

**PENINGKATAN PERFORMA AUGMENTED REALITY UNTUK
MENAMPILKAN OBJEK 3D MENGGUNAKAN METODE
*FAST CORNER DETECTION***

SKRIPSI

Oleh:
DESY APRILIYANTI
NIM. 19650007



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**PENINGKATAN PERFORMA *AUGMENTED REALITY* UNTUK
MENAMPILKAN OBJEK 3D MENGGUNAKAN METODE
*FAST CORNER DETECTION***

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh:
DESY APRILYANTI
NIM. 19650007

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

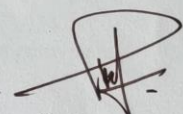
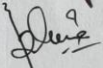

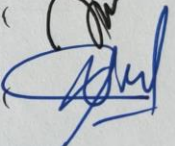
PENINGKATAN PERFORMA *AUGMENTED REALITY* UNTUK
MENAMPILKAN OBJEK 3D MENGGUNAKAN METODE
FAST CORNER DETECTION

SKRIPSI

Oleh:
DESY APRILIYANTI
NIM. 19650007


Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 19 Mei 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T</u> NIP. 19830616 201101 1 004	()
Anggota Penguji I	: <u>Roro Inda Melani, M.T., M.Sc</u> NIP. 19780925 200501 2 008	()
Anggota Penguji II	: <u>Ahmad Fahmi Karami, M.Kom</u> NIP. 19870909 202012 1 001	()
Anggota Penguji III	: <u>Dr. Fresy Nugroho, M.T</u> NIP. 19710722 201101 1 001	()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN

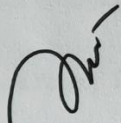
PENINGKATAN PERFORMA *AUGMENTED REALITY* UNTUK
MENAMPILKAN OBJEK 3D MENGGUNAKAN METODE
FAST CORNER DETECTION

SKRIPSI

Oleh:
DESY APRILIYANTI
NIM. 19650007

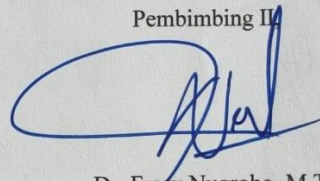
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 6 Mei 2024

Pembimbing I,



Ahmad Fahmi Karami, M.Kom
NIP. 19870909 202012 1 001

Pembimbing II,




Dr. Frezy Nugroho, M.T
NIP. 19710722 201101 1 00 1

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Desy Apriliyanti

NIM : 19650007

Fakultas / Prodi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : Peningkatan Performa *Augmented Reality* untuk
Menampilkan Objek 3D menggunakan Metode *Fast Corner
Detection*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 6 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



DESY APRILYANTI

NIM. 19650007

MOTTO

*“Jika kamu sungguh-sungguh menginginkan sesuatu,
lambat laun kamu akan menemukan cara untuk
meraihnya”*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya ini kepada:

Bapak saya,

Hari Wulyono

Yang telah mendukung dan menyemangati saya hingga sampai titik ini

Mama saya,

Tri Susanti

Yang telah mendukung dan menyemangati saya hingga sampai titik ini

Saudara saya,

Aji Purwariyanto

Yang telah mendukung dan menyemangati saya hingga sampai titik ini

Sahabat-sahabat saya,

Aria Vera, Indana Zulfa Jaziroh, Wulan Prima Safitri, Zuyinatin Khofifah,
Sukmawati, Arkha Yusufina Pramitha

Yang telah memberikan kebahagiaan selama perkuliahan ini

Teman-teman seperjuangan,

Teknik Informatika Angkatan 2019

Semoga kita semua selalu diberi kemudahan oleh Allah SWT

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji hanya milik Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala nikmat dan kasih sayang-Nya yang telah memudahkan penulis untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul "Peningkatan Performa *Augmented Reality* untuk Menampilkan Objek 3D menggunakan Metode *Fast Corner Detection*". Semoga shalawat dan salam senantiasa terlimpah kepada Nabi Muhammad Sallallahu 'Alaihi wa Sallam. Dan semoga kita semua mendapat syafaatnya di hari kiamat nanti, Aamiin.

Penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak-pihak yang selalu memberikan bantuan dan motivasi kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Ucapan ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Hariani, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ahmad Fahmi Karami, M.Kom selaku dosen pembimbing I dan Dr. Fresy Nugroho, M.T selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bantuan dan arahan kepada penulis, sehingga bisa menuntaskan skripsi ini.

5. Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T selaku dosen penguji I dan Roro Inda Melani, S.Kom., M.Sc selaku dosen penguji II yang telah menguji serta memberikan masukan sehingga penulis dapat menuntaskan skripsi dengan baik.
6. Segenap Dosen, Admin, Laboran dan Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan banyak dukungan dan bimbingan selama pengerjaan skripsi ini.
7. Mama, Bapak, serta saudara saya yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk terus berusaha, dan doa yang tak putus-putusnya selalu disampaikan agar dapat menuntaskan skripsi ini dengan lancar dan baik.

Akhir kata, penulis mengakui bahwa penulisan pada skripsi ini masih banyak kekurangan. Saya berharap semoga skripsi ini diterima sebagai amal ibadah yang tulus dan bermanfaat di sisi Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Semoga karya ini menjadi bagian dari kontribusi yang tak terputus dalam rangka memperkuat dan mengembangkan ilmu pengetahuan, serta melaksanakan tugas sebagai hamba Allah yang berkomitmen.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 19 Mei 2024



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Augmented Reality	7
2.2.1 <i>Marker Based Tracking</i>	9
2.2.2 <i>Markeless Based Tracking</i>	10
2.2.3 <i>Image Tracking</i>	10
2.3 Algoritma <i>FAST Corner Detection</i>	11
2.4 Algoritma SURF	17
2.5 <i>Confusion Matrix</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Desain Penelitian.....	21
3.2 Analisa Sistem	22
3.2.1 Deskripsi AR	22
3.2.2 Deskripsi Sistem	23
3.2.3 Kamera.....	42
3.2.4 <i>Processing Device</i>	43
3.2.5 Render Objek	43
3.3 Analisa Sistem	44

3.3.1 <i>Use Case Diagram</i>	44
3.3.2 Skenario <i>Use Case</i>	45
3.3.3 <i>Activity Diagram</i>	46
3.4 Desain Pengujian Perbandingan Metode	48
3.5 Desain Pengujian Sistem <i>Furniture</i>	49
BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Implementasi <i>Marker</i> dan Objek 3D	52
4.1.1 Penerapan <i>Marker</i> dan Objek 3D Rambu Lalu Lintas.....	53
4.1.2 Penerapan <i>Marker</i> dan Objek 3D <i>Furniture</i>	55
4.2 Peningkatan Performa dalam Mengenal Objek 3D.....	60
4.3 Implementasi AR metode <i>FAST Corner Detection</i> Sistem <i>Furniture</i>	68
4.4 <i>Confusion Matrix</i>	73
4.4.1 <i>Confusion Matrix</i> Sistem Rambu Lalu Lintas	73
4.4.2 <i>Confusion Matrix</i> Sistem <i>Furniture</i>	74
4.5 Integrasi Nilai Islam.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Confusion Matrix</i>	19
Tabel 3.2 Marker Rambu Lalu Lintas	25
Tabel 3.3 Marker <i>Furniture</i>	27
Tabel 3. 4 Hasil Deteksi Poin Marker Rambu Lalu Lintas	39
Tabel 3. 5 Hasil Deteksi Poin Marker <i>Furniture</i>	40
Tabel 3. 6 Skenario <i>Use Case Tracking Marker</i>	45
Tabel 3. 7 <i>Confusion Matrix</i>	50
Tabel 4. 8 Objek Rambu Lalu Lintas	53
Tabel 4. 9 Objek <i>Furniture</i>	56
Tabel 4. 10 Pengujian Perbandingan Metode	61
Tabel 4. 11 Hasil Peningkatan Performa	66
Tabel 4. 12 Hasil Total Pengujian Perbandingan Metode.....	67
Tabel 4. 13 Pengujian Sistem <i>Furniture</i>	68
Tabel 4. 14 <i>Confusion Matrix</i>	73
Tabel 4. 15 <i>Confusion Matrix</i>	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Visualisasi Objek 3D Image Tracking	11
Gambar 2. 2 Contoh Rating Augmentable.....	12
Gambar 2. 3 Jenis Deteksi Fitur.....	13
Gambar 2. 4 Contoh Peningkatan Kontras.....	14
Gambar 2. 5 Flowchart Metode FAST Corner Detection	15
Gambar 2. 6 Contoh Membandingkan 4 Titik	16
Gambar 2. 7 Contoh Hasil Akhir FAST	17
Gambar 3. 8 Diagram Aplikasi AR.....	23
Gambar 3. 9 Rancangan Proses Pemasaran Furniture Aplikasi	23
Gambar 3. 10 Diagram Blok Arsitektur Aplikasi	24
Gambar 3. 11 Hasil Proses <i>Resize</i>	31
Gambar 3. 12 Hasil Proses <i>Grayscale</i>	32
Gambar 3. 13 Hasil Proses <i>Histogram</i>	34
Gambar 3. 14 Hasil Proses <i>Threshold</i>	35
Gambar 3. 15 Proses Menentukan Titik P	36
Gambar 3. 16 Proses Menentukan 16 Titik.....	37
Gambar 3. 17 Proses Menentukan 4 Titik.....	37
Gambar 3. 18 Proses Perbandingan	38
Gambar 3. 19 Hasil Proses Deteksi Poin Marker.....	39
Gambar 3. 20 Diagram Proses <i>Processing Device</i>	43
Gambar 3. 21 Ilustrasi Visual Hasil Render	44
Gambar 3. 22 Use Case Diagram.....	45
Gambar 2. 23 <i>Activity Diagram Tracking Marker</i>	47
Gambar 3. 24 <i>Activity Diagram Tampilkan Objek 3D</i>	48

ABSTRAK

Apriliyanti, Desy. 2024. **Peningkatan Performa *Augmented Reality* untuk Menampilkan Objek 3D menggunakan Metode *Fast Corner Detection***. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Fahmi Karami, M.Kom. (II) Dr. Fresy Nugroho, M.T.

Kata kunci: *Fast Corner Detection, Augmented Reality, Speeded Up Robust Features, Performa*

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan performa dari segi kecepatan dan keakuratan deteksi marker dengan menggunakan metode *FAST Corner Detection*. Langkah-langkah deteksi marker dimulai dari *input marker, resize, grayscale, histogram, threshold* dan terakhir deteksi poin marker. Untuk melihat seberapa besar peningkatan performa adalah dengan melihat keberhasilan marker terdeteksi hingga menampilkan objek 3D dan kecepatan waktu yang digunakan hingga penampilan objek 3D. Peningkatan performa dilakukan dengan membandingkan antara metode *FAST* dan *SURF* dalam mendeteksi marker hingga menampilkan objek 3D dengan sistem rambu lalu lintas. Performa berhasil ditingkatkan menggunakan metode *FAST* dari segi kecepatan sebesar 62% yaitu lebih cepat 892 ms dari sebelumnya 1.438,2 ms menggunakan metode *SURF* menjadi 546,2 ms menggunakan metode *FAST*. Namun, dari segi keakuratan metode *SURF* berhasil mengenali marker hingga penampilan objek sebanyak 25 kali uji coba. Sedangkan untuk metode *FAST* sebanyak 19 kali uji coba yang berhasil. Selain itu untuk pengukuran performa sistem rambu lalu lintas juga dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix* didapatkan *accuracy* 63%, *precision* 63% dan *recall* 100%. Setelah keberhasilan peningkatan performa yang dilakukan, dibuatlah sistem menggunakan metode *FAST* dengan objek *furniture* untuk melihat bagaimana performa dengan marker yang memiliki banyak sudut dan marker dengan sudut yang sedikit. Alasan menggunakan marker *furniture* selain memiliki banyak sudut adalah karena sistem ini dapat digunakan untuk media pemasaran berbentuk brosur yang dapat membuat brosur tersebut menjadi lebih menarik karena bisa menampilkan visualisasi detail bentuk objek 3 dimensi dari *furniture* yang diperjual belikan. Hasil pada pengujian sistem *furniture* didapatkan rata-rata kecepatan marker berhasil dikenali hingga menampilkan objek 3D yaitu 319,52 ms dan sebanyak 25 kali uji coba yang berhasil dengan pengukuran *confusion matrix* didapatkan *accuracy* 41%, *precision* 41% dan *recall* 100%.

ABSTRACT

Apriliyanti, Desy. 2024. **Improved Augmented Reality Performance for Displaying 3D Objects using the Fast Corner Detection Method.** Undergraduate Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Ahmad Fahmi Karami, M.Kom. (II) Dr. Fresy Nugroho, M.T.

Keywords: *Fast Corner Detection, Augmented Reality, Speeded Up Robust Features, Performance*

This research was conducted to improve performance in terms of speed and accuracy of marker detection using the FAST Corner Detection method. The marker detection steps start from marker input, resize, grayscale, histogram, threshold and finally marker point detection. To see how big the performance improvement is, look at the success of the marker being detected to display the 3D object and the speed of time used to display the 3D object. Performance improvement was carried out by comparing the FAST and SURF methods in detecting markers and displaying 3D objects with a traffic sign system. Performance was successfully improved using the FAST method in terms of speed by 62%, namely 892 ms faster from the previous 1,438.2 ms using the SURF method to 546.2 ms using the FAST method. However, in terms of accuracy, the SURF method succeeded in recognizing the marker and the appearance of the object in 25 trials. Meanwhile, for the FAST method, there were 19 successful trials. Apart from that, measuring the performance of the traffic sign system was also carried out using a confusion matrix, obtaining an accuracy of 63%, precision of 63% and recall of 100%. After the successful performance improvement was carried out, a system was created using the FAST method with furniture objects to see how the performance would be with markers that have many angles and markers with few angles. The reason for using furniture markers apart from having many angles is because this system can be used for marketing media in the form of brochures which can make the brochures more attractive because they can display detailed visualizations of the shapes of 3-dimensional objects from the furniture being bought and sold. The results of testing the furniture system showed that the average speed at which markers were successfully recognized and displayed 3D objects was 319.52 ms and 25 successful trials using confusion matrix measurements obtained accuracy of 41%, precision of 41% and recall of 100%.

مستخلص البحث

أبريليانتي، ديسي. ٢٠٢٤. تحسين أداء الواقع المعزز لعرض كائنات الأثاث ثلاثية الأبعاد باستخدام طريقة الكشف السريع عن الزوايا. أطروحة. برنامج دراسة الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانج. المشرف: (ط) أحمد فهمي كرامي، م. كوم. (الثاني) د. فريسي نوجروهو، إم. بي.

الكلمات الرئيسية: الكشف السريع عن الزوايا، الواقع المعزز، تسريع الميزات القوية، الأداء.

إجراء هذا البحث لتحسين الأداء من حيث سرعة ودقة الكشف عن العلامات باستخدام طريقة سريعة. تبدأ خطوات اكتشاف العلامة من إدخال العلامة، وتغيير الحجم، والتدرج الرمادي، والرسم البياني، والعتبة، وأخيراً اكتشاف نقطة العلامة. لمعرفة حجم التحسن في الأداء، انظر إلى مدى نجاح العلامة التي تم اكتشافها في عرض الكائن ثلاثي الأبعاد وسرعة الوقت المستخدم لعرض الكائن ثلاثي الأبعاد. تم تحسين الأداء من خلال مقارنة طريقتي سريع وتصفح في اكتشاف العلامات وعرض الكائنات ثلاثية الأبعاد باستخدام نظام الإشارات المرورية. تم تحسين الأداء بنجاح باستخدام طريقة سريعة من حيث السرعة بنسبة ٦٢٪، أي أسرع بـ ٨٩٢ مللي ثانية من ١٤٣٧، ٢ مللي ثانية السابقة باستخدام طريقة تصفح إلى ٥٤٦، ٢ مللي ثانية باستخدام طريقة سريعة. ومع ذلك، من حيث الدقة، نجحت طريقة تصفح في التعرف على العلامة ومظهر الجسم في ٢٥ تجربة. وفي الوقت نفسه، بالنسبة لطريقة سريعة، كانت هناك ١٩ تجربة ناجحة. علاوة على ذلك، تم أيضاً قياس أداء نظام الإشارات المرورية باستخدام مصفوفة الارتباك، حيث حصلت على دقة ٦٣٪ ودقة ٦٣٪ واستدعاء ١٠٠٪. بعد تنفيذ تحسين الأداء الناجح، تم إنشاء نظام باستخدام طريقة سريعة مع قطع الأثاث لمعرفة كيف سيكون الأداء مع العلامات ذات الزوايا المتعددة والعلامات ذات الزوايا القليلة. السبب في استخدام علامات الأثاث بصرف النظر عن وجود زوايا متعددة هو أنه يمكن استخدام هذا النظام للوسائط التسويقية على شكل كتيبات مما يمكن أن يجعل الكتيبات أكثر جاذبية لأنها يمكن أن تعرض تصورات تفصيلية لأشكال الكائنات ثلاثية الأبعاد من الأثاث يتم شراؤها وبيعها. أظهرت نتائج اختبار نظام الأثاث أن متوسط السرعة التي تم بها التعرف على العلامات وعرض الكائنات ثلاثية الأبعاد بنجاح كان ٣١٩، ٥٢ مللي ثانية، وحصلت ٢٥ تجربة ناجحة باستخدام قياسات مصفوفة الارتباك على دقة ٤١٪، ودقة ٤١٪ واستدعاء ١٠٠٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi yang dikenal sebagai *Augmented Reality* atau AR dapat menggabungkan dunia nyata dan dunia virtual secara langsung atau *real time*. (Chen 2014). Teknologi ini bertujuan untuk menyederhanakan kehidupan pengguna dengan membawa informasi virtual tidak hanya ke lingkungan terdekatnya namun juga ke tampilan tidak langsung dari lingkungan nyata.

Hingga saat ini telah banyak yang melakukan penelitian mengenai teknologi AR dengan menerbitkan banyak makalah dan hasil penelitian seperti “Media Pembelajaran Moral pada Anak Usia Dini Berbasis Android” oleh lembaga Pendidikan (Alfazillah 2021), “Penilaian Risiko untuk Ergonomi dan Keselamatan dalam Logistik” pada Perusahaan (Pereira, Alves, and Arezes 2023), dan “GPS Based Tracking” pada Sistem Pengenalan Gedung Universitas Tanjungpura (Pragestu, Sujaini, and Putra 2015). Hal tersebut menunjukkan bahwa kelayakan dan inovasi *augmented reality* sebagai teknologi interaksi antara manusia dan komputer. Dalam banyak bidang, termasuk pendidikan, kesehatan, militer, dan industri, *Augmented Reality* sendiri telah banyak digunakan.

Salah satu elemen penting yang harus dipertimbangkan saat merancang menggunakan teknologi AR ini adalah pendeteksian marker. Marker diperlukan sebagai media untuk menampilkan objek tiga dimensi dalam desain AR. *Marker* sendiri adalah objek unik yang nantinya akan dipindai untuk mendeteksi *id* yang

didaftarkan pada *database* untuk memunculkan objek virtual. Sistem tidak dapat menampilkan objek 3 dimensi jika *marker* tidak terdeteksi.

Dalam pendeteksian marker, satu metode diperlukan. Masing - masing metode terdapat kelebihan serta kekurangannya tergantung dari pemilihan markernya. Penelitian ini akan menggunakan metode *FAST Corner Detection*, sebab *FAST Corner Detection* adalah metode pengenalan objek 2 dimensi yang menggunakan tingkat kecerahan objek gambar sebagai marker, yang menjadikan sistem dapat mengidentifikasi setiap nilai titik sudut piksel objek (Putra and Iqbal 2019).

Pengukuran peningkatan performa dari metode *FAST Corner Detection* dengan melakukan perbandingan dengan salah satu metode pendeteksian marker yaitu metode SURF. Perbandingan menggunakan metode SURF karena metode ini dalam ekstraksi pendeteksian fitur dilakukan secara cepat dibanding metode yang lain dan sering digunakan.

Metode *Speeded Up Robust Features* (SURF) menggabungkan algoritma *blob detection* serta *integral image* dengan determinan matriks *hessian*. Metode yang terinspirasi dari metode SIFT, pada tahapan *scale space representation* (Lowe 2002). Tujuan dari metode SURF adalah mengekstraksi fitur dengan mendeteksi fitur lokal citra tersebut secara cepat (Lowe 2002).

Selain itu, setelah berhasil melakukan peningkatan performa, untuk melihat performa dari metode *FAST Corner Detection* maka dibangunlah sistem *augmented reality* pada bidang pemasaran *furniture* melalui media brosur karena *furniture* sendiri memiliki sudut yang banyak sehingga cocok dengan metode

tersebut. Brosur yang sering dijumpai hanya berisikan gambar 2 dimensi dengan informasi terkait produk saja. Hal tersebut membuat pembaca tidak dapat melihat produk yang ditawarkan secara detail berbentuk nyata. Oleh karena itu, penulis membangun sebuah brosur yang mengimplementasikan teknologi *augmented reality* yang bertujuan untuk membuat brosur menjadi lebih menarik karena bisa menampilkan visualisasi detail bentuk objek 3 dimensi dari *furniture* yang diperjual belikan. Hal tersebut membuat pelanggan dapat melihat produk secara detail dan terasa nyata tanpa harus melihat produknya secara kasat mata.

Dengan demikian, penelitian ini diajukan untuk meningkatkan kemampuan marker detection. Pengujian performa dilakukan dengan membandingkan antara dua metode. Perbandingan dilakukan dengan acuan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu jurnal “Implementasi Algoritma *Speeded Up Robust Features* (SURF) Pada Pengenalan Rambu-Rambu Lalu Lintas” (Adi, Ichwan, and Miftahuddin 2017). Selain itu, untuk mengukur kinerja penilaian akurasi, presisi, dan *recall* akan menggunakan *confusion matrix*. Penelitian ini juga membangun sebuah sistem pemasaran produk *furniture* dengan menerapkan metode *FAST Corner detection* untuk proses deteksi marker berbasis teknologi *augmented reality* yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas pemasaran suatu produk. Sistem dengan menerapkan algoritma *FAST Corner detection* ini diharapkan dapat meningkatkan kecepatan dalam pendeteksian *marker* dan meminimalisir kegagalan saat pendeteksian *marker* sehingga mampu menciptakan sistem yang sempurna.

Penelitian ini juga dilakukan karena dalam Al-qur'an telah disebutkan bagaimana pentingnya dalam menimba ilmu sebab manusia dapat melintasi langit dan bumi dengan kekuatan hasil dari iptek yang memiliki keterbatasan. Hal tersebut tertuang pada Al-Qur'an surah Ar-Rahman ayat 33 yang berbunyi:

يَا مَعْشَرَ الْجِنِّ وَالْإِنسِ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانفُذُوا ۚ لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ

“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.” (Q.S. Ar-Rahman: 33).

Di dalam Q.S Ar-Rahman ayat 33 terkandung didalamnya sebagaimana penting ilmu pengetahuan dan juga teknologi dalam kehidupan umat manusia. Menuntut ilmu tidak hanya pada hal akhirat saja, namun juga mengenai keduniaan salah satunya yaitu mengembangkan teknologi, termasuk teknologi *augmented reality* ini.

1.2 Pernyataan Masalah

Bagaimana Seberapa besar peningkatan performa metode FAST Corner Detection dari segi kecepatan dan keakuratan dalam deteksi marker pada augmented reality hingga menampilkan objek 3 dimensi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah seperti berikut :

1. Ketentuan marker yang dipakai ialah 1 marker hanya untuk 1 animasi 3 dimensi.
2. Marker yang digunakan adalah single marker.

3. Aplikasi ini dibangun berbasis unity3D.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, berdasarkan beberapa pernyataan masalah diatas adalah untuk mempelajari bagaimana metode *FAST Corner Detection* berfungsi dalam proses pendeteksian marker dalam AR, yang menampilkan objek 3 dimensi.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut adalah beberapa manfaat dari penelitian ini :

1. Mengembangkan teknologi *Augmented Reality (AR)* didalam pemasaran produk.
2. Menghasilkan sebuah aplikasi yang berbasis *AR* menggunakan metode *FAST Corner Detection* sebagai bahan bantu pemasaran produk *furniture* dalam bentuk animasi 3 dimensi.
3. Mengetahui performa dari metode *FAST Corner Detection*

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Salah satu penelitian sebelumnya tentang penerapan teknologi AR dan metode FAST berjudul “Penerapan *Augmented Reality* dalam Media Periklanan Katalog Interaktif untuk Bisnis Properti di Kota Medan Berbasis Android” yang dilakukan oleh Ahmad Zakir, Dedy Irawan, Putri Harliana. Penelitian ini membahas mengenai pembangunan aplikasi berbasis *augmented reality* sebagai media promosi katalog bisnis *properti* yang didesain dengan metode *Natural Features Tracking*. Adanya penelitian ini membuat media promosi menjadi lebih interaktif dan menarik karena ditampilkan dalam bentuk 3D dan dapat di rotasi 360 derajat (Zakir, Irwan, and Harliana 2017).

Penelitian selanjutnya yaitu dengan judul “Pemanfaatan *Augmented Reality* untuk Pengenalan *Landmark* Pariwisata Kota Surakarta” yang dilakukan oleh Firdhaus Hari S A H dan Ovy Diansari Hendrati. Penelitian ini membangun media pengenalan yang digunakan sebagai pengenalan *landmark* pariwisata Surakarta berbasis *augmented reality*. Penelitian ini ditujukan pada pengunjung agar mempermudah dalam mencari lokasi dan informasi wisata. Hasil pengujian dari aplikasi ini terhadap 20 responden sebagai taster mendapatkan respon baik hingga sangat baik sebanyak 85% yang berarti aplikasi yang dibangun sesuai dengan yang diinginkan (Haris and Hendrati 2018).

Kemudian, penelitian dengan judul “*Augmented Reality* sebagai Media Edukasi Mengenai Lapisan Atmosfer menggunakan Algoritma *FAST Corner*”

yang dilakukan oleh Danang Aji Pangestu, Fauziah, dan Nur Hayati. Penelitian ini menggunakan metode AR untuk membuat sistem yang mengajarkan anak-anak tentang lapisan atmosfer. Penelitian ini memanfaatkan metode *natural feature tracking-Multi marker target* dan algoritma *Fast Corner*. Hasil uji dari penelitian ini didapatkan bahwa android versi 8.1 (*Oreo*) mampu dengan jarak maksimal \pm 50 cm, pada android 9.0 (*Pie*) mampu dengan jarak maksimal \pm 70 cm, dan terakhir pada android 10.0 (*Q*) mampu dengan jarak maksimal \pm 80 cm yang berarti nilai piksel tidak dapat dilacak dan marker tidak dapat dilacak semakin jauh jarak piksel dari kamera (Pangestu dkk., 2020).

Penelitian lainnya yaitu dengan judul “*Marker Based Augmented Reality* pada Buku POA dengan *Metode Fast Corner Detection*” yang dilakukan oleh Caraka Aji Pranata, Ema Utami, dan Emha Taufiq Luthfi. Penelitian ini membangun sebuah aplikasi AR pada buku Peralatan Olahraga Anak untuk memberi kemudahan penggunaan peralatan olahraga. Penelitian ini menyelidiki seberapa efektif metode FAST Corner Detection. Hasil dari pengujian didapatkan bahwa deteksi maksimal terdapat ketika dilakukan pengujian di luar ruangan dengan jarak 40 cm (Pranata 2021).

2.2 Augmented Reality

Teknologi yang dikenal sebagai Augmented Reality atau AR ini dapat menggabungkan dunia nyata serta dunia virtual yang diolah melalui komputer untuk membuat sebuah keadaan dimana menampilkan objek virtual (maya) dengan objek nyata dan menghasilkan jarak antar keduanya hampir tidak kelihatan (Amin 2020). Perkembangan *Augmented Reality* semakin pesat

perkembangannya yang memungkinkan pengembangan aplikasi di berbagai bidang salah satunya yaitu di bidang pemasaran.

Augmented Reality adalah bentuk varian dari *Virtual Environments* yang dikenal sebagai *Virtual Reality* (VR). Penerapan teknologi VR ini memungkinkan *user* masuk ke dunia virtual secara utuh. Saat *user* telah bergabung ke lingkungan itu, maka *user* tidak dapat melihat lingkungan yang sebenarnya di sekelilingnya. Tetapi berbeda dengan *Augmented Reality*, teknologi ini membuat *user* tetap bisa melihat lingkungan yang nyata disekitar dan ditambahkan objek virtual yang bergabung menjadi satu dengan lingkungan nyata tersebut. Teknologi AR ini hanya menambah ataupun membuat lingkungan nyata menjadi lengkap dan berbeda dengan teknologi VR yaitu sepenuhnya menggantikan yang ada di dunia nyata.

AR adalah teknologi yang telah ditemukan selama sekitar 40 tahun lamanya sejak pertama kali diperkenalkannya aplikasi VR. Seiring dengan berdetiknya waktu, AR telah berkembang dengan begitu pesat sehingga pengembangan aplikasi ini sekarang ada di berbagai bidang salah satunya yaitu *ensitive*.

Sekarang ini, sudah terdapat beberapa literatur yang berisi bagaimana penerapan *Augmented Reality* dalam *ensitive*. *Augmented Reality* (AR) dapat diterapkan dalam berbagai pelajaran seperti geometri, identifikasi objek, serta hubungan spasial antara planet dan struktur molekul. *Augmented reality* mempunyai kelebihan yaitu lebih interaktif dan lebih efektif penggunaannya, dapat diterapkan secara luas ke berbagai media, menampilkan beberapa objek karena pemodelan objek yang sederhana. Sedangkan untuk kelemahan dari

augmented reality adalah *ensitive* terhadap perubahan sudut pandang, produsen tidak banyak dan membutuhkan banyak memori pada perangkat yang diinstal.

Dengan terdapatnya teknologi *augmented reality* ini membuat lingkungan nyata yang ada di sekitar menjadi bisa interaksi pada bentuk digital. Informasi yang banyak belum diketahui terhadap objek di sekitarnya bisa ditambahkan melalui sistem dengan teknologi tersebut yang kemudian informasi tersebut akan tersampaikan dengan menampilkan di atas *layer* dunia nyata dengan *realtime* yang membuat informasi seolah-olah disampaikan dalam bentuk nyata.

Teknologi *AR* adalah salah satu cabang teknologi yang masih tergolong baru tetapi telah mengalami kemajuan yang sangat signifikan. Kemajuan teknologi tersebut di industri *mobile telephone* atau *smartphone* juga telah mengalami perkembangan yang paling impresif.

2.2.1 *Marker Based Tracking*

Salah satu pendekatan teknologi *AR* adalah pengawasan berbasis data marker. Marker berfungsi sebagai media yang memungkinkan penampilan objek virtual di atasnya. Aplikasi sudah mengintegrasikan marker ke dalam *AR* dengan menggunakan perangkat kamera untuk mengidentifikasi posisi dan orientasi berupa 3 bentuk sumbu x, y, z dari *marker* tersebut (Kusuma 2018).

Metode *marker based tracking* adalah metode lacak yang memakai gambar atau *marker*. Aplikasi ini memilih penggunaan marker selain karena kesesuaiannya untuk diterapkan sebagai aspek pembelajaran, tetapi juga cenderung membaca *marker* dengan cepat dalam proses tampilnya objek tiga dimensi (Syahrin, Apriyani, and Prasetyaningsih 2016). *Marker* memiliki tingkat

keberhasilannya sendiri berdasarkan jenisnya dalam menampilkan objek tiga dimensi yang telah dipengaruhi oleh bermacam-macam parameter seperti jarak ke pixel dan jarak ke warna. Oleh karena itu, penelitian lanjutan akan dilakukan untuk melihat metode pengawasan berbasis marker berdasarkan parameter yang mempengaruhi tingkat keberhasilan perolehan dalam menampilkan objek tiga dimensi dalam aplikasi AR.

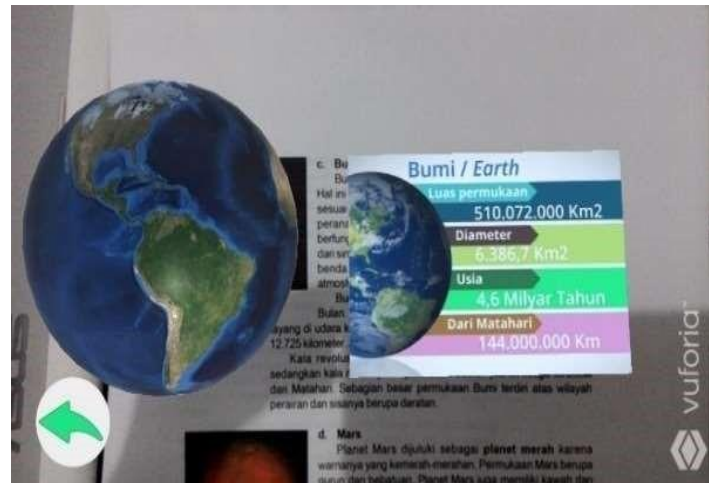
2.2.2 *Markless Based Tracking*

Markless Based Tracking adalah suatu metode dari teknologi AR yang saat ini berkembang, user tidak perlu mencetak *marker* terlebih dahulu untuk menampilkan objek digital tersebut dengan menggunakan metode ini. Marker posisi akan mendeteksi arah, lokasi, dan perangkat, perusahaan Immersion dan Qualcomm telah mengembangkan teknologi AR dengan berbagai macam Teknik *markless tracking* (Rahman et al. 2014).

2.2.3 *Image Tracking*

Image tracking dikenal sebagai suatu teknik untuk mengidentifikasi dan melacak objek dalam bentuk gambar. Teknik ini tidak memerlukan garis hitam serta area putih atau kode untuk mengidentifikasi objek seperti marker biasa (Indriani, Sugiarto, and Purwanto 2016). *Image Tracking* merupakan pengembang teknologi AR untuk mendeteksi suatu objek tidak perlu menggunakan *frame marker*. Dalam *augmented reality* dengan *image tracking* ini, penggunaan *marker* untuk target gambar yang sebelumnya menempati banyak ruangan dapat diganti menggunakan suatu *image* atau dapat digantikan sebagai pengganti permukaan

dengan tulisan, logo, atau gambar yang digunakan sebagai objek yang dilacak supaya membuat seperti lebih nyata dan lebih interaktif serta tidak mengurangi lagi efisiensi ruangan (Rumajar, Lumenta, and Sugiarto 2015). Gambar 2.1 menunjukkan contoh visualisasi objek 3 dimensi *image tracking*.



Gambar 2. 1 Contoh Visualisasi Objek 3D Image Tracking

2.3 Algoritma *FAST Corner Detection*

Tom Drummond, Edward Rosten, dan Reid Porter mengembangkan metode *FAST Corner Detection*. Metode ini diciptakan untuk mempercepat waktu komputasi secara real time atau langsung, yang berarti keakuratan deteksi sudut berkurang. Kelebihan teknik ini adalah kemampuan untuk meningkatkan ekstraksi fitur. (Pangestu et al. 2020). Selain itu, metode tersebut dapat secara cepat menentukan sudut gambar yang digunakan sebagai *marker* dengan banyak sudut, yang membuatnya mudah dan cepat mengenali *marker* yang ditangkap oleh kamera (Arini and Fitriana 2019). Proses yang dilakukan metode ini adalah dimulai dengan menentukan titik p di koordinat (X_p, Y_p) pada citra. Lalu, dibandingkan antara intensitas titik p tadi dengan 4 buah titik di sekitarnya. Titik-

titik tersebut pertama terdapat di koordinat $(X, Yp - 3)$, kedua di koordinat $(Xp + 3, Y)$, ketiga di koordinat $(X, Yp + 3)$, dan terakhir keempat di koordinat $(Xp - 3, Y)$ (Priantama, Wahyudin, and Wibowo 2021).

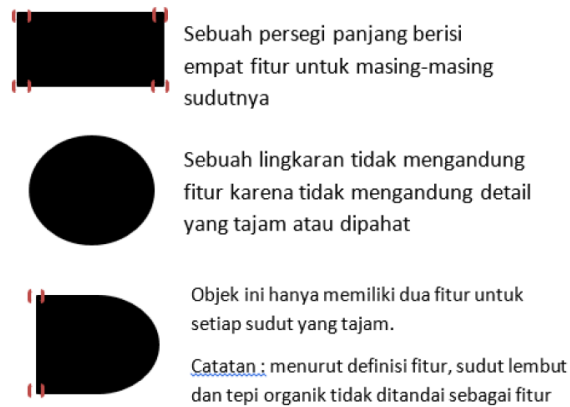
Ketika intensitas di titik p lebih besar atau lebih kecil dari intensitas tiga titik disekitarnya, ditambah intensitas ambang, atau batas, titik p dianggap sebagai sudut. Selanjutnya, titik p digeser ke koordinat $(Xp+1, Yp)$ dan memiliki intensitas yang sama di keempat titik di sekitarnya. Proses tersebut dilakukan secara terus menerus hingga semua titik pada sebuah citra telah dibandingkan.



Gambar 2. 2 Contoh Rating Augmentable

Pada algoritma ini untuk menilai seberapa baikkah *image* dideteksi dapat dilihat dari *rating* bintangnya. Peringkat ini nantinya akan ditunjukkan pada *Target Manager* untuk setiap target yang ditambahkan melalui web AI. *Rating* yang dapat ditingkatkan berkisar dari 0 hingga 5 untuk setiap gambar yang diberikan. Rating yang lebih tinggi untuk target berarti rating yang dapat ditingkatkannya lebih tinggi tidak dapat dilacak sama sekali oleh sistem teknologi AR. Namun sebaliknya, jika rating bernilai 5 yang berarti sistem dapat dengan

mudah mendeteksi gambar menggunakan teknologi tersebut seperti contoh Gambar 2.2.



Gambar 2. 3 Jenis Deteksi Fitur

Hal yang dapat mempengaruhi deteksi fitur adalah kontras. Peningkatan kontras gambar atau gambar pemilihan gambar dengan detail rincian yang bulat, blur serta kompres gambar secara berlebihan dapat mempengaruhi pendeteksian dan pelacakan gambar dengan baik karena tidak memberikan cukup rincian dari gambar tersebut. Contoh dari struktur gambar yang memiliki fitur bisa dilihat pada Gambar 2.3. Sebuah fitur itu tajam dan salah satunya yang seringkali terjadi adalah sudut pada benda yaitu sebagai berikut:

1. *Type Trackable*

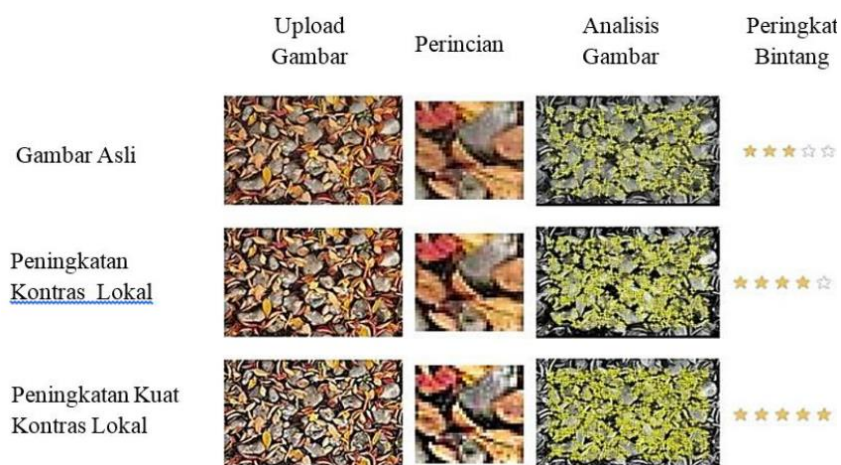
- a. *UNKOWN_TYPE* : Pelacakan tidak diketahui
- b. *IMAGE_TARGET* : Pelacakan menggunakan gambar
- c. *MULTI_TARGET* : Pelacakan secara gabungan
- d. *MARKER* : Pelacakan suatu *marker*

2. *Name Trackable*

Name trackable adalah sebuah kalimat spesial yang dapat digunakan dalam identifikasi *tracking* di *database*. Hanya huruf A-Z, A-Z, 0-9, dan [-_.] dapat digunakan dalam penulisan nama, dengan jumlah maksimal 64 karakter.

3. *Status Trackable*

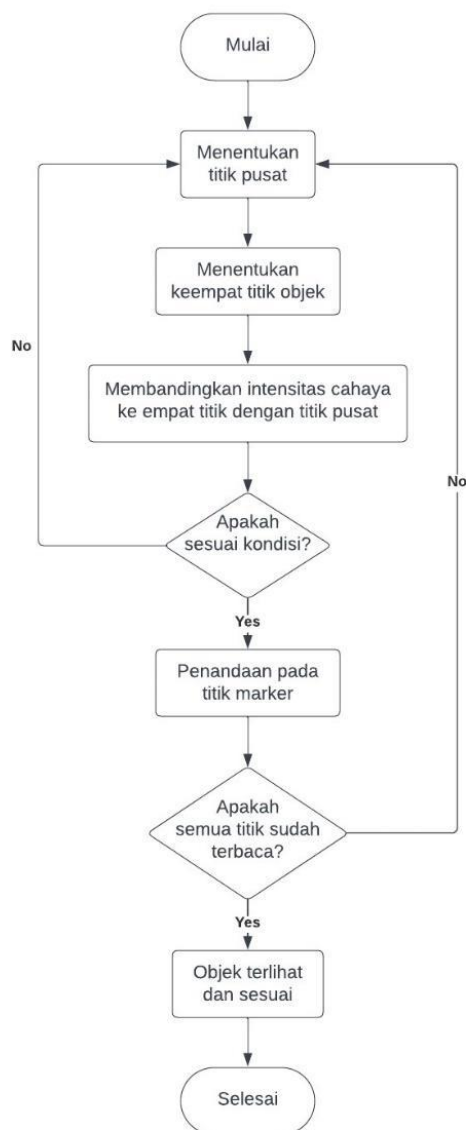
Saat *status trackable* *DETECTED*, *TRACKED*, dan *EXTENDED_TRACKED*, fungsi *OnTrackingFound()* akan dipanggil. Fungsi ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan hasil *output* berupa objek.



Gambar 2. 4 Contoh Peningkatan Kontras

Gambar 2.4 menunjukkan contoh dari bagaimana cara peningkatan kontras lokal target. Gambar di atas menggunakan gambar dengan 2 lapisan. Lapisan pertama atau depan merupakan daun multi-warna, sedangkan lapisan kedua atau belakang merupakan permukaan bertekstur. Lapisan hanya terlihat pada editor grafis yang

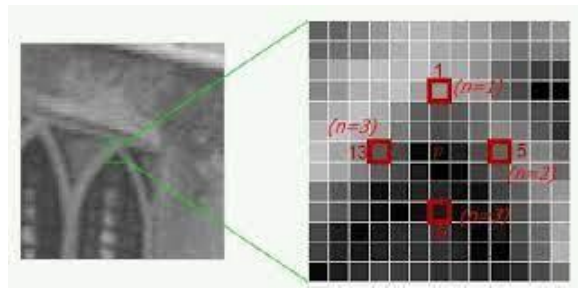
digunakan, saat memasukkan ke *target manager* selalu menggunakan gambar pipih seperti dengan format gambar PNG atau JPG. Gambar dapat dideteksi dan dilacak dengan baik jika gambar memiliki distribusi fitur yang seimbang. Pada Gambar 2.5 di bawah ini menunjukkan *flowchart* mendeteksi *marker* dengan teknik FAST.



Gambar 2. 5 Flowchart Metode FAST Corner Detection

Ada empat langkah utama dalam metode/teknik FAST untuk mendeteksi marker, yaitu :

1. Menentukan sebuah titik p pada sebuah citra pada posisi awal (Xp, Yp)
2. Menentukan keempat titiknya yaitu titik pertama ($n = 1$) terletak di koordinat $(Xp, Yp + 3)$, kemudian titik kedua ($n = 2$) terletak di koordinat $(Xp + 3, Yp)$, titik ketiga ($n = 3$) terletak di koordinat $(Xp, Yp - 3)$, dan terakhir titik keempat ($n = 4$) terletak di koordinat $(Xp - 3, Yp)$.



Gambar 2. 6 Contoh Membandingkan 4 Titik

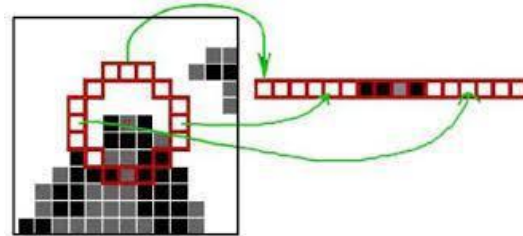
3. Membandingkan intensitas titik pusat p dengan keempat titik disekitarnya yang telah ditentukan sebelumnya. Jika ada tiga titik yang memenuhi syarat dibawah ini, maka titik pusat p adalah titik sudut.
4. Cara memastikan titik suatu sudut adalah seluruh *pixel* dibagi menjadi tiga *subset* yaitu *pixel dark*, *pixel similar* dan *pixel brighter*.

$$C = \{l_p - l_n < t \quad \dots \text{Normal} \quad l_n - l_p > t \quad \dots \text{Brighter} \quad l_p - l_n > t \quad \dots \text{Normal} \quad (2.1)$$

Dengan,

- C : Keputusan titik p sebagai sudut, nilai 1 menunjukkan bahwa titik adalah suatu sudut dan nilai 0 menunjukkan bahwa titik bukanlah suatu sudut
- l_n : Nilai intensitas pixel ke- n
- l_p : Nilai intensitas titik p
- t : batas ambang nilai intensitas yang ditoleransi

5. Membandingkan semua intensitasnya dengan mengulangi proses hingga seluruh titik pada gambar.



Gambar 2. 7 Contoh Hasil Akhir FAST

2.4 Algoritma SURF

Speeded Up Robust Features atau SURF adalah *Metode Speeded Up Robust Features* (SURF) ialah teknik/metode yang menggabungkan algoritma *blob detection* dan *integral image* dengan acuan determinan matriks hessian metode yang terinspirasi dari metode *SIFT*, pada tahapan *scale space representation* (Lowe 2002). Tujuan dari metode *SURF* adalah mengekstrasi fitur dengan mendeteksi fitur lokal citra tersebut secara cepat (Lowe 2002). Metode *SURF* bersifat *invariant scale* sama seperti metode *SIFT* yang menjadikan skala dan rotasi tidak begitu berpengaruh. Metode ini sendiri terbagi menjadi berbagai langkah-langkah berikut :

1. *Integral Image*

Langkah awal pada metode ini adalah menyiapkan gambar masukan dalam format grayscale. Gambar yang dihasilkan kamera kemudian dipresentasikan menjadi integral image, yang kemudian menghasilkan representasi gambar/citra.

2. *Interest Point Detection*

Interest Point Detection yang stabil dan berisi banyak informasi terhadap gangguan gambar digital lokal dan internasional adalah langkah berikutnya.. Metode ini menggunakan *blob detection* yaitu memilih deteksi titik perhatian yang bersifat *invariant* terhadap skala.

3. *Feature Description*

Feature description adalah tahapan untuk memperoleh deksripsi pada fitur-fitur *image* yang diamati. Pertama yang dilakukan yaitu melihat orientasi dominan pada *image* yang kemudian dibangun sebuah area untuk memperoleh nilainya dan menemukan fitur korespondensi dalam *image* pembanding.

4. *Feature Matching*

Feature Matching adalah proses membandingkan fitur dari hasil perhitungan dari langkah sebelumnya, hanya jika ada perbedaan secara nyata dari tanda *trace hessian matrix*.

2.5 *Confusion Matrix*

Alat ukur yang disebut *Confusion Matrix* digunakan untuk menghitung kinerja suatu sistem atau metode di bidang pengenalan pola dan temu kembali informasi. Hasil yang didapatkan dengan menggunakan *confusion matrix* adalah nilai akurasi, presisi dan *recall*. *Confusion matrix* diketahui sebagai matriks hasil yang berasal dari prediksi klasifikasi dan data actual yang dikerjakan oleh metode klasifikasi (Amalina 2019). Jadi, isi dari *confusion matrix* adalah informasi dari sistem yang telah dibandingkan antara hasil pengelompokan satu dengan hasil pengelompokan lain yang diharapkan atau keluar. Tabel 2.1 menunjukkan kinerja sistem klasifikasi dihitung menggunakan beberapa data pada tabel matriks, terdapat 4 istilah sebagai representasi hasil tahap klasifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. 1 *Confusion Matrix*

		Nilai Sebenarnya	
		<i>TRUE</i>	<i>FALSE</i>
Nilai Prediksi	<i>TRUE</i>	<i>TP (True Positive)</i>	<i>FP (False Positive)</i>
	<i>FALSE</i>	<i>FN (False Negative)</i>	<i>TN (True Negative)</i>

Sehingga, rumus dari akurasi, presisi, dan *recall* adalah sebagai berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2.2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.3)$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2.4)$$

Keterangan:

TP : Hasil pencarian yang relevan dan sesuai harapan

FP : Hasil pencarian yang tidak relevan namun hasil muncul secara tidak terduga

FN : Hasil pencarian yang relevan namun hasil tidak muncul sesuai yang diharapkan

TN : Hasil pencarian yang tidak relevan dan tidak terdapat hasil

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Sistem yang akan dibangun akan berfungsi sebagai alat pemasaran untuk industri *furniture* tradisional untuk mempromosikan berbagai produknya. Media pemasaran yang digunakan berupa brosur. Namun, brosur memanfaatkan teknologi *augmented reality* agar pemasaran produk *furniture* menjadi lebih interaktif dan lebih efektif. Pada aplikasi ini, single akan digunakan dengan ketentuan bahwa setiap marker hanya dapat digunakan untuk satu objek animasi 3 dimensi. Sedangkan untuk menampilkan objek animasi furniture diperlukan dua belas marker. Penulis membuat blok diagram penelitian sebagai langkah pertama dalam membuat aplikasi ini. Hal ini bertujuan untuk memudahkan penulis dalam membangun aplikasi secara terstruktur yang dimulai dari penentuan objek penelitian hingga *build* aplikasi ke *android platform*.

Hasil akhir dari sistem yang dibangun adalah bahwa ketika pengguna mengarahkan kamera ke marker yang telah dibuat, mereka dapat melihat objek furniture tiga dimensi yang bergerak sesuai dengan marker tersebut. Pembangunan sistem ini dimulai tahap penentuan objek penelitian. Setelah menemukan objek penelitian yang akan dibangun yang dilakukan adalah identifikasi masalah dan tujuan dari pembangunan aplikasi ini. Kemudian masuk ke tahap pembuatan aplikasinya yaitu pengumpulan data-data yang dibutuhkan seperti desain objek 3D *furniture* dan desain *marker*. Software Blender digunakan untuk membuat furniture 3 dimensi dan kemudian diekspor untuk dimasukkan ke

unity begitu juga dengan *marker*. Tahap berikutnya adalah pengolahan data dengan menyusun atau pembuatan aplikasi sesuai rancangan sistem menggunakan metode *tracking marker FAST corner detection*. Setelah semua selesai, dilanjutkan pengujian aplikasi dalam *unity* dan mengamati setiap *output* yang ditunjukkan. Jika terdapat *error* seperti objek 3 dimensi tidak bisa ditampilkan atau *marker* dengan objek 3 dimensi yang ditampilkan tidak sesuai maka periksa kembali sistem pada *unity* dan lakukan *import* ulang objek 3 dimensi sesuai dengan *marker* yang dibuat. Jika *error* telah diatasi dan aplikasi ketika dijalankan telah sesuai dengan rancangan yang di bangun, oleh karena itu, build aplikasi untuk platform Android.

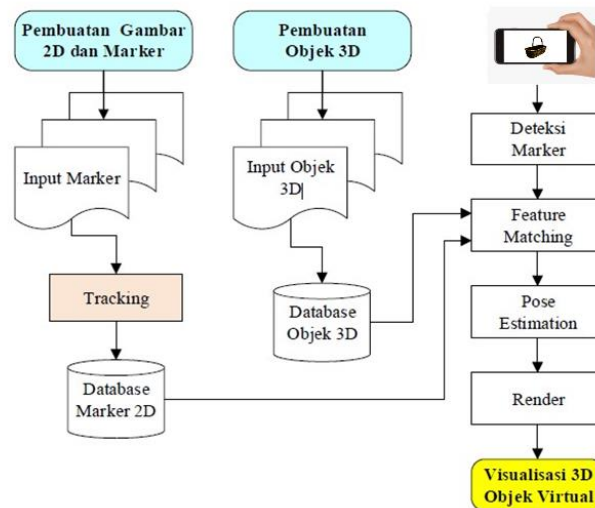
3.2 Analisa Sistem

Sistem yang dibangun dalam penelitian ini untuk media pemasaran bagi industri *furniture* dalam mempromosikan produk-produknya. Sistem ini memanfaatkan teknologi *augmented reality* yang digunakan dalam menampilkan produk beserta informasi yang terkait. *Output* kemudian akan ditampilkan ketika kamera AR ditujukan ke *marker* yang dituju dengan memunculkan objek sesuai dengan *marker* terdeteksi. Pada aplikasi ini menyajikan 5 *marker furniture* tradisional.

3.2.1 Deskripsi AR

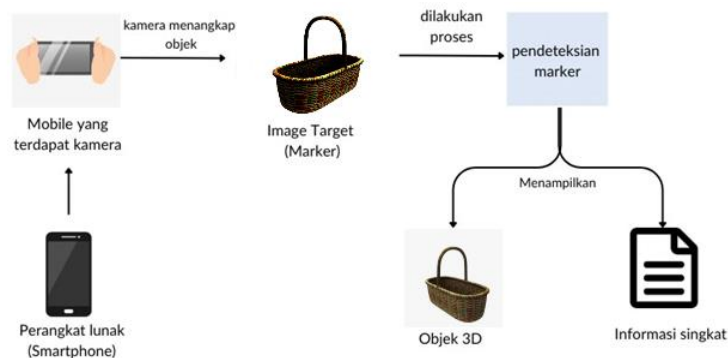
Perancangan aplikasi *augmented reality* adalah penggabungan antara *image* 2D atau *marker* dengan objek 3D. Untuk menampilkan objek 3D melewati beberapa tahapan proses dimulai dari pembuatan *marker*, pembuatan objek 3D,

tracking marker hingga *rendering*. Pada Gambar 3.8 di bawah menunjukkan alur proses pembuatan sistem AR pemasaran produk *furniture* yang akan dijelaskan secara lanjut dalam sub bab berikutnya.



Gambar 3. 8 Diagram Aplikasi AR

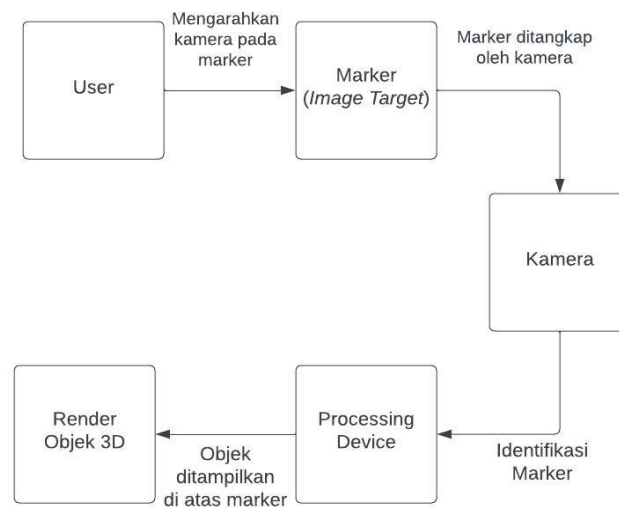
3.2.2 Deskripsi Sistem



Gambar 3. 9 Rancangan Proses Pemasaran Furniture Aplikasi

Gambar 3.9 merupakan rancangan proses pemasaran *furniture* aplikasi yang menjelaskan bahwa ketika kamera AR dijalankan, gambar yang digunakan sebagai *marker* menjadi penentu informasi yang kemudian akan ditampilkan.

Ketika suatu *marker* telah terdeteksi dengan sistem, objek akan ditampilkan sebagai *furniture* sesuai dengan *marker* yang dideteksi. Namun, jika objek *furniture* tidak muncul berarti *marker* yang telah dideteksi tidak terdapat di dalam *database*. Pada Gambar 3.10 menampilkan diagram blok dari arsitektur aplikasi.



Gambar 3. 10 Diagram Blok Arsitektur Aplikasi

Berdasarkan Gambar 3.10 di atas bisa disimpulkan bahwa alur sistem pada analisis sistem media pemasaran bagi industri *furniture* sebagai berikut:

1. *User*

User adalah pengguna atau customer yang akan menjalankan aplikasi pemasaran produk *furniture* ini. Tugas dari seorang user adalah mengarahkan kamera yang aktif ke *marker* yang telah disediakan untuk menunjukkan objek 3 dimensi dari *furniture* yang tersedia. *User* dapat dengan mudah melihat *furniture-furniture* yang tersedia.

2. Marker (*Image Target*)

Sistem akan mengenali marker atau *image target* untuk menampilkan objek 3 dimensi. Dibawah ini akan dijelaskan tahapan proses penginisialisasian ini, yang disebut proses pengawasan.

3. Input Marker






Hal pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan marker yang akan digunakan sebagai *image target* untuk menampilkan objek 3D. Tabel 3.2 ialah marker rambu lalu lintas yang akan digunakan nantinya, sedangkan Tabel 3.3 merupakan marker *furniture* yang nantinya digunakan.


Tabel 3.2 Marker Rambu Lalu Lintas

No.	Nama Objek	<i>Image Marker</i>
1	Tikungan ke kiri	
2	Ada penyebrangan pejalan kaki	
3	Wajib mengikuti arah ke kiri	

No.	Nama Objek	<i>Image Marker</i>
4	Perintah kecepatan minimum yang diwajibkan	
5	Larangan masuk bagi kendaraan bermotor dan tidak bermotor	
6	Dilarang parkir	

Tabel 3.3 Marker *Furniture*

No.	Nama Objek	<i>Image Marker</i>
1	Keranjang buah	
2	Kursi sofa rotan	
3	Lampu	
4	Karpets	
5	Kursi rotan	

6	Sofa garis	
7	Sofa Abu-abu	
8	Sofa hitam	
9	Sofa bundar	
10	Kursi bundar	

11	Kursi plastik	
12	Kursi kayu	

4. *Resize*

Resize adalah tahapan merubah ukuran gambar yang akan dijadikan sebagai *marker*. Tahapan ini digunakan agar ukuran gambar seragam dan mengurangi kuantitas *pixel* untuk meningkatkan perhitungan pendeteksian marker. Algoritma yang digunakan untuk mengubah ukuran gambar menjadi 320 x 320 pixel ditunjukkan pada *pseudocode* 3.1 di bawah ini.

Pseudocode 3.1 Resize

```
image, imgx, imgy

Max_x <- 320 /*maksimal nilai lebar gambar*/

Max_y <- 320 /*maksimal nilai panjang gambar*/

If (imgx >= Max_x)

    Scale = Max_x/imgx

    new_imgx = imgx * Scale

    new_imgy = imgy * Scale

endif

if (new_imgy > Max_y)

    Scale = Max_y/new_imgy

    new_imgx = new_imgx * Scale

    new_imgy = new_imgy * Scale

endif

if (imgy < Max_x)

    new_imgx = imgx

endif

if (imgy < Max_y)

    new_imgy = imgy

endif
```

Hasil dari *resize image* ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Hasil Proses *Resize*

5. *Grayscale*

Grayscale adalah tahap mengubah warna gambar menjadi monokrom, dengan intensitas hitam 0 dan putih 255, serta abu-abu berkisar antara 0 dan 255. Secara umum, rumus proses grayscale adalah bahwa jumlah pixel baru = (Merah + Biru + Biru) / 3. Algoritma proses *grayscale* dapat ditinjau pada *pseudocode* 3.2 di bawah ini.

Pseudocode 3. 2 *Grayscale*

```

image,x,Max_y
for (i=0; i<x; i++)
    for(j=0; j<y; j++)
        Getpixel(i,j)
        int grayscale = (int)
        ((originalcolor.R)+(originalcolor.G)+(originalcolor.B)/3)
        Newimage(i,j,grayscale)
    endfor
endfor
  
```

Hasil dari proses *converting RGB ke grayscale* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Hasil Proses Graysca

6. Histogram

Histogram dibuat untuk membuat penyaluran derajat keabuan pada gambar menjadi lebih rata sehingga penitikan marker awal dapat dilihat. Algoritma yang digunakan pada *pseudocode* 3.3 di bawah ini.

Pseudocode 3.3 Histogram

```
A,int N,int M /*A=array gambar, N=Pjg gbr, M=Lebar gbr*/
/*inisialisasi Hist[o,255] dengan 0*/
for(i=0;i<=255;i++)
    Hist[i]=0
endfor
/*mencegah frekuensi kemunculan*/
for(i=0;i<=255;i++)
    for (j=0; j<=N-1; j++)
        for(k=0,k<=M-1;k++)
            if(A[j,i]==j-1)
                Hist[j]=Hist[j]+1
            endif
        endfor
    endfor
endfor
```

Hasil dari proses *converting grayscale* menjadi *histogram* bisa ditinjau pada Gambar 3.13 di bawah ini.



Gambar 3. 13 Hasil Proses *Histogram*

7. *Threshold*

Threshold atau biasa disebut ambang batas merupakan proses yang sebagai referensi untuk proses penentuan titik marker, yang dilakukan setelah konversi menjadi *histogram* selesai. Setelah konversi menjadi *histogram* selesai maka yang dilakukan selanjutnya adalah proses *threshold* pada nilai *saturation*. Algoritma proses *threshold* dapat ditinjau pada *pseudocode* 3.4 di bawah ini.

Pseudocode 3.4 Threshold

```
Tmean = 0 /*nilai awal t*/

for(i =0;i<level;i++)
  for(j=0;j<panjang_pixel-1;j++)
    for(k=0;k<lebar_pixel-1;k++)
      N= image[i], [y]
      if(n<=T)
        new_x=0
        new_y=0
        t=k;
      else
        new_x=255
        new_y=255
      endif
    endfor
  endfor
endfor
```

Hasil dari proses *converting histogram ke threshold* dapat ditinjau dari

Gambar 3.14 di bawah.



Gambar 3.14 Hasil Proses *Threshold*

8. Deteksi Poin *Marker*

Hasil gambar proses batas akan diproses guna mengidentifikasi letak titik marker dan mencocokkan pola dengan metode Fast. Selanjutnya, titik poin akan disimpan dalam bentuk gambar. Algoritma proses deteksi poin *marker* dapat ditinjau pada *pseudocode* 3.5 di bawah ini.

Pseudocode 3.5 Deteksi Poin *Marker*

```

fastcd =Ix2.*Ixy.^2)./(Ix2+Iy+eps);

tresh = 12;

max = ordfilt2(fastcd, ukuran^2, ones(ukuran));

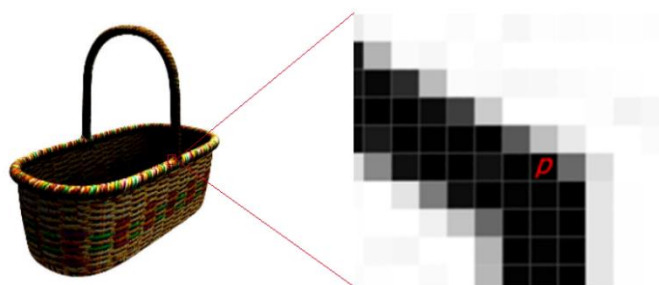
[row, col] = find(max);

Points = [col, row];

```

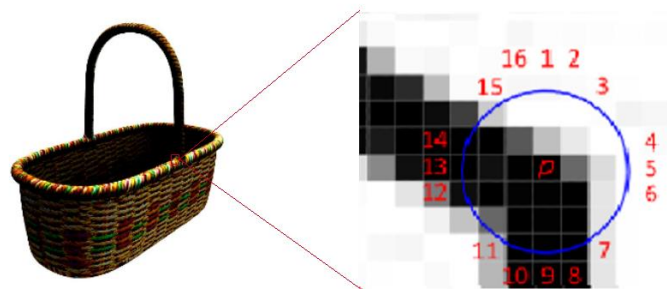
Algoritma ini diawali dengan mengidentifikasi titik p terhadap koordinat yang telah ditentukan yaitu (x_p, y_p) . Secara jelas proses tahapan algoritma *FAST* adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan sebuah titik p pada sebuah *image* dengan posisi pertama (X_p, Y_p) .



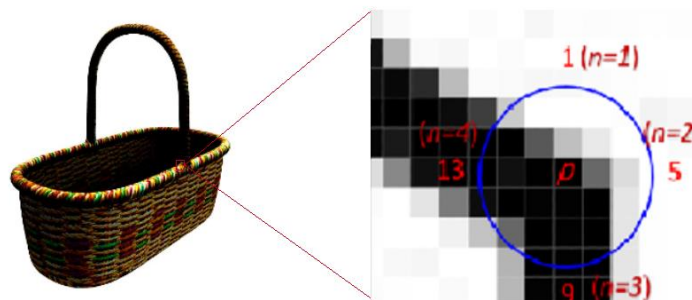
Gambar 3. 15 Proses Menentukan Titik P

- b. Menentukan 16 titik *pixel* berjarak radius 3 *pixel* dari titik p yang telah ditentukan sebelumnya.



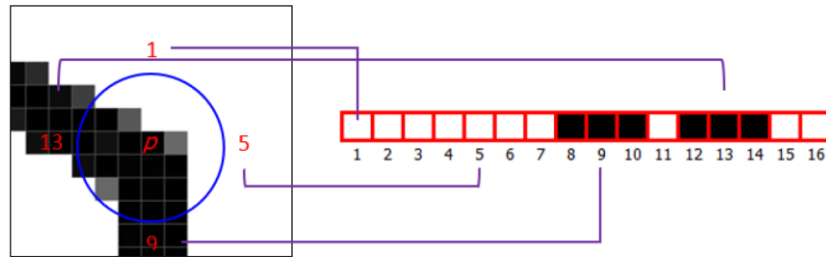
Gambar 3. 16 Proses Menentukan 16 Titik

- c. Menentukan keempat titik dari 16 *pixel* yaitu titik ($n = 1$) pada koordinat $(Xp, Yp + 3)$, kemudian titik ($n = 2$) pada koordinat $(Xp + 3, Yp)$, titik ($n = 3$) pada koordinat $(Xp, Yp - 3)$, dan terakhir titik ($n = 4$) pada koordinat $(Xp - 3, Yp)$.



Gambar 3. 17 Proses Menentukan 4 Titik

- d. Membandingkan intensitas titik pusat p dengan keempat titik di sekitarnya yang telah ditentukan sebelumnya. Jika ada tiga titik yang memenuhi syarat dibawah ini, maka titik pusat p adalah titik sudut.



Gambar 3. 18 Proses Perbandingan

Rumus matematis dapat dilihat di bawah ini.

$$C = \{l_p - l_n < t \quad \dots \text{Normal} \quad l_n - l_p > t \quad \dots \text{Brighter} \quad l_p - l_n > t \quad \dots \text{Normal} \quad (3.5)$$

Dengan,

C : Keputusan titik p sebagai sudut, nilai 1 menunjukkan bahwa titik adalah suatu sudut dan nilai 0 menunjukkan bahwa titik bukanlah suatu sudut

l_n : Nilai intensitas *pixel* ke- n

l_p : Nilai intensitas titik p

t : batas ambang nilai intensitas yang ditoleransi

- e. Mengulangi seluruh proses pada gambar telah dibandingkan dengan intensitasnya.

Gambar 3.19 merupakan hasil dari deteksi poin *marker*. Semakin banyak titik poin pada *marker* tersebut, semakin baik gambar tersebut dijadikan *marker* karena dapat mendeteksi marker dengan lebih cepat.

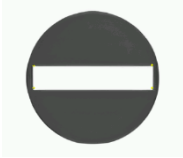

Pada tabel 3.4 merupakan hasil deteksi poin marker pada sistem rambu lalu lintas, sedangkan pada tabel 3.5 merupakan hasil deteksi poin marker pada sistem *furniture*.



Gambar 3. 19 Hasil Proses Deteksi Poin Marker

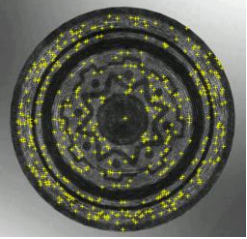
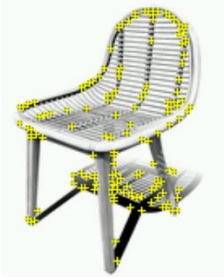
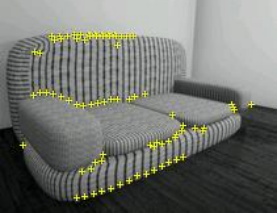

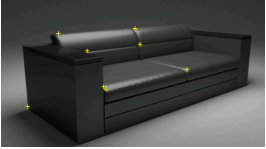
Tabel 3. 4 Hasil Deteksi Poin Marker Rambu Lalu Lintas

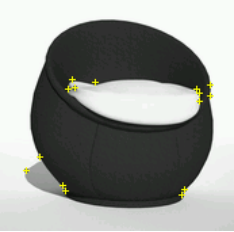

No.	Nama Objek	Poin Marker
1	Tikungan ke kiri	
2	Ada penyebrangan pejalan kaki	
3	Wajib mengikuti arah ke kiri	
4	Perintah kecepatan minimum yang diwajibkan	

No.	Nama Objek	Poin Marker
5	Dilarang masuk bagi kendaraan bermotor dan tidak bermotor	
6	Dilarang parkir	

Tabel 3. 5 Hasil Deteksi Poin Marker *Furniture*

No.	Nama Objek	Poin Marker
1	Keranjang buah	
2	Kursi sofa rotan	
3	Lampu	

4	Karpet	
5	Kursi rotan	
6	Sofa garis	
7	Sofa Abu-abu	
8	Sofa hitam	

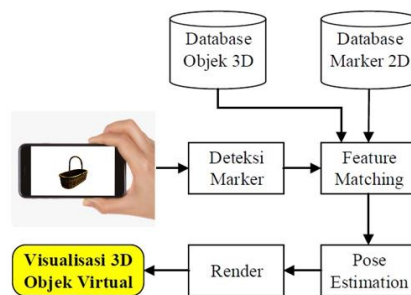
9	Sofa bundar	
10	Kursi bundar	
11	Kursi plastic	
12	Kursi kayu	

3.2.3 Kamera

Spesifikasi *camera* adalah hanya perlu kamera tunggal. Kamera disini digunakan untuk mengambil gambar dan melakukan *tracking marker* yang selanjutnya akan dilakukan registrasi atau pendaftaran *marker*. Peneliti dapat melakukan *setting* ketika telah memulai dan menghentikan penangkapan gambar.

Pada penelitian ini menggunakan *mobile device* android dengan perincian prosesor mediatek helio G96, RAM 6 GB, GPU Mali-G57 MC2, CPU Octa-core (2x2.05 GHz Cortex-A76 & 6x2.0 GHz Cortex-A55) serta kamera 64 MP.

3.2.4 *Processing Device*



Gambar 3. 20 Diagram Proses *Processing Device*

Gambar 3.20 adalah diagram *processing device* untuk memvisualisasikan objek 3D. Pertama yang dilakukan untuk visualisasi objek 3D adalah dengan mendeteksi *marker* 2D terlebih dahulu. Setelah itu melakukan proses pencocokan antara *marker* yang akan dideteksi kamera dengan *marker* yang sudah di konfigurasi atau tracking sebelumnya pada saat pembuatan apakah telah sesuai. Jika ternyata hasil yang didapatkan cocok, maka selanjutnya dilakukan input objek 3D virtual serta render. Namun, jika ternyata hasilnya adalah tidak cocok maka kembali lagi pada tahap *scanning*.

3.2.5 *Render Objek*

Render objek merupakan tahapan terakhir dari proses *augmented reality* aplikasi media pemasaran bagi industri *furniture*. *Rendering* berguna sebagai penggabungan antara objek virtual dengan dunia nyata. *Rendering* terjadi ketika

hasil *tracking* antara *marker* dengan objek 3D sesuai. Gambar 3.21 di bawah ini menunjukkan ilustrasi visual aplikasi yang ditampilkan setelah proses *render* berhasil.



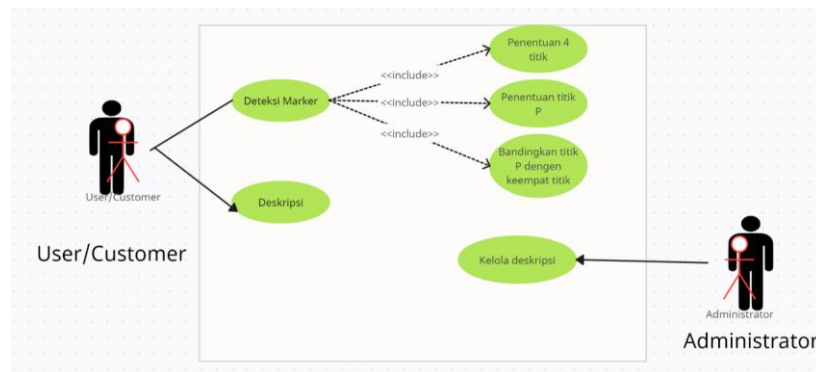
Gambar 3. 21 Ilustrasi Visual Hasil Render

3.3 Analisa Sistem

Analisa sistem berisi tentang perencanaan sistem yang dibangun dengan baik yang bertujuan untuk memberi gambaran yang jelas mengenai jalannya sistem.

3.3.1 Use Case Diagram

Use case adalah skenario penggambaran yang terjadi antara *user* terhadap sistemnya. Diagram *use case* berisi gambaran tentang relasi antara aktor dengan aktivitas yang bisa dilakukan pada aplikasi. Pada gambar 3.22 di bawah menunjukkan diagram *use case* aplikasi yang dibangun.



Gambar 3. 22 Use Case Diagram

3.3.2 Skenario Use Case

Skenario *use case* berisikan urutan tindakan yang dijalankan oleh aktor terhadap sistem. Tabel 3.6 adalah skenario dari *tracking marker*.

Tabel 3. 6 Skenario Use Case Tracking Marker

Nama Use Case	Tracking Marker
Tujuan	Sistem mampu mengenali <i>marker</i> yang dideteksi
Kondisi awal	<i>Marker</i> masih belum dikenali
Keberhasilan kondisi akhir	Sistem mampu untuk mengidentifikasi <i>marker</i>
Kegagalan kondisi akhir	Sistem tidak mampu mengidentifikasi <i>marker</i>
Aktor pertama	<i>User</i>
Aktor kedua	<i>Marker</i>
<i>Include</i>	Menampilkan objek 3D

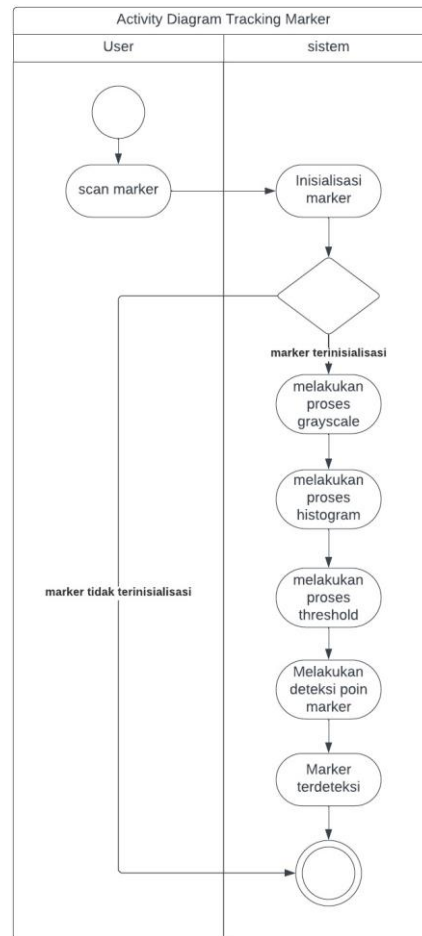
Pemicu	Kamera mendeteksi tempat <i>marker</i>
Aliran Utama	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>User/customer</i> mengarahkan kamera ke <i>marker</i> 2. Kamera dapat menangkap <i>marker</i> 3. Sistem dapat mengenali <i>marker</i> 4. Sistem me-<i>render</i> objek 3D 5. Menampilkan objek 3D diatas <i>marker</i>
Perluasan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem tidak mampu mengenali pola <i>marker</i> 2. Sistem tidak bisa menampilkan objek 3D

3.3.3 Activity Diagram

Activity diagram sistem yang akan didirikan dijelaskan seperti :

a. *Activity Diagram Tracking Marker*

Diagram aktivitas pelacakan penanda atau *Activity diagram tracking marker* adalah alur proses pelacakan *marker*. Diagram ini dapat ditinjau seperti gambar 3.23 sebagai berikut:

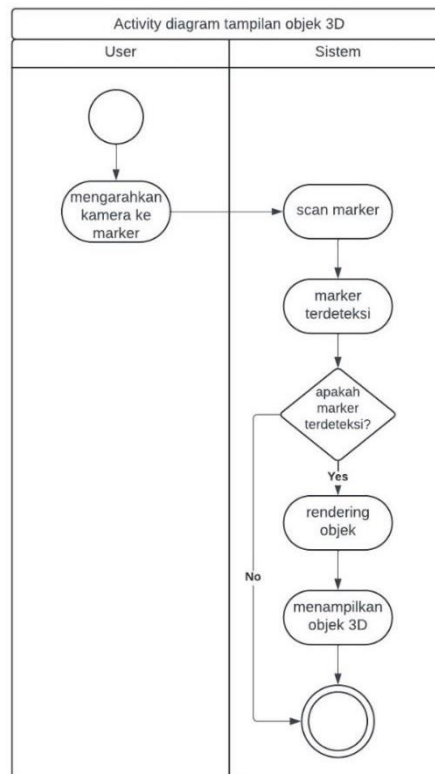


Gambar 2. 23 Activity Diagram Tracking Marker

Gambar 3.23 adalah proses *tracking marker* yang dimulai dari *user* mengarahkan kamera ke *marker*, kemudian dilanjutkan proses inisialisasi *marker*. Apabila *marker* terinisialisasi, dapat dilakukan proses *grayscale* hingga *marker* dapat terdeteksi. Namun, apabila *marker* tidak dapat terinisialisasi kemudian dapat dilanjutkan pada proses berikutnya.

b. Activity Diagram Tampilkan Objek 3 Dimensi

Activity Diagram tampilkan objek 3 dimensi menunjukkan alur proses untuk menampilkan objek 3 dimensi. Activity diagram tampilkan objek 3D seperti pada Gambar 3. 24 di bawah ini.



Gambar 3. 24 Activity Diagram Tampilkan Objek 3D

Gambar 3.24 merupakan alur proses dimulai dari *user* atau *customer* mengarahkan posisi kamera ke *marker* yang kemudian, sistem dapat mendeteksi marker. Jika terdeteksi, rendering objek dapat dilakukan, dan sistem akan menampilkan objek 3 dimensi diatas marker.

3.4 Desain Pengujian Perbandingan Metode

Pada tahap ini adalah desain pengujian performa sistem *augmented reality* dengan membandingkan antara dua metode yaitu metode FAST sistem yang dibangun dengan metode SURF sistem yang telah ada. Perbandingan dilakukan dengan acuan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu jurnal

“Implementasi Algoritma *Speeded Up Robust Features* (SURF) Pada Pengenalan Rambu-Rambu Lalu Lintas”.

Perbandingan akan menggunakan marker yang sama persis dengan marker yang terdapat pada jurnal “Implementasi Algoritma *Speeded Up Robust Features* (SURF) Pada Pengenalan Rambu-Rambu Lalu Lintas” yaitu terdapat 6 *marker* bergambar rambu lalu lintas (Adi et al. 2017). Pengujian performa akan menggunakan keadaan lingkungan terang agar dapat menyesuaikan sistem dengan keadaan yang nyata. Parameter yang digunakan adalah kemiringan sudut 0°, 30°, 45°, 60°, dan 75°. Perbandingan akan dilihat dari seberapa cepat *marker* terdeteksi dan informasi hasil dari kedua metode.

3.5 Desain Pengujian Sistem *Furniture*

Pada tahap ini adalah desain pengujian sistem *augmented reality* menampilkan objek 3D *furniture* tradisional sebagai media pemasaran dengan metode *FAST Corner Detection*. Terdapat 12 *marker furniture* yang akan diuji dengan parameter kemiringan sudut 0°, 30°, 45°, 60°, 75°. Pengujian akan menggunakan keadaan lingkungan terang agar dapat menyesuaikan sistem dengan keadaan yang nyata. Dari pengujian tersebut akan didapatkan informasi apakah *marker* berhasil di deteksi atau tidak.

Setelah dilakukan masing-masing pengujian, maka untuk mengukur akurasi dari sistem tersebut, digunakan metode *confusion matrix* dalam pengukurannya. Metode pengukuran ini akan mendapatkan tingkat nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall*. Tabel 3.7 merupakan tabel *confusion matrix*.

Tabel 3.7 *Confusion Matrix*

		Nilai sebenarnya	
		<i>TRUE</i>	<i>FALSE</i>
Nilai Prediksi	<i>TRUE</i>	<i>TP (True Positive)</i>	<i>FP (False Positive)</i>
	<i>FALSE</i>	<i>FN (False Positive)</i>	<i>TN (True Negative)</i>

Persamaan dari akurasi, presisi, dan *recall* adalah sebagai berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3.6)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.7)$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (3.8)$$

Keterangan:

TP : Hasil pencarian yang relevan dan sesuai harapan

FP : Hasil pencarian yang tidak relevan namun hasil muncul secara tidak terduga

FN : Hasil pencarian yang relevan namun hasil tidak muncul sesuai yang diharapkan

TN : Hasil pencarian yang tidak relevan dan tidak terdapat hasil revisi yang muncul.

Sehingga, persamaan dari sistem yang dibangun nanti yaitu:

$$Precision = \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Jumlah objek yang dipisahkan}} \quad (3.9)$$

$$Recall = \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Jumlah objek yang sebenarnya}} \quad (3.10)$$

$$Accuracy = \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Total jumlah objek}} \quad (3.11)$$

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai percobaan dan evaluasi *output* perbandingan sistem rambu lalu lintas dengan menerapkan metode *FAST Corner Detection* dan metode SURF. Perbandingan dilakukan dengan acuan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu jurnal “Implementasi Algoritma *Speeded Up Robust Features* (SURF) Pada Pengenalan Rambu-Rambu Lalu Lintas” (Adi et al. 2017). Uji coba dilakukan untuk mengetahui peningkatan performa dari metode *FAST Corner Detetction*. Selain itu, bab ini juga membahas pengimplementasian metode FAST pada sistem *furniture* untuk melihat performa dengan marker yang memiliki banyak sudut. Hasil uji yang dilakukan dapat dijadikan sebagai saran dan kesimpulan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam pembangunan aplikasi AR yang menerapkan metode tersebut.

4.1 Implementasi *Marker* dan Objek 3D

Implementasi marker dan objek 3D berisikan *image marker* yang digunakan dan objek 3D yang akan ditampilkan dari setiap *marker* serta poin *marker* hasil deteksi menggunakan metode *FAST*. Pada bagian ini menunjukkan *image marker* mana saja yang dapat menampilkan objek 3D sesuai dengan *markernya* masing-masing.

4.1.1 Penerapan *Marker* dan Objek 3D Rambu Lalu Lintas

Marker yang diaplikasikan adalah rambu lalu lintas sesuai dengan *marker* yang digunakan pada jurnal “Implementasi Algoritma *Speeded Up Robust Features* (SURF) Pada Pengenalan Rambu-Rambu Lalu Lintas”. Sedangkan untuk objek 3D nya sendiri disini menggunakan perumpamaan berupa angka. Nama objek, *image marker*, objek 3D dan hasil poin *marker* dapat ditinjau pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Objek Rambu Lalu Lintas

No.	Nama Objek	<i>Image Marker</i>	Objek 3D	Hasil Deteksi	Poin <i>Marker</i>
1	Tikungan ke kiri				
2	Ada penyebrangan pejalan kaki				
3	Wajib mengikuti arah ke kiri			Tidak terdeteksi	

No.	Nama Objek	<i>Image Marker</i>	Objek 3D	Hasil Deteksi	<i>Poin Marker</i>
4	Perintah kecepatan minimum yang diwajibkan				
5	Larangan masuk bagi kendaraan bermotor dan tidak bermotor			Tidak terdeteksi	
6	Dilarang parkir				

Tabel 4.8 adalah penerapan marker dan objek 3D rambu lalu lintas. Marker pertama yaitu objek tikungan ke kiri dengan objek 3D yang digunakan adalah angka 1. *Poin marker* yang terdeteksi sangat banyak sehingga marker tersebut dapat menampilkan objek 3D. *Poin marker* dapat dilihat dari tanda (+) yang ada di baris tabel paling kanan. Selanjutnya pada marker kedua yaitu

penyebrangan pejalan kaki dengan objek 3D yang digunakan adalah angka 2. Poin marker yang terdeteksi juga sangat banyak sehingga *marker* tersebut dapat menampilkan objek 3D. Lalu, pada ketiga yaitu wajib mengikuti arah kiri dengan objek 3D yang digunakan adalah angka 3. Poin *marker* yang terdeteksi sangat sedikit yaitu hanya tujuh poin *marker* saja yang mengakibatkan *marker* tidak dapat menampilkan objek 3D. Pada *marker* keempat yaitu perintah kecepatan minimum yang diwajibkan dengan objek 3D yang digunakan adalah angka 4. Poin *marker* yang terdeteksi juga sangat banyak sehingga *marker* tersebut dapat menampilkan objek 3D. Selanjutnya pada marker yang keenam yaitu Dilarang masuk untuk kendaraan bermotor dan tidak bermotor dengan objek 3D yang digunakan adalah angka 5. Sama halnya seperti *marker* ketiga, poin marker yang terdeteksi sangat sedikit yaitu hanya 4 poin marker saja yang mengakibatkan marker tidak dapat menampilkan objek 3D. Terakhir yaitu marker keenam dengan nama marker dilarang parkir dengan objek 3D yang digunakan adalah angka 6. Poin *marker* yang terdeteksi juga sangat banyak yang membuat *marker* tersebut dapat menampilkan objek 3D. Sehingga, dapat dilihat bahwa semakin banyak poin *marker*, maka semakin cepat pula *marker* terdeteksi dan menampilkan objek 3D. Begitu sebaliknya, semakin sedikit poin marker, maka semakin susah *marker* terdeteksi dan bahkan bisa tidak dapat menampilkan objek 3D.




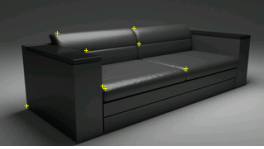


4.1.2 Penerapan *Marker* dan Objek 3D *Furniture*







Penerapan *marker* dan objek 3D yang digunakan bertema *furniture* sesuai sistem yang dibangun. Terdapat 12 *marker* yaitu 5 *marker* bertema *furniture*

tradisional dan 7 markernya lebih ke modern. Nama objek, image *marker*, objek 3D dan hasil poin marker dapat ditinjau pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Objek *Furniture*

No.	Nama Objek	<i>Image Marker</i>	Objek 3D	Poin Marker
1	Keranjang buah			
2	Kursi sofa rotan			
3	Lampu			
4	Karpas			

5	Kursi rotan			
6	Sofa garis		Tidak terdeteksi	
7	Sofa Abu-abu		Tidak terdeteksi	
8	Sofa Hitam		Tidak terdeteksi	
9	Sofa bundar		Tidak terdeteksi	

10	Kursi bundar		Tidak terdeteksi	
11	Kursi plastik		Tidak terdeteksi	
12	Kursi kayu		Tidak terdeteksi	

Tabel 4.9 adalah penerapan marker dan objek 3D rambu lalu lintas. Marker pertama pertama hingga kelima merupakan objek dari furniture tradisional. Pada marker pertama yaitu keranjang buah dapat menampilkan objek 3 dimensi dikarenakan poin marker yang terdeteksi sangat banyak. Poin marker dapat dilihat dari tanda (+) yang ada di baris tabel paling kanan. Selanjutnya, karena banyaknya poin marker yang terdeteksi, sofa rotan juga dapat menampilkan objek tiga dimensi, dan lampu juga dapat menampilkan objek tiga dimensi. Pada marker keempat yaitu karpet pun juga dapat menampilkan objek 3D dikarenakan poin marker yang terdeteksi sangat banyak. Lalu, pada marker

kelima yaitu kursi rotan juga sama seperti marker sebelumnya juga dapat menampilkan objek 3D dikarenakan poin marker yang terdeteksi sangat banyak. Kelima marker furniture tradisional tersebut dapat mendeteksi poin marker sangat banyak hingga dapat menampilkan objek 3D dikarenakan *marker* yang digunakan memiliki sudut yang banyak.




Selanjutnya, untuk tujuh *marker* sisanya yaitu dari objek *marker* keenam hingga terakhir merupakan objek *marker furniture* lebih ke modern. Pada *marker* keenam yaitu sofa garis tidak dapat menampilkan objek 3 dimensi dikarenakan poin *marker* yang terdeteksi sangat sedikit. Pada marker ketujuh yaitu sofa abu-abu juga tidak dapat menampilkan objek 3 dimensi dikarenakan poin *marker* yang terdeteksi sangat sedikit. Pada *marker* kedelapan yaitu sofa hitam juga tidak dapat menampilkan objek 3 dimensi dikarenakan poin *marker* yang terdeteksi sangat sedikit. Lalu, pada marker kesembilan yaitu sofa bundar juga tidak dapat menampilkan objek 3 dimensi karena poin marker yang terdeteksi sangat sedikit. Kursi bundar, titik kesepuluh, juga tidak dapat menampilkan objek 3 dimensi dikarenakan poin *marker* yang terdeteksi sangat sedikit. Pada *marker* kesebelas yaitu kursi plastik juga tidak dapat menampilkan objek 3D dikarenakan poin marker yang terdeteksi sangat sedikit. Terakhir yaitu marker kedua belas yaitu kursi kayu juga tidak dapat menampilkan objek 3D dikarenakan poin *marker* yang terdeteksi sangat sedikit. Ketujuh *marker furniture* modern tersebut hanya mendeteksi poin *marker* sangat sedikit bahkan ada yang dibawah sepuluh poin terdeteksi hingga mengakibatkan objek 3D tidak bisa ditampilkan. Hal tersebut disebabkan karena *marker* yang digunakan tidak memiliki banyak sudut.




Sehingga, dapat dilihat bahwa semakin banyak poin *marker*, maka semakin cepat pula *marker* terdeteksi dan menampilkan objek 3D. Begitu sebaliknya, semakin sedikit poin *marker*, maka semakin susah *marker* terdeteksi dan bahkan bisa tidak dapat menampilkan objek 3D.

4.2 Peningkatan Performa dalam Mengenali Objek 3D

Pengujian sistem yang dilakukan adalah pengujian pendeteksian *marker* yang dilakukan pada objek rambu lalu lintas untuk mengetahui peningkatan performa metode *Fast Corner Detection* membandingkan dengan metode SURF dilihat dari kecepatan dan keakuratannya. Hasil pengujian metode SURF menggunakan hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu pada jurnal “Implementasi Algoritma *Speeded Up Robust Features* (SURF) Pada Pengenalan Rambu-Rambu Lalu Lintas” (Adi et al. 2017) dengan membandingkan hasil pengujian menggunakan metode FAST Corner Detection yang dibangun dengan *marker* yang sama dengan *marker* metode SURF pada jurnal tersebut yaitu rambu lalu lintas. Terdapat 6 *marker* rambu lalu lintas yang digunakan Pengujian performa akan menggunakan keadaan lingkungan terang dan jarak antara kamera dengan *marker* adalah 30 cm. Parameter yang digunakan yaitu sudut kemiringan 0°, 30°, 45°, 60°, dan 75°. Hasil dari pengujian perbandingan kedua metode dapat ditinjau pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Pengujian Perbandingan Metode

No.	Nama Objek Marker	Citra Uji	Kemiringan	Waktu (ms) / FAST	Waktu (ms) / SURF	Hasil / FAST	Hasil / SURF
1	Tikungan ke kiri		0°	480	659	√	√
			75°	-	1415	X	√
			60°	1879	1949	√	√
			45°	1100	772	√	√
			30°	696	822	√	√
2	Ada penyebrangan pejalan kaki		0°	399	762	√	√
			75°	1038	1178	√	√
			60°	951	1316	√	√
			45°	1035	1319	√	√
			30°	447	1635	√	√
3	Wajib mengikuti arah ke kiri		0°	-	451	X	√
			75°	-	914	X	√
			60°	-	721	X	√
			45°	-	763	X	√
			30°	-	1334	X	√

4	Perintah kecepatan minimum yang diwajibkan		0°	396	1092	√	√
			75°	561	1353	√	√
			60°	632	1809	√	√
			45°	489	619	√	√
			30°	705	708	√	√
5	Larangan masuk bagi kendaraan bermotor dan tidak bermotor		0°	-	-	X	X
			75°	-	-	X	X
			60°	-	-	X	X
			45°	-	-	X	X
			30°	-	-	X	X
6	Dilarang parkir		0°	414	754	√	√
			75°	964	2500	√	√
			60°	511	1024	√	√
			45°	417	954	√	√
			30°	425	1959	√	√

Keterangan :

√ = Dapat menampilkan objek 3D

X = Tidak dapat menampilkan objek 3D

Tabel 4.10 adalah hasil pengujian sistem rambu-rambu lalu lintas menggunakan metode FAST dan metode SURF. Terdapat 6 marker rambu lalu

lintas yang digunakan dan di setiap markernya dilakukan sebanyak lima kali pengujian dengan berbagai kemiringan sudut.

Objek *marker* pertama adalah tikungan ke kiri. Berdasarkan pengujian menggunakan metode FAST dengan uji coba kemiringan sudut 0° , 60° , 45° , dan 30° , semua berhasil terdeteksi hingga dapat menampilkan objek 3D. Namun, pada kemiringan sudut 75° tidak berhasil menampilkan objek 3D karena kamera tidak bisa menangkap poin marker. Sedangkan untuk pengujian menggunakan metode SURF dengan uji coba kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° semua berhasil terdeteksi hingga dapat menampilkan objek 3D. Kecepatan menampilkan objek 3 dimensi tikungan ke kiri dengan metode SURF adalah 1.123,4 ms, sementara dengan metode FAST adalah 1.038,75 ms. Dari segi keakuratan untuk pengujian objek marker yang pertama ini, metode SURF lebih baik dibandingkan metode FAST karena dapat berhasil menampilkan objek dari semua sudut kemiringan, sedangkan metode FAST terdapat satu kemiringan yang tidak berhasil menampilkan objek 3D. Namun, dari segi kecepatan peningkatan performa berhasil ditingkatkan menggunakan metode FAST sebesar 7,5% yaitu lebih cepat 86,65 ms dari sebelumnya 1.123,4 ms menggunakan metode SURF menjadi 1.038,75 ms menggunakan metode FAST dapat dilihat pada tabel 4.11.

Objek *marker* kedua adalah ada penyebrangan pejalan kaki. Berdasarkan pengujian menggunakan metode FAST dan metode SURF dengan uji coba kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° , kedua metode tersebut berhasil mengenali marker hingga dapat menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D menggunakan metode FAST adalah 774 ms.

Sedangkan, rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D menggunakan metode SURF adalah 1.242 ms. Dari segi keakuratan untuk pengujian objek marker yang kedua ini, metode FAST maupun metode SURF memiliki keakuratan yang sama bagusnya karena sama-sama berhasil menampilkan objek 3D dari semua uji sudut kemiringan. Namun, dari segi kecepatan peningkatan performa berhasil ditingkatkan menggunakan metode FAST sebesar 38% yaitu lebih cepat 86,65 ms dari sebelumnya 1.242 ms menggunakan metode SURF menjadi 468 ms menggunakan metode FAST dapat dilihat pada tabel 4.11.

Objek *marker* ketiga adalah wajib mengikuti arah ke kiri. Berdasarkan pengujian menggunakan metode FAST dengan semua uji coba kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° , metode ini tidak dapat menampilkan objek 3D karena marker hanya memiliki poin *marker* yang sangat sedikit seperti penjelasan sebelumnya pada tabel 4.6. Sedangkan untuk metode SURF berhasil menampilkan objek 3D dari semua uji coba kemiringan sudut. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D menggunakan metode SURF adalah 836,6 ms. Sehingga, dari segi keakuratan dan kecepatan, metode SURF pada pengujian objek marker ketiga ini lebih baik dibandingkan metode FAST bisa ditinjau pada tabel 4.11.

Objek *marker* keempat adalah perintah kecepatan minimum yang diwajibkan. Berdasarkan pengujian menggunakan metode FAST dan metode SURF dengan uji coba kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° , kedua metode tersebut berhasil mengenali marker hingga dapat menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D menggunakan metode FAST adalah

557,2 ms. Sedangkan, rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D menggunakan metode SURF adalah 1.116,2 ms. Dari segi keakuratan untuk pengujian objek *marker* yang kedua ini, metode FAST maupun metode memiliki keakuratan yang sama bagusnya karena sama-sama berhasil menampilkan objek 3D dari semua uji sudut kemiringan. Namun, dari segi kecepatan peningkatan performa berhasil ditingkatkan menggunakan metode FAST sebesar 50% yaitu lebih cepat 559 ms dari sebelumnya 1.116,2 ms menggunakan metode SURF menjadi 557,2 ms menggunakan metode FAST. dapat dilihat pada tabel 4.11.

Objek *marker* kelima adalah larangan masuk bagi kendaraan bermotor dan tidak bermotor. Berdasarkan pengujian menggunakan metode FAST dan metode SURF dengan uji coba kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° , kedua metode tersebut sama-sama tidak berhasil menampilkan objek 3D. Sehingga, dari segi kecepatan maupun keakuratan, kedua metode tersebut pada pengujian marker kelima ini sama-sama tidak bagus.

Objek *marker* keenam adalah dilarang parkir. Berdasarkan pengujian menggunakan metode FAST dan metode SURF dengan uji coba kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° , kedua metode tersebut berhasil mengenali marker hingga dapat menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D dilarang parkir menggunakan metode FAST adalah 546,2 ms. Sedangkan, rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D dilarang parkir menggunakan metode SURF adalah 1.438,2 ms. Dari segi keakuratan untuk pengujian objek *marker* yang kedua ini, metode FAST maupun metode memiliki keakuratan yang sama bagusnya karena sama-sama berhasil menampilkan objek

3D dari semua uji sudut kemiringan. Namun, dari segi kecepatan peningkatan performa berhasil ditingkatkan menggunakan metode FAST sebesar 62% yaitu lebih cepat 892 ms dari sebelumnya 1.438,2 ms menggunakan metode SURF menjadi 546,2 ms menggunakan metode FAST dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hasil Peningkatan Performa

No.	Marker	FAST	SURF	Peningkatan Performa (%)
1		1.038,75	1.123,4	7,5%
2		86,65	1.242	38%
3		Tidak Terdeteksi	836,6	Tidak terjadi peningkatan
4		557,2	1.116,2	50%

5		Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak terjadi peningkatan
6		546,2	1.438,2	62%

Tabel 4. 12 Hasil Total Pengujian Perbandingan Metode

Jumlah <i>marker</i> dari berbagai sudut kemiringan yang dapat menampilkan objek 3D menggunakan metode FAST	19
Jumlah <i>marker</i> dari berbagai sudut kemiringan yang dapat menampilkan objek 3D menggunakan metode SURF	25
Rata-rata waktu hingga penampilan objek 3D (ms) menggunakan metode FAST	712,58 ms
Rata-rata waktu hingga penampilan objek 3D (ms) menggunakan metode SURF	1.151,28 ms

Tabel 4.12 adalah hasil total perhitungan pengujian perbandingan metode. Jumlah keakuratan *marker* yang dapat mendeteksi objek 3 dimensi dari berbagai sudut kemiringan dengan menggunakan metode FAST Corner Detection adalah 19 *marker*, sedangkan *marker* yang dapat mendeteksi objek 3 dimensidengan







metode SURF adalah 25 marker. Sedangkan untuk kecepatan rata-rata waktu hingga penampilan objek 3D (ms) menggunakan metode *FAST Corner detection* adalah 712,58 ms dan kecepatan rata-rata waktu hingga penampilan objek 3D (ms) menggunakan metode SURF adalah 1.151,28 ms yang artinya performa berhasil ditingkatkan dengan total sebesar 38% atau 438,7 ms lebih cepat.

4.3 Implementasi AR metode *FAST Corner Detection* Sistem *Furniture*

Implementasi *Augmented Reality* pada sistem *furniture* dengan metode *FAST Corner Detection* dibangun karena melihat dari pembahasan sebelumnya pada sistem rambu lalu lintas, metode *FAST* berhasil meingkatkan performa dalam deteksi marker lebih cepat dibandingkan metode *SURF*. Oleh karena itu, disini dibangun sistem *Furniture* dengan marker yang memiliki banyak sudut dan *furniture* dengan sudut yang sedikit untuk melihat performa dari metode *FAST*. Parameter yang digunakan dalam pegujian yaitu menggunakan berbagai kemiringan sudut dari 0°, 75°, 60°, 45°, dan 30°. Kondisi ruangan saat mendeteksi adalah terang dan dengan jarak antara kamera dengan *marker* yaitu 30 cm. Tabel 4.13 adalah hasil dari pengujian sistem *furniture*.

Tabel 4. 13 Pengujian Sistem *Furniture*

No.	Nama Objek	Citra Uji	Kemiringan	Waktu (ms) / FAST	Hasil
1	Keranjang buah		0°	108	√
			75°	208	√
			60°	123	√
			45°	118	√

			30°	117	√
2	Kursi sofa rotan		0°	111	√
			75°	214	√
			60°	173	√
			45°	130	√
			30°	129	√
3	Lampu		0°	421	√
			75°	479	√
			60°	469	√
			45°	351	√
			30°	278	√
4	Karpets		0°	461	√
			75°	891	√
			60°	673	√
			45°	420	√
			30°	385	√
5	Kursi rotan		0°	652	√
			75°	867	√
			60°	801	√
			45°	441	√
			30°	399	√
6	Sofa garis		0°	-	X
			75°	-	X
			60°	-	X
			45°	-	X
			30°	-	X
7	Sofa abu-abu		0°	-	X
			75°	-	X

			60°	-	X
			45°	-	X
			30°	-	X
8	Sofa hitam		0°	-	X
			75°	-	X
			60°	-	X
			45°	-	X
			30°	-	X
9	Sofa bundar		0°	-	X
			75°	-	X
			60°	-	X
			45°	-	X
			30°	-	X
10	Kursi bundar		0°	-	X
			75°	-	X
			60°	-	X
			45°	-	X
			30°	-	X
11	Kursi plastik		0°	-	X
			75°	-	X
			60°	-	X
			45°	-	X
			30°	-	X
12	Kursi Kayu		0°	-	X
			75°	-	X
			60°	-	X
			45°	-	X
			30°	-	X
Jumlah uji coba <i>marker</i> yang dikenali hingga menampilkan objek 3D/ metode FAST				25	

Rata – rata waktu pengenalan (ms) / metode FAST	319,52
---	--------

Keterangan :

√ = Dapat menampilkan objek 3D

X = Tidak Dapat menampilkan objek 3D

Tabel 4.13 adalah hasil pengujian sistem *furniture* menggunakan metode FAST Corner Detection. Setiap markernya dilakukan sebanyak lima kali pengujian dengan berbagai kemiringan sudut. Objek *marker* pertama adalah keranjang buah. Berdasarkan pengujian dengan kemiringan sudut 0°, 75°, 60°, 45°, dan 30°, semua berhasil terdeteksi hingga dapat menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D keranjang buah adalah 134,8 ms. Kemiringan sudut terbaik untuk mendeteksi *marker* adalah pada sudut 0° dengan kecepatan 108 ms.

Objek *marker* kedua adalah kursi sofa rotan. Berdasarkan pengujian dengan kemiringan sudut 0°, 75°, 60°, 45°, dan 30°, semua berhasil terdeteksi hingga dapat menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D kursi sofa rotan adalah 151,4 ms. Kemiringan sudut terbaik untuk mendeteksi *marker* adalah pada sudut 0° dengan kecepatan 111 ms.

Objek *marker* ketiga adalah lampu. Berdasarkan pengujian dengan kemiringan sudut 0°, 75°, 60°, 45°, dan 30°, semua berhasil terdeteksi hingga dapat menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D kursi lampu adalah 399,6 ms. Kemiringan sudut terbaik untuk mendeteksi *marker* adalah pada sudut 30° dengan kecepatan 278 ms.

Objek *marker* keempat adalah kursi karpet. Berdasarkan pengujian dengan kemiringan sudut 0°, 75°, 60°, 45°, dan 30°, semua berhasil terdeteksi hingga dapat

menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D kursi karpet adalah 566 ms. Kemiringan sudut terbaik untuk mendeteksi marker adalah pada sudut 30° dengan kecepatan 385 ms.

Objek *marker* kelima adalah kursi rotan. Berdasarkan pengujian dengan kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° , semua berhasil terdeteksi hingga dapat menampilkan objek 3D. Rata-rata kecepatan untuk menampilkan objek 3D kursi rotan adalah 632 ms. Kemiringan sudut terbaik untuk mendeteksi marker adalah pada sudut 30° dengan kecepatan 399 ms.

Selanjutnya untuk objek *marker* keenam hingga kedua belas yaitu *marker* sofa garis, sofa abu-abu, kursi kayu, sofa bundar, kursi bundar, kursi plastik, dan sofa hitam. Berdasarkan pengujian dengan kemiringan sudut 0° , 75° , 60° , 45° , dan 30° , semua memiliki hasil yang sama yaitu tidak berhasil menampilkan objek 3D. Hal tersebut berhubungan dengan yang sudah dijelaskan sebelumnya pada tabel 4.2 yaitu karena memiliki poin *marker* yang sangat sedikit, sehingga diuji dengan kemiringan sudut manapun tetap tidak dapat menampilkan objek 3D.

Berdasarkan dari semua uji coba yang sudah dilakukan, total uji coba *marker* yang bisa dikenali hingga dapat menampilkan objek 3D adalah 25 kali dengan kecepatan rata-rata waktu semua uji coba yang berhasil dilakukan adalah 319,52 ms. Lalu, untuk sudut kemiringan terbaik untuk deteksi *marker* adalah pada 0° dan 30° .

4.4 *Confusion Matrix*

Perhitungan *confusion matrix* dilakukan untuk mendapatkan seberapa besar keakuratan hasil uji coba sistem *Augmented Reality* yang dibangun, terdiri dari *accuracy*, *precision* dan *recall*.

4.4.1 *Confusion Matrix* Sistem Rambu Lalu Lintas

Terdapat sebuah sistem untuk mendeteksi objek 3D rambu lalu lintas. Total terdapat 6 *marker* rambu lalu lintas dengan total uji coba yang dilakukan adalah 30 kali karena setiap markernya dilakukan uji coba sebanyak 5 kali dengan sudut kemiringan 0°, 75°, 60°, 45°, dan 30°. Setelah dijalankan sistemnya, terdapat 19 kali uji coba yang berhasil di *render* karena kamera berhasil menangkap poin marker dan marker memiliki banyak sudut. Sedangkan terdapat 11 kali uji coba yang tidak berhasil di *render* karena kamera tidak berhasil menangkap poin marker dan marker yang digunakan tidak memiliki banyak sudut. Berapakah Tingkat *accuracy*, *precision* dan *recall*-nya?

Tabel 4. 14 *Confusion Matrix*

		Nilai sebenarnya	
		<i>TRUE</i>	<i>FALSE</i>
Prediksi	<i>TRUE</i>	19	11
	<i>FALSE</i>	0	0

$$\begin{aligned}
1. \text{ Precision} &= \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Jumlah objek yang dipisahkan}} \\
&= \frac{19}{19 + 11} = \frac{19}{30} = 0,63 = 63\% \\
2. \text{ Recall} &= \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Jumlah objek yang sebenarnya}} \\
&= \frac{19}{19 + 0} = \frac{19}{19} = 1 = 100\% \\
3. \text{ Accuracy} &= \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Total jumlah objek}} \\
&= \frac{19 + 0}{19 + 0 + 11 + 0} = \frac{19}{30} = 0,63 = 63\%
\end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan hasil dari uji coba perhitungan *Confusion Matrix* di atas ditemukan bahwa validasi kinerja dari sistem *Augmented Reality* objek 3D rambu lalu lintas yaitu accuracy 63%, precision 63% dan recall 100%.

4.4.2 *Confusion Matrix Sistem Furniture*

Terdapat sebuah sistem untuk mendeteksi objek 3D *furniture*. Total terdapat 12 *marker* diantaranya 5 *marker* objek *furniture* tradisional dan sebanyak 7 *marker* *furniture* lebih modern. Total uji coba yang dilakukan adalah 60 kali karena setiap markernya dilakukan 5 kali uji coba dengan kemiringan 0°, 75°, 60°, 45°, dan 30°. Setelah dijalankan sistemnya, terdapat 5 objek yang berhasil di *render* yaitu objek keranjang buah, kursi sofa rotan, lampu, karpet, dan kursi rotan dengan total 25 uji coba. Kemudian, terdapat 7 objek yang tidak berhasil di *render* yaitu objek sofa garis, sofa abu-abu, kursi kayu, sofa bundar, kursi bundar, kursi plastik dan sofa hitam dengan total 35 uji coba. Hal tersebut disebabkan karena 5 objek yang berhasil di *render* memiliki *marker* dengan sudut yang banyak

sehingga poin *marker* yang terdeteksi sangat banyak, sedangkan 7 objek yang tidak berhasil di *render* memiliki *marker* dengan sudut yang sedikit sehingga poin *marker* yang terdeteksi sangat sedikit pula. Berapakah Tingkat *accuracy*, *precision* dan *recall*-nya?

Tabel 4. 15 *Confusion Matrix*

		Nilai sebenarnya	
		<i>TRUE</i>	<i>FALSE</i>
Prediksi	<i>TRUE</i>	25	35
	<i>FALSE</i>	0	0

$$1. \text{ Precision} = \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Jumlah objek yang dipisahkan}}$$

$$= \frac{25}{25 + 35} = \frac{25}{60} = 0,41 = 41\%$$

$$2. \text{ Recall} = \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Jumlah objek yang sebenarnya}}$$

$$= \frac{25}{25 + 0} = \frac{25}{25} = 1 = 100\%$$

$$3. \text{ Accuracy} = \frac{\text{Jumlah objek yang dipisahkan dengan benar}}{\text{Total jumlah objek}}$$

$$= \frac{25 + 0}{25 + 0 + 35 + 0} = \frac{25}{60} = 0,41 = 41\%$$

Jadi, berdasarkan hasil dari uji coba perhitungan *Confusion Matrix* di atas ditemukan bahwa validasi kinerja dari sistem *Augmented Reality* objek 3D *furniture* yaitu *accuracy* 41%, *precision* 41% dan *recall* 100%.

4.5 Integrasi Nilai Islam

Setiap umat muslim dalam melakukan sesuatu seperti belajar, membaca, maupun menuntut ilmu pengetahuan semua harus berlandaskan Allah SWT. Hal tersebut dilakukan agar semua yang dikerjakan mendapatkan ridhanya Allah SWT. karena terjadinya hubungan yang serasi antara pecinta ilmu yaitu umat manusia dengan pemberi ilmunya yaitu Allah SWT. Semakin rajin kita menuntut ilmu maka semakin juga kita mendekatkan diri kepada Allah SWT. Pada kitab suci Al-Qur'an terdapat salah satu ayat yang berisi tentang mencintai IPTEK, yaitu pada Q.S. Ar-Rahman 55: 33.

اَمْعَشَرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسِ إِنْ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا ۚ لَا تَنْفُذُونَ
إِلَّا بِسُلْطَانٍ

“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.” (Q.S. Ar-Rahman: 33).

Ayat tersebut dijadikan sebagai isyarat ilmiah oleh sebagian ulama yang mengatakan bahwa ilmu merupakan kekuatan yang mutlak harus dimiliki oleh seluruh umat manusia karena jika ingin sukses merengkuh dunia maupun akhirat maka sangat ditekankan tentang ilmu baik akhirat maupun ilmu dunia. Begitu pula di bidang pemasaran, jika ingin memiliki bidang usaha yang semakin sukses, maka salah satunya adalah harus memiliki teknik marketing yang bagus dan canggih sehingga mampu mempunyai pelayanan yang lebih bagus pelanggan.

Salah satu teknologi yang di kembangkan di zaman sekarang adalah teknologi *augmented reality*. Penelitian ini membangun sistem *augmented reality* pada bidang pemasaran *furniture* melalui media brosur. Penulis membangun sebuah brosur yang mengimplementasikan teknologi *augmented reality* yang bertujuan untuk membuat brosur menjadi lebih menarik karena bisa menampilkan visualisasi detail bentuk objek 3 dimensi dari *furniture* yang diperjual belikan. Hal tersebut merupakan salah satu pemanfaatan ilmu pengetahuan dan pengembangan dari teknologi yang memiliki dampak besar di bidang pemasaran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Peningkatan performa deteksi marker diukur dari segi keakuratan dan kecepatan dengan melakukan perbandingan antara metode *FAST* dengan metode *SURF*. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada sistem rambu lalu lintas, peningkatan performa deteksi marker berhasil ditingkatkan menggunakan metode *FAST* sedangkan segi keakuratan metode *SURF* lebih baik dibanding metode *FAST* karena uji coba yang berhasil lebih banyak. Metode *FAST* sangat akurat jika di implementasikan pada marker yang memiliki banyak sudut seperti pada marker *furniture*.

Berdasarkan dari pengujian yang sudah dilakukan didapatkan hasil peningkatan performa memakai metode *FAST Corner Detection* berhasil ditingkatkan sebesar 38% yaitu lebih cepat 438,7 ms dari sebelumnya 1.151,28 ms menggunakan metode *SURF* menjadi 712,58 ms menggunakan metode *FAST*. Namun, dari segi keakuratan metode *SURF* berhasil mendeteksi marker sebanyak 25 kali uji coba sedangkan *FAST* sebanyak 19 kali uji coba. Pengukuran performa sistem rambu lalu lintas menggunakan *confusion matrix* didapatkan *accuracy* 63%, *precision* 63% dan *recall* 100%. Lalu, hasil pengimplementasian pada sistem *furniture* dari total 12 marker, terdapat 5 marker *furniture* tradisional dengan jumlah uji coba 25 kali yang dapat terdeteksi hingga menampilkan objek 3D yaitu marker keranjang buah, kursi sofa rotan, lampu, karpet, dan kursi rotan dari segi kecepatan sangat cepat yaitu 319,52 ms dan terdapat 7 marker *furniture*

lainnya yaitu marker sofa garis, sofa abu-abu, sofa hitam, sofa bundar, kursi bundar, kursi plastik dan kursi kayu tidak dapat terdeteksi karena marker tidak memiliki banyak sudut. Pengukuran performa sistem *furniture* menggunakan *confusion matrix* didapatkan *accuracy* 41%, *precision* 41% dan *recall* 100%.

5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan untuk pengembangan penelitian berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu :

1. Pengujian dengan menggunakan sudut kemiringan yang lain.
2. Pengujian menggunakan spesifikasi hp yang lebih bagus.
3. Pengujian menggunakan perbandingan kondisi cahaya gelap dan terang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Firma Firmansyah, Muhammad Ichwan, and Yusup Miftahuddin. 2017. "Implementasi Algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) Pada Pengenalan Rambu – Rambu Lalu Lintas." *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi* 3(3):575–87. doi: 10.28932/jutisi.v3i3.692.
- Alfazillah, Muhammad. 2021. "Penerapan Augmented Reality Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Moral Pada Anak Usia Dini Berbasis Android (Studi Kasus : Taman Kanak-Kanak Islam Terpadu Padang Kemangi Natuna)." 1–101.
- Amalina, Niela. 2019. "Uji Akurasi Aplikasi Augmented Reality Pembelajaran Huruf Alfabet Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Pada Vuforia Menggunakan Confusion Matrix." *Universitas Islam Negerimaulana Malik Ibrahim, Malang*.
- Amin, Syahril. 2020. "Perancangan Aplikasi Pengenalan Alat-Alat Praktikum Laboratorium Kimia Berbasis Augmented Reality." *Jurnal Ilmiah Indonesia* 5(1):1–9.
- Arini, Arini, and Eis Akmeliny Fitrana. 2019. "Pengembangan Aplikasi Katalog Rumah Berbasis Augmented Reality Menggunakan Algoritma FAST." *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)* 4(1):9. doi: 10.14421/jiska.2019.41-02.
- Chen, Weiqin. 2014. "Historical Oslo on a Handheld Device -a Mobile Augmented Reality Application." *Procedia Computer Science* 35(C):979–85. doi: 10.1016/j.procs.2014.08.180.
- Haris, Firdhaus, and Ovy Diansari Hendrati. 2018. "Pemanfaatan Augmented Reality Untuk Pengenalan Landmark Pariwisata Kota Surakarta." *Jurnal Teknoinfo* 12(1):7. doi: 10.33365/jti.v12i1.41.
- Indriani, Riana, Bayu Sugiarto, and Agus Purwanto. 2016. "Pembuatan Augmented Reality Tentang Pengenalan Hewan Untuk Anak Usia Dini Berbasis Android Menggunakan Metode Image Tracking Vuforia." *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia* 73–78.
- Kusuma, Susanna Dwi Yulianti. 2018. "Perancangan Aplikasi Augmented Reality Pembelajaran Tata Surya Dengan Menggunakan Marker Based Tracking." *Jurnal Informatika Universitas Pamulang* 3(1):33. doi: 10.32493/informatika.v3i1.1428.
- Lowe, David G. 2002. "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features." *Concrete Producer* 20(5):15. doi: 10.1016/0262-5075(81)90042-7.
- Pangestu, Danang Aji, Fauziah Fauziah, and Nur Hayati. 2020. "Augmented Reality Sebagai Media Edukasi Mengenai Lapisan Atmosfer Menggunakan Algoritma Fast Corner." *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)* 5(2):67. doi: 10.29100/jipi.v5i2.1759.

- Pereira, Ana C., Anabela C. Alves, and Pedro Arezes. 2023. "Augmented Reality in a Lean Workplace at Smart Factories: A Case Study." *Applied Sciences (Switzerland)* 13(16). doi: 10.3390/app13169120.
- Pragestu, Steven, Herry Sujaini, and Arif Bijaksana Putra. 2015. "Implementasi Augmented Reality Dengan Memanfaatkan GPS Based Tracking Pada Sistem Pengenalan Gedung Universitas Tanjungpura." *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)* 1(2). doi: 10.26418/jp.v1i2.12560.
- Pranata, Caraka Aji. 2021. "Marker Based Augmented Reality Pada Buku Poa Dengan Metode Fast Corner Detection." *Explore* 11(2):58. doi: 10.35200/explore.v11i2.461.
- Priantama, Rio, Agus Wahyudin, and Hendra Wibowo. 2021. "Implementasi Algoritma Fast (*Features From Accelerated Segment Test*) Corner Detector Untuk Pengenalan Alat Musik Tradisional Kabupaten Kuningan Berbasis Augmented Reality." 15.
- Putra, Satria I. W., and Mohamad Iqbal. 2019. "Implementasi Teknologi Markerless Augmented Reality Menggunakan Metode Algoritma Fast Corner Detection Berbasis Android (Studi Kasus Multimedia Buku Interaktif Kebudayaan Lokal Kalimantan Barat)." *Coding : Jurnal Komputer Dan Aplikasi ISSN : 2338-493X* 2018-Janua(August):1-4.
- Rahman, Abdur, Funny Farady Coastera, Kata Kunci Android, Google Maps, and Markerless Augmented Reality. 2014. "Panduan Pengenalan Kampus Menggunakan Metode Markerless Tujuan Penelitian Ini Ialah Untuk Membangun Sebuah Aplikasi Yang Dapat Memberikan Informasi Tentang Kampus Universitas Bengkulu Pada Smartphone Android Yang Dapat Digunakan Oleh Mahasiswa Dan Masyarakat." *Teknik Informatika* 7(2):1-7.
- Rumajar, Raymond, Arie Lumenta, and Brave A. Sugiarto. 2015. "Perancangan Brosur Interaktif Berbasis Augmented Reality | Rumajar | Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer." *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer* 4(6):1-9.
- Syahrin, Alfi, Meyti Eka Apriyani, and Sandi Prasetyaningsih. 2016. "Analisis Dan Implementasi Metode Marker Based Tracking Pada Augmented Reality Pembelajaran Buah-Buahan." *Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika* 5(1):11-17. doi: 10.34010/komputa.v5i1.2433.
- Zakir, Ahmad, Dedy Irwan, and Putri Harliana. 2017. "Penerapan Augmented Reality Dalam Media Periklanan Katalog Interaktif Untuk Bisnis Property." *Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer (KOMIK)* 1:69-77.