan dulu koordinat titiknya ketika ketiganya saling digabungkan, biar tahu bentuknya seperti apa.

P : Apakah kamu memutar kertas atau langsung membayangkan bentuk hasil rotasinya?

S1 : Saya nggak memutar kertasnya kak, cuma ngebayangin aja. Saya ngebayanginnya segitiga tersebut diputar ke Kanan. Jadi koordinat titik yang awalnya di atas, saya bayangin pindah ke kanan bawah.

P : Berarti kamu tahu bentuk bayangannya tanpa menggambar?

S1 : Iya tahu kak, bentuknya segitiga. Karena, saya bisa ngebayangin perpindahan tiap titiknya.

P : Pada soal nomor 1-a sampean sudah mengetahui informasi apa saja yang terdapat pada soal nomor satu? apakah kamu bisa menjelaskan bagaimana bentuk dan posisi segitiga tersebut setelah diputar?

S1 : Pada soal diminta untuk melakukan rotasi searah jarum jam sebesar 90° terhadap titik pusat $(0, 0)$.

P : Oke, lalu bagaimana cara sampean menentukan titik koordinat A, B, dan C setelah dirotasi?

S1 : Pertama, saya bayangkan dulu posisi awal segitiga tersebut agak miring ke kanan atas. Lalu, saya membayangkan kembali ketika segitiganya diputar 90° terhadap titik pusat $(0, 0)$. Setelah itu kak, posisi segitiganya setelah dirotasi bergeser ke arah bawah kanan.

P : Pada soal nomor 1-a, bagaimana cara sampean menentukan koordinat titik A', B', dan C' setelah dirotasi?

S1 : Saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ atau $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$. Tinggal dikalikan saja kak dengan titik asalnya, misalnya titik A(2, 3) $\binom{2}{-3} \times \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$ maka diperoleh $A'(3, -2)$.

P : Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomor 1-b ini?

S1 : Tentu, kak. Pertama, saya membayangkan dulu segitiga awal yang ada di kanan atas. Langkah kedua, saya putar kea rah bawah kanan. Karena, diputar 90° searah jarum jam. Setelah itu, saya geser hasil dari langkah kedua ke sebelah kanan dua langkah dan ke bawah satu langkah agar sesuai sama vektornya.

P : Oalah begitu, apakah kamu menghitung koordinat titik hasilnya satu persatu menggunakan rumus?

S1 : Aku hanya membayangkan saja kak.

P : Bagaimana posisi akhir objek tersebut?

S1 : Posisi akhirnya tergantung dari dua transformasi yang dilakukan kak. Setelah saya lakukan rotasi 90° searah jarum jam, posisi titik-titiknya menjadi $A'(3, -2), B'(5, -4)$, dan $C'(1, -3)$.

P : Coba kamu jelaskan dek langkah-langkah penyelesaiannya?

S1 : Pertama, saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Misalnya, untuk titik $A(2,3)$ setelah rotasi menjadi $A'(3,-2)$. Titik $B(4,5)$ menjadi $B'(5,-4)$, dan titik $C(3,\ 1)$ menjadi $C'(1,-3)$.

P : Lalu, untuk langkah selanjutnya apa yang kamu lakukakan?

S1 : Setelah melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi $v = \binom{2}{-1}$ dengn cara menambahkan komponen vektor x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi seperti, $A' = \binom{3}{-2} + \binom{2}{-1} = A"\binom{5}{-3}$. Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah $A''(5,-3), B''(7,-5)$, dan $C''(3,-4)$.

P : Bagaimana cara kamu menyelesaikan soal nomor 1?

S1 : Saya lihat dulu posisi titiknya di kertas, lalu saya mencoba gabungkan untuk lihat bentuk segitiganya.

P : Selanjutnya, bagaimana kamu memastikan hasil rotasinya benar?

S1 : Saya putar kertasnya pelan-pelan kak, biar kelihatan kalau bentuknya diputar ke kanan. Jadi saya lihat langsung bentuk segitinga berubah posisi.

P : Jadi, kamu melihat perubahan bentuknya dengan cara memutar kertas?

S1 : Bener kak, saya melihat dari kertasnya. Jadi tahu segitiganya geser ke arah kanan bawah setelah diputar. Baru setelah itu, saya cocokin sama rumus rotasinya.

P : Bagaimana kamu menerapkan matriks dilatasi pada titik-titik koordinat bangun PQRS ini?

S1 : Saya pakai rumus matriks dilatasi, $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ dengan pusat (1,2) dan skalanya 3. Jadi setiap titik saya kurangi dulu dengan pusatnya, lalu saya kalikan dengan 3, setelah itu saya tambahkan lagi dengan pusat. Dengan begitu saya bisa tahu bagaimana bangun PQRS berubah, ukurannya jadi lebih besar tapi tetap mengacu pada titik pusat itu.

P : Setelah kamu hitung, bagaimana perubahan bangun PQRS setelah didilatasi?

S1 : Bentuk persegi panjangnya tetap sama, tapi ukurannya jadi lebih besar, tepatnya tiga kali dari ukuran awal karena faktor skalanya 3. Kalau luasnya otomatis ikut membesar, jadi sembilan kali lipat dari luas semula. Saya mengerjakannya dengan menggambar bangun datar persegi panjang sebelum dan sesudah di dilatasi supaya lebih jelas perubahannya.

P : Kenapa bisa Sembilan kali lipat?

S1 : Karena kalau panjang dan lebar masing-masing diperbesar 3 kali, luasnya jadi 3×3, berarti 9 kali lipat dari luas awal.

TRANSKIP WAWANCARA SUBJEK S2

P : Hal apa yang kamu lakukan pada soal nomor 1-a?

S2 : Saya coba bayangin dulu ketiga koordinat titiknya ketika ketiganya digabung, biar tahu bentuk segitiganya.

P : Bagaimana cara kamu merotasikan bentuk segitiganya?

S2 : Caranya dengan membayangkan dalam pikiran. Saya bayangin segitiganya diputar ke kanan. Jadi titik awalnya di atas, saya bayangin pindah ke kanan bawah.

P : Berarti kamu tahu bentuk bayangannya?

S2 : Iya kak bentuknya tetap sama

P : sekarang kakak ingin tanya, setelah segitiga tersebut diputar seperti apa bentuk dan posisinya?

S2 : Di soal diminta untuk melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat $(0, 0)$.

P : Baik, lalu bagaimana caramu menentukan koordinat titik A, B, dan C setelah dirotasi?

S2 : Awalnya saya bayangin dulu posisi segitiganya, agak mengarah ke kanan atas. Terus saya putar dalam pikiran 90° searah jarum jam terhadap titik pusat $(0, 0)$. Hasilnya, segitiganya berpindah ke bagian kanan bawah setelah diputar kak.

P : Pada soal nomor 1-a, bagaimana caramu menentukan koordinat titik A', B', dan C' setelah rotasi?

S2 : Saya pakai rumus matriks rotasi kak $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Lalu saya kalikan dengan koordinat titik awalnya, missal titik B(4, 3) $\binom{4}{3} \times \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$ maka diperoleh $\mathrm{B}'(5, -4)$.

P : Jelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomor 1-b ini?

S2 : Pertama, saya melakukan rotasi 90° searah jarum jam dengan titik pusat di (0,0) karena rotasinya searah jarum jam, jadi berpindah tempat ke sebelah kanan bawah. Setelah itu, saya bayangkan dulu posisi segitiga awal yang letaknya di kanan atas. Lalu saya geser haadi dua langkah ke kanan dan satu langkah ke bawah sesuai vektornya.

P : Apakah kamu menghitng koordinat titiknya satu persatu dengan menggunakan rumus?

S2 : Tidak kak, saya hanya membayangkan pergeserannya saja

P : Bagaimana posisi akhir objeknya?

S2 : Posisi akhirnya mengikuti dua langkah transformasi kak. Setelah saya putar 90° searah jarum jam, titik-titiknya jadi $\mathrm{A}'(3, -2)$, $\mathrm{B}'(5, -4)$, dan $\mathrm{C}'(1, -3)$.

P : Bisa kamu jelaskan dek langkah-langkah penyelesaiannya?

S2 : Pertama, saya mulai dengan rotasi dengan menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} \mathrm{x}' \\ \mathrm{y}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathrm{x} \\ \mathrm{y} \end{pmatrix}$ Misalnya, untuk titik $\mathrm{A}(2, 3)$ setelah rotasi menjadi $\mathrm{A}'(3, -2)$. Titik $\mathrm{B}(4, 5)$ menjadi $\mathrm{B}'(5, -4)$, dan titik $\mathrm{C}(3,\ 1)$ menjadi $\mathrm{C}'(1, -3)$.

P : Setelah rotasi, apa langkah yang kamu lakukakan selanjutnya?

S2 : Langkah berikutnya kak melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi $v = \binom{2}{-1}$ dengn cara menambahkan komponen vector x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi seperti, $A' = \binom{3}{-2} + \binom{2}{-1} = A"\binom{5}{-3}$. Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah $A''(5,-3), B''(7,-5)$, dan $C''(3,-4)$.

P : Bagaimana cara kamu menyelesaikan soal pada soal nomor 1?

S2 : Pertama saya lihat posisi titiknya dulu, terus saya coba bayangkan bentuk segitiganya di kertas.

P : Bagaimana caramu memastikan hasil rotasinya benar?

S2 : Saya putar kertasnya pelan-pelan sambil melihat pergeseran bentuk segitiganya ke arah kanan. Jadi saya amati langsung perubahan posisinya. Dari situ kelihatan segitiganya bergerak ke kanan bawah setelah diputar.

P : Bagaimana kamu menerapkan matriks dilatasi pada titik-titik koordinat bangun PQRS ini?

S2 : Saya menggunakan rumus matriks $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ dilatasi Dengan pusat (1,2) dan skala 3. Jadi langkahnya, pertama saya menghitung dengan cara $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ Maka $P' = \begin{pmatrix} -8 \\ 2 \end{pmatrix}$. Dengan cara ini, saya bisa menentukan perubahan seluruh titik PQRS, dan bentuk persegi panjangnya menjadi lebih besar tapi tetap mengacu pada titik pusat tersebut

P : Bagaimana kamu melihat perubahan bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi dengan pusat (1,2) dan skala 3?:

S2 : Bangunnya tetap berbentuk persegi panjang, hanya saja ukurannya membesar tiga kali dari panjang dan lebarnya semula. Jadi, kalau dibandingkan dengan bangun awal, posisinya melebar menjauh dari pusat dilatasi. Tapi, bentuk dasarnya tidak berubah bentuk.

P : Kalau luasnya bagaimana menurutmu?

S2 : Luasnya otomatis juga membesar. Karena Panjang dan lebarnya masing-masing menjadi tiga kali, maka luasnya ikut bertambah jadi sembilan kali lipat dari luas awal. posisinya melebar menjauh dari pusat dilatasi. Tapi, bentuk dasarnya tidak berubah bentuk.

P : Kalau luasnya bagaimana menurutmu?

S2 : Luasnya otomatis juga membesar. Karena Panjang dan lebarnya masing-masing menjadi tiga kali, maka luasnya ikut bertambah jadi sembilan kali lipat dari luas awal.

P : Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah didilatasikan? Bagaimana perubahan tersebut dapat berhubungan dengan faktor skalanya?

S2 : Setelah persegi panjang di dilatasikan luasnya bertambah. Sebelum dilatasi luasnya yaitu $7 \times 2 = 14\, cm^2$dan setelah dilatasi menjadi $21 \times 7 = 147\, cm^2$."

P : Apa yang menyebabkan perubahan tersebut?

S2 : Perubahan luas terjadi karena semua sisi persegi panjang diperbesar oleh faktor skala $k = 3$. Panjang menjadi tiga kali lebih besar, begitu juga lebarnya. Sehingga luasnya bertambah menjadi $3^2 = 9$ kali lipat dari luas sebelum dilatasi.

TRANSKIP WAWANCARA SUBJEK S3

P : Soal nomor 1-a informasi apa saja yang adek ketahui?
S3 : Ehm… saya tidak terlalu paham dengan soal nomor 1-a.
P : Bisakah kamu menjelaskan bagaimana cara menentukan bayangan yang dihasilkan pada soal tersebut? Bagaimana langkah-langkahnya?
S3 : Saya tidak tahu kak harus mulai dari mana untuk menggambarnya.
P : Sekarang kakak ingin Tanya, setelah segitiga diputar bentuk dan posisinya seperti apa?
S3 : Saya tidak bisa membayangkan kak bagaimana bentuk dan posisinya setelah diputar.
P : Coba dek kamu jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?
S3 : Saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Setelah itu kita rotasikan dengan rumus matriks rotasi sehingga diperoleh koordinat titik $A'(3, -2)$ dengan $x' = 3$ dan $y' = -2$, sedangkan yang titik $B'(5, -4)$ dengan $x' = 5$ dan $y' = -4$, terakhir titik $C'(1, -3)$ dengan $x' = 1$ dan $y' = -3$.
P : Dek, kenapa kamu tidak menuliskan langkah-langkah penyelesaiannya pada nomor 1-b?
S3 : Soalnya saya tidak tahu cara mengerjakannya.
P : Bagian mana yang kamu bingungi? Rotasi atau translasi?
S3 : Keduanya kak.
P : Bagaimana posisi akhir objek tersebut?
S3 : Posisinya berubah setelah dua transformasi dilakukan, kak. Setelah rotasi 90° searah jarum jam, titik-titiknya menjadi $A'(3, -2), B'(5, -4)$, dan $C'(1, -3)$.
P : Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah penyelesaiannya?
S3 : Pertama. saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$). Misalnya, titik $A(2, 3)$ setelah rotasi menjadi $A'(3, -2)$. Titik $B(4, 5)$ menjadi $B'(5, -4)$, dan titik $C(3,\ 1)$ menjadi $C'(1, -3)$.
P : Lalu, langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?
S3 : Setelah rotasi, saya melakukan translasi dengan menambahkan vector $v = \binom{2}{-1}$. Misalnya, untuk titik $A' = \binom{3}{-2} + \binom{2}{-1} = A"\binom{5}{-3}$ untuk titik lainnya caranya sama.
P : Bagaimana cara kamu menyelesaikannya dek?
S3 : Saya tidak tahu harus diputar ke arah mana.
P : Sebelumnya, apakah kamu sudah mencoba membayangkan segitiganya diputar?
S3 : Sudah kak, tapi saya tidak yakin
P : Bagaimana cara atau strategi yang kamu gunakan untuk menentukan koordinat titik pada bangun datar tersebut?
S3 : Saya menggunakan rumus matriks dilatasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$.
P : Coba kamu jelaskan bagaimana cara menghitung koordinat titik baru, seperti titik $Q(5, 2)$?

S3 : Pertama saya menghitung menggunakan rumus matriks dilatasi $(x', y') = k(x - a, y - b) + (a, b)$. Lalu, kurangi koordinat titik dengan pusat dilatasi $(5 - 1, 2 - 2) = (4,0)$ kemudian kalikan hasilnya dengan faktor skala $k = 3$, sehingga diperoleh $(3 \times 4, 3 \times 0) = (12,0)$. Setelah itu, tambahkan kembali pada pusat dilatasi $(1,2)$ maka hasilnya $(12 + 1, 0 + 2) = (13,2)$. Untuk mencari pada titik-titik yang lainnya caranya sama kak.

P : Bagaimana kamu melihat perubahan bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi dengan pusat (1,2) dan skala 3?

S3 : Bangunnya tetap sama, cuma ukurannya jadi lebih besar dari semula.

P : Maksudnya lebih besar itu bagaimana?

S3 : Ya, kalau dibandingkan dengan yang awal bangunnya membesar, panjang dan lebarnya ikut membesar.

P : Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah didilatasikan?

S3 : Saya tidak tahu cara menghitungnya.

P : Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya.

S3 : Saya tidak tahu kak.

TRANSKIP WAWANCARA SUBJEK S4

P : Jelaskan bagaimana cara menentukan bayangan dari objek tersebut?
S4 : Saya tidak tahu kak.
P : Sekarang kakak ingin Tanya, setelah segitiga diputar bentuk dan posisinya seperti apa?
S4 : Saya tidak bisa membayangkan kak bagaimana bentuk dan posisinya setelah diputar.
P : Coba dek kamu jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?
S4 : Saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Setelah itu kita rotasikan dengan rumus matriks rotasi sehingga diperoleh koordinat titik $A'(3,-2)$ dengan $x' = 3$ dan $y' = -2$, sedangkan yang titik $B'(5,-4)$ dengan $x' = 5$ dan $y' = -4$, terakhir titik $C'(1,-3)$ dengan $x' = 1$ dan $y' = -3$.
P : Dek, kenapa kamu tidak menuliskan langkah-langkah penyelesaiannya pada nomor 1-b?
S4 : Soalnya saya tidak tahu cara mengerjakannya.
P : Bagian mana yang kamu bingungi? Rotasi atau translasi?
S4 : Keduanya kak
P : Bagaimana posisi akhir objek tersebut?
S4 : Posisinya berubah setelah dua transformasi dilakukan, kak. Setelah rotasi 90° searah jarum jam, titik-titiknya menjadi $A'(3,-2), B'(5,-4)$, dan $C'(1,-3)$.
P : Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah penyelesaiannya?
S4 : Pertama. saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$). Misalnya, titik $A(2,3)$ setelah rotasi menjadi $A'(3,-2)$. Titik $B(4,5)$ menjadi $B'(5,-4)$, dan titik $C(3, 1)$ menjadi $C'(1,-3)$.
P : Lalu, langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?
S4 : Setelah rotasi, saya melakukan translasi dengan menambahkan vector $v = \binom{2}{-1}$. Misalnya, untuk titik $B' = \binom{5}{-4} + \binom{2}{-1} = C"\binom{7}{-5}$ untuk titik lainnya caranya sama menghasilkan $C''(7,-5)$.
P : Bagaimana cara kamu menyelesaikannya dek?
S4 : Saya tidak tahu harus diputar ke arah mana.
P : Sebelumnya, apakah kamu sudah mencoba membayangkan segitiganya diputar?
S4 : Sudah kak, tapi saya tidak yakin.
P : Bagaimana cara atau strategi yang kamu gunakan untuk menentukan koordinat titik pada bangun datar tersebut?
S4 : Saya menggunakan rumus matriks dilatasi $(x', y') = k(x-a, y-b) + (a, b)$.
P : Coba kamu jelaskan bagaimana cara menghitung koordinat titik baru, seperti titik $R(5,4)$?
S4 : Pertama saya menghitung dengan rumus matriks dilatasi $(x', y') = k(x - a, y - b) + (a, b)$. lalu, kurangi koordinat titik dengan pusat dilatasi $(5 - 1, 4 - 2) = (4,2)$ kemudian kalikan hasilnya dengan faktor skala $k = 3$, sehingga diperoleh $(3 \times 4, 3 \times 2) = (12,6)$. Setelah itu, tambahkan kembali

pada pusat dilatasi $(1,2)$ maka hasilnya $(12 + 1, 6 + 2) = (13,8)$. Untuk mencari titik-titik lainnya caranya sama kak.

P : Bagaimana kamu melihat perubahan bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi dengan pusat (1,2) dan skala 3?

S4 : Bangunnya tetap sama, Cuma ukurannya jadi lebih besar dari semula.

P : Maksudnya lebih besar itu bagaimana

S4 : Ya, kalau dibandingkan dengan yang awal bangunnya membesar, panjang dan lebarnya ikut membesar.

P : Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah di dilatasikan?

S4 : Saya tidak tau cara menghitungnya.

P : Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya.

S4 : Saya tidak tau kak.

TRANSKIP WAWANCARA SUBJEK S5

P : Setelah kamu menuliskan koordinat titik A, B, dan C, apa yang kamu lakukan sebelum menentukan hasil rotasinya dek?

S5 : Saya coba bayangin dulu bentuk segitiganya kak.

P : Apakah kamu memutar kertas atau langsung membayangkan bentuk hasil rotasinya?

S5 : Saya langsung ngebayangin aja kak. Segitiganya saya bayangin diputar ke kanan, tapi saya agak bingung posisi tepatnya pindah ke mana.

P : Sekarang kakak ingin tanya, setelah segitiga tersebut diputar seperti apa bentuk dan posisinya?

S5 : Di soal diminta untuk rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Segitiganya nanti pindah ke sebelah kanan kak, agak turun juga kayaknya.

P : Lalu bagaimana caramu menentukan koordinat titik A, B, dan C setelah dirotasi?

S5 : Saya bayangin dulu segitiganya condong ke kanan atas. Terus saya putar dalam pikiran ke kanan bawah. Tapi pas nulis, saya agak bingung titik mana dulu yang pindah, jadi saya tulis sesuai perkiraan saya aja kak.

P : Coba dek, jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?

S5 : Saya menggunakan matriks rotasi 90° searah jarum jam, yaitu $\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ lalu mengalikannya drngan koordinat masing-masing titik.

P : Bagaimana hasil perhitungan koordinat setelah rotasi?

S5 : Dengan cara saya mengalikan rotasi dengan koordinat titik, misalnya untuk $\mathrm{B}(4,5)$ menjadi $\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$ dengan cara yang sama maka diperoleh $\mathrm{A}'(-3,2)$ dan $\mathrm{C}'(-1,3)$.

P : Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomr 1-b ini?

S5 : Tentu, saya melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Jadi berpindah tempat ke sebelah kanan bawah. Setelah itu, saya bayangkan dulu posisi segitiga awal yang letaknya di kanan atas. Lalu saya geser dua langkah ke kanan dan satu langkah ke bawah sesuai vektornya.

P : Apakah kamu menghitung koordinat titiknya satu per satu dengan menggunakan rumus?

S5 : Tidak kak, saya hanya membayangkan pergeserannya saja

P : Coba kamu jelaskan langkah-langkah penyelesaiannya?

S5 : Pertama, saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \propto & -\sin \propto \\ \sin \propto & \cos \propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Misalnya, untuk titik A(2, 3), setelah rotasi menjadi A'(-3, 2). Titik B(4, 5) menjadi B'(-5, 4), dan titik C(3, 1) menjadi C'(-1, 3).

P : Lalu, untuk langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?

S5 : Setelah melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi v = (2, -1) dengan cara menambahkan komponen vektor x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi, seperti A'(-3, 2) + (2, -1) = A"(-1, 1). Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah $\mathrm{A}''(-1,1), \mathrm{B}'(-3,3)$ dan $\mathrm{C}''(1,2)$.

P : Bagaimana langkah-langkah yang kamu lakukan dalam menentukan bayangan titik setelah rotasi?

S5 : Saya gatau kak.

P : Bagaimana cara/strategi yang kamu gunakan untuk menentukan koordinat titik bayangan bangun datar tersebut?

S5 : Saya menggunakan rumus dilatasi, untuk mencari koordinat x' menggunakan rumus x' - a = k(x - a), sedangkan untuk y' menggunakan rumus y' - b = k(y - b). Lalu saya masukkan nilai titik awal, titik pusat dilatasi, dan faktor skalanya ke dalam rumus tersebut. Setelah itu, saya menghitung hasil akhirnya.

P : Coba kamu jelaskan bagaimana cara menghitung koordinat titik bayangan, seperti titik P(-2,2)?

S5 : Pertama saya menghitung koordinat x' menggunakan rumus x' - a = k(x - a), yaitu x' - 1 = 3(-2 - 1) menjadi x' =-6 - 3 + 1, hasilnya = -8. Lalu, untuk mencari koordinat y' menggunakan rumus y' - b = k(y - b), yaitu y' - 2 = 3(2 - 2) menjadi y' = 6 - 6 + 2, hasilnya = 2. Jadi, hasil koordinat titik P(-2,2) hasil bayangannya adalah x' = -8 dan y' = 2. Untuk mencari hasil bayangan pada titik-titik lainnya, caranya sama.

P : Menurutmu, bagaimana bentuk bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi?

S5 : Bangunnya sama seperti sebelumnya, cuma ukurannya jadi lebih besar.

P : Kalau luasnya bagaimana, apakah juga ikut berubah?

S5 : Kayaknya ikut membesar juga, tapi saya tidak tahu cara menghitung luasnya.

P : Apa hubungannya perubahan itu dengan faktor skala yang digunakan?

S5 : Saya tidak tahu kak.

P : Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah di dilatasikan.

S5 : Saya tidak tahu cara menghitungnya.

P : Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya.

S5 : Saya tidak tahu kak.

TRANSKIP WAWANCARA SUBJEK S6

P : Setelah kamu menuliskan koordinat titik A, B, dan C, apa yang kamu lakukan sebelum menentukan hasil rotasinya, dek?

S6 : Saya coba bayangin dulu bentuk segitiganya, Kak.

P : Apakah kamu memutar kertas atau langsung membayangkan bentuk hasil rotasinya?

S6 : Saya langsung ngebayangin aja, Kak. Segitiganya saya bayangin diputar ke kanan, tapi saya agak bingung posisi tepatnya pindah ke mana.

P : Sekarang kakak ingin tanya, setelah segitiga tersebut diputar seperti apa bentuk dan posisinya?

S6 : Di soal diminta untuk rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0). Segitiganya nanti pindah ke sebelah kanan, Kak, agak ke bawah juga kayaknya.

P : Apakah kamu bisa menjelaskan bagaimana bentuk dan posisi segitiga setelah diputar? Lalu bagaimana caramu menentukan koordinat titik A, B, dan C setelah dirotasi?

S6 : Saya bayangin dulu segitiganya miring ke kanan atas, terus saya putar dalam pikiran ke arah kanan bawah. Tapi pas nulis, saya agak bingung titik mana yang harus dipindah dulu, jadi saya tulis berdasarkan perkiraan aja, Kak.

P : Coba dek, jelaskan bagaimana kamu mengerjakannya?

S6 : Saya menggunakan matriks rotasi 90° searah jarum jam, yaitu $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$ lalu mengalikannya drngan koordinat masing-masing titik.

P : Bagaimana hasil perhitungan koordinat setelah rotasi?

S6 : Dengan cara saya mengalikan rotasi dengan koordinat titik, misalnya untuk $\mathrm{B}(4,5)$ menjadi $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -4 \end{pmatrix}$ dengan cara yang sama maka diperoleh $\mathrm{A}'(-3,2)$ dan $\mathrm{C}'(-1,3)$.

P : Bisakah kamu menjelaskan langkah-langkah yang kamu lakukan untuk menyelesaikan soal nomor 1-b ini?

S6 : Tentu, saya melakukan rotasi 90° searah jarum jam terhadap titik pusat (0,0), jadi segitiganya berpindah ke sebelah kanan bawah. Setelah itu saya bayangkan dulu posisi segitiga awal yang ada di kanan atas, lalu saya geser dua langkah ke kanan dan satu langkah ke bawah sesuai dengan vektornya.

P : Apakah kamu menghitung koordinat titiknya satu per satu menggunakan rumus?

S6 : Tidak, Kak. Saya hanya membayangkan pergeserannya saja.

P : Coba kamu jelaskan langkah-langkah penyelesaiannya.

S6 : Pertama, saya menggunakan rumus matriks rotasi $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\propto & -\sin\propto \\ \sin\propto & \cos\propto \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$. Misalnya, untuk titik A(2, 3), setelah rotasi menjadi A'(-3, 2). Titik B(4, 5) menjadi B'(-5, 4), dan titik C(3, 1) menjadi C'(-1, 3).

P : Lalu, untuk langkah selanjutnya apa yang kamu lakukan?

S6 : Setelah melakukan translasi, saya menambahkan vektor translasi v = (2, -1) dengan cara menambahkan komponen vektor x dan y ke koordinat titik pada hasil rotasi, seperti A'(-3, 2) + (2, -1) = A"(-1, 1). Jadi, untuk koordinat titik lainnya caranya sama. Sehingga, posisi akhir segitiga setelah rotasi dan translasi adalah A"(-1, 1), B"(-3, 3), dan C"(1, 2).

P : Bagaimana langkah-langkah yang kamu lakukan dalam menentukan bayangan titik setelah rotasi?
S6 : Saya gatau kak.
P : Bagaimana strategi yang adek gunakan untuk menentukan koordinat titik bayangan?
S6 : Strategi yang saya lakukan yaitu menggunakan rumus dilatasi dengan memasukkan titik awal, titik pusat, dan faktor skala ke dalam rumus. Setelah itu, saya menghitung koordinat bayangan dengan mengikuti langkah perhitungan yang benar. Selanjutnya, saya menghitung koordinat x'menggunakan rumus $x' - 1 = 3(5 - 1)$ yang menghasilkan $x' = 13$. Kemudian, untuk y' saya menggunakan $y' - 2 = 3(2 - 2)$ sehingga hasilnya $y' = 2$. Jadi, bayangan titik $Q(5, 2) \rightarrow Q'(13,2)$. Saya menggunakan cara yang sama kak untuk mencari titik-titik lainnya.
P : Menurutmu, bagaimana bentuk bangun PQRS setelah dilakukan dilatasi?
S6 : Bangunnya sama seperti sebelumnya, Cuma ukurannya jadi lebih besar.
P : Kalau luasnya bagaimana, apakah juga ikut berubah?
S6 : Kayaknya ikut membesar juga, tapi saya tidak tahu cara menghitung luasnya.
P : Apa hubungannya perubahan itu dengan faktor skala yang digunakan?
S6 : Saya tidak tahu kak.
P : Apa yang terjadi pada luas persegi panjang setelah didilatasikan?
S6 : Saya tidak tahu cara menghitungnya.
P : Bisakah kamu jelaskan hubungan antara faktor skala dan perubahan luasnya?
S6 : Saya tidak tahu kak.

Lampiran 15 Bukti Konsultasi

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
JalanGajayana 50, Telepon (0341) 552398 Faximile (0341) 552398
Malang http://fitk.uin-malang.ac.id. email : fitk@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Zafira Al Adila
NIM : 200108110050
Jurusan : Tadris Matematika
Judul : Kemampuan Spasial Matematis Siswa Kelas XI dalam Menyelesaikan Soal Transformasi Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika
Dosen Pembimbing : Siti Faridah, M.Pd
NIP : 19880618 202321 2 056

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Tanda Tangan
1	21 Agustus 2024	Bimbingan terkait validasi soal tes dan instrumen pedoman wawancara dengan dosen pembimbing	
2.	03 September 2024	Revisi validasi soal tes dan instrumen pedoman wawancara dengan dosen pembimbing sebelum penelitian	
3.	06 Februari 2025	Bimbingan bab 4	
4	19 Februari 2025	Revisi bab 3 dan 4	
5.	20 Maret 2025	Bimbingan bab 4 dan 5	
6.	25 Maret 2025	Revisi bab 4 dan 5	
7.	22 Juli 2025	Bimbingan bab 4, 5, dan 6	
8	07 Agustus 2025	Revisi bab 4, 5, dan 6	
9	11 Agustus 2025	Bimbingan bab 5 dan 6	
10	18 Agustus 2025	Revisi bab 5 dan 6	
11	20 Agustus 2025	Meminta TTD Lembar Lembar Persetujuan	

Telah disetujui,
Untuk mengajukan ujian Skripsi

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Ulfa Masamah, M.Pd
NIP. 19900531 202012 2 001

Dosen Pembimbing

Siti Faridah, M.Pd
NIP. 19880618 202321 2 056

Lampiran 16 Dokumentasi Penelitian

Dokumentasi Pembelajaran

Dokumentasi Pengerjaan Tes Kemampuan Spasial Matematis

Dokumentasi Wawancara

RIWAYAT HIDUP

Nama	:	Zafira Al Adila
NIM	:	200108110050
Tempat, Tanggal Lahir	:	Jombang, 18 September 2002
Program Studi	:	Tadris Matematika
Fakultas	:	Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Alamat	:	Dusun Randubeso, RT 02/RW 04 Desa Tampingmojo Kecamatan Tembelang Kabupaten Jombang
No.Hp	:	081336480179
Email	:	zafiraadila18@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

2007-2009	RA MUSLIMAT ARIF RAHMAN
2009-2014	MIN 1 JOMBANG
2014-2017	MTSN 3 JOMBANG
2017-2020	MAN 3 JOMBANG
2020-Sekarang	UIN Maulana Malik Ibrahim Malang