

**SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS Ni(II) DENGAN LIGAN BASA
SCHIFF DARI *o*-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL**

SKRIPSI

Oleh :
ANGGUN NUR FARIDA
NIM. 210603110082



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS Ni(II) DENGAN LIGAN BASA
SCHIFF DARI *o*-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL**

SKRIPSI

**Oleh :
ANGGUN NUR FARIDA
NIM. 210603110082**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS Ni(II) DENGAN LIGAN BASA
SCHIFF DARI o-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL**

SKRIPSI

Oleh :
ANGGUN NUR FARIDA
NIM. 210603110082

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 19 Juni 2025

Pembimbing I



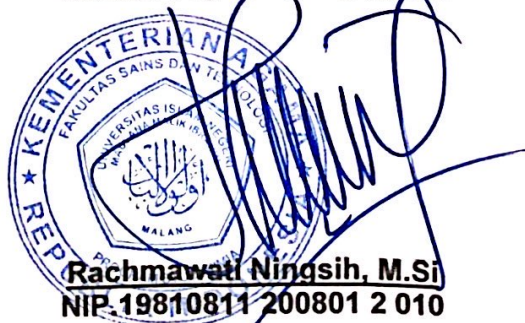
Ahmad Hanapi, M.Sc
NIP.19851225 202321 1 021

Pembimbing II



A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP.19820616 200604 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia



Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP.19810811 200801 2 010

**SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS Ni(II) DENGAN LIGAN BASA
SCHIFF DARI o-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL**

SKRIPSI

Oleh :
ANGGUN NUR FARIDA
NIM. 210603110082

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 19 Juni 2025**

**Ketua Penguji : Dr. Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002**

**Anggota Penguji I : Vina Nurul Istighfarini, M.Si
LB. 63025**

**Anggota Penguji II : Ahmad Hanapi, M.Sc
NIP. 19851225 202321 1 021**

**Anggota Penguji III : A. Ghana'im Fasya, M.Si
NIP.19820616 200604 1 002**

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi Kimia**


**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP.19810811 200801 2 010**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anggun Nur Farida

NIM : 210603110082

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Sintesis dan Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan 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 hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 19 Juni 2025

Yang membuat Pernyataan,



Anggun Nur Farida
NIM. 210603110082

MOTTO

“Apa yang berat bagiku, ringan bagi Allah. Maka aku melibatkan-Nya dalam setiap langkah perjuangan ini. Tidak semua usaha dipermudah, tapi semua yang berusaha pasti akan berbuah”

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S Al Insyirah: 5-6)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil 'alamin.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan kemudahan dan pertolongan untuk saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Karya tulis sederhana ini saya persembahkan kepada:

Yang terkasih, Ibuk dan Bapak (Ibu Yeti Irawan dan Bapak Sunarto), serta Mbah Uti (Ibu Rubiyah), atas setiap doa terbaik yang selalu dipanjatkan untuk saya. Yang senantiasa memberikan perhatian dan dukungan moril maupun materil. Ibuk yang menjadi penyejuk hati ketika berkeluh kesah, serta Bapak yang dengan penuh menunjukkan kasih tulus pada putrinya, terima kasih sudah menjadi penyemangat dan telah mengantarkan saya sampai pada saat ini.

Yang tersayang, kakak saya, Mas Ro'uf, atas setiap motivasi dan dukungan yang diberikan kepada saya. Terima kasih atas pengorbanannya untuk selalu ada dikala adiknya membutuhkan bantuan.

Dosen-dosen kimia, khususnya Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc selaku dosen pembimbing I dan Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan motivasi kepada saya untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Ibu Dr. Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku dosen penguji sekaligus dosen wali saya, serta Ibu Vina Nurul Istighfarini, M.Si selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan saran kepada saya.

Teman seperjuangan saya, Kimia C 2021, teman satu bimbingan khususnya Tim Basa Schiff (Widya, Wita, Indah, Farida) atas bantuan dan tambahan ilmu yang diberikan kepada saya selama penelitian. Sahabat yang begitu berarti, Fitria Nurul Farida dan Nada Irsalina yang selalu merayakan setiap pencapaian saya. Serta yang perannya tak dapat dilupakan, Muzayada Mufila sebagai sahabat yang telah kebersamai saya selama perkuliahan.

Sahabat saya di rumah, Janiliber (mbak Nisa', mbak Intan, mbak Arum), terima kasih atas semangat dan setiap perayaan kecil yang selalu diusahakan ditengah kesibukan kalian.

Kepada diri saya, atas semangat dan pantang menyerah dalam menyelesaikan setiap hal yang telah saya mulai.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah Swt. atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melakukan studi di Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, serta dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol”**.

Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Saw. yang membimbing kita menuju jalan yang lurus. Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Prof. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc selaku dosen pembimbing I dan Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran serta masukan dalam penulisan skripsi.
5. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan restu serta dukungan baik dalam bentuk moril maupun materil yang tak terbalaskan.
6. Teman-teman Tim Basa Schiff dan Xenon '21 yang senantiasa saling memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan maupun kesempurnaan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini memberikan informasi dan kontribusi positif dan bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 15 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vii
MOTTO.....	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
ABSTRAK	xxiii
ABSTRACT.....	xxv
مستخلص البحث.....	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino) metil))fenol.....	5
2.2 Logam Nikel (Ni(II)).....	6
2.3 Sintesis Senyawa Kompleks dengan Ligan Basa Schiff.....	7
2.4 Sintesis Senyawa Kompleks Basa Schiff menggunakan Metode Penggerusan ...	9
2.5 Karakterisasi Senyawa Kompleks Basa Schiff.....	9
2.5.1 Karakterisasi Menggunakan Instrumen Spektrofotometer FTIR.....	9
2.5.2 Karakterisasi Menggunakan Instrumen Spektrofotometer UV-Vis.....	10
2.5.3 Karakterisasi Menggunakan Metode Job.....	11
2.6 Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Basa Schiff Menggunakan Metode DPPH ...	13
2.7 Sintesis dan Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol dalam Perspektif Islam.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat.....	17
3.2.2 Bahan.....	17
3.3 Tahapan Penelitian.....	17
3.4 Rancangan Penelitian.....	18
3.5 Cara Kerja	18
3.5.1 Sintesis Senyawa Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)) fenol dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol menggunakan Metode Penggerusan	18
3.5.2 Uji Titik Leleh Senyawa Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino) metil))fenol menggunakan MPA.....	18
3.5.3 Uji Kelarutan Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol dengan Akuades dan NaOH 2M	19
3.5.4 Karakterisasi Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan FTIR.....	19
3.5.5 Karakterisasi Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan GC-MS.....	19

3.5.6 Sintesis Senyawa Kompleks Logam Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol menggunakan Metode Penggerusan	19
3.5.7 Karakterisasi Senyawa Kompleks Hasil Sintesis.....	20
3.5.7.1 Karakterisasi Senyawa Kompleks menggunakan UV-Vis	20
3.5.7.2 Karakterisasi Senyawa Kompleks menggunakan FTIR	20
3.5.7.3 Karakterisasi Senyawa Kompleks menggunakan Metode Job.....	20
3.5.8 Uji Antioksidan Senyawa Kompleks menggunakan Metode DPPH	21
3.6 Analisis Data.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino) metil)fenol.....	23
4.2 Uji Sifat Kimia Ligan Basa Schiff.....	25
4.3 Karakterisasi Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino) metil)fenol menggunakan FTIR	26
4.4 Karakterisasi Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol menggunakan GC-MS	28
4.5 Sintesis Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol	32
4.6 Karakterisasi Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol menggunakan UV-Vis	33
4.7 Karakterisasi Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol menggunakan FTIR.....	34
4.8 Karakterisasi Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol menggunakan Metode Job	36
4.9 Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol	37
4.10 Hasil Sintesis dan Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol dalam Perspektif Islam.....	39
BAB V PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Karakterisasi FTIR Senyawa basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino) metil)) fenol.....	6
Tabel 2. 2 Hasil uji sifat fisik pada sintesis kompleks basa Schiff dengan logam Ni(II)	8
Tabel 2. 3 Variasi perbandingan volume (mL) logam dan ligan dengan konsentrasi tetap ..	12
Tabel 3. 1 Variasi volume ligan dan logam senyawa kompleks.....	21
Tabel 3. 2 Variasi volume pelarut dengan ligan dan logam	21
Tabel 4. 1 Hasil uji sifat fisik.....	24
Tabel 4. 2 Perbandingan vibrasi IR ligan dan reaktan.....	27
Tabel 4. 3 Hasil karakterisasi ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil) fenol menggunakan FTIR.	27
Tabel 4. 4 Hasil uji fisik produk sintesis senyawa kompleks.....	32
Tabel 4. 5 Panjang gelombang maksimum dan transisi elektron pada ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II).....	33
Tabel 4. 6 Hasil perbandingan spektra IR ligan dan kompleks terhadap literatur	36
Tabel 4. 7 Nilai IC ₅₀ senyawa kompleks Ni(II), ligan basa Schiff, dan asam askorbat.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Mekanisme reaksi pembentukan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol	6
Gambar 2. 2	Konfigurasi logam Ni dan ion Ni(II) dalam keadaan dasar.	7
Gambar 2. 3	Struktur kompleks logam Ni(II) dengan ligan basa Schiff.....	8
Gambar 2. 4	Spektra FTIR kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff.....	10
Gambar 2. 5	Spektra UV-Vis ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II)	11
Gambar 2. 6	Grafik hasil metode Job.....	12
Gambar 2. 7	Reaksi radikal DPPH pada uji antioksidan.....	13
Gambar 4. 1	Mekanisme reaksi pembentukan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol	24
Gambar 4. 2	Hasil Uji Sifat Kimia.....	25
Gambar 4. 3	Mekanisme reaksi ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol) dengan NaOH	26
Gambar 4. 4	Spektra IR ligan basa Schiff	26
Gambar 4. 5	Kromatogram produk sintesis.....	28
Gambar 4. 6	Spektra MS puncak pertama	28
Gambar 4. 7	Spektra MS puncak kedua	29
Gambar 4. 8	Pola Fragmentasi puncak kedua	29
Gambar 4. 9	Pola fragmenasi ke-2 puncak kedua	30
Gambar 4. 10	Pola fragmentasi ke-3 puncak kedua	31
Gambar 4. 11	Spektra UV-Vis larutan ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II).....	33
Gambar 4. 12	Spektra IR ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II)	35
Gambar 4. 13	Plot grafik hasil metode Job	36
Gambar 4. 14	Panjang gelombang maksimum DPPH dengan pelarut metanol.....	37
Gambar 4. 15	Grafik penentuan waktu operasional DPPH	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Rancangan Penelitian	51
Lampiran 2.	Diagram Alir	52
Lampiran 3.	Perhitungan.....	59
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi.....	64
Lampiran 5.	Hasil Uji Metode Job	73
Lampiran 6.	Hasil Uji Antioksidan.....	76
Lampiran 7.	Dokumentasi	78
Lampiran 8.	Jadwal Pelaksanaan Penelitian Skripsi	81
Lampiran 9.	Rencana Anggaran Penelitian Skripsi	83
Lampiran 10.	Bukti Konsultasi Pre-Seminar Skripsi	85
Lampiran 11.	Bukti Konsultasi Pre-Seminar Hasil Skripsi	87

ABSTRAK

Farida, Anggun Nur. 2025. Sintesis dan Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol. Skripsi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing I. Ahmad Hanapi, M.Sc, Dosen Pembimbing II: A.Ghanaim Fasya, M.Si

Kata Kunci : Sintesis, Antioksidan, Kompleks Ni(II), Ligan Basa Schiff, Metode Penggerusan

Basa Schiff merupakan senyawa yang dihasilkan oleh reaksi kondensasi antara amina primer dengan gugus karbonil (aldehida atau keton). Melalui atom donor N yang terbentuk dari proses kondensasi, basa Schiff dapat digunakan sebagai ligan untuk membentuk senyawa kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff dari o-vanilin dan 2-aminotiazol menggunakan metode penggerusan. Metode tersebut dipilih dalam upaya untuk menghindari kerusakan lingkungan sebagai penerapan Q.S. al A'raf ayat 59. Selain itu, penelitian ini bertujuan pula untuk mengetahui karakter serta aktivitas antioksidan produk senyawa kompleks Ni(II) serta ligannya.

Senyawa 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol merupakan produk sintesis basa Schiff dari reaktan o-vanilin dan 2-aminotiazol. Hasil menunjukkan bahwa produk senyawa ligan basa Schiff memiliki karakter fisik berbentuk serbuk (padatan), berwarna kuning, dan titik leleh pada rentang 108-111°C. Uji sifat kimia menghasilkan bahwa produk ini dapat larut sempurna dalam NaOH 2M dan tidak larut dalam akuades. Karakterisasi menggunakan UV-Vis menghasilkan puncak panjang gelombang maksimum pada 218 nm ($\pi \rightarrow \pi^*$) dan 338 nm ($n \rightarrow \pi^*$). Hasil spektra FTIR menunjukkan serapan khas gugus C=N (azometin) pada 1597 cm^{-1} . Hasil GC-MS terdapat puncak dengan m/z ion molekular 234 yang sesuai dengan masa molekul ligan basa Schiff pada waktu retensi 24,157 menit dengan kemurnian 97,063%. Sedangkan produk kompleks Ni(II) memiliki karakter fisik berbentuk serbuk (padatan), berwarna jingga, dan titik leleh pada rentang 60-62 °C. Karakterisasi menggunakan UV-Vis menghasilkan panjang gelombang maksimum yaitu pada 219 ($\pi \rightarrow \pi^*$), 337 ($n \rightarrow \pi^*$), 446 (LMCT), dan 631 nm (d-d). Spektra hasil FTIR pada serapan gugus C=N menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang dibandingkan dengan ligan yaitu menjadi 1605 cm^{-1} . Hasil metode Job memberikan hasil bahwa perbandingan antara logam dan ligan yaitu 1:2. Adapun produk kompleks Ni(II) memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} sebesar 96,59 ppm. Kekuatan antioksidan produk senyawa kompleks Ni(II) lebih baik dibandingkan dengan ligan yang memiliki nilai IC_{50} sebesar 399,20 ppm.

ABSTRACT

Farida, Anggun Nur. 2025. Synthesis and Antioxidant Test of Ni(II) Complex Compounds with Schiff Base Ligand Derived from o-Vanillin and 2-Aminothiazole. Thesis. Departement of Chemistry, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Ahmad Hanapi, M.Sc, Supervisor II: A.Ghanaim Fasya, M.Si

Keywords: Synthesis, Antioxidant, Ni(II) Complex, Schiff Base Ligand, Grinding Method

Schiff bases are compounds formed by the condensation reaction between a primary amine and a carbonyl group (aldehyde or ketone). Through the donor nitrogen atom (N) created during the condensation process, Schiff bases can act as ligands to form complex compounds. This study aims to synthesize a Ni(II) complex with a Schiff base ligand derived from o-vanillin and 2-aminothiazole using a grinding method. This method was chosen to avoid environmental damage, in accordance with the application of Qur'an Surah Al A'raf verse 59. Additionally, the study aims to investigate the characteristics and antioxidant activity of the Ni(II) complex and its ligand.

The compound 2-methoxy-6-((thiazol-2-ylimino)methyl)phenol is the Schiff base ligand synthesized from o-vanillin and 2-aminothiazole. The results show that the Schiff base ligand product is a yellow powder with a melting point of 108–111°C. Chemical tests indicate that it is completely soluble in 2M NaOH but insoluble in distilled water. UV-Vis characterization reveals maximum absorption peaks at 218 nm ($\pi \rightarrow \pi^*$) and 338 nm ($n \rightarrow \pi^*$). FTIR spectra show a characteristic absorption of the C=N (azomethine) group at 1597 cm^{-1} . GC-MS results display a molecular ion peak at m/z 234, consistent with the molecular mass of the Schiff base ligand, with a retention time of 24.157 minutes and a purity of 97.063%. The Ni(II) complex product appears as an orange powder with a melting point of 60–62°C. UV-Vis characterization shows maximum absorption at 219 nm ($\pi \rightarrow \pi^*$), 337 nm ($n \rightarrow \pi^*$), 446 nm (LMCT), and 631 nm (d-d transition). FTIR spectra indicate a shift in the C=N absorption band to 1605 cm^{-1} compared to the free ligand, confirming coordination. Job's method analysis reveals a metal-to-ligand ratio of 1:2. The Ni(II) complex exhibits antioxidant activity with an IC_{50} value of 96.59 ppm, demonstrating stronger antioxidant capacity than the ligand alone, which has an IC_{50} of 399.20 ppm.

مستخلص البحث

فريدة، أنغون نور. ٢٠٢٥. تخليق واختبار مضادات الأكسدة لمركبات معقدات (II) Ni مع ريبطات قاعدة شيف من أو-فانيلين و٢-أمينوثيازول. أطروحة. برنامج دراسة الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالنج. المشرف الأول: أحمد حنفي، م.سي. المشرف الثاني: أ. غنائم فشا، م. سي.

الكلمات المفتاحية: تخليق، مضاد للأكسدة، معقد النيكل (II)، ريبطة قاعدة شيف، طريقة الطحن

قواعد شيف هي مركبات يتم إنتاجها عن طريق تفاعل التكاثف بين الأمين الأولي ومجموعة الكربونيل (الألدهيد أو الكيتون). ومن خلال ذرة النيتروجين الموهبة، الناتجة عن عملية التكاثف، يمكن استخدام قواعد شيف كربيطة لتكوين مركبات معقدة. تهدف هذه الدراسة إلى تحضير مركبات معقدة من النيكل الثنائي مع ريبطات قاعدة شيف من أو-فانيلين و٢-أمينوثيازول، باستخدام طريقة الطحن. وقد تم اختيار هذه الطريقة في محاولة لتجنب الضرر البيئي، تطبيقاً لقوله تعالى في سورة الأعراف، الآية (٥٩). كما تهدف هذه الدراسة إلى تحديد طبيعة ونشاط مضادات الأكسدة لنواتج مركب النيكل (II) وربطاته.

المركب ٢-ميثوكسي-٦-((ثيازول-٢-إيليمينو)ميثيل)فينول هو أحد منتجات تخليق قاعدة شيف من المتفاعلات أو-فانيلين و ٢-أمينوثيازول. وأظهرت النتائج أن منتج مركب ريبطة قاعدة شيف له خصائص فيزيائية على شكل مسحوق (صلب)، أصفر اللون، ودرجة انصهار تتراوح بين ١٠٨-١١١ درجة مئوية. أظهرت اختبارات الخصائص الكيميائية أن هذا المنتج يمكن أن يذوب تمامًا في ٢ مولار NaOH وهو غير قابل للذوبان في الماء المقطر. أدى التوصيف باستخدام الأشعة فوق البنفسجية المرئية إلى إنتاج أقصى ذروة لطول الموجة عند ٢١٨ نانومتر ($\pi \rightarrow \pi^*$) ٣٣٨ نانومتر ($n \rightarrow \pi^*$). تظهر نتائج أطياف FTIR امتصاصًا نموذجيًا لمجموعة C=N (أزوميثين) عند ١٥٩٧ سم⁻¹. أظهرت نتائج GC-MS ذروة مع الأيون الجزيئي m/z ٢٣٤ والذي يتوافق مع الكتلة الجزيئية لربيطة قاعدة شيف عند زمن احتفاظ ٢٤,١٥٧ دقيقة مع نقاء ٩٧,٠٦٣٪. في هذه الأثناء، يتميز منتج مركب (II) Ni بخصائص فيزيائية على شكل مسحوق (صلب)، برتقالي اللون، ونقطة انصهار تتراوح بين ٦٠-٦٢ درجة مئوية. أنتجت عملية التوصيف باستخدام الأشعة فوق البنفسجية المرئية أقصى أطوال موجية عند ٢١٩ ($\pi \rightarrow \pi^*$)، و٣٣٧ ($n \rightarrow \pi^*$)، و٤٤٦ (LMCT)، و٦٣١ نانومتر (d-d). أظهرت أطياف FTIR امتصاص المجموعة C=N تحولاً في الرقم الموجي مقارنة بالربيط، أي ١٦٠٥ سم⁻¹. وتظهر نتائج طريقة جوب أن النسبة بين المعدن والربيط هي ٢:١. يتميز منتج مركب (II) Ni بنشاط مضاد للأكسدة بقيمة IC₅₀ تبلغ ٩٦,٥٩ جزءًا في المليون. إن القوة المضادة للأكسدة لمنتج المركب المعقد (II) Ni أفضل من الريبطة التي لها قيمة IC₅₀ تبلغ ٣٩٩,٢٠ جزءًا في المليون.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Basa Schiff adalah senyawa organik yang disintesis pertama kali oleh Hugo Schiff pada tahun 1864. Basa Schiff dihasilkan oleh reaksi kondensasi antara amina primer dengan gugus karbonil (aldehida atau keton). Karakteristik senyawa basa Schiff memiliki gugus $R'-CR=NR''$ dengan R, R', dan R'' dapat berupa alkil, aril, maupun heterosiklik dengan berbagai varian substituen. Basa Schiff disebut juga senyawa imina atau azometin karena memiliki gugus $C=N$ (Meena dkk., 2023). Basa Schiff dilaporkan memiliki aktivitas biologis diantaranya sebagai antikanker (Sadia dkk., 2021), antioksidan dan antibakteri (Al-Atbi dkk., 2022), anti inflamasi (Hamid & Salih, 2022), serta anti jamur (Ashraf dkk., 2011).

Dalam beberapa tahun terakhir, kompleks basa Schiff dengan logam transisi telah diteliti pemanfaatannya secara luas dalam bidang industri dan farmokologi. Penggunaan basa Schiff dalam bentuk kompleks dengan suatu logam dapat meningkatkan aktivitas biologis dari basa Schiff. Penelitian sebelumnya pada uji antioksidan kompleks logam Co (II) dengan ligan basa Schiff jenis hidrazon memberikan hasil bahwa senyawa kompleks memiliki aktivitas antioksidan lebih kuat. Nilai IC_{50} yang dihasilkan senyawa kompleks sebesar 0,071 mM, sedangkan ligan basa Schiff memiliki nilai $IC_{50} > 0,4$ mM (Azizah dkk., 2020). Penelitian oleh Mishra dkk. (2012) pada sintesis kompleks logam VO (II), Co (II), Ni(II), dan Cu (II) dengan ligan *isatin-3-chloro-4-floroaniline* dan *2-pyridinecarboxylidene-4-aminoantipyrine* memiliki aktivitas antimikroba yang lebih baik dibandingkan dengan ligannya. Kompleks tersebut mempunyai kemampuan melawan bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan *Streptococcus fecalis* dan jamur *Aspergillus niger*, *Trichoderma polysporum*, *Candida albicans* dan *Aspergillus flavus*. Penelitian lain pada sintesis ligan basa Schiff *potassium 2-N(4-N,N dimethylaminobenzyliden)-4-trithiocarbonate 1,3,4-thiadiazole* menjelaskan bahwa hasil kompleks dengan ion logam Cu(II), Ni(II), dan Co(II) memiliki aktivitas antibakteri yang lebih kuat dibandingkan dengan ligan induk (Alias dkk., 2014). Yu, dkk. (2017), telah melakukan sintesis kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff hasil kondensasi 2-hidroksi-1-naftaldehida dan aminopirazol. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kompleks basa Schiff memiliki kemampuan meningkatkan aktivitas antikanker. Kompleks basa Schiff sebagai katalis telah diteliti oleh Balacandran, dkk. (2024) bahwa kompleks Cu dengan ligan basa Schiff dari 2-amino piridina dan 3-kloro benzaldehida efektif digunakan sebagai katalis dalam produksi turunan kalkon melalui ultrasonikasi dengan hasil produk $\geq 90\%$.

Senyawa kompleks basa Schiff dalam penelitian ini menggunakan ligan basa Schiff dari o-vanilin dan 2-aminotiazol yaitu 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil) fenol. Melalui atom donor N dan O yang terbentuk dari proses kondensasi, ion logam dapat berikatan koordinasi dengan N dan O pada ligan basa Schiff. Ikatan koordinasi ligan basa Schiff dan ion logam mampu membentuk senyawa kompleks dengan cincin khelat yang stabil.

Pada penelitian ini, ion logam yang digunakan yaitu Ni(II). Nikel umumnya memiliki muatan 2+ dalam membentuk senyawa, tetapi nikel juga dapat menduduki bilangan oksidasi 0, 1+, 3+, dan 4+. Selain membentuk senyawa sederhana dan garam, nikel dapat menjadi ion logam pusat yang membentuk berbagai senyawa kompleks. Dalam bidang kimia saat ini, nikel menjadi bahasan yang menarik dimana hubungan Ni(II) dengan basa Schiff menjadi senyawa kompleks memberi peluang untuk memahami sifat kompleks Ni(II) (Hasan dkk., 2016). Beberapa penelitian telah menyebutkan bahwa kompleks nikel memiliki aktivitas antioksidan, diantaranya Karekal, dkk. (2013) yang mensintesis logam Ni(II) dengan ligan basa Schiff dari *5-chloro-3-phenyl-1H-indole-2-carboxyhydrazide* dan *3-formyl-2-hydroxy-1H-quinoline*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa senyawa kompleks yang dihasilkan mampu memberikan aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan dengan ligan basa Schiffnya. Kompleks Ni dengan ligan basa Schiff tersebut memiliki aktivitas menangkal radikal bebas sebesar 50% sedangkan ligan basa Schiff aktivitasnya <25%. Penelitian lain pada kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff *Thiophene-2-carbaylidene-isocotinohydrazoe* menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat daripada ligannya dengan nilai IC₅₀ 139,66 µg/mL. Sedangkan ligannya memiliki nilai IC₅₀ 793,65 µg/mL (Ashrafuzzaman dkk., 2021). Penelitian oleh Ibrahim dkk. (2017) yang telah mensintesis kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff *Bis(2-((E)-[(4-chlorophenyl)imino]metil)phenol* juga memiliki potensi sebagai antioksidan yang lebih baik dibandingkan ligan basa Schiffnya. Nilai IC₅₀ yang dihasilkan dari ligan dan kompleks masing-masing yaitu IC₅₀ 558,31 µM dan 343,81 µM.

Sintesis kompleks basa Schiff dapat dilakukan melalui metode konvensional maupun *green synthesis*. Metode *green synthesis* antara lain yaitu sonikasi, microwave, dan penggerusan (Meena dkk., 2023). Penggunaan prinsip *green chemistry* pada penelitian sebelumnya telah berhasil dilakukan pada sintesis senyawa kompleks dari ligan basa Schiff (E)-2-((4- klorofenilimino)metil)fenol dan (E)-2-((p-tolilimino)metil)fenol dengan logam Ni(II) menggunakan metode MAOS (*Microwave Assisted Organic Synthesis*) (Maryam dkk., 2019). Penelitian lain juga telah berhasil melakukan sintesis senyawa kompleks logam Ni(II) dengan ligan basa Schiff dari asetilaseton dan o-hidroksiasetofenon menggunakan metode ultrasonik. Hasil sintesis tersebut diperoleh rendemen sebesar 55% (Reena dkk., 2022). Penggunaan metode penggerusan dibandingkan dengan metode fasa cair telah berhasil dilakukan oleh Liu dkk. (2022) pada sintesis senyawa kompleks logam Fe(II), Ni(II), Zn(II), dan Pb(II) dengan ligan basa Schiff dari *acyl ferrocene* dan *hydrazyl dithioformate ester*. Penelitian tersebut telah membuktikan bahwa hasil sintesis menggunakan metode penggerusan tanpa pelarut memberikan rendemen yang lebih besar dibandingkan dengan metode fasa cair. Peneliti sebelumnya juga telah melakukan sintesis ligan basa Schiff dari salisilaldehida dan asam amino serta kompleksnya dengan logam Cu(II) menggunakan metode penggerusan tanpa pelarut. Metode tersebut dibandingkan dengan metode refluks menggunakan pelarut organik. Hasil sintesis kompleks diperoleh bahwa metode penggerusan tanpa pelarut memberikan

rendemen yang lebih tinggi yaitu pada rentang 76-88% dengan waktu singkat dan peralatan yang lebih sedikit dibandingkan metode konvensional yang menghasilkan rendemen pada rentang 59-78% (Sharma & Bhardwaj, 2020). Selain itu, sintesis kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff dari valin dan vanilin menggunakan metode penggerusan selama 30 menit diperoleh rendemen sebesar 90,45% (Sulaiman dkk., 2019).

Penerapan *green synthesis* khususnya metode penggerusan tanpa pelarut merupakan upaya dalam menciptakan reaksi kimia yang aman dan ramah lingkungan. Metode tersebut memiliki kelebihan yaitu meminimalisir kerusakan lingkungan akibat bahan berbahaya, waktu singkat, mudah, dan rendemen yang tinggi (Liu dkk., 2022). Dengan demikian, salah satu tujuan *green synthesis* yaitu untuk mengurangi penggunaan bahan beracun dan berbahaya sehingga tetap menjaga kelestarian lingkungan. Sebagaimana firman Allah dalam al Qur'an surat al A'raf ayat 56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

“Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.”

Menurut tafsir al-Misbah, ayat di atas menjelaskan bahwa Allah dengan tegas melarang manusia melakukan kerusakan di bumi. Allah telah menciptakan alam raya dalam keadaan yang sangat baik dan memenuhi segala kebutuhan makhluk. Merusak hal yang sudah diatur dengan baik merupakan perbuatan tercela dan dapat berbahaya bagi umat manusia (Shihab, 2002). Dengan demikian, sintesis menggunakan metode *green synthesis* ini merupakan suatu upaya untuk menghindari kerusakan lingkungan agar tidak berbahaya bagi makhluk disekitarnya khususnya umat manusia itu sendiri.

Salah satu kemampuan yang dimiliki oleh ligan dan kompleks basa Schiff yaitu sebagai antioksidan. Aktivitas basa Schiff dan kompleks logamnya sebagai penangkal radikal bebas dapat diukur secara in vitro menggunakan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Metode ini akan mengukur kemampuan kompleks basa Schiff dalam menyumbangkan atom hidrogen terhadap radikal DPPH (Ibrahim dkk., 2017). Metode DPPH memiliki kelebihan antara lain yaitu analisis yang sederhana, mudah, cepat, dan sensitif terhadap sampel dengan konsentrasi yang rendah (Karadag dkk., 2009).

Berdasarkan pemaparan di atas, senyawa basa Schiff memiliki potensi antara lain sebagai antioksidan, antikanker, antijamur dan antibakteri. Potensi basa Schiff tersebut dapat ditingkatkan melalui pembentukan kompleks basa Schiff dengan ion logam. Dalam penelitian ini, akan dilakukan sintesis senyawa kompleks basa Schiff dari reaktan *o*-vanilin dan 2-aminotiazol dengan logam Ni(II) menggunakan metode penggerusan. Sintesis dilakukan tanpa menggunakan pelarut diharapkan mampu memberikan rujukan sebagai upaya untuk menghindari penggunaan bahan berbahaya yang mampu mencemari lingkungan. Hasil

produk sintesis ligan basa Schiff dikarakterisasi menggunakan instrumen *Ultraviolet-Visible* (UV-Vis), *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Sedangkan kompleksnya dengan logam Ni(II) menggunakan instrumen UV-Vis, FTIR, dan metode Job. Hasil produk sintesis juga dilakukan uji antioksidan sehingga diharapkan potensinya dapat dimanfaatkan dan mampu memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan ligan basa Schiff.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil karakterisasi senyawa kompleks Ni(II) dengan basa Schiff dari *o*-vanilin dan 2-aminotiazol?
2. Bagaimana aktivitas antioksidan senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff dari *o*-vanilin dan 2-aminotiazol?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui karakterisasi senyawa kompleks Ni(II) dengan basa Schiff dari *o*-vanilin dan 2-aminotiazol.
2. Untuk mengetahui aktivitas antioksidan senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff dari *o*-vanilin dan 2-aminotiazol.

1.4 Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan dalam sintesis yaitu metode penggerusan.
2. Reaktan yang digunakan dalam sintesis ligan basa Schiff yaitu *o*-vanilin dan 2-aminotiazol dengan perbandingan 1:1.
3. Kompleks basa Schiff menggunakan ligan 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol
4. Logam yang digunakan dalam sintesis kompleks yaitu logam Ni(II) dengan garam $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
5. Uji antioksidan menggunakan metode DPPH.
6. Karakterisasi ligan basa Schiff dari *o*-vanilin dan 2-aminotiazol menggunakan instrumen UV-Vis, FTIR dan GC-MS sedangkan kompleksnya dengan logam Ni(II) menggunakan instrumen UV-Vis, FTIR, dan metode Job.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi untuk penelitian selanjutnya mengenai sintesis senyawa kompleks basa Schiff. Hasil aktivitas antioksidan dapat dijadikan sebagai referensi khususnya untuk pengaplikasian sebagai agen penangkal radikal bebas.

BAB II

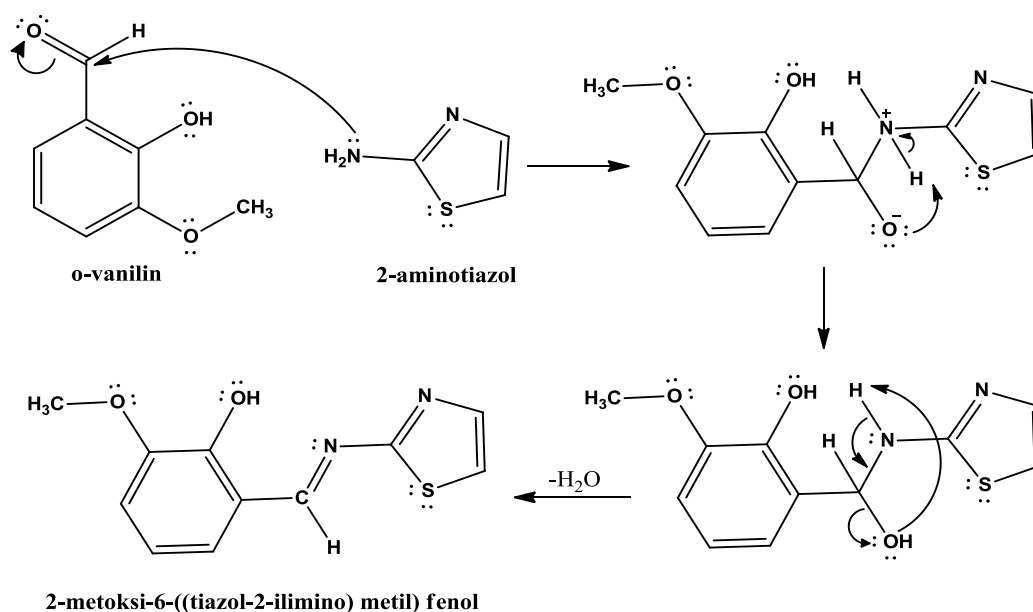
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino) metil))fenol

Senyawa basa Schiff merupakan senyawa hasil kondensasi antara amina primer dengan gugus karbonil (aldehida atau keton). Dalam bidang kimia koordinasi, basa Schiff telah menunjukkan perannya sebagai ligan. Basa Schiff dapat berikatan dengan ion logam melalui atom nitrogen pada gugus azometin, membentuk struktur cincin yang stabil (Adaji dkk., 2024). Senyawa ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol merupakan hasil sintesis dari reaksi antara *o*-vanilin dan 2-aminotiazol. *o*-Vanilin merupakan reaktan yang menyediakan gugus karbonil (C=O) dan 2-aminotiazol merupakan reaktan yang menyediakan gugus amina (-NH₂). Gugus amina yang terdapat pada reaktan 2-aminotiazol berperan sebagai nukleofil yaitu atom yang memiliki pasangan elektron bebas dan dapat disumbangkan (Fessenden & Fessenden, 1982). Senyawa basa Schiff merupakan ligan yang dapat berperan sebagai ligan monodentat, bidentat maupun polidentat (Khaidir dkk., 2018).

Penelitian sebelumnya oleh Imanudin (2023) telah berhasil mensintesis ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol dari *o*-vanilin dan 2-aminotiazol menggunakan metode penggerusan. Hasil produk sintesis memiliki karakteristik berbentuk padatan warna kuning, dengan titik lebur diantara 109-110°C. Sifat kimia yang dimiliki oleh produk sintesis tersebut yaitu tidak dapat larut dalam akuades dan larut sempurna dalam larutan NaOH yang menandakan bahwa produk memiliki sifat asam karena adanya gugus fenolat. Mekanisme reaksi yang terjadi dalam sintesis senyawa basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR yang dilakukan oleh Imanudin (2023) terdapat serapan gugus fungsi imina yang tajam dan intensitas kuat pada panjang gelombang 1596 cm⁻¹. Hasil serapan gugus fungsi pada produk basa Schiff tersebut berbeda dibandingkan dengan reaktan. Adapun pada *o*-vanilin memiliki serapan gugus C=O pada 1641 cm⁻¹ dan 2-aminotiazol memiliki serapan gugus fungsi N-H pada 3412 cm⁻¹. Serta keduanya tidak memiliki serapan gugus fungsi C=N. Serapan gugus fungsi lain yang membuktikan produk sintesis senyawa basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol telah berhasil, dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Gambar 2. 1 Mekanisme reaksi pembentukan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol (Imanudin, 2023)

Tabel 2. 1 Hasil Karakterisasi FTIR Senyawa basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol (Imanudin, 2023)

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang produk (cm ⁻¹)
-OH <i>Stretching</i>	3400
C _{sp2} -H <i>Stretching</i> aromatik	3032
C _{sp3} - <i>Stretch</i> alifatik	2844
C=N <i>Stretching</i>	1596
C=C aromatik	1468
C-O-C Asimetrik	1257
C-O <i>Stretching</i>	1199
C _{sp2} -H <i>Bending</i> aromatik	880

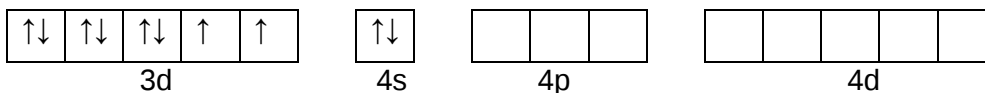
2.2 Logam Nikel (Ni(II))

Atom pusat dalam pembentukan senyawa kompleks dapat berupa logam transisi. Salah satu logam tersebut yaitu nikel. Nikel memiliki simbol Ni dalam tabel periodik dan merupakan logam transisi dengan nomor atom 28. Ni terletak pada golongan VIIIB periode 4 dengan nomor massa 58,71 g/mol. Konfigurasi elektron dari Ni yaitu [Ar] 3d⁸ 4s². Pada umumnya, nikel sering digunakan pada biloks 2. Nikel (II) lebih stabil pada keadaan ion logam karena pada nikel (0) dan nikel (I) mudah teroksidasi dan nikel (III) mudah direduksi menjadi nikel (II). Sedangkan sangat jarang ditemukan untuk nikel (IV). Kompleks dengan logam nikel umumnya berbentuk oktahedral dan *square planar* (bujur sangkar) (Lee, 1994). Proses pengikatan atom pusat dengan ligan menggunakan orbital-orbital hibrida yang didapatkan dari proses

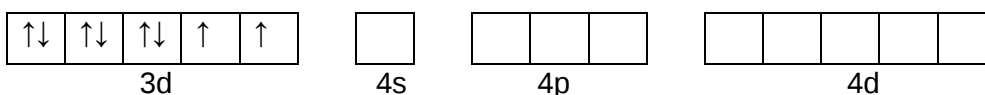
hibridisasi (Effendy, 2007). Konfigurasi logam Ni dan Ni(II) dalam keadaan dasar dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Ni pada keadaan dasar :



Ni²⁺ pada keadaan dasar :



Gambar 2. 2 Konfigurasi logam Ni dan ion Ni(II) dalam keadaan dasar.

Logam Ni(II) sebagai atom pusat dalam kompleks biasanya memiliki bilangan koordinasi 4 atau 6 sehingga dapat membentuk struktur bujur sangkar ataupun oktahedral. Ion Ni(II) memiliki orbital d yang belum terisi penuh. Orbital-orbital tersebut berperan dalam menerima pasangan elektron dari ligan sehingga membentuk senyawa kompleks (King, 2005). Beberapa peneliti telah berhasil mensintesis kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff diantaranya yaitu, *Bis(2-[(E)-[(4-chlorophenyl)imino]metil] pheno)nickel(II)* dengan struktur *square planar* (Ibrahim dkk., 2017), *[Ni(potassium 2-N(4-N,Ndimethylaminobenzyliden)-4-trithiocarbonate 1,3,4-thiadiazole)₂]* dengan struktur oktahedral (Alias dkk., 2014), dan *[Ni(4-{2-[(2-Hydroxybenzylidene)-amino]-ethyl}-benzene-1,2-diol)₂}]* dengan struktur *square planar* (M. Kareem dkk., 2020).

2.3 Sintesis Senyawa Kompleks dengan Ligan Basa Schiff

Senyawa kompleks merupakan senyawa yang terbentuk dari sumbangan pasangan elektron bebas dari satu atau lebih ligan kepada logam sebagai ion pusat. Ion logam pusat merupakan ion logam yang mampu menerima pasangan elektron bebas dari ligan yaitu diperoleh dari ion unsur logam transisi. Senyawa kompleks disebut juga sebagai senyawa koordinasi karena donor pasangan elektron oleh ligan kepada ion pusat menyebabkan ikatan kovalen koordinasi. Jumlah ikatan koordinasi yang terbentuk dalam senyawa kompleks yaitu yang menghubungkan antara ligan dengan ion pusat disebut sebagai bilangan koordinasi. Senyawa kompleks memiliki beragam jumlah bilangan koordinasi dan membentuk beragam struktur. Senyawa kompleks sering kali ditemukan dengan bilangan koordinasi 6 dan membentuk struktur oktahedral. Struktur senyawa kompleks lainnya antara lain yaitu linier, tetrahedral, segi empat planar, dan trigonal bipiramidal (Huheey, 1993).

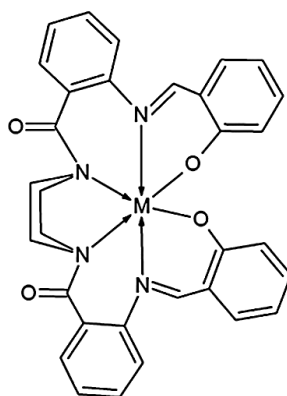
Logam transisi memiliki konfigurasi elektron yang belum terisi pada orbital d dan f sehingga merupakan logam yang mampu membentuk satu atau ion yang stabil. Ligan sebagai pendonor elektron kemudian akan mengisi orbital valensi yang belum terisi penuh tersebut. Jenis ligan dalam senyawa kompleks dapat dibedakan berdasarkan jumlah atom yang

didonorkan yaitu ligan monodentat, ligan bidentat, ligan tridentat, dan ligan polidentat. Oleh karena itu pemilihan ligan sangat berpengaruh terhadap geometri senyawa kompleks yang terbentuk. Penelitian sebelumnya telah melakukan sintesis senyawa kompleks Ni(II) dari garam $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ menggunakan ligan basa Schiff dari o-vanilin dan 2-aminotiazol. Adapun hasil karakterisasi sifat fisik produk disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Hasil uji sifat fisik pada sintesis kompleks basa Schiff dengan logam Ni(II) (Aini, 2023)

Sifat Fisik	o-Vanilin	2-Aminotiazol	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Ligan Basa Schiff	Ni-Basa Schiff
Wujud	Kristal (padatan)	Serbuk (padatan)	Kristal (padatan)	Serbuk (padatan)	Serbuk (padatan)
Warna	Kuning pudar	Coklat	Hijau	Jingga	Merah Tua
Titik Leleh	40-42 °C	91-93 °C	140°C	104-108 °C	200-210 °C

Alias dkk. (2014) telah berhasil mensintesis kompleks logam Cu(II), Ni(II), dan Co (II) dengan ligan basa Schiff *potassium 2-N(4-N,N dimethylaminobenzyliden)-4-trithiocarbonate 1,3,4-thiadiazole* dari reaktan *2-amino-5-mercapto1,3,4-thiadiazole* dan *4-N,N-dimethylaminobenzyliden*. Hasil senyawa kompleks menunjukkan bahwa ligan yang disintesis merupakan ligan tridentat yang berikatan dengan ion logam melalui sumbangan elektron dari S,S pada tritiokarbonat dan atom N dari gugus azometin. Jyothi dkk. (2014) juga telah berhasil mensintesis senyawa kompleks logam Ni(II) dengan ligan basa Schiff *(Z)-Piperazine-1,4-diylbis((2-((Z)-(2-hydroxy-benzylidene)amino)phenyl)methanone)*. Kompleks dengan logam Ni(II) tersebut menghasilkan geometri oktahedral. Struktur kompleks logam dengan ligan basa Schiff dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Struktur kompleks logam Ni(II) dengan ligan basa Schiff (Jyothi dkk., 2014)

2.4 Sintesis Senyawa Kompleks Basa Schiff menggunakan Metode Penggerusan

Sintesis ligan basa Schiff dan kompleks basa Schiff dapat dilakukan menggunakan metode *green synthesis*. Salah satu metode *green synthesis* yang banyak diminati yaitu sintesis menggunakan metode penggerusan tanpa adanya pelarut. Metode penggerusan merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik. Metode ini merupakan upaya untuk mengurangi bahaya limbah yang diakibatkan penggunaan bahan kimia berbahaya. Selain ramah lingkungan, metode penggerusan juga memiliki beberapa kelebihan antara lain biaya yang murah karena tidak memerlukan pelarut maupun katalis tambahan, mudah dilakukan, waktu singkat, dan mampu menghasilkan nilai rendemen yang tinggi (Liu dkk., 2022). Reaksi kimia yang terjadi melalui sintesis menggunakan metode penggerusan disebabkan oleh penyerapan langsung energi mekanik melalui pencampuran dua atau lebih padatan tanpa pelarut dengan menggiling atau menggerus reagen padat bersama-sama. Adapun energi kinetik yang tersedia selama penggerusan menghasilkan beberapa efek antara lain pemanasan, memperluas permukaan dan pembentukan permukaan baru seiring dengan pengurangan ukuran partikel, peleburan, dan perubahan fasa (James & Frišćić, 2013).

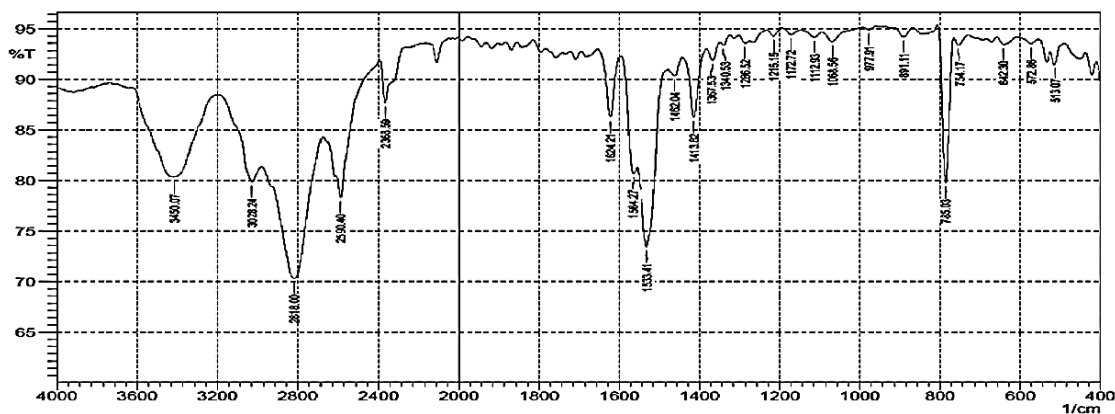
Liu dkk. (2022) telah berhasil melakukan sintesis kompleks logam Ni(II), Pb (II), Zn (II), Cd (II) dengan ligan beberapa basa Schiff ferosenil. Sintesis dilakukan dengan metode *green synthesis* tanpa penambahan pelarut. Hasil penelitiannya telah membuktikan bahwa rendemen produk bebas pelarut lebih tinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Penelitian lain oleh Sulaiman dkk. (2019) telah berhasil melakukan sintesis senyawa kompleks logam Ni(II) dan Co(II) dengan ligan basa Schiff dari valin dan vanilin menggunakan metode penggerusan selama 30 menit. Hasil sintesis diperoleh rendemen sebesar 90,45% untuk kompleks Ni(II) dan 82,89% untuk logam Co(II). Selain itu penggunaan metode penggerusan pada sintesis senyawa kompleks logam Ni, Co, dan Cu dengan ligan basa Schiff hasil reaksi antara *2-hydroxy-1-napthaldehyde* dan *4-nitroaniline* diperoleh rendemen pada rentang 86,60 - 90,01% (Muhammad & Kurawa, 2019).

2.5 Karakterisasi Senyawa Kompleks Basa Schiff

2.5.1 Karakterisasi Menggunakan Instrumen Spektrofotometer FTIR

Spektrofotometer FTIR merupakan alat untuk analisis suatu senyawa melalui gugus fungsi khususnya. Prinsip dasar dari FTIR yaitu adanya interaksi antara radiasi elektromagnetik *Infrared* dengan materi dalam sampel. Sampel yang dianalisis dapat berupa padat, cair, atau gas. *Infrared* dilewatkan pada celah yang berfungsi mengendalikan banyaknya energi yang dikirimkan kepada sampel. *Infrared* melewati celah tersebut kemudian diarahkan menuju sampel. Sebagian sinar IR akan diserap oleh sampel, sebagian lainnya melalui permukaan sampel akan ditransmisikan. Sinar IR yang lolos akan dideteksi pada detektor dan sinyal yang dihasilkan akan direkam dalam bentuk puncak-puncak oleh sistem komputer (Thermo, 2001).

Analisis secara kualitatif spektrofotometer FTIR digunakan dalam mengidentifikasi gugus-gugus fungsional dalam sampel. Sedangkan analisis kuantitatif digunakan untuk mengetahui konsentrasi suatu analit yang terkandung dalam sampel (Silverstein & Bassler, 1998). Adapun frekuensi pada penyerapan radiasi akan berbeda pada gugus fungsional berbeda pula. Sedangkan konsentrasi analit diketahui dengan berdasarkan intensitas penyerapannya. Hasil analisis FTIR akan menghasilkan spektrum dan sidik jari molekul. Setiap molekul memiliki spektrum IR yang berbeda dan tidak ada satupun senyawa yang memiliki spektrum IR yang sama dengan molekul lain (Chakraborty, 2016).



Gambar 2. 4 Spektra FTIR kompleks Ni(II) dengan basa Schiff (M. Kareem dkk., 2020)

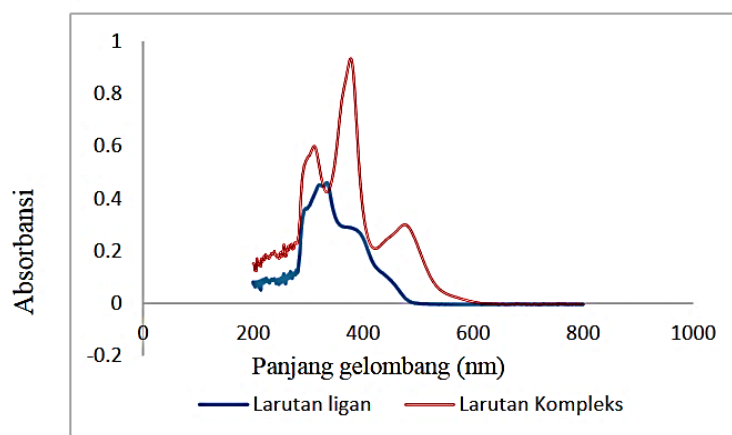
Gambar 2.4 merupakan hasil spektra FTIR kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff dari *4-(2-Amino-ethyl)-benzene-1,2-diol* dan *2-Hydroxy-benzaldehyde*. Hasil spektra muncul beberapa serapan khas yaitu pada panjang gelombang 3450 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi OH fenol, panjang gelombang 3028 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi CH aromatik, panjang gelombang 2818 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi CH alifatik, panjang gelombang 2590 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi CH aldehid, dan panjang gelombang 1533 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C=C dan panjang gelombang 1624 menunjukkan gugus fungsi C=N azometin. Pada gugus fungsi C=N menunjukkan pergeseran dari panjang gelombang ligan pada 1672 cm^{-1} ke panjang gelombang yang lebih pendek 1624 cm^{-1} (M. Kareem dkk., 2020). Hal ini menunjukkan sintesis telah berhasil. Dimana pergeseran panjang gelombang C=N menjadi lebih pendek mengindikasikan bahwa atom nitrogen dalam gugus imina berkoordinasi dengan ion atom (Chaudhary, 2013).

2.5.2 Karakterisasi Menggunakan Instrumen Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah metode analisis untuk mendeteksi senyawa dengan memanfaatkan area serapan pada panjang gelombang UV dan daerah tampak yaitu pada rentang 190-780 nm. Umumnya, pada senyawa organik spektrofotometer UV-Vis hanya dapat digunakan dalam identifikasi senyawa yang memiliki gugus kromofor dan auksokrom karena melibatkan transisi $n \rightarrow \pi^*$ dan $\pi \rightarrow \pi^*$. Sedangkan pada senyawa kompleks logam transisi

dapat menghasilkan serapan yang melibatkan transisi $d \rightarrow d$ karena adanya eksitasi elektron dari orbital d yang satu ke orbital d yang lain (Rahayu, 2021). Metode analisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis merupakan metode yang cepat (Sahumena dkk., 2020). Prinsip Spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada Hukum Lambert-Beer. Prinsip kerja menggunakan metode ini yaitu mengubah sinar polikromatis menjadi monokromatis melalui monokromator. Kemudian sinar monokromatis akan diteruskan dan ditembakkan pada sampel sehingga sinar akan diserap oleh senyawa dalam sampel. Sedangkan sisanya akan dilanjutkan ke detektor untuk diubah dari energi cahaya menjadi energi listrik (Sembiring dkk., 2019). Interaksi antara senyawa dalam sampel dengan gelombang radiasi elektromagnet tersebut akan menyebabkan terjadinya transisi elektron dari elektron pada posisi *ground state* berpindah ke orbital dengan energi yang lebih tinggi (*excitation state*). Radiasi sinar UV yang diserap oleh senyawa aromatik dengan semakin banyak cincin benzena maka akan semakin bergeser menuju panjang gelombang yang lebih panjang. Hal ini karena terdapat konjugasi dan stabilisasi resonansi semakin meningkat dari keadaan eksitasi (Fessenden & Fessenden, 1982).

Penelitian yang dilakukan oleh Zulfiah (2017) pada sintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan Salofen, diperoleh serapan panjang gelombang maksimum transisi $n \rightarrow \pi^*$ pada 378 nm yang menunjukkan adanya gugus azometin dan adanya serapan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ pada panjang gelombang 311 nm yang menunjukkan cincin aromatis. Selain itu terdapat serapan transisi $d \rightarrow d$ pada panjang gelombang 475 nm. Sedangkan pada ligan muncul serapan gelombang maksimum transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ pada 268 nm yang menunjukkan adanya cincin aromatik dan serapan gelombang transisi $n \rightarrow \pi^*$ pada 334 nm yang menunjukkan adanya gugus azometin. Adapun hasil spektra UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Spektra UV-Vis ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II) (Zulfiah, 2017)

2.5.3 Karakterisasi Menggunakan Metode Job

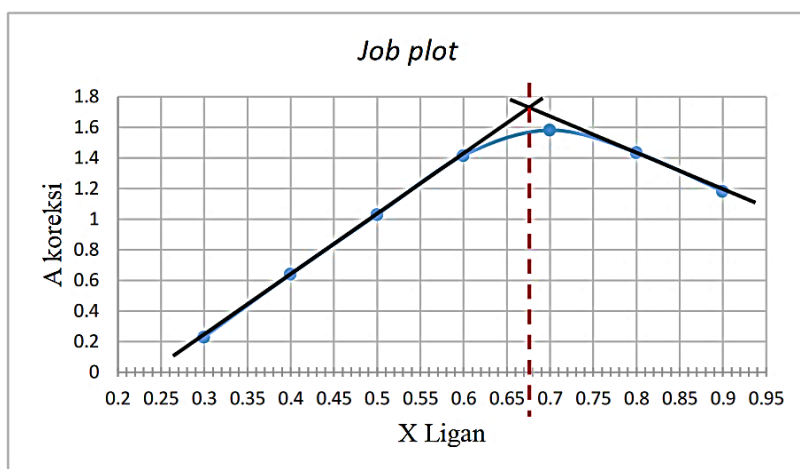
Metode Job merupakan metode yang berfungsi untuk menentukan komposisi kompleks menggunakan variasi kontinu. Analisis menggunakan metode Job dilakukan dengan mencampur logam dan ligan dengan konsentrasi yang sama kemudian dibuat perbandingan

volume logam dan ligan yang berbeda namun dengan total volume campuran yang tetap. Campuran tersebut kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi maksimal. Dimana absorbansi maksimal menunjukkan stoikiometri perbandingan antara logam dan ligan (Harris, 1997).

Penentuan perbandingan stoikiometri menggunakan metode Job didasarkan pada rasio perbandingan volume mulai dari 0 hingga 1 antara logam dengan ligan pada konsentrasi yang sama. Dimana variasi volume yang digunakan seperti yang disajikan pada Tabel 2.2. Adapun Gambar 2.6 merupakan hasil grafik metode Job pada kompleks Cu(III) dengan ligan Schiff 2-metoksi-6-(((4-metoksifenil)imino)metil)fenol. Grafik tersebut menampilkan puncak tertinggi sumbu X pada 0,675 yang merupakan fraksi mol ligan. Berdasarkan nilai tersebut diperoleh fraksi mol logam yaitu 0,325. Dengan demikian, perbandingan antara logam dengan ligan yaitu 1:2 (Fahriyah, 2021).

Tabel 2. 3 Variasi perbandingan volume (mL) logam dan ligan dengan konsentrasi tetap (Fahriyah, 2021)

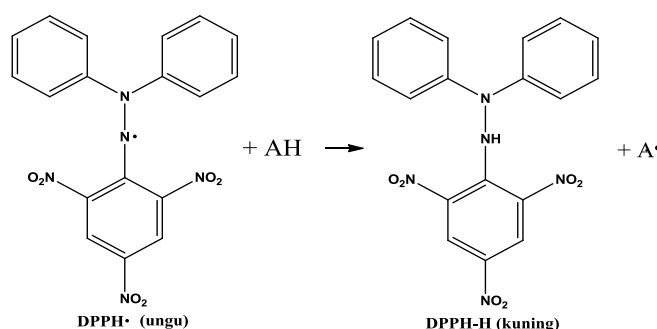
Tabung reaksi	Volume logam	Volume ligan
1	10	0
2	7	3
3	6	4
4	5	5
5	4	6
6	3	7
7	2	8
8	1	9
9	0	10



Gambar 2. 6 Grafik hasil metode Job (Fahriyah, 2021)

2.6 Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Basa Schiff Menggunakan Metode DPPH

Metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) merupakan metode untuk mengetahui aktivitas antioksidan dari suatu sampel. Metode ini sering digunakan karena senyawa DPPH merupakan senyawa yang stabil di suhu kamar. Dalam uji aktivitas menggunakan metode ini, senyawa DPPH berperan sebagai radikal bebas. Senyawa DPPH yang direndam dengan antioksidan akan membentuk senyawa 1,1 difenil-2-pikrilhidrazin tereduksi (Prakash, 2001). Pada panjang gelombang $\lambda = 517 \text{ nm}$ terjadi penyerapan yang kuat oleh elektron yang tidak berpasangan dalam suatu senyawa DPPH. Hal ini ditunjukkan dengan munculnya warna ungu. Sedangkan muncul warna kuning menunjukkan sifat senyawa yang stabil ketika terjadi reaksi antara senyawa DPPH dengan suatu antioksidan. Seperti reaksi yang telah ditunjukkan pada Gambar 2.7, senyawa antioksidan akan mendonorkan satu elektronnya (satu atom hidrogennya) pada senyawa DPPH. Parameter yang digunakan untuk menentukan aktivitas antioksidan yaitu dengan *Effective Concentration* (EC_{50}) maupun nilai *Inhibitory Concentration* (IC_{50}). Nilai tersebut diperoleh dengan membuat persamaan garis regresi linear yang menampilkan hubungan antara aktivitas antioksidan rata-rata (Y) dan konsentrasi sampel (X) (Kemuning dkk., 2023). Metode DPPH memiliki kelebihan antara lain yaitu analisis yang sederhana, mudah, cepat, dan sensitif terhadap sampel dengan konsentrasi yang rendah (Karadag dkk., 2009).



Gambar 2. 7 Reaksi radikal DPPH pada uji antioksidan (Ibrahim dkk., 2017)

Ibrahim dkk. (2017) telah melakukan uji aktivitas antioksidan senyawa basa Schiff dan kompleks logamnya (Ni(II), Co(II), Cu(II), dan Zn(II)). Hasil uji diperoleh bahwa ligan basa Schiff dan kompleks logamnya dapat meredam DPPH secara signifikan. Aktivitas penghambatan diperoleh semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi. Nilai IC_{50} untuk radikal DPPH dengan ligan basa Schiff 2- $\{ (E)-[(4\text{-chlorophenyl})\text{imino}]\text{methyl} \}$ phenol dan kompleks logam Ni(II), Co(II), Cu(II), serta Zn(II) masing-masing adalah $557,51 \pm 6,067 \mu\text{M}$, $318,03 \pm 9,875 \mu\text{M}$, $302,39 \pm 10,68 \mu\text{M}$, $275,40 \pm 11,70 \mu\text{M}$ dan $326,53 \pm 10,17 \mu\text{M}$. Hasil ini menunjukkan bahwa ligan basa Schiff ditemukan kurang efisien dalam aktivitas antioksidan dibandingkan kompleks logamnya (Ni(II), Co(II), Cu(II), dan Zn(II)).

2.7 Sintesis dan Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol dalam Perspektif Islam

Umat manusia merupakan makhluk yang diberi rahmat berupa akal oleh Allah. untuk senantiasa memikirkan kekuasaan-Nya. Dalam al Qur'an Allah telah menyebutkan mengenai akal yang tertuang dalam Q.S. Ali 'Imran ayat 190-191.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (Q.S.3:190). (Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Maha Suci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka (Q.S.3:191).”

Menurut tafsir Ibnu Katsir, Q.S. Ali 'Imran ayat 190-191 menjelaskan bahwa apa yang terdapat dalam langit dan bumi serta dalam pergantian siang dan malam merupakan bukti kekuasaan Allah yang dapat disaksikan oleh indera manusia. Kemudian dijelaskan bahwasannya orang berakal merupakan orang yang tidak pernah putus berdzikir dalam setiap kondisi baik dengan hati maupun dengan lisannya. Mereka juga memahami segala hikmah yang terdapat pada langit dan bumi yang mencerminkan kebesaran Allah, kekuasaan-Nya, keluasan ilmu-Nya, pilihan-Nya, serta rahmat-Nya. Di sisi lain Allah memuji hamba-Nya yang selalu mengingat-Nya sambil berdiri, duduk, maupun dalam keadaan berbaring, serta memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (Abdullah, 2007).

Sebagai insan ulul albab, sintesis dan uji antioksidan senyawa kompleks basa Schiff dalam penelitian ini merupakan suatu bentuk upaya dalam memikirkan ciptaan Allah. Allah menciptakan segala sesuatu tidak dengan sia-sia seperti halnya senyawa kompleks basa Schiff. Senyawa kompleks basa Schiff memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan dalam bidang industri dan farmakologi. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengujian untuk mengetahui aktivitas antioksidan yang bermanfaat dalam menangkal radikal bebas. Sehingga kedepannya dapat diaplikasikan dalam bidang pengobatan.

Adapun sintesis senyawa kompleks basa Schiff dengan logam Ni(II) dilakukan menggunakan metode penggerusan tanpa menggunakan pelarut. Metode penggerusan merupakan salah satu penerapan dari prinsip *green chemistry*. Metode penggerusan memiliki kelebihan antara lain yaitu ramah lingkungan, cepat, murah, dan rendemen yang tinggi (Liu dkk., 2022). Allah melarang manusia untuk membuat kerusakan di bumi seperti pada Q.S. Al A'raf ayat 56 yang telah disebutkan pada bagian awal. Sehingga dengan melakukan sintesis menggunakan metode penggerusan merupakan salah satu usaha dalam menjaga lingkungan.

Sebaliknya, aktivitas manusia dalam menggunakan bahan kimia berbahaya dapat mencemari lingkungan dan membahayakan makhluk hidup disekitarnya khususnya manusia itu sendiri. Sebagaimana firman Allah dalam Q.S. ar Ruum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”

Menurut tafsir Al-Misbah, maksud dari Q.S. ar Ruum yaitu darat dan laut terjadi kerusakan yang disebabkan oleh ulah manusia yang durhaka. Kerusakan tersebut menyebabkan keseimbangan di darat dan laut menjadi kacau. Karena hal tersebut, Allah memberikan balasan atas perbuatan buruk mereka agar kembali ke jalan yang benar. Ayat ini memberi pesan bahwa dengan meningkatnya kerusakan pada lingkungan, maka semakin tinggi pula dampak buruk yang dialami manusia (Shihab, 2003).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang pada bulan Oktober 2024 - Februari 2025. Karakterisasi menggunakan FTIR, dan GCMS dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seperangkat alat gelas, mortar dan alu, mortar agate, neraca analitik, bola hisap, botol semprot, rak tabung reaksi, spatula, pipa kapiler, mikropipet, kertas saring, gelas vial, desikator, aluminium foil, cawan porselen, *melting point apparatus* (MPA), vortex, termometer, Spektrometer GC-MS QP2010S-SHIMADZU, spektrofotometer FTIR VARIAN tipe FT 1000, dan UV-Vis Varian Carry 50.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu senyawa 2-aminotiazol, *o*-vanilin, kloroform, garam logam $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KBr, metanol, etanol, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), akuades, NaOH 2M dan asam askorbat.

3.3 Tahapan Penelitian

1. Sintesis ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol dari *o*-vanilin dan 2-aminotiazol menggunakan metode penggerusan.
2. Uji sifat fisik senyawa ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol meliputi pengamatan bentuk, warna, dan uji titik leleh menggunakan MPA.
3. Uji sifat kimia ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol meliputi kelarutan dengan NaOH 2M dan akuades.
4. Karakterisasi ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan UV-Vis, FTIR dan GC-MS.
5. Sintesis senyawa kompleks logam Ni(II) dengan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan metode penggerusan.
6. Karakterisasi kompleks logam Ni(II) dengan ligan basa Schiff menggunakan UV-Vis, FTIR, dan metode Job.
7. Uji antioksidan senyawa ligan dan kompleks Ni(II) menggunakan metode DPPH.

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan sintesis ligan basa Schiff dari o-vanilin dan 2-aminotiazol menggunakan metode penggerusan. Hasil sintesis ligan dilakukan uji sifat fisik dan sifat kimia. Uji sifat fisik meliputi bentuk, warna, dan titik leleh menggunakan MPA. Sedangkan uji sifat kimia meliputi kelarutan terhadap akuades dan NaOH 2 M. Kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi ligan menggunakan UV-Vis, FTIR dan GC-MS.

Sintesis ligan dari o-vanilin dan 2-aminotiazol membentuk ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol. Senyawa ligan yang terbentuk kemudian direaksikan dengan $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ untuk membentuk senyawa kompleks. Sintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff menggunakan metode penggerusan selama 30 menit. Selanjutnya, produk senyawa kompleks dilakukan uji sifat fisik berupa bentuk, warna dan titik leleh menggunakan MPA serta dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, dan metode Job. Kemudian dilakukan uji antioksidan terhadap ligan dan kompleks menggunakan metode DPPH.

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Sintesis Senyawa Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol menggunakan Metode Penggerusan (Imanudin, 2023)

Ditimbang sebanyak 0,03 mol o-vanilin (4,6106 gram) dan 0,03 mol 2-aminotiazol (3,0971 gram). Kemudian digerus keduanya menggunakan mortar selama 120 menit pada suhu ruang. Dikeringkan produk menggunakan desikator dan ditimbang hingga beratnya konstan. Dihitung rendemen menggunakan persamaan 3.1.

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{massa produk (g)}}{\text{massa teoritis}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

3.5.2 Uji Titik Leleh Senyawa Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol menggunakan MPA (Imanudin, 2023)

Hasil produk sintesis basa Schiff yang diperoleh dimasukkan ke dalam pipa kapiler. Dipasangkan termometer ke dalam blok besar di samping kanan *heating control* pada alat MPA. Kemudian dipasang pipa kapiler yang telah berisi produk tersebut ke dalam blok kecil di atas blok termometer pada alat MPA. Selanjutnya dioperasikan alat MPA dengan dinyalakan *heating control* hingga 20°C tiap menit. Ketika mencapai 60% dari suhu perkiraan titik leleh produk, diturunkan suhunya hingga 10°C per menit. Kenaikan suhu diatur menjadi 1°C per menit ketika suhu kurang 15% dari perkiraan titik leleh senyawa. Diamati proses produk ketika meleleh hingga menjadi cair sempurna.

3.5.3 Uji Kelarutan Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol dengan Akuades dan NaOH 2M (Imanudin, 2023)

Produk basa Schiff hasil sintesis dimasukkan sebanyak 0,005 gram ke dalam 2 tabung reaksi berbeda. Tabung pertama ditambahkan 3 mL akuades. Sedangkan tabung kedua ditambahkan 3 mL NaOH 2M. Dihomogenkan dan diamati perubahan yang terjadi di dalam masing-masing tabung.

3.5.4 Karakterisasi Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan FTIR (Imanudin, 2023)

Produk hasil sintesis basa Schiff dibuat pelet dengan ditambahkan KBr menggunakan perbandingan KBr : senyawa basa Schiff (98 : 2). Kemudian campuran tersebut digerus menggunakan mortar agate. Hasil gerusan selanjutnya ditekan dan dibentuk pelet. Diletakkan pelet pada *cell holder* dalam instrumen FTIR. Dilakukan pengukuran spektra IR pada bilangan gelombang 4000 – 400 cm^{-1} .

3.5.5 Karakterisasi Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan GC-MS (Imanudin, 2023)

Produk sintesis basa Schiff sebanyak 0,005 g dilarutkan dalam kloroform dengan konsentrasi 70.000 ppm. Menggunakan *syringe*, larutan tersebut diinjeksikan ke dalam injektor KG-SM QP2010S SHIMADZU dengan kondisi operasonal berikut:

Jenis kolom	: AGILENT DB-5MS
Panjang Kolom	: 30 meter
Detektor	: FGCCP 3800 (GC) Satuan 2200 (MS)
Oven	: Terprogram 70°C (5 menit) – 305°C (18 menit)
Temperatur injektor	: 300 °C
Tekanan Gas	: 30 kPa
Kecepatan aliran gas	: 0,65 mL/menit (konstan)
Gas Pembawa	: Helium

Ditunggu hingga memunculkan spektra MS dan kromatogram. Kemudian ditentukan (%) kemurnian berdasarkan hasil kromatogram yang diperoleh.

3.5.6 Sintesis Senyawa Kompleks Logam Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan Metode Penggerusan

Sintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan metode penggerusan dengan perbandingan ligan : logam (2:1). Sintesis diawali dengan dimasukkan sebanyak 0,4686 g ligan basa Schiff (0,002 mol) dan garam $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,2488 g (0,001 mol) ke dalam mortar. Digerus campuran selama 30 menit pada suhu ruang. Hasil yang diperoleh kemudian ditimbang dan

dihitung nilai rendemennya. Kemudian diamati sifat fisiknya meliputi bentuk, warna dan titik leleh menggunakan MPA.

3.5.7 Karakterisasi Senyawa Kompleks Hasil Sintesis

3.5.7.1 Karakterisasi Senyawa Kompleks menggunakan UV-Vis

Penentuan pergeseran panjang gelombang antara ligan dan senyawa kompleks dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis *Varian Carry 50*. Produk senyawa hasil sintesis dilarutkan terlebih dahulu dengan pelarut metanol. Dimasukkan larutan tersebut ke dalam kuvet lalu dilakukan analisis pada panjang gelombang rentang 200-800 nm.

3.5.7.2 Karakterisasi Senyawa Kompleks menggunakan FTIR

Karakterisasi gugus fungsi senyawa kompleks menggunakan FTIR dengan cara senyawa kompleks hasil sintesis dicampurkan KBr menggunakan perbandingan KBr : senyawa kompleks (98 : 2). Kemudian campuran tersebut digerus menggunakan mortar agate. Hasil gerusan selanjutnya ditekan dengan tekanan 80 torr dan dibentuk pelet. Diiletakkan pelet pada *cell holder* dalam instrumen FTIR. Dianalisa spektra IR pada bilangan gelombang pada rentang 4000 – 400 cm^{-1} .

3.5.7.3 Karakterisasi Senyawa Kompleks menggunakan Metode Job

Karakterisasi menggunakan metode Job merupakan uji kuantitatif untuk menentukan perbandingan mol ligan dalam senyawa kompleks dengan cara membuat variasi volume logam dan ligan pada konsentrasi yang sama. Dibuat larutan standar logam 0,001 M dengan ditimbang $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0254 g dan dilarutkan dengan metanol menggunakan labu ukur 50 mL hingga tanda batas. Kemudian dibuat larutan standar ligan 0,001 M dengan cara ditimbang 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol sebanyak 0,0241 g dan dilarutkan dengan metanol dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas. Kemudian dimasukkan larutan standar yang telah dibuat ke dalam tabung reaksi dengan variasi volume berbeda seperti yang telah ditampilkan pada Tabel 3.1. Dibuat pula larutan ligan dan logam sebagai faktor koreksi sesuai pada Tabel 3.2. Tabung 1-8, M1-M8, dan L1-L8 dihomogenkan menggunakan vortex selama 2 menit. Selanjutnya dilakukan uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis *Varian Carry 50* pada panjang gelombang maksimum senyawa kompleks. Hasil yang diperoleh kemudian dibuat kurva serta garis singgung antara fraksi mol ligan terhadap absorbansi terkoreksi.

Tabel 3. 1 Variasi volume ligan dan logam senyawa kompleks

Tabung reaksi	Ni(CH ₃ COO) ₂ ·4H ₂ O (mL) 0,01 M	Ligan (mL) 0,01 M
1	8	2
2	7	3
3	6	4
4	5	5
5	4	6
6	3	7
7	2	8
8	1	9

Tabel 3. 2 Variasi volume pelarut dengan ligan dan logam

Tabung reaksi	Ni(CH ₃ COO) ₂ ·4H ₂ O (mL) 0,01 M	Metanol (mL)	Tabung reaksi	Ligan (mL) 0,01 M	Metanol (mL)
M1	8	2	L1	2	8
M2	7	3	L2	3	7
M3	6	4	L3	4	6
M4	5	5	L4	5	5
M5	4	6	L5	6	4
M6	3	7	L6	7	3
M7	2	8	L7	8	2
M8	1	9	L8	9	1

3.5.8 Uji Antioksidan Senyawa Kompleks menggunakan Metode DPPH

Penentuan panjang gelombang maksimum larutan DPPH dilakukan dengan cara dipipet 1 ml larutan DPPH 0,2 mM dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 3 mL metanol. Kemudian diukur panjang gelombang maksimumnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran dilanjutkan untuk menentukan *operating time* dengan cara diukur absorbansinya setiap 5 menit selama 60 menit. Hasil panjang gelombang maksimum serta hasil *operating time* dicatat dan digunakan untuk tahap uji aktivitas antioksidan berikutnya.

Uji antioksidan diawali dengan dibuat larutan kontrol dengan cara dimasukkan 3 mL metanol p.a ke dalam tabung reaksi ulir. Kemudian ditambahkan DPPH 0,2 mM sebanyak 1 ml. Ditutup tabung reaksi dan diinkubasi selama *operating time*. Selanjutnya diukur absorbansi DPPH menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang telah dicatat sebelumnya.

Senyawa kompleks basa Schiff dibuat larutan stok 20 ppm dengan cara dilarutkan sebanyak 1,03 mg ke dalam pelarut metanol 50 mL. Selanjutnya dari larutan stok 20 ppm

dibuat larutan dengan variasi konsentrasi yaitu 2,5; 5; 7,5; 12,5; dan 15 ppm. Setiap larutan dipipet sebanyak 3 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi ulir yang berbeda. Ditambahkan 1 ml larutan DPPH 0,2 mM. Ditutup tabung reaksi lalu diinkubasi selama *operating time*. Berikutnya diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Kemudian dihitung nilai persen (%) aktivitas antioksidan menggunakan persamaan 3.2.

$$\text{Aktivitas antioksidan (\%)} = \frac{\text{Abs. kontrol} - \text{Abs. DPPH sisa}}{\text{Abs. kontrol}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Sebagai pembanding, ditentukan pula aktivitas antioksidan dari senyawa ligan basa Schiff dan asam askorbat dengan tahap dan perlakuan yang sama seperti yang telah disebutkan. Nilai % aktivitas antioksidan yang diperoleh kemudian dapat digunakan untuk mencari nilai IC₅₀.

3.6 Analisis Data

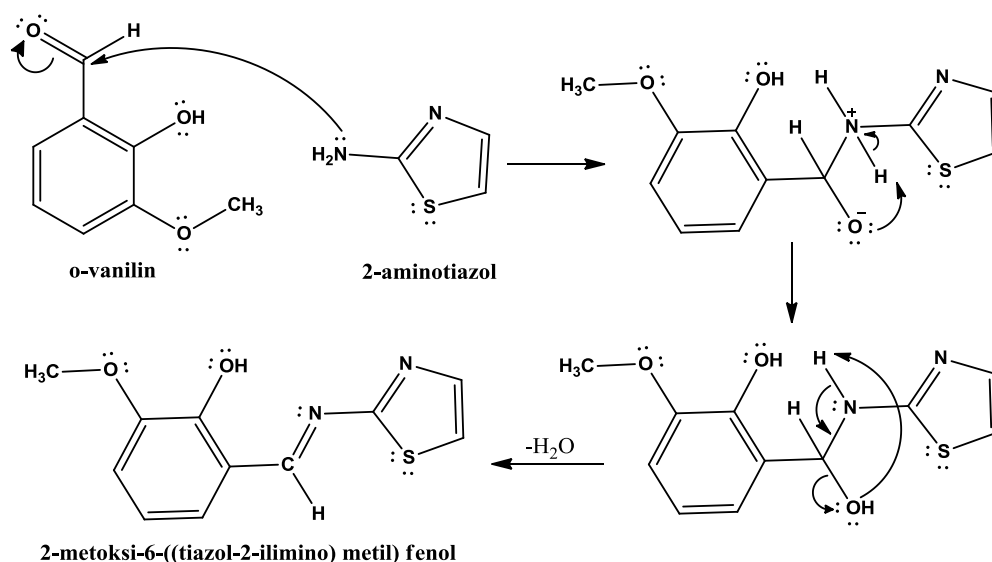
1. Hasil uji titik leleh menggunakan MPA berupa *range* dari rerata hasil percobaan produk sintesis sebanyak tiga kali pengulangan.
2. Hasil uji sifat kimia basa Schiff berupa kelarutan sempurna pada NaOH 2M dan sedikit larut dalam akuades.
3. Hasil karakterisasi FTIR pada basa Schiff berupa serapan gugus fungsi khas gugus imina (C=N) pada bilangan gelombang 1690-1590 cm⁻¹. Sedangkan pada produk kompleks terjadi pergeseran bilangan gelombang C=N yang mengindikasikan atom nitrogen dalam gugus imina berkoordinasi dengan logam Ni(II).
4. Hasil karakterisasi GC berupa kemurnian produk sintesis. Sedangkan hasil karakterisasi MS berupa ion molekuler yang nilai m/z nya setara dengan berat molekul produk sintesis.
5. Hasil karakterisasi UV-Vis berupa panjang gelombang maksimum. Produk kompleks terbentuk ditandai dengan perubahan panjang gelombang maksimum dari ligan.
6. Hasil uji kuantitatif menggunakan metode Job berupa absorbansi dari kompleks dengan variasi volume ligan dan logam. Kemudian dihitung absorbansi terkoreksi dan dibuat kurva serta garis singgung antara fraksi mol ligan dan absorbansi terkoreksi. Hasil akhir didapatkan perbandingan mol ligan dan logam pada senyawa kompleks.
7. Hasil uji antioksidan berupa absorbansi DPPH dalam kontrol dan sampel uji. Kemudian dihitung % aktivitas antioksidannya dan didapatkan nilai IC₅₀ dengan satuan ppm.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil)fenol

Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil)fenol disintesis dari reaktan o-vanilin dan 2-aminotiazol dengan perbandingan 1:1. Reaktan o-vanilin berperan sebagai elektrofil yang menyediakan gugus karbonil. Sedangkan reaktan 2-aminotiazol berperan sebagai nukleofil yang menyediakan gugus amina primer. Sintesis ligan ini dilakukan menggunakan metode penggerusan kerana memiliki kelebihan antara lain: ramah lingkungan, mudah dilakukan, biaya lebih ekonomis karena tidak menggunakan pelarut dan katalis tambahan, cepat, dan menghasilkan rendemen yang tinggi (Liu dkk., 2022). Reaksi kimia yang terjadi ketika sintesis menggunakan metode penggerusan disebabkan oleh penyerapan langsung energi mekanik melalui pencampuran dua atau lebih padatan tanpa pelarut dengan menggerus reagen padat bersama-sama. Adapun energi kinetik yang tersedia selama penggerusan menghasilkan beberapa efek antara lain pemanasan, memperluas permukaan dan pembentukan permukaan baru seiring dengan pengurangan ukuran partikel, peleburan, dan perubahan fasa (James & Frišćić, 2013). Melalui proses penggerusan, akan memulai reaksi antara o-vanilin dan 2-aminotiazol dengan mentransmisikan sejumlah kecil energi melalui gesekan sehingga membentuk produk basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazole-2-ilimino) metil)fenol dengan karakteristik adanya gugus imina ($C=N$). Pada proses tersebut, campuran padatan berubah menjadi berbentuk pasta dan mulai memadat pada menit ke 90. Penggerusan dihentikan pada menit ke 120 ketika produk sintesis telah berbentuk serbuk padatan. Perubahan fasa padat menjadi pasta ketika proses penggerusan, diduga merupakan akibat adanya pelepasan air oleh senyawa antara *carbinolamine*. Sedangkan perubahan dari bentuk pasta menjadi padat ketika akhir penggerusan, diduga menunjukkan bahwa kadar air sebagai produk samping sudah berkurang dan menyisakan produk utama, yaitu senyawa basa Schiff. Kemudian untuk memaksimalkan penghilangan air yang masih tersisa, dilanjutkan dengan mendiamkan produk dalam desikator hingga produk benar-benar terbebas dari air, yang ditandai dengan berat yang telah konstan. Adapun mekanisme reaksi dalam sintesis ligan basa Schiff dari o-vanilin dan 2-aminotiazol yaitu ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Mekanisme reaksi pembentukan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol

Tabel 4. 1 Hasil uji sifat fisik

Pengamatan	o-Vanilin	2-Aminotiazol	Ligan basa Schiff
Wujud	Kristal (padatan)	Serbuk (padatan)	Serbuk (padatan)
Warna	Kuning pucat	Coklat	Kuning
			
Massa (g)	4,6107	3,0971	6,9408
% Rendemen	-	-	98,7494%
Titik Leleh (°C)	40-42 ^a	89-94 ^b	108-111°C

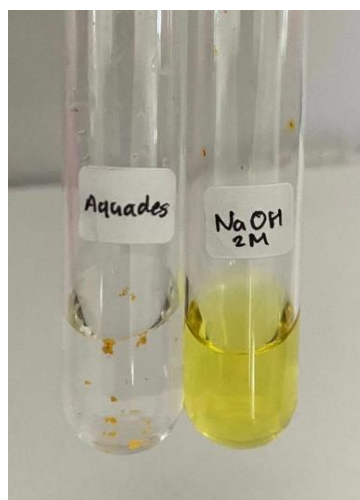
Keterangan: a = Aldrich
b = Milipore

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, didapatkan hasil uji sifat fisik yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa produk memiliki sifat fisik yang berbeda dibandingkan dengan kedua reaktan. Produk ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol memiliki warna kuning, sedangkan reaktan o-vanilin berwarna kuning pucat dan 2-aminotiazol berwarna coklat. Pada uji titik leleh juga diperoleh hasil yang berbeda dengan kedua reaktan. Dimana titik leleh produk hasil sintesis yaitu pada rentang 108-111°C sedangkan reaktan o-vanilin memiliki titik leleh pada rentang 40-42°C dan 2-aminotiazol memiliki titik leleh pada rentang 89-94°C. Adanya perbedaan sifat fisik meliputi warna dan titik leleh antara produk dan reaktan tersebut mengasumsikan bahwa produk baru telah terbentuk. Adapun nilai rendemen yang diperoleh pada hasil produk sintesis tersebut yaitu sebesar 98,74%. Penelitian oleh Imanudin (2023), pada sintesis basa Schiff dari o-vanilin dan 2-aminotiazol menunjukkan hasil produk sintesis berwarna kuning dan titik leleh pada

rentang 109-110°C. Hasil penelitian tersebut diperoleh senyawa basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol yang memiliki ciri khas gugus imina ($C=N$). Kemiripan hasil sintesis penelitian tersebut dengan penelitian ini mengindikasikan pula bahwa produk sintesis telah terbentuk.

4.2 Uji Sifat Kimia Ligan Basa Schiff

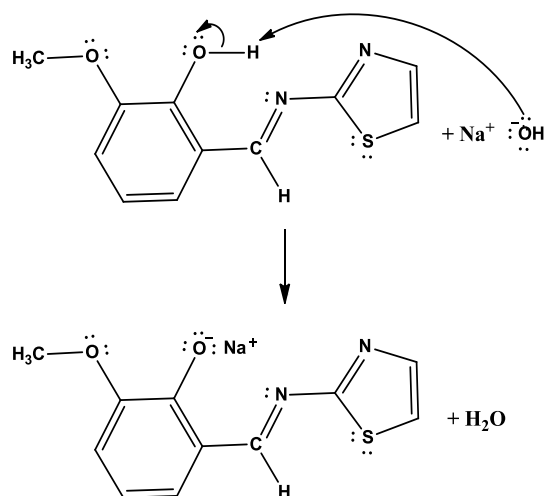
Uji sifat kimia terhadap produk hasil sintesis meliputi kelarutan terhadap akuades (sebagai pembanding) dan larutan NaOH 2M. Tujuan dilakukannya uji sifat kimia yaitu untuk mengetahui terbentuknya ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol. Adapun hasil pada uji sifat kimia dapat dilihat pada Gambar 4.2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol larut sempurna dengan larutan NaOH yang ditunjukkan dengan larutan berwarna kuning dan tidak ada endapan. Sedangkan pada hasil kelarutan terhadap akuades, didapatkan produk tidak larut yang ditunjukkan dengan larutan yang tetap tidak berwarna dan ada endapan berwarna kuning. Berdasarkan hasil tersebut telah terbukti bahwa produk ligan basa Schiff memiliki gugus fenolat dan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol telah terbentuk.



Gambar 4. 2 Hasil Uji Sifat Kimia

Prinsip uji kelarutan ini didasarkan pada reaksi asam basa Bronsted-Lowry yang menunjukkan adanya gugus fenolat pada produk melalui serah terima proton. Ligan basa Schiff bertindak sebagai asam karena memiliki gugus fenolat yang mudah melepaskan H^+ dari gugus hidroksilnya. Sedangkan NaOH bertindak sebagai basa. Hasil produk sintesis dapat larut dalam larutan NaOH dikarenakan adanya transfer proton oleh gugus hidroksil pada ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol. Akibatnya akan terbentuk anion yang terstabilkan oleh atom Na^+ dan membentuk garam fenolat yang polar sehingga larut dalam air. Sedangkan ion OH^- pada NaOH akan menerima proton (H^+) dari ligan basa Schiff tersebut.

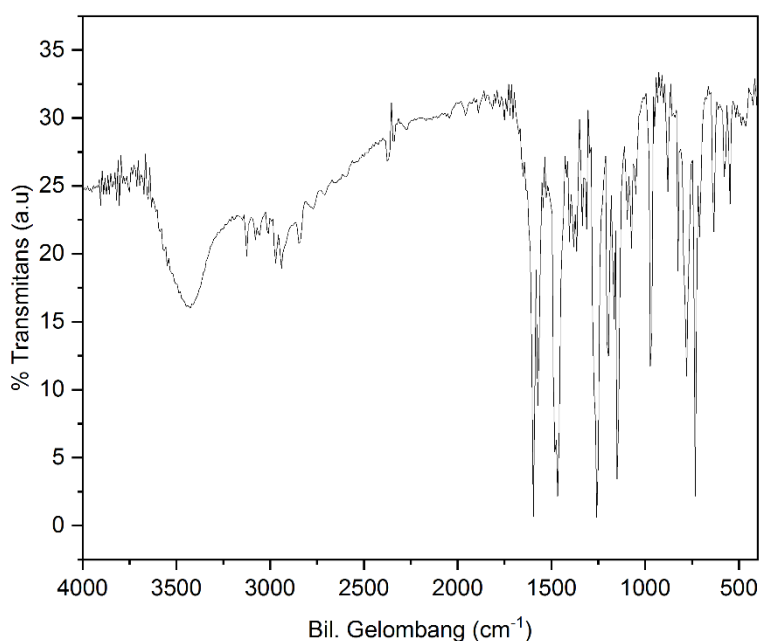
Adapun mekanisme reaksi antara ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol dan NaOH ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Mekanisme reaksi ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol dengan NaOH

4.3 Karakterisasi Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil) fenol menggunakan FTIR

Karakterisasi produk ligan basa Schiff menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi khasnya dan kemudian dibandingkan dengan kedua reaktan. Produk sintesis ligan basa Schiff diuji serapan vibrasi gugus fungsinya pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Adapun Gambar 4.4 merupakan hasil spektra IR dari ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol.



Gambar 4. 4 Spektra IR ligan basa Schiff

Tabel 4. 2 Perbandingan vibrasi IR ligan dan reaktan

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		
	o-Vanilin	2-Aminotiazol	Ligan basa Schiff
C=N <i>Stretching</i>	-	-	1597
C=O	1641*	-	-
N-H	-	3412 *	-
O-H <i>Stretching</i>	3553 *	-	3425

Keterangan: *= (Imanudin, 2023)

Hasil spektra IR ligan dan reaktan menunjukkan hasil yang berbeda. Dimana pada reaktan o-vanilin terdapat serapan gugus C=O pada 1641 cm⁻¹. Sedangkan pada produk hasil sintesis ligan basa Schiff tidak terdapat serapan C=O. Kemudian pada reaktan 2-aminotiazol terdapat serapan gugus N-H pada bilangan gelombang 3412 cm⁻¹ dan sedangkan pada produk hasil sintesis basa Schiff tidak terdapat serapan N-H pada bilangan gelombang tersebut. Perbedaan serapan tersebut mengindikasikan bahwa telah terbentuk senyawa baru. Perbandingan vibrasi IR antara ligan dan kedua reaktan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Karakteristik dari senyawa basa Schiff hasil penelitian oleh Ashrafuzzaman, dkk. (2021), yaitu memiliki gugus C=N yang ditandai dengan adanya serapan yang tajam dan kuat pada bilangan gelombang 1595,57 cm⁻¹. Adapun berdasarkan hasil spektra IR pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa hasil produk sintesis ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil) fenol memiliki serapan khas gugus C=N *stretching* pada bilangan gelombang 1597 cm⁻¹. Serapan khas lainnya yaitu pada bilangan gelombang 1573 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan gugus C=N aromatik, 3425 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan gugus O-H, serta pada bilangan 3078 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus C-H aromatik. Hasil serapan IR ligan dibandingkan dengan literatur disajikan pada Tabel 4.3.

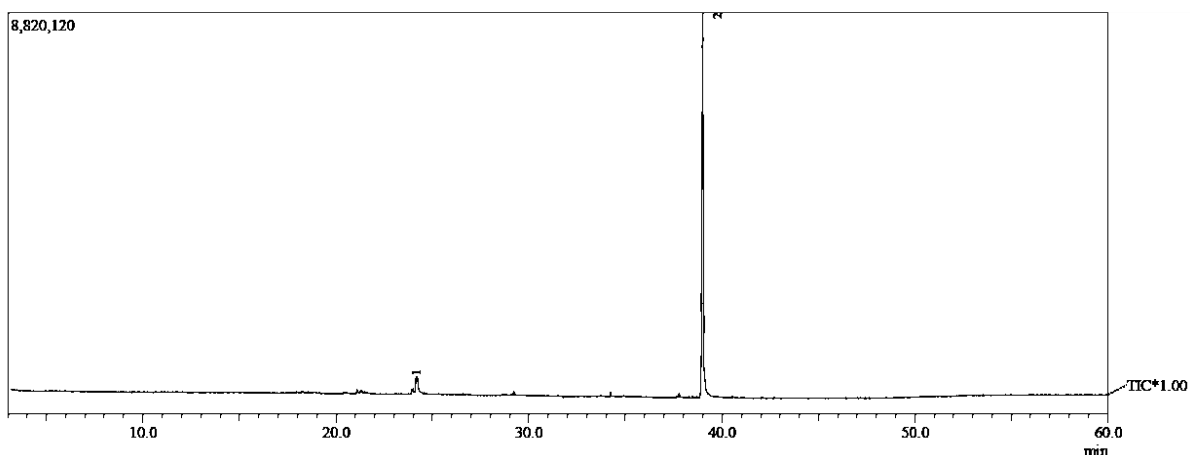
Tabel 4. 3 Hasil karakterisasi ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil) fenol menggunakan FTIR.

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang produk (cm ⁻¹)	
	Produk Sintesis	Literatur (Imanudin, 2023)
-OH <i>Stretching</i>	3425	3400
C _{sp2} -H <i>Stretching</i> aromatik	3078	3032
C _{sp3} -H <i>Stretch</i> alifatik	2938	2844
C=N <i>Stretching</i>	1597	1596
C=N Aromatik	1573	1527*
C=C Aromatik	1465	1468
C-O-C Asimetrik	1257	1257
C-O <i>Stretching</i>	1195	1199
C _{sp2} -H <i>Bending</i> aromatik	879	880

Keterangan : *= (Alias dkk., 2014)

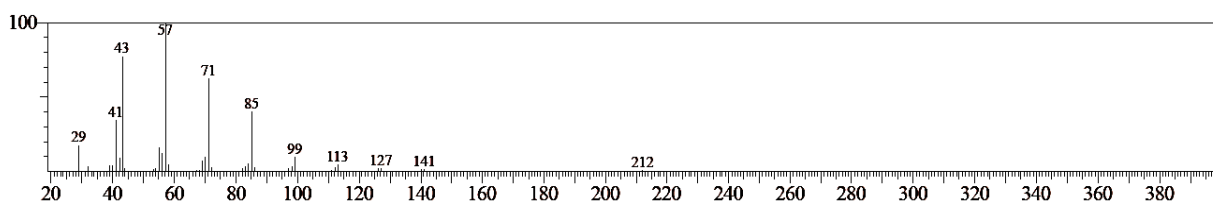
4.4 Karakterisasi Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol menggunakan GC-MS

Karakterisasi produk sintesis ligan basa Schiff menggunakan GC-MS bertujuan untuk mengetahui kemurnian, berat molekul, dan struktur dari senyawa target. Kemurnian ligan dapat diketahui melalui hasil kromatogram pada data GC yang menunjukkan jumlah senyawa yang terkandung dalam produk sintesis. Berat molekul senyawa target dapat diketahui melalui nilai m/z ion molekular pada spektra massa hasil data MS serta struktur molekul senyawa target melalui pola fragmentasi.

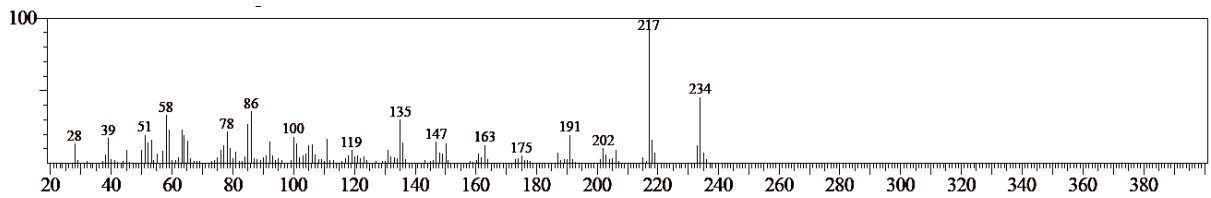


Gambar 4. 5 Kromatogram produk sintesis

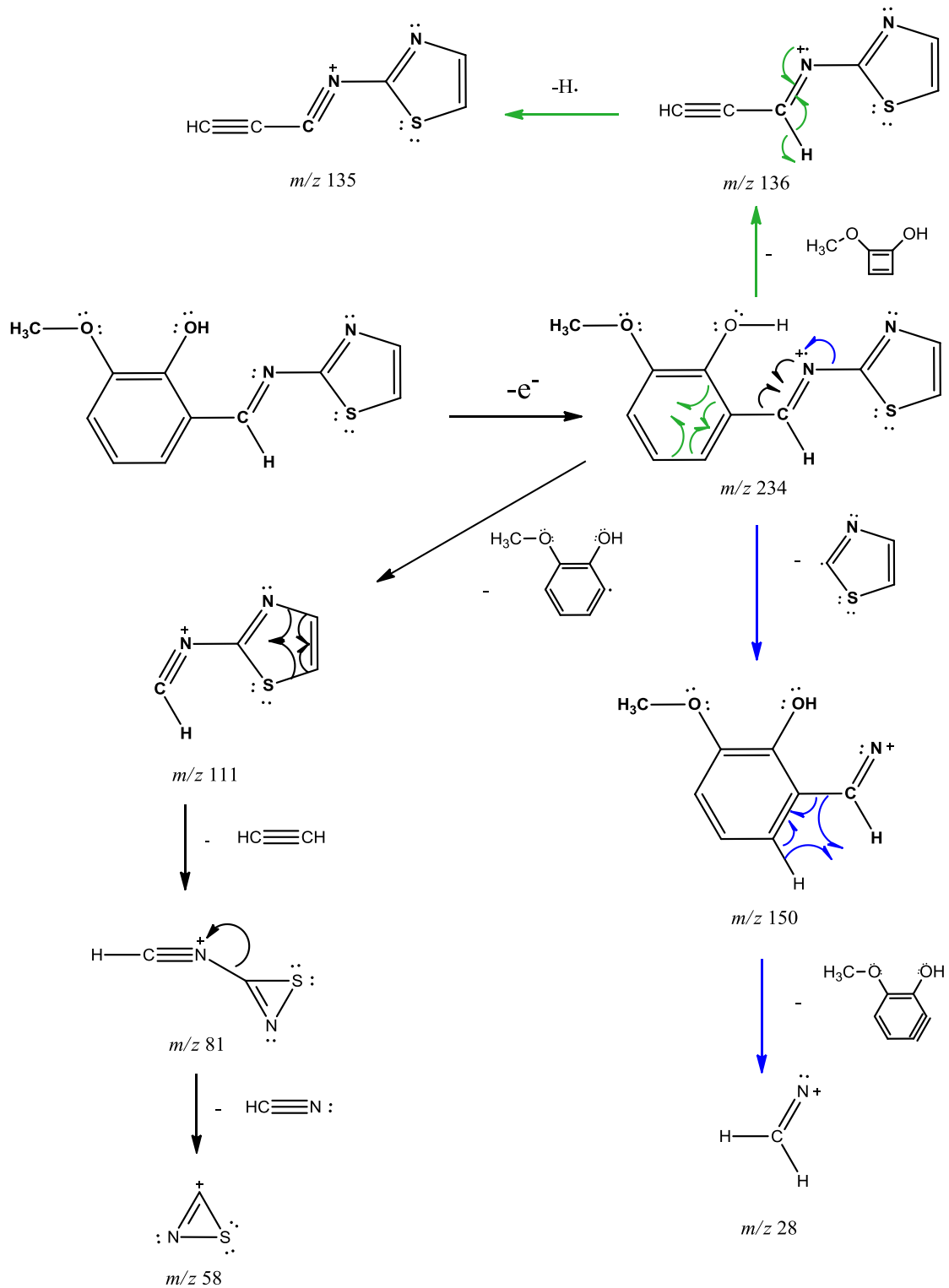
Gambar 4.5 merupakan kromatogram hasil GC pada produk sintesis ligan basa Schiff. Berdasarkan hasil kromatogram terdapat pemisahan menjadi dua puncak yang menunjukkan dalam senyawa produk terdiri dari dua senyawa. Puncak pertama memiliki waktu retensi 24,157 menit dengan luas area sebesar 2,37%. Sedangkan puncak kedua memiliki waktu retensi 39,016 menit dengan luas area 97,063%. Puncak pertama diduga merupakan pengotor yang bukan berasal dari kedua reaktan. Hal tersebut didasarkan pada hasil spektra massa yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 yaitu sebesar 212 yang bukan merupakan berat molekul target maupun reaktan. Sedangkan puncak kedua diduga merupakan senyawa target yaitu ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol yang didasarkan pada hasil spektra massa yang ditunjukkan pada Gambar 4.7. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai m/z ion molekular senyawa kedua sesuai dengan berat molekul target yaitu sebesar 234.



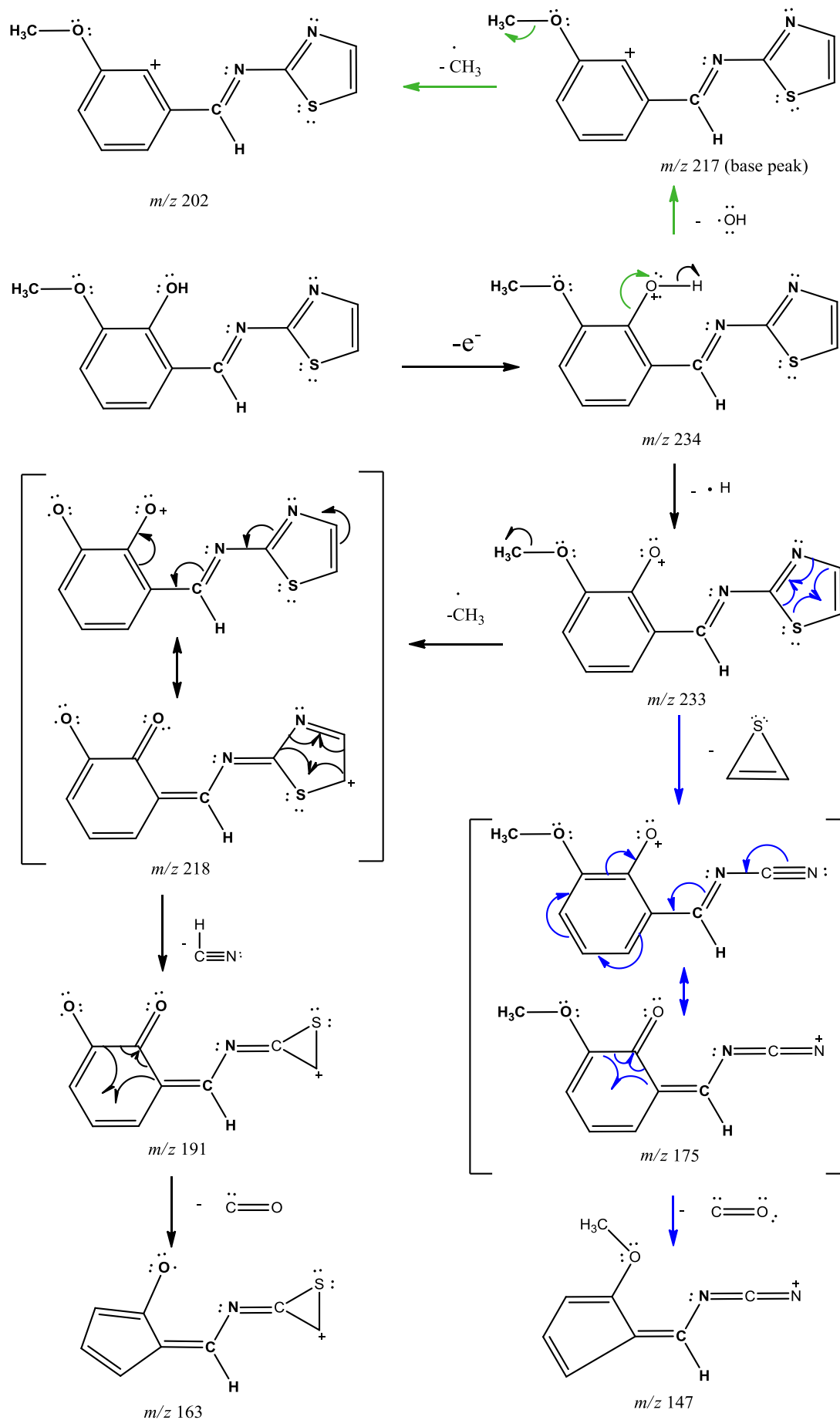
Gambar 4. 6 Spektra MS puncak pertama



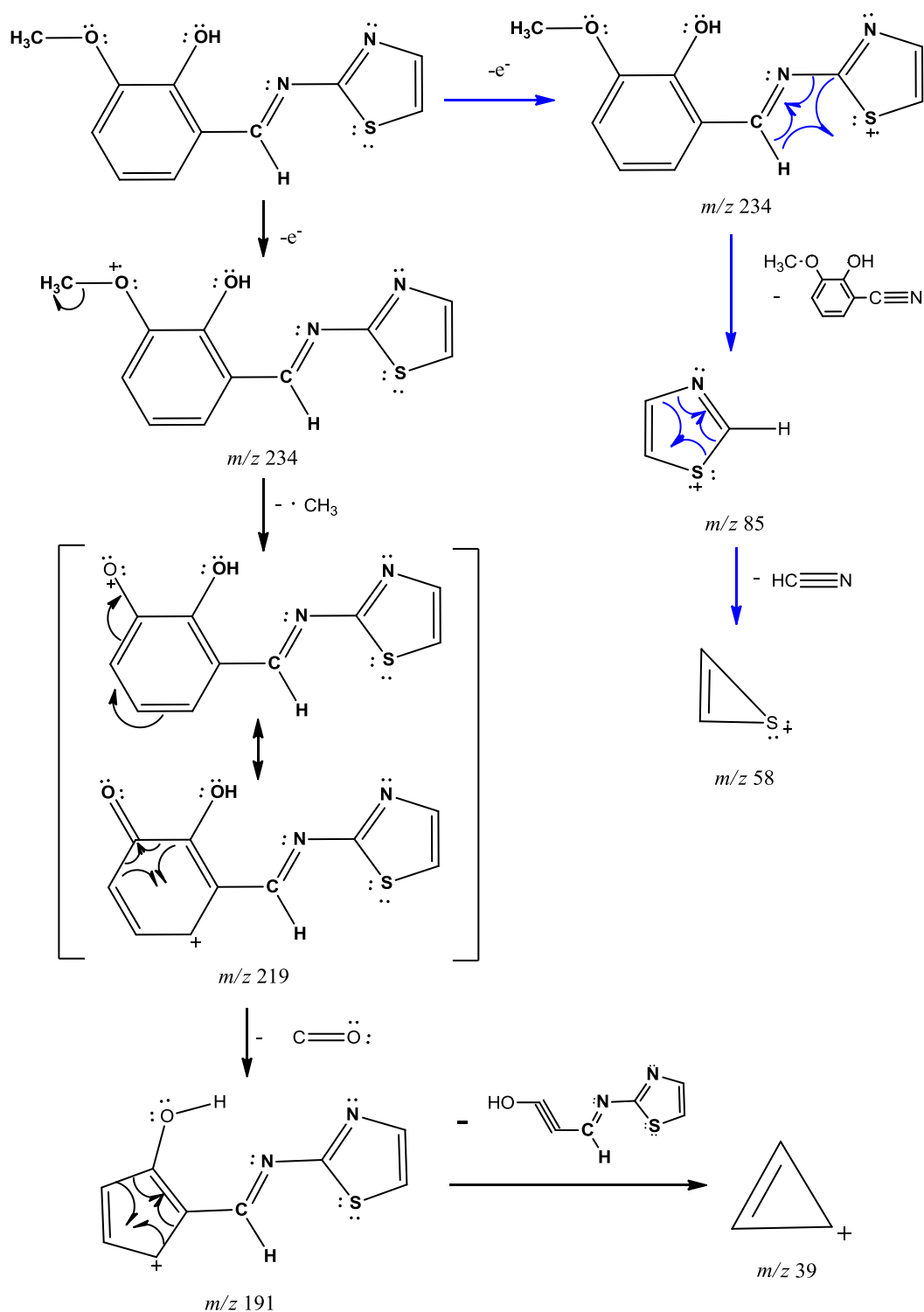
Gambar 4. 7 Spektra MS puncak kedua



Gambar 4. 8 Pola Fragmentasi puncak kedua



Gambar 4. 9 Pola fragmenasi ke-2 puncak kedua



Gambar 4. 10 Pola fragmentasi ke-3 puncak kedua

Gambar 4.8-4.10 menunjukkan pola-pola fragmentasi dari puncak kedua (Gambar 4.7). Spektra masa pada puncak ion molekul dengan nilai m/z 234 merupakan $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}^{*+}$ yang diperoleh akibat penembakan oleh berkas elektron terhadap $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ sehingga melepas satu elektronnya (e^-). *Base peak* dengan m/z 217 merupakan $\text{C}_{11}\text{H}_9\text{N}_2\text{OS}^+$ yang terbentuk karena lepasnya gugus OH^* pada $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}^{*+}$.

4.5 Sintesis Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol

Sintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff dilakukan menggunakan metode penggerusan. Garam logam yang digunakan dalam sintesis kompleks Ni(II) yaitu $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Adapun metode penggerusan dipilih karena merupakan metode *green chemistry* dan memiliki kelebihan antara lain, ramah lingkungan, mudah dilakukan, murah, cepat, serta menghasilkan rendemen yang tinggi (Liu dkk., 2022). Reaksi kimia yang terjadi ketika sintesis menggunakan metode penggerusan disebabkan oleh penyerapan langsung energi mekanik melalui pencampuran antara ligan dan logam tanpa pelarut dengan menggerus reaktan bersama-sama. Adapun energi kinetik yang tersedia selama penggerusan menghasilkan beberapa efek antara lain pemanasan, memperluas permukaan dan pembentukan permukaan baru seiring dengan pengurangan ukuran partikel, peleburan, dan perubahan fasa (James & Frišćić, 2013). Hasil uji fisik produk hasil sintesis kompleks Ni(II) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

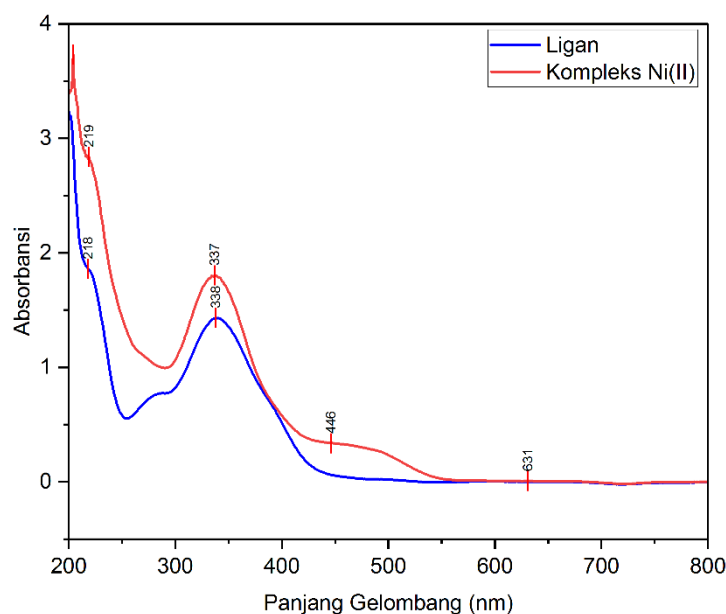
Tabel 4. 4. Hasil uji fisik produk sintesis senyawa kompleks

Pengamatan	$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Ligan basa Schiff	Kompleks Ni(II)
Wujud	Kristal (padatan)	Serbuk (padatan)	Serbuk (padatan)
Warna	Hijau kebiruan	Kuning	Jingga
			
Massa (g)	0,2539	0,4799	0,6209
Titik Leleh ($^{\circ}\text{C}$)	104-106	108-111	60-62

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa produk sintesis kompleks Ni(II) berwarna jingga. Hasil tersebut berbeda dengan warna ligan 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol yaitu berwarna kuning serta garam logam $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ berwarna hijau kebiruan. Kemudian hasil pengamatan titik leleh pada kompleks diperoleh nilai pada rentang 60-62 $^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada ligan menunjukkan pada rentang 108-111 $^{\circ}\text{C}$ dan garam $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ pada rentang 104-106 $^{\circ}\text{C}$. Perbedaan hasil pengamatan antara kompleks dengan ligan dan logam meliputi warna dan titik leleh, menunjukkan bahwa produk senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff telah terbentuk.

4.6 Karakterisasi Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol menggunakan UV-Vis

Karakterisasi produk hasil sintesis menggunakan UV-Vis bertujuan untuk mengetahui keberhasilan hasil sintesis melalui adanya pergeseran panjang gelombang antara ligan dan kompleks. Analisa UV-Vis dilakukan dengan dilarutkan ligan dan kompleks masing-masing menggunakan pelarut metanol. Kemudian diukur panjang gelombang pada rentang 200-800 nm. Hasil analisis panjang gelombang maksimal pada ligan dan kompleks ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Spektra UV-Vis larutan ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II)

Tabel 4. 5 Panjang gelombang maksimum dan transisi elektron pada ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II)

Senyawa	λ maks	Transisi
Ligan Basa Schiff	218	$\pi \rightarrow \pi^*$
	338	$n \rightarrow \pi^*$
Kompleks Ni(II)	219	$\pi \rightarrow \pi^*$
	337	$n \rightarrow \pi^*$
	446	LMCT
	631	d-d

Hasil spektra UV-Vis pada Gambar 4.11 menunjukkan serapan panjang gelombang maksimum pada ligan basa Schiff yaitu 218 nm dan 338 nm. Pada panjang gelombang 218 nm merupakan serapan yang menunjukkan adanya transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dari cincin aromatik. Sedangkan pada panjang gelombang 338 nm merupakan serapan yang menunjukkan adanya transisi $n \rightarrow \pi^*$ dari gugus imina. Pada produk kompleks Ni(II) didapatkan adanya pergeseran panjang gelombang dibandingkan dengan ligan yaitu 219 nm yang menunjukkan transisi

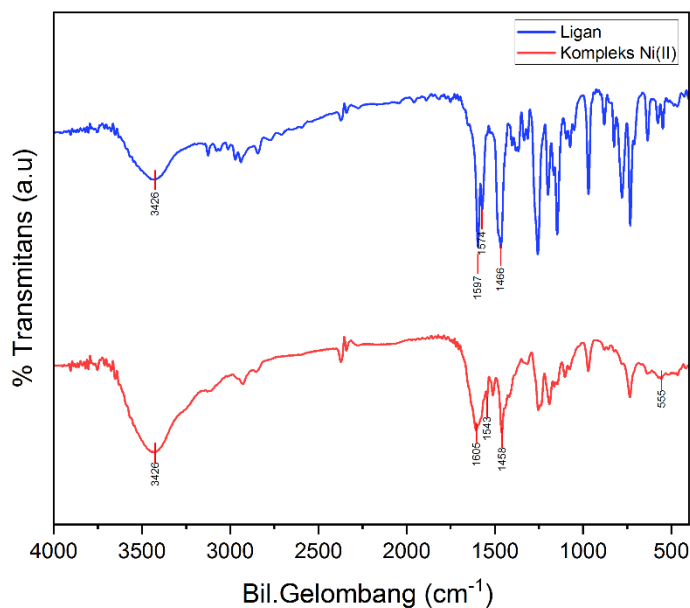
$\pi \rightarrow \pi^*$ serta 337 nm yang menunjukkan transisi $n \rightarrow \pi^*$. Selain itu, pada produk kompleks muncul puncak pada panjang gelombang 446 nm yang diduga merupakan transisi $L \rightarrow M$ (LMCT) karena adanya transfer elektron oleh PEB dari atom nitrogen pada ligan kepada logam, serta muncul puncak pada panjang gelombang 631 nm yang diduga merupakan transisi $d-d$ dimana ditandai dengan intensitas yang lemah. Adapun transisi *Ligan-to-Metal Charge* (LMCT) terjadi karena adanya transfer elektron dari ligan yang memiliki orbital dengan tingkat energi yang cukup tinggi yang terisi elektron ke orbital kosong dengan tingkat energi yang relatif rendah pada atom pusat (ion logam). Sedangkan transisi $d-d$ merupakan transisi yang melibatkan orbital d dari ion logam yang menjadi pusat dari senyawa kompleks (Effendy, 2006). Adanya pergeseran panjang gelombang serta munculnya transisi baru tersebut, menunjukkan bahwa produk senyawa kompleks telah terbentuk. Hasil panjang gelombang maksimum dan transisi elektron dari ligan dan kompleks disajikan pada Tabel 4.5.

Pasa dkk. (2013) berhasil mensintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff (*L*) *N,N*-bis (2-hydroxy-1naphthaldehyde)-1,4-bis (o-aminothiophenol) butane menghasilkan perubahan panjang gelombang antara ligan dan kompleks. Dimana pada ligan muncul panjang gelombang maksimum pada 270, 319, dan 394 nm sedangkan pada kompleks Ni(II) pada 269 dan 320 nm. Al-Riyahee (2018) telah mensintesis beberapa kompleks Ni(II) dari garam logam $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ dengan ligan basa Schiff (*E*)-2-(((2,5-difluorophenyl) imino) methyl) phenol, (*E*)-2,4-dibromo-1-((2-hydroxybenzylidene) amino) anthracene-9,10-dione, dan (*Z*)-1-((1-([1,1'-biphenyl]-4-yl)-2-bromoethylidene) amino)-2,4-dibromoanthracene-9,10-dione. Hasil data UV-Vis pada penelitian tersebut menunjukkan adanya transisi elektronik UV-Vis pada 225-278 nm ($\pi \rightarrow \pi^*$), 300-320 nm ($\pi \rightarrow \pi^*$), 426-434 nm untuk transisi $O/N \rightarrow Ni$ (LMCT), 475-491 nm untuk transisi $^3A_{2g} \rightarrow ^3T_{1g}(P)$, 731-744 nm untuk transisi $^3A_{2g} \rightarrow ^3T_{1g}(F)$, serta 1060-1084 nm yang menunjukkan transisi $^3A_{2g} \rightarrow ^3T_{2g}$ dalam geometri oktahedral. Penelitian lain oleh Es-Sounni dkk. (2022) pada sintesis kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff 2-[3-[2-hydroxybenzylideneamino]propyliminomethyl]phenol menghasilkan panjang gelombang 264 nm dan 295 nm yang menunjukkan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$, serta 354 nm yang menunjukkan transisi $n \rightarrow \pi^*$ pada ligan. Sedangkan produk kompleksnya menghasilkan panjang gelombang 279 nm dan 298 nm ($\pi \rightarrow \pi^*$), 384 nm ($n \rightarrow \pi^*$), serta 447 nm (LMCT).

4.7 Karakterisasi Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol menggunakan FTIR

Karakterisasi produk sintesis kompleks menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terikat pada logam. Produk sintesis kompleks Ni(II) dengan ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol diuji serapan vibrasi gugus fungsinya pada bilangan gelombang $4000-400\text{ cm}^{-1}$. Adapun Gambar 4.12 merupakan hasil spektra IR dari kompleks Ni(II) serta ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol. Berdasarkan pada Gambar 4.12, hasil spektra IR kompleks menunjukkan adanya

serapan gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang 3425 cm^{-1} . Serapan gugus C=N bergeser dari 1597 cm^{-1} pada ligan menjadi 1605 cm^{-1} pada kompleks. Selain itu serapan gugus C=N ring juga mengalami pergeseran dari 1573 cm^{-1} pada ligan menjadi 1543 cm^{-1} pada kompleks. Adanya pergeseran serapan gugus C=N menandakan adanya ikatan koordinasi dengan ion logam melalui atom N pada gugus azometin (Akramullazi dkk., 2024). Selain itu adanya koordinasi atom nitrogen dengan ion logam didukung oleh munculnya pita serapan pada bilangan gelombang 555 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan Ni-N. Hasil pita serapan pada spektra IR produk dibandingkan dengan literatur dapat dilihat pada Tabel 4.6.



Gambar 4. 12 Spektra IR ligan basaSchiff dan kompleks Ni(II)

Akramullazi dkk. (2024) telah mensintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff *N'-(4nitrobenzylidene)isonicotinohydrazide* menghasilkan pergeseran bilangan gelombang gugus C=N pada ligan dari 1526 menjadi 1592 cm^{-1} . Selain itu muncul serapan pada bilangan gelombang 477 cm^{-1} yang diduga merupakan ikatan antara ligan dan logam yaitu Ni-N. Alias dkk. (2014) juga telah berhasil mensintesis senyawa kompleks Ni(II) melalui donor atom N dan S dari ligan basa Schiff potassium 2-N(4-N,Ndimethylaminobenzyliden)-4-trithiocarbonate 1,3,4-thiadiazole menghasilkan serapan gugus fungsi C=N pada 1591 cm^{-1} pada ligan serta 1561 cm^{-1} pada kompleks. Adanya ikatan Ni-N ditunjukkan pada bilangan gelombang 516 cm^{-1} .

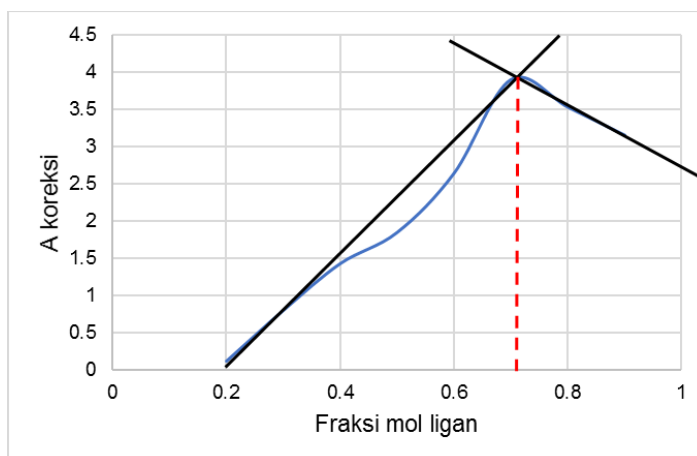
Tabel 4. 6 Hasil perbandingan spektra IR ligan dan kompleks terhadap literatur

Gugus Fungsi	Bil. Gelombang (cm ⁻¹)		
	Ligan	Kompleks Ni(II)	Literatur
O-H	3425	3425	4000-3200 ^a
C=N	1597	1605	1600 ^b
C=N ring	1573	1543	1527 ^c
C=C	1466	1458	1493 ^d
Ni-N	-	555	516 ^c

Keterangan: a = (Socrates, 2001); b = (Kadhim & Shaalan, 2024); c = (Alias dkk., 2014), d = (Reena dkk., 2022)

4.8 Karakterisasi Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol menggunakan Metode Job

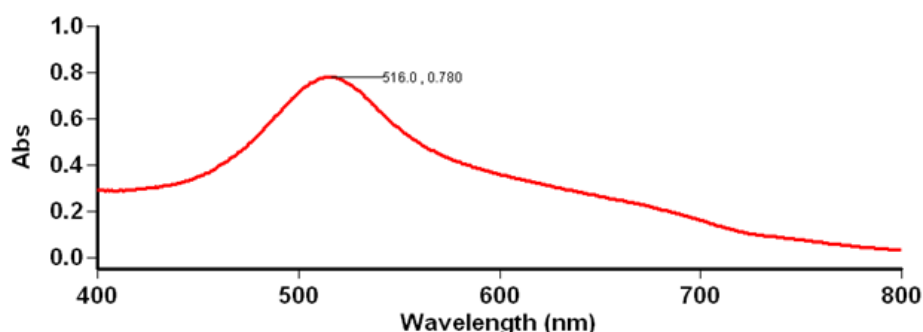
Analisis menggunakan metode Job dilakukan dengan mencampur logam dan ligan dengan konsentrasi yang sama kemudian dibuat perbandingan volume logam dan ligan yang berbeda namun dengan total volume campuran yang tetap. Campuran tersebut kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi maksimal. Dimana absorbansi maksimal menunjukkan stoikiometri perbandingan antara logam dan ligan (Harris, 1997).

**Gambar 4. 13** Plot grafik hasil metode Job

Gambar 4.13 merupakan grafik hubungan antara fraksi mol ligan dengan A koreksi hasil dari uji metode Job. Berdasarkan hasil plot grafik tersebut didapatkan titik potong pada sumbu X yaitu 0,7. Sehingga hasil tersebut menunjukkan bahwa perbandingan mol antara logam Ni(II) dan ligan basa Schiff Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol yaitu 1:2.

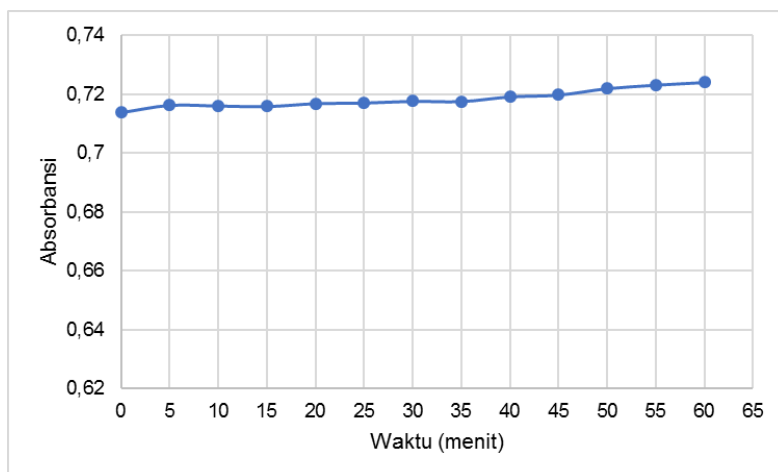
4.9 Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol

Uji antioksidan senyawa produk ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II) menggunakan metode DPPH bertujuan untuk mengetahui aktivitas antioksidan senyawa produk berdasarkan kemampuannya dalam meredam senyawa radikal DPPH. Apabila senyawa DPPH bereaksi dengan senyawa yang mampu menyumbangkan atom hidrogennya, maka dapat terjadi perubahan warna dari ungu menjadi kuning. Secara kuantitatif, efek tersebut dapat diukur melalui perubahan absorbansi DPPH pada panjang gelombang khas dari DPPH. Efek peredaman oleh senyawa antioksidan terhadap radikal DPPH berbanding lurus dengan konsentrasi senyawa antioksidan. Sehingga semakin meningkat konsentrasi senyawa antioksidan maka efek peredaman semakin meningkat pula (Venkateswarlu dkk., 2019).



Gambar 4. 14 Panjang gelombang maksimum DPPH dengan pelarut metanol

Uji antioksidan senyawa produk diawali dengan penentuan panjang gelombang maksimum DPPH. Dalam uji ini diperoleh hasil panjang gelombang maksimum DPPH menggunakan pelarut metanol yaitu pada 516 nm. Grafik panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada Gambar 4.14. Setelah itu dilanjutkan dengan penentuan waktu operasional melalui uji waktu kestabilan DPPH. Dalam uji ini dilakukan pengamatan terhadap perubahan absorbansi setiap 5 menit selama 60 menit. Berdasarkan Gambar 4.15 menunjukkan bahwa pada uji waktu kestabilan DPPH diperoleh hasil pada menit ke-0 hingga menit ke-60 memiliki nilai absorbansi yang relatif konstan, maka ditetapkan untuk waktu operasional pengujian antioksidan yaitu 30 menit. Sehingga dalam pengujian antioksidan dilakukan pengukuran absorbansi setelah dilakukan inkubasi selama 30 menit sesuai dengan beberapa literatur (Bougossa dkk., 2020; M. J. Kareem dkk., 2021; Karekal dkk., 2013; Turan dkk., 2019).



Gambar 4. 15 Grafik penentuan waktu operasional DPPH

Nilai IC_{50} pada produk sintesis diketahui melalui kemampuan dalam meredam radikal bebas DPPH. Nilai IC_{50} merupakan konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk meredam 50% radikal bebas. Berdasarkan hasil persamaan regresi linier dari grafik hubungan antara konsentrasi dan aktivitas antioksidan (%) dapat dihitung nilai IC_{50} pada senyawa kompleks Ni(II) dan ligan. Nilai IC_{50} senyawa kompleks Ni(II) yaitu 96,59 ppm. Sedangkan hasil IC_{50} senyawa ligan basa Schiff dan asam askorbat sebagai pembanding yaitu sebesar 399,20 dan 6,64 ppm. Adapun urutan kemampuan aktivitas antioksidan dari yang terbesar yaitu asam askorbat > kompleks Ni(II) > ligan basa Schiff. Hasil IC_{50} tersebut menunjukkan bahwa senyawa kompleks Ni(II) memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan dengan ligan. Hasil ini sesuai dengan beberapa literatur (Ashrafuzzaman dkk., 2021; Awolope dkk., 2022; Bougossa dkk., 2020) yang menunjukkan bahwa sintesis senyawa kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff mampu meningkatkan aktivitas antioksidan dari ligan.

Tabel 4. 7 nilai IC_{50} senyawa kompleks Ni(II), ligan basa Schiff, dan asam askorbat.

Senyawa Antioksidan	IC_{50} (ppm)
Kompleks Ni(II)	96,59
Ligan basa Schiff	399,20
Asam askorbat	6,64

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa produk senyawa kompleks memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan dengan ligan. Adapun kemampuan aktivitas antioksidan suatu senyawa bergantung pada jumlah atom hidrogen yang dapat disumbangkan pada radikal DPPH. Perbedaan kemampuan antioksidan dari keduanya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu, sifat ligan (jenis gugus fungsi, kemampuan konjugasi) dan geometri (Saif dkk., 2016), lingkungan koordinasi, serta sifat redoks (Ashrafuzzaman dkk., 2021). Dalam ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol, dugaan mekanisme antioksidan yang terjadi yaitu atom H pada gugus

fenolat akan disumbangkan pada senyawa radikal DPPH menjadi DPPH-H yang terstabilkan. Hal tersebut akan menyebabkan pembentukan senyawa radikal baru yang terstabilkan oleh adanya resonansi. Sedangkan pada kompleks Ni(II), kemampuan aktivitas antioksidan lebih kuat disebabkan oleh adanya efek penarikan elektron (*electron withdrawing effect*) oleh logam (Asha & Prathapachandra Kurup, 2020). Selain itu, dua ligan yang berkoordinasi dengan logam Ni(II) membentuk kompleks mampu menyediakan 2 atom hidrogen dari gugus fenolat pada ligan untuk disumbangkan pada radikal DPPH.

4.10 Hasil Sintesis dan Uji Antioksidan Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol dalam Perspektif Islam

Sintesis senyawa ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol dan kompleksnya dengan atom pusat Ni(II) dilakukan menggunakan metode *green synthesis* yaitu penggerusan. Pada sintesis senyawa ligan basa Schiff dilakukan penggerusan selama 120 menit sedangkan pada kompleks Ni(II) dilakukan penggerusan selama 30 menit. Metode penggerusan merupakan metode yang ramah lingkungan karena memiliki kelebihan salah satunya yaitu tidak menggunakan pelarut sehingga tidak menambah limbah kimia yang berbahaya. Pemilihan metode ini merupakan satu upaya sebagai perwujudan karakter *Ulul Albab* yaitu untuk menerapkan kebaikan dan menghindari dari hal yang buruk. Sebagaimana telah Allah SWT. jelaskan pada Q.S. al Baqarah ayat 269.

يُؤْتِي الْحِكْمَةَ مَنْ يَشَاءُ ۚ وَمَنْ يُؤْتَ الْحِكْمَةَ فَقَدْ أُوتِيَ خَيْرًا كَثِيرًا ۚ وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ ﴿٢٦٩﴾

“Dia (Allah) menganugerahkan hikmah kepada siapa yang Dia kehendaki. Siapa yang dianugerahi hikmah, sungguh dia telah dianugerahi kebaikan yang banyak. Tidak ada yang dapat mengambil pelajaran (darinya), kecuali ululalbab.”

Menurut tafsir Al-Misbah, Q.S. al Baqarah ayat 269 menjelaskan dua jalan yaitu jalan Allah dan jalan setan. Dalam ayat tersebut, Hikmah terambil dari kata (حَكْم) *hakama*, yang berarti menghalangi. Dari akar kata yang sama dibentuklah kata yang bermakna kendali, yakni sesuatu yang fungsinya mengantarkan kepada yang baik dan menghindarkan dari yang buruk. Untuk mencapai maksud tersebut diperlukan pengetahuan dan kemampuan menerapkannya. Siapa yang dianugerahi pengetahuan mengenai kedua jalan (jalan Allah dan jalan setan) tersebut, mampu memilih yang terbaik dan melaksanakannya serta mampu pula menghindari hal buruk, maka dia benar-benar telah dianugerahi hikmah. Adapun *Ulu al-Albab* adalah orang-orang yang memiliki akal murni, yang tidak terselubungi oleh “kulit”, yakni kabut ide, yang dapat melahirkan keracunan dalam berpikir. Yang memahami petunjuk-petunjuk Allah, merenungkan ketetapan-ketetapan-Nya, serta melaksanakannya, itulah yang telah mendapat hikmah, sedangkan yang menolaknya pasti ada keracunan dalam berfikir (Shihab, 2003).

Ulul Albab dijelaskan pula pada Q.S. Ali 'Imran ayat 191.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا

سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Maha Suci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.”

Q.S. Ali 'Imran ayat 191 menjelaskan beberapa ciri-ciri seseorang yang dinamai Ulul Albab yang disebutkan pada ayat sebelumnya (Q.S. Ali 'Imran:190). Ulul Albab yaitu laki-laki maupun perempuan yang terus menerus mengingat Allah, dengan ucapan, dan atau hati dalam berbagai situasi dan kondisi ketika bekerja atau istirahat, sambil berdiri atau duduk atau berbaring atau bagaimanapun. Dan mereka memikirkan tentang penciptaan yaitu kejadian dan sistem kerja langit dan bumi. Sehingga objek zikir adalah Allah, sedangkan objek pikir adalah fenomena alam. Hal ini berarti pengenalan Allah sebagian besar melalui kalbu, sedangkan pengenalan alam raya oleh penggunaan akal, yaitu berpikir (Shihab, 2002).

Allah SWT. berfirman dalam Q.S. Shaad ayat 27.

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ذَلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ﴿٢٧﴾

“Kami tidak menciptakan langit dan bumi serta apa yang ada di antara keduanya secara sia-sia. Itulah anggapan orang-orang yang kufur. Maka, celakalah orang-orang yang kufur karena (mereka akan masuk) neraka.”

Q.S. Shaad ayat 27 menurut tafsir Ath-Thabari menjelaskan bahwa Allah tidak menciptakan langit dan bumi serta apa yang ada diantara keduanya tanpa hikmah maksudnya dengan sia-sia atau main-main. Adapun sesungguhnya anggapan bahwa Allah menciptakan langit dan bumi secara bathil (tanpa hikmah) dan main-main adalah anggapan orang-orang yang kufur kepada Allah dalam arti tidak mengesakan-Nya dan tidak mengenal kebesaran-Nya. Padahal tidak sepantasnya Allah berbuat sia-sia, sehingga dengan demikian mereka meyakini bahwa Allah tidak menciptakan sesuatu secara sia-sia (Ath-Thabari, 2007). Allah menciptakan segala sesuatu memberikan manfaat kepada manusia. Seperti halnya pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa senyawa produk ligan basa Schiff dan kompleks Ni(II) memiliki aktivitas antioksidan yang dapat dimanfaatkan potensinya dalam menangkalkan senyawa radikal bebas. Hasil IC₅₀ dari kompleks Ni(II) dan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol yaitu 96,59 dan 399,20 nm. Hasil nilai IC₅₀ tersebut menunjukkan

bahwa dengan mereaksikan logam nikel sebagai atom pusat dengan ligan basa Schiff mampu meningkatkan aktivitas antioksidan dari ligannya itu sendiri.

Radikal bebas merupakan molekul/atom yang tidak stabil dengan elektron tidak berpasangan. Radikal bebas dapat berasal dari sumber endogen atau eksogen dan dapat menyebabkan kerusakan oksidatif. Beberapa kondisi yang terkait akibat radikal bebas yaitu seperti kanker, diabetes, penyakit kardiovaskular, dan penyakit degeneratif. Sementara antioksidan memiliki kemampuan untuk menetralkan kerusakan oksidatif dengan menyumbangkan elektron untuk membebaskan radikal. Sehingga antioksidan berperan sebagai agen pereduksi (Awolope dkk., 2022). Rasulullah SAW. bersabda.

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ مَا أَنْزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

"dari Abu Hurairah radliallahu 'anhu dari Nabi shallallahu 'alaihi wasallam beliau bersabda: Allah tidak akan menurunkan penyakit melainkan menurunkan obatnya juga." (H.R. Bukhari)

Berdasarkan hadist yang telah dituliskan di atas, Allah memberikan penyakit kepada hamba-Nya pasti juga memberikan penawarnya. Begitupula segala sesuatu yang diciptakan Allah pasti ada manfaatnya. Dengan demikian, senyawa produk hasil penelitian ini yaitu kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol dapat diaplikasikan sebagai obat atau dalam bidang farmokologi khususnya sebagai peredam radikal bebas.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan hasil penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Produk senyawa ligan basa Schiff memiliki karakter fisik berbentuk serbuk (padatan) berwarna kuning dengan titik leleh pada rentang 108-111 °C. Hasil uji kimia, senyawa ligan basa Schiff dapat larut sempurna dalam larutan NaOH 2M yang menandakan adanya gugus fenolat. Selain itu, senyawa tersebut memiliki panjang gelombang maksimal pada 218 nm ($\pi \rightarrow \pi^*$) dan 338 nm ($n \rightarrow \pi^*$) serta serapan khas gugus C=N pada bilangan gelombang 1597 cm^{-1} . Didukung pula melalui hasil GC-MS yang menunjukkan nilai m/z 234 yang sesuai dengan massa molekul senyawa ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol dengan luas area 97,063%. Sedangkan pada produk kompleks Ni(II) memiliki karakter fisik berbentuk serbuk (padatan) berwarna jingga dengan titik leleh 60-62 °C. Pada kompleks menghasilkan perbedaan panjang gelombang maksimal dibandingkan dengan ligan yaitu 219 ($\pi \rightarrow \pi^*$), 337 ($n \rightarrow \pi^*$), 446 (LMCT), dan 631 nm (d-d). Selain itu, hasil spektra IR pada senyawa kompleks menunjukkan adanya 2 pergeseran bilangan gelombang pada serapan C=N hasil reaksi dan C=N aromatik, dimana dibandingkan dengan bilangan gelombang ligan yaitu bergeser menjadi 1605 dan 1543 cm^{-1} yang menandakan adanya ikatan koordinasi antara logam dengan atom N pada ligan. Selain itu muncul serapan pada bilangan gelombang 555 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan Ni-N. Adapun hasil metode Job menunjukkan bahwa perbandingan mol antara logam dan ligan yaitu 1:2.
2. Uji aktivitas antioksidan memberikan hasil bahwa senyawa kompleks Ni(II) memiliki aktivitas antioksidan lebih kuat dibandingkan ligannya dengan nilai IC_{50} 96,59 ppm. Sedangkan pada ligan memiliki nilai IC_{50} 399,20 ppm.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah menyelesaikan penelitian yaitu perlu dilakukan karakterisasi tambahan terhadap kompleks Ni(II) menggunakan XRD serta *Elemental Analyzer* untuk menentukan struktur dan rumus senyawa yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2007). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 2*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Adaji, M. U., Iorungwa, M. S., Salawu, O. W., Adaji, M. U., Iorungwa, M. S., & Salawu, O. W. (2024). *Characterization of Schiff Base Ligand and Its Metal Complexes*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114182>
- Aini, J. (2023). Sintesis Hijau dan Karakterisasi Basa Schiff dan Senyawa Kompleks Nikel(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Akramullazi, A., Sultana, M., Zahan, Md. K.-E., Asraf, M., Zakaria, C., & Hossen, M. (2024). Synthesis and Characterization of Novel Schiff Base Complexes of Cu (II), Cd (II), Ni (II), and Co (II) Ions with N'-(4-Nitrobenzylidene) Isonicotinohydrazide. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 25, 55–67. <https://doi.org/10.9734/IRJPAC/2024/v25i3856>
- Al-Atbi, H. S., Jaraf, H. A., & Sabti, A. B. (2022). Synthesis, Antibacterial, and Antioxidant Activities of Some Schiff Bases: <http://www.doi.org/10.26538/tjnpr/v6i12.4>. *Tropical Journal of Natural Product Research (TJNPR)*, 6(12), Article 12.
- Alias, M., Kassum, Huda, & Shakir, C. (2014). Synthesis, Physical Characterization and Biological Evaluation of Schiff Base M(II) Complexes. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 15(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2013.03.001>
- Al-Riyahee, A. A. A., Hadadd, H. H., & Jaaz, B. H. (2018). Novel Nickel (II), Copper (II) and Cobalt (II) Complexes of Schiff Bases A, D and E: Preparation, Identification, Analytical and Electrochemical Survey. *Oriental Journal of Chemistry*, 34(6), 2927–2941.
- Asha, T. M., & Prathapachandra Kurup, M. R. (2020). An Insight Into the Potent Antioxidant Activity of a Dithiocarbohydrazone Appended *cis* -Dioxidomolybdenum (VI) Complexes. *Applied Organometallic Chemistry*, 34(9), e5762. <https://doi.org/10.1002/aoc.5762>
- Ashraf, M., Mahmood, K., Wajid, A., Maah, M., & Yusoff, I. (2011). Synthesis, Characterization and Biological Activity of Schiff Bases. *IPCBEE*, 10.
- Ashrafuzzaman, M. D., Camellia, F. K., Mahmud, A. A., Pramanik, M. J., Nahar, K., Haque, M. M., Kudrat-E-Zahan, M., Ashrafuzzaman, M. D., Camellia, F. K., Mahmud, A. A., Pramanik, M. J., Nahar, K., Haque, M. M., & Kudrat-E-Zahan, M. (2021). Bioactive Mixed Ligand Metal Complexes Of Cu(II), Ni(II), And Zn(II) Ions: Synthesis, Characterization, Antimicrobial And Antioxidant Properties. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 66(3), 5295–5299. <https://doi.org/10.4067/S0717-97072021000305295>
- Ath-Thabari, A. J. M. J. (2007). *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Awolope, R. O., Ejidike, I. P., & Clayton, H. S. (2022). Schiff Base Metal Complexes as Dual Antioxidant and Antimicrobial Agents. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2023.91056>
- Azizah, Y. N., Mulyani, I., Wahyuningrum, D., & Bima, D. N. (2020). Synthesis, Characterization and Antioxidant Activity of Kobalt (II)-Hydrazone Complex. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v5i2.7987>
- Balachandran, G., Dhamotharan, A., Kaliyamoorthy, K., Rajammal, K., Kulandaiya, R., & Raja, A. (2024). *Synthesis, Characterization, and Catalytic Applications of Schiff-Base Metal Complexes*. 26. <https://doi.org/10.3390/engproc2024061026>

- Bougossa, I., Aggoun, D., Ourari, A., Berenguer, R., Bouacida, S., & Morallon, E. (2020). Synthesis and Characterization of a Novel Non-Symmetrical Bidentate Schiff Base Ligand and Its Ni(II) Complex: Electrochemical and Antioxidant Studies. *Chemical Papers*, 74(11), 3825–3837. <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01200-7>
- Chakraborty, D. S. (2016). Instrumentation of FTIR and Its Herbal Applications. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(3), 498–505.
- Chaudhary, N. (2013). Synthesis, Characterization and Molecular Modeling of Ni(II) & Cu(II) Complexes with Schiff Base Derived from 1H-benzo[d]imidazole-4-amine and 2-Hydroxy benzaldehyde. *Archives of Applied Science Research*, 2013, 5 (5):191-19.
- Effendy. (2006). *Spektroskopi UV-Vis Senyawa Koordinasi*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Effendy. (2007). *Perspektif Baru Kimia Koordinasi Jilid 1*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Es-Sounni, B., Haily, E. M., Nakkabi, A., Bakhouch, M., Bejaoui, L., Kaya, S., El Yazidi, M., Bih, L., Saadi, M., El Ammari, L., & Fahim, M. (2022). New Bi-Nuclear Nickel(II) Complex-Based Salen Schiff Base: Synthesis, Crystal Structure, Spectroscopic, Thermal, and Electrical Investigations. *Chemistry*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/chemistry4040080>
- Fahriyah, L. D. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Cu (II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(((4-metoksifenil)imino)metil)fenol. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1982). *Kimia Organik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hamid, S. J., & Salih, T. (2022). Design, Synthesis, and Anti-Inflammatory Activity of Some Coumarin Schiff Base Derivatives: In Silico and In Vitro Study. *Drug Design, Development and Therapy*, 16, 2275–2288. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S364746>
- Harris, D. C. (1997). *Quantitative Chemical Analysis (Vol. III)*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Hasan, Md. R., Hossain, M. A., Salam, Md. A., & Uddin, M. N. (2016). Nickel Complexes of Schiff Bases Derived from Mono/Diketone with Anthranilic Acid: Synthesis, Characterization and Microbial Evaluation. *Journal of Taibah University for Science*, 10(5), 766–773. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2015.11.007>
- Huheey, J. (1993). *Inorganic Chemistry: Principles of Structure and Reactivity*. Harper Collins College Publishers.
- Ibrahim, M., Khan, A., Ikram, M., Rehman, S., Shah, M., Nabi, H., & Ahuchaogu, A. (2017). In Vitro Antioxidant Properties of Novel Schiff Base Complexes. *Asian Journal of Chemical Sciences*, 2, 1–12. <https://doi.org/10.9734/AJOCS/2017/32244>
- Imanudin, M. (2023). Green Synthesis, Karakterisasi dan Uji Toksisitas Senyawa Basa Schiff dari o-Vanilin dan 2-Aminotiazol. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- James, S. L., & Frišćić, T. (2013). Mechanochemistry. *Chem.Soc.Rev*, 42, 7487–7740.
- Jyothi, S., Rao, G. R., Shashank, K., Sridhar, K., Reddy, A., Someshwar, P., & Swamy, S. J. (2014). Preparation And Structural Investigations of New Hexadentate Schiff Base Ligands and Their Bivalent Metal Complexes, and, Catalytic Applications Of The Complexes In Allylic and Benzylic C–H Bond Activation. *IJC-A Vol.53A(04-05) [April-May 2014]*. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/28476>
- Kadhim, A. J., & Shaalan, N. (2024). Synthesis, Characterization, Biological, and Antioxidant Activity of New Metal Ion Complexes with Schiff Base Derived from 2-

Hydroxybenzohydrazide. *Indonesian Journal of Chemistry*, 24(6), Article 6. <https://doi.org/10.22146/ijc.98292>

- Karadag, A., Ozcelik, B., & Saner, S. (2009). Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities. *Food Analytical Methods*, 2, 41–60. <https://doi.org/10.1007/s12161-008-9067-7>
- Kareem, M. J., Al-Hamdani, A. A. S., Jirjees, V. Y., Khan, M. E., Allaf, A. W., & Al Zoubi, W. (2021). Preparation, Spectroscopic Study of Schiff Base Derived from Dopamine and Metal Ni(II), Pd(II), and Pt(IV) Complexes, and Activity Determination as Antioxidants. *Journal of Physical Organic Chemistry*, 34(3), e4156. <https://doi.org/10.1002/poc.4156>
- Kareem, M., Yamin, V., Khan, M., Allaf, A. W., Al-Hamdani, A., & Al Zoubi, W. (2020). Preparation, Spectroscopic Study of Schiff Base Derived from Dopamine and Metal Ni(II), Pd(II), and Pt(IV) Complexes, and Activity Determination as Antioxidants. *Journal of Physical Organic Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/poc.4156>
- Karekal, M. R., Biradar, V., & Bennikallu Hire Mathada, M. (2013). Synthesis, Characterization, Antimicrobial, DNA Cleavage, and Antioxidant Studies of Some Metal Complexes Derived from Schiff Base Containing Indole and Quinoline Moieties. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2013(1), 315972. <https://doi.org/10.1155/2013/315972>
- Kemuning, G. I., Wijianto, B., & Fahrurroji, A. (2023). Uji Antioksidan Ekstrak Metanol Siput Onchidiid (*Onchidium typhae*) dengan Metode DPPH. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Dan Kesehatan*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.55606/klinik.v2i1.794>
- Khaidir, S. S., Bahron, H., Tajuddin, A., Ramasamy, K., & Lim, S. M. (2018). High Nuclearity Cu(II) and Co(II) Complexes of Schiff Base Derived from o-Vanillin with Substituted m-Phenylenediamine. *International Journal of Engineering & Technology*, 7, 72. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.11.15933>
- King, R. B. (2005). *Encyclopedia of Inorganic Chemistry* (2 ed.). Canada: A John Wiley and Sons Inc.
- Lee, J. D. (1994). *Concise Inorganic Chemistry*. London: Chapman and Hall.
- Liu, Y., Wang, L., & Yin, D. (2022). *Catalyst- and Solvent-Free Synthesis, Characterization, Biological Activity of Schiff Bases and Their Metal (II) Complexes Derived from Ferrocene*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2317280/v1>
- Maryam, I. N., Wahyuningrum, D., & Mulyani, I. (2019). Sintesis Kompleks Nikel(II) dengan Ligan Turunan Salisiliden Anilin sebagai Senyawa Potensial OLED. *Jurnal TEDC*, 10(1), 75–81.
- Meena, R., Meena, P., Kumari, A., Sharma, N., & Fahmi, N. (2023). Schiff Bases and Their Metal Complexes: Synthesis, Structural Characteristics and Applications. Dalam *Schiff Base in Organic, Inorganic and Physical Chemistry*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.108396>
- Mishra, A. P., Mishra, R., Jain, R., & Gupta, S. (2012). Synthesis of New VO(II), Co(II), Ni(II) and Cu(II) Complexes with Isatin-3-Chloro-4-Floroaniline and 2-Pyridinecarboxylidene-4-Aminoantipyrine and their Antimicrobial Studies. *Mycobiology*, 40(1), 20–26. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2012.40.1.020>
- Muhammad, M., & Kurawa, M. A. (2019). Solid-State Synthesis, Characterization and Antimicrobial Studies of Ni (II), Co (II) and Cu (II) Complexes 1-(4-nitrophenyl)imino]methyl)naphthalen-2-ol. *Chemsearch Journal*, 10(1). <https://www.ajol.info/index.php/csj/article/view/187957>
- Pasa, S., Ocak, Y. S., Temel, H., & Kilicoglu, T. (2013). Synthesis, Characterization and Catalytic Behavior In The Suzuki Reaction of Schiff Base and Its Complexes and The

Optical Properties of Nickel Complex Used In The Fabrication of a Photodiode. *Inorganica Chimica Acta*, 405, 493–504. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2013.02.038>

Prakash, A. (2001). Antioxidant Activity. *Medallion Laboratories: Analytical Progress*, 19(2).

Rahayu, N. R. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Cu(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-[(4-metilfenilimino)metil]-6-metoksifenol. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Reena, V. N., Subin Kumar, K., Bhagyasree, G. S., & Nithyaja, B. (2022). One-Pot Synthesis, Characterization, Optical Studies and Biological Activities of a Novel Ultrasonically Synthesized Schiff Base Ligand and its Ni(II) Complex. *Results in Chemistry*, 4, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2022.100576>

Sadia, M., Khan, J., Naz, R., Zahoor, M., Shah, S. W. A., Ullah, R., Naz, S., Bari, A., Mahmood, H. M., Ali, S. S., Ansari, S. A., & Sohaib, M. (2021). Schiff base ligand L synthesis and its evaluation as anticancer and antidepressant agent. *Journal of King Saud University - Science*, 33(2), 101331. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.101331>

Sahumena, M. H., Ruslin, R., Asriyanti, A., & Djuwarno, E. N. (2020). Identifikasi Jamu yang Beredar di Kota Kendari Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research (JSSCR)*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.37311/jsscr.v2i2.6977>

Saif, M., El-Shafiy, H. F., Mashaly, M. M., Eid, M. F., Nabeel, A. I., & Fouad, R. (2016). Synthesis, Characterization, and Antioxidant/Cytotoxic Activity of New Chromone Schiff Base Nano-Complexes of Zn(II), Cu(II), Ni(II) and Co(II). *Journal of Molecular Structure*, 1118, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2016.03.060>

Sembiring, T., Dayana, I., & Riana, M. (2019). *Alat Penguji Material*. Bogor: Guepedia.

Sharma, D., & Bhardwaj, P. (2020). A Comparative View Over The Synthesis Of Schiff Base Ligands And Metal Complexes By Conventional And Solvent Free Routes. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 4, 107–117. <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v4.i12.2017.603>

Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an* (Vol. 5). Jakarta: Lentera Hati.

Shihab, M. Q. (2003). *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an* (Vol. 11). Jakarta: Lentera Hati.

Silverstein, R. M., & Bassler. (1998). *Spectrometric Identification Of Organic Compounds* (6 ed.). New York: John Wiley and Sons.

Socrates, G. (2001). *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies, Table and Charts* (Third Edition). Chichester Weinheim: John Wiley & Sons, Ltd.

Sulaiman, Z., Na'aliya, J., & Umar, A. A. (2019). Solid State Synthesis, Characterization and Antimicrobial Studies of Co(II) And Ni(II) Metal Complexes with Schiff Base Derived from L-Valine And Vanillin. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 12(1), Article 1.

Thermo, N. (2001). *Introduction to FTIR Spectrometry*. USA: Thermo Nicolet Inc.

Turan, N., Buldurun, K., Alan, Y., Savci, A., Colak, N., & mantarci, A. (2019). Synthesis, Characterization, Antioxidant, Antimicrobial and DNA Binding Properties of Ruthenium(II), Cobalt(II) and Nickel(II) Complexes of Schiff Base Containing o-Vanillin. *Research on Chemical Intermediates*, 45, 3525–3540. <https://doi.org/10.1007/s11164-019-03806-3>

Venkateswarlu, K., Ganji, N., Daravath, S., Kanneboina, K., Rangan, K., & Shivaraj. (2019). Crystal Structure, DNA Interactions, Antioxidant and Antitumor Activity of Thermally

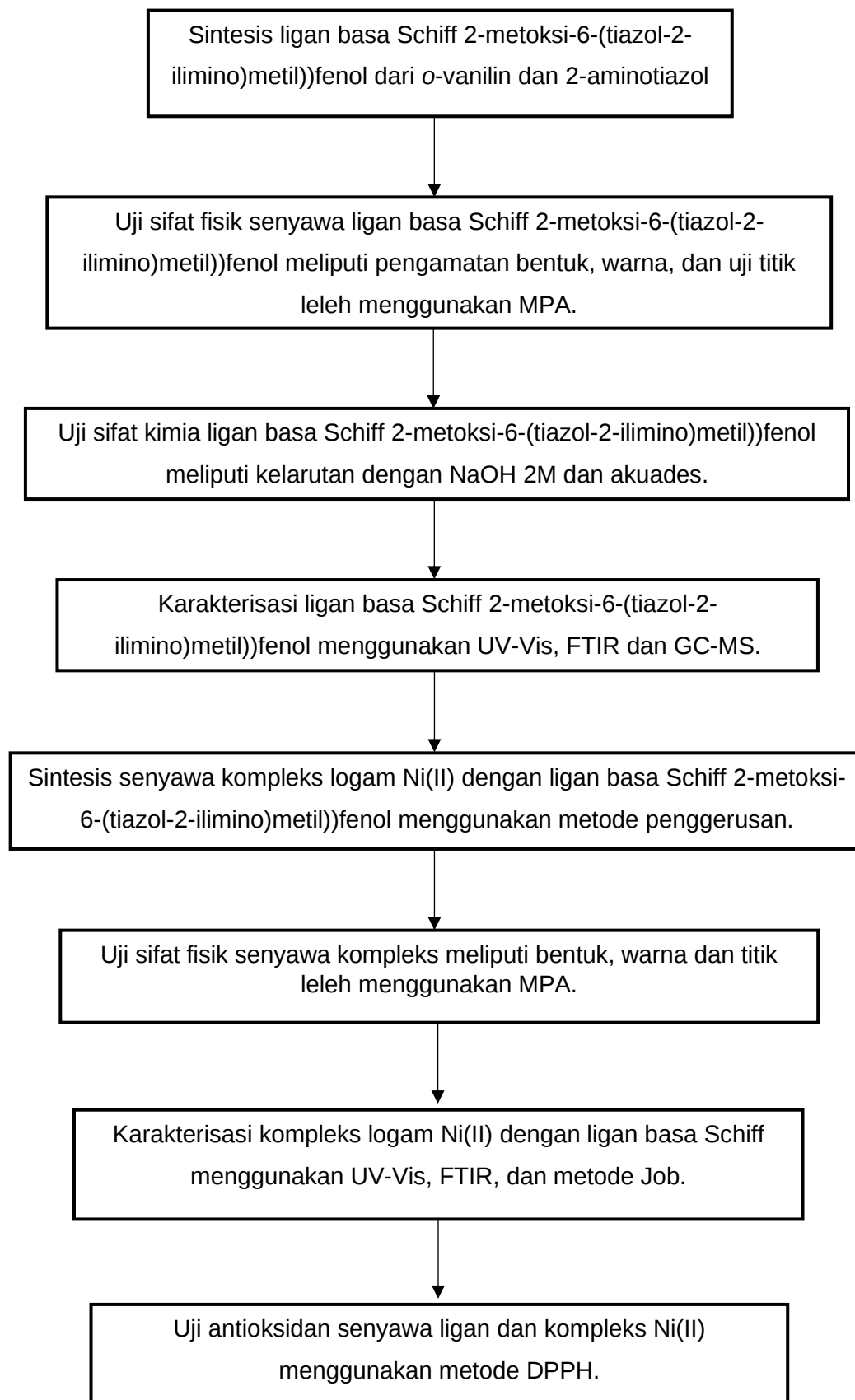
Stable Cu(II), Ni(II) and Co(III) Complexes of an N,O Donor Schiff Base Ligand. *Polyhedron*, 171, 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2019.06.048>

Yu, H., Zhang, W., Yu, Q., Huang, F.-P., Bian, H.-D., & Liang, H. (2017). Ni(II) Complexes with Schiff Base Ligands: Preparation, Characterization, DNA/Protein Interaction and Cytotoxicity Studies. *Molecules : A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry*, 22(10), 1772. <https://doi.org/10.3390/molecules22101772>

Zulfiah, V. (2017). Sintesis dan Uji Toksisitas Kompleks Nikel(II) dengan Ligan N,N'-Bis(Salisilidina)-1,2-fenilendiamina (salofen). *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

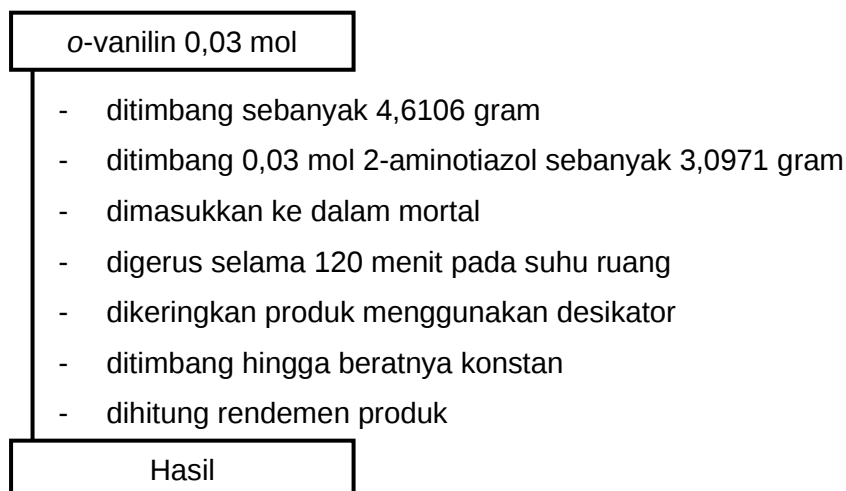
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian

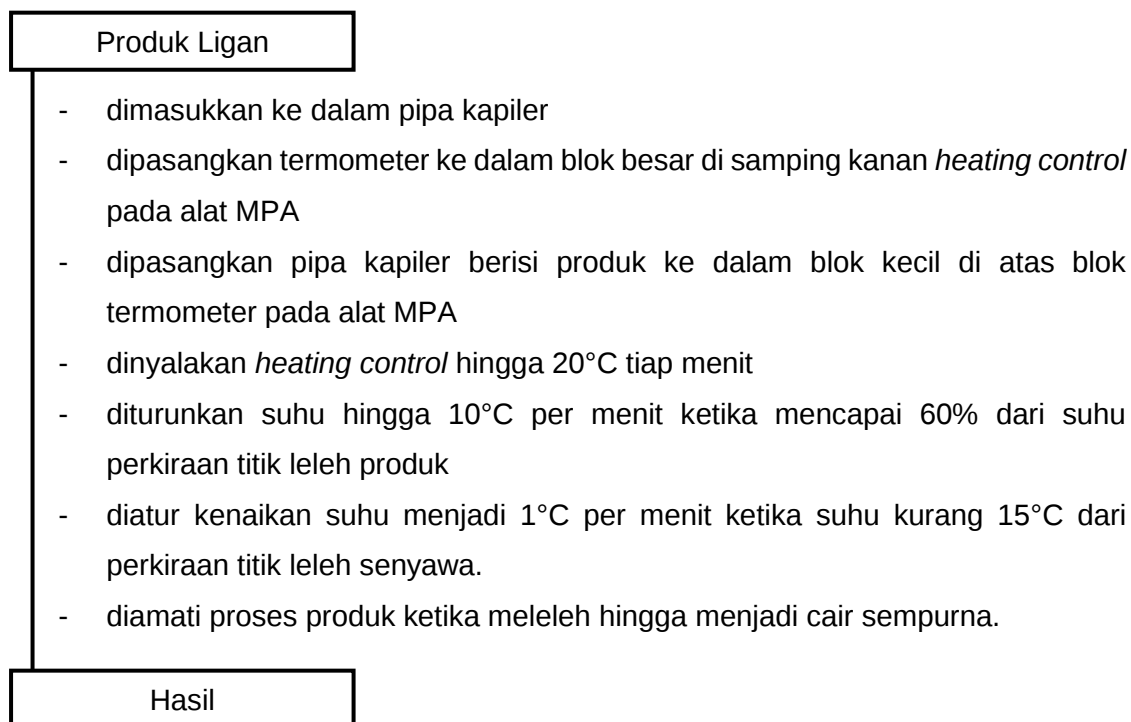


Lampiran 2. Diagram Alir

L.1.1. Sintesis Senyawa Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol dari o-vanilin dan 2-aminotiazol menggunakan Metode Penggerusan



L.1.2. Uji Titik Leleh Senyawa Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)) fenol Menggunakan MPA



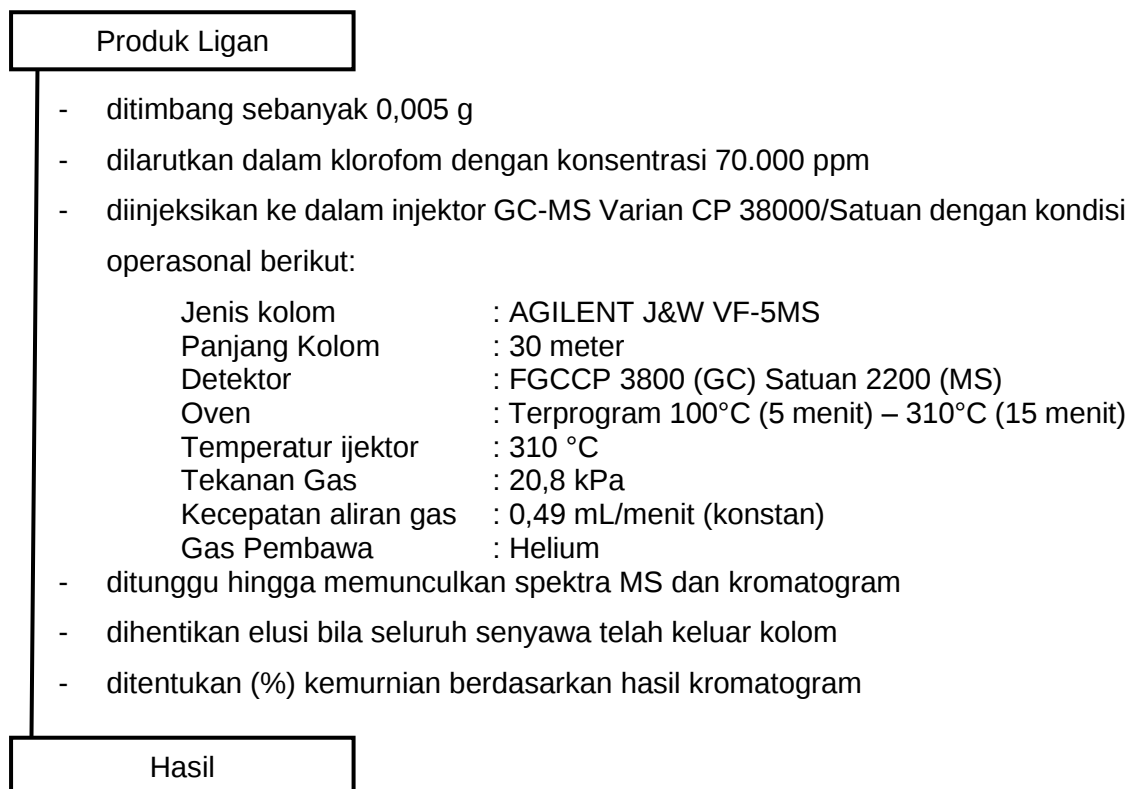
L.1.3. Uji Kelarutan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol dengan NaOH 2M

Produk Ligan
- dimasukkan sebanyak 0,005 gram ke dalam 2 tabung reaksi berbeda - ditambahkan 2 mL akuades ke dalam tabung pertama - ditambahkan 2 mL NaOH 2M ke dalam tabung kedua - dihomogenkan - diamati perubahan yang terjadi di dalam tabung.
Hasil

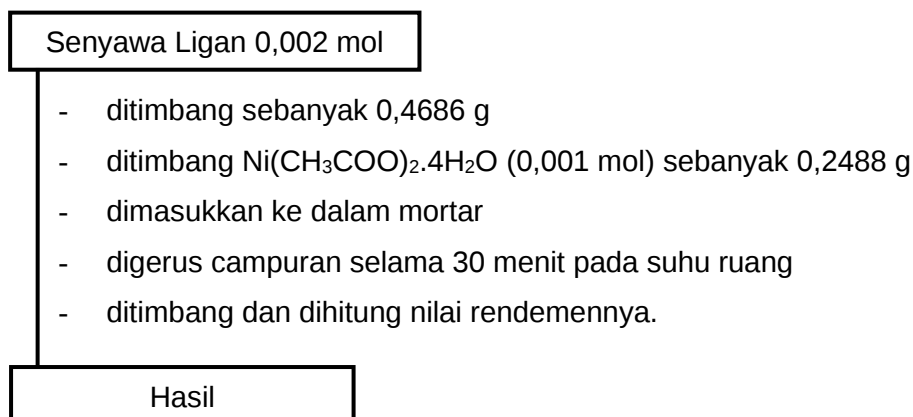
L.1.4. Karakterisasi Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil))fenol menggunakan FTIR

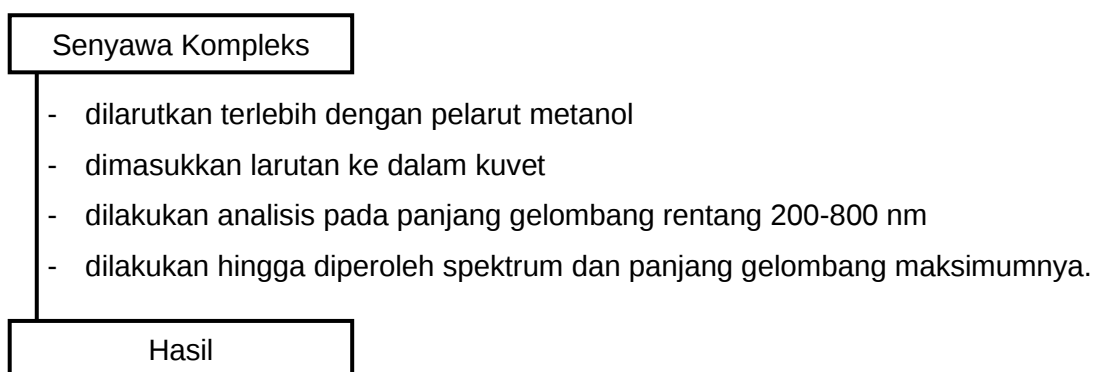
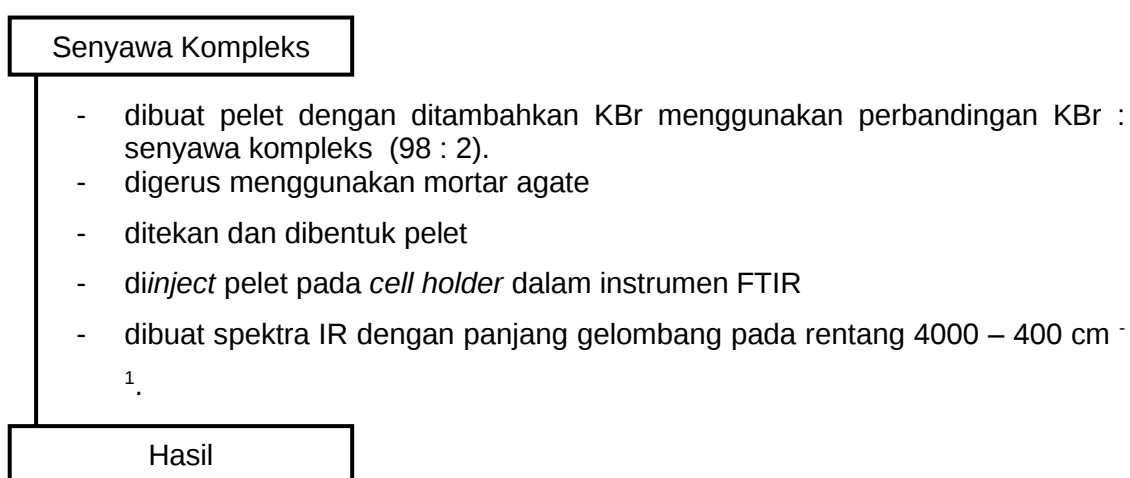
Produk Ligan
- dibuat pelet dengan ditambahkan KBr menggunakan perbandingan KBr : senyawa basa Schiff (98 : 2) - digerus menggunakan mortar agate - ditekan dan dibentuk pelet - diletakkan pelet pada <i>cell holder</i> dalam instrumen FTIR - dibuat spektra IR dengan panjang gelombang pada rentang 4000 – 400 cm⁻¹.
Hasil

L.1.5. Karakterisasi Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-(tiazol-2-ilimino)metil)fenol menggunakan GC-MS



L.1.6. Sintesis Senyawa Kompleks Ni(II) dengan ligan basa Schiff dengan metode Penggerusan



L.1.7. Karakterisasi Senyawa Kompleks**L.1.7.1. Senyawa Kompleks menggunakan UV-Vis****L.1.7.2. Karakterisasi kompleks basa Schiff Ni(II) menggunakan FTIR**

L.1.7.3. Karakterisasi Kompleks Basa Schiff Ni(II) menggunakan Metode Job

$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,001 M

- ditimbang sebanyak 0,0254 g sebagai larutan standar logam dan dilarutkan dengan metanol menggunakan labu ukur 100 mL hingga tanda batas
- dibuat larutan standar ligan 0,001 M dengan ditimbang ligan sebanyak 0,0241 g dan dilarutkan dengan metanol dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas
- dimasukkan larutan standar yang telah dibuat ke dalam tabung reaksi dengan variasi konsentrasi pada tabel berikut.

Tabung reaksi	$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (mL) 0,01 M	Ligan (mL) 0,01 M
1	8	2
2	7	3
3	6	4
4	5	5
5	4	6
6	3	7
7	2	8
8	1	9

- dibuat pula larutan sebagai faktor koreksi dengan perbandingan volume sebagai berikut.

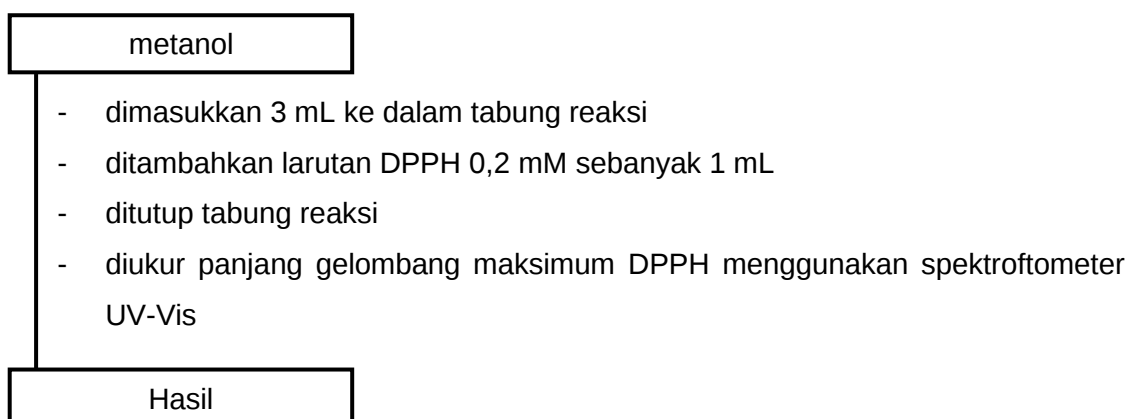
Tabung reaksi	$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (mL) 0,01 M	Metanol (mL)	Tabung reaksi	Ligan (mL) 0,01 M	Metanol (mL)
M1	8	2	L1	2	8
M2	7	3	L2	3	7
M3	6	4	L3	4	6
M4	5	5	L4	5	5
M5	4	6	L5	6	4
M6	3	7	L6	7	3
M7	2	8	L7	8	2
M8	1	9	L8	9	1

- dihomogenkan tabung nomor 1-8, M1-M8, dan L1-L8 menggunakan vortex selama 2 menit
- dilakukan uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis Varian Carry 50 dengan panjang gelombang maksimum senyawa kompleks
- dibuat kurva serta garis singgung antara fraksi mol ligan terhadap absorbansi terkoreksi

Hasil

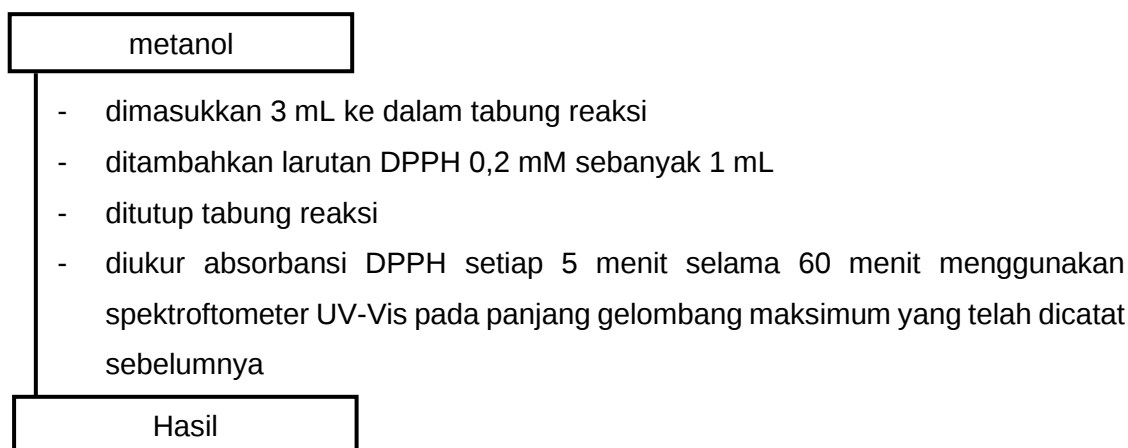
L.1.8. Uji Antioksidan dengan Metode DPPH

L.1.8.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

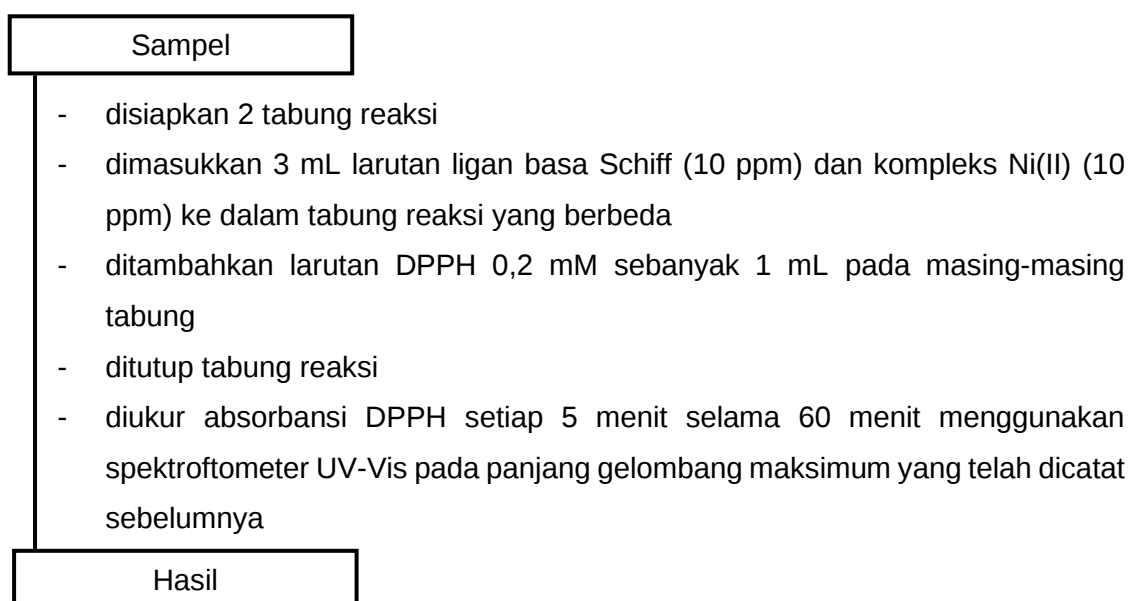


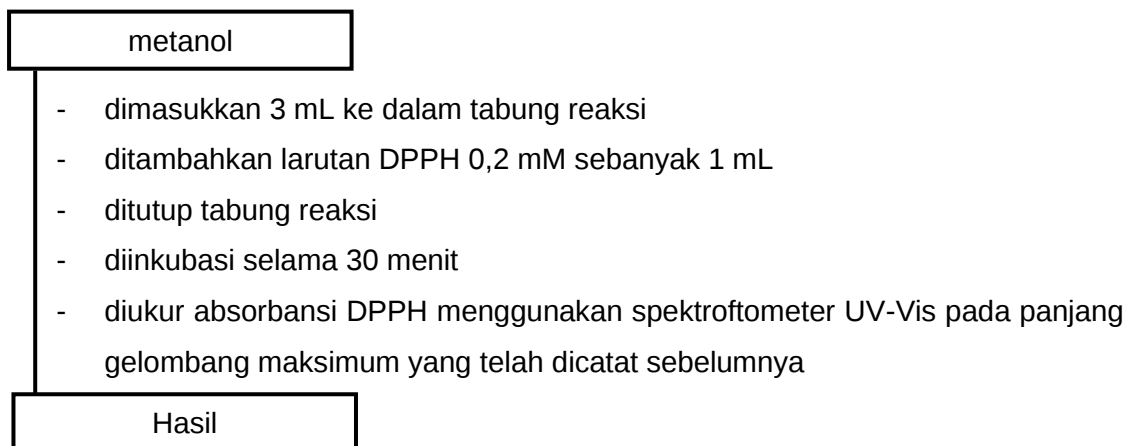
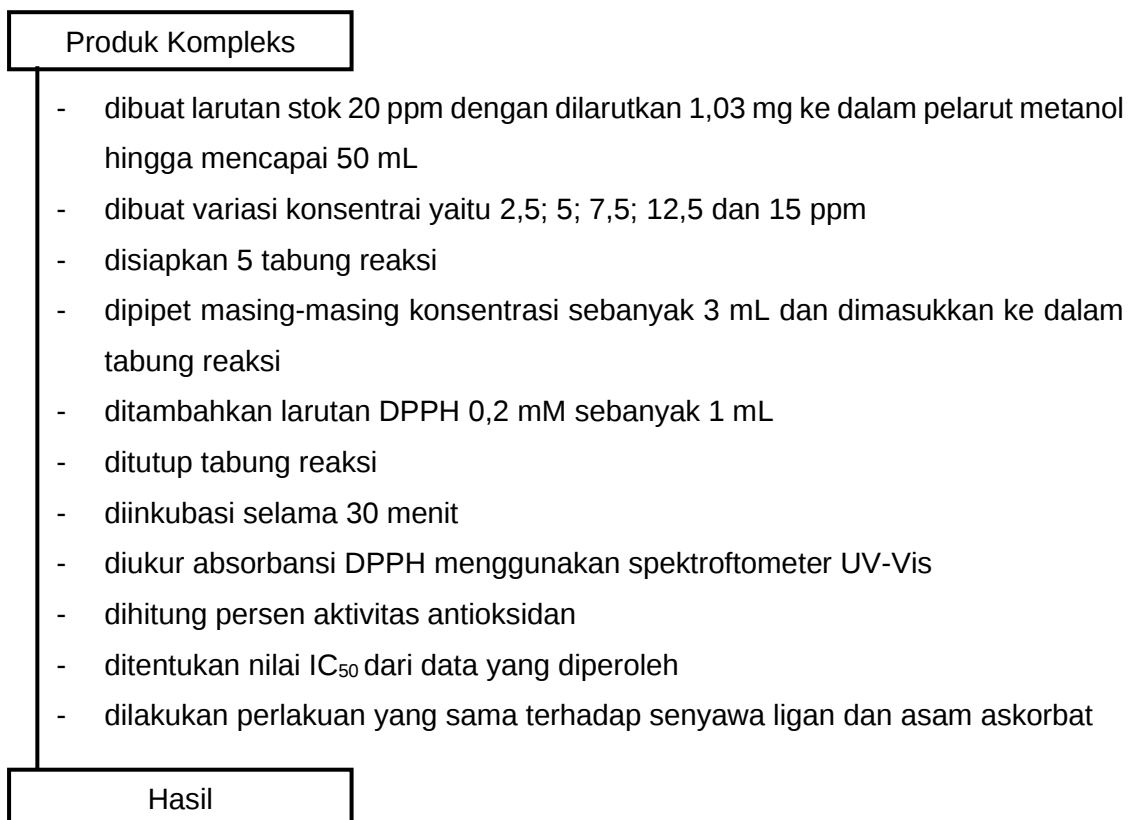
L.1.8.2. Penentuan Waktu Operasional Uji Antioksidan

L.1.8.2.1 Penentuan Waktu Kestabilan DPPH



L.1.8.2.1 Penentuan Waktu Kestabilan DPPH+Sampel



L.1.8.3. Pembuatan Larutan Kontrol**L.1.8.3. Pengujian Aktivitas Antioksidan Senyawa Kompleks Basa Schiff**

Lampiran 3. Perhitungan

L.2.1. Penentuan Massa o-Vanilin 0,03 mol (1)

Rumus molekul senyawa (1) = $C_8H_8O_3$

Mr Senyawa (1) = 152,15 gr/mol

Mol senyawa (1) = 0,03 mol

Massa senyawa (1) = mol x Mr
 = 0,03 mol x 152,15 gr/mol
 = 4,5645 g

o-Vanilin 99%

$$\frac{99 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{\text{massa yang dibutuhkan}}{\text{massa yang ditimbang}}$$

$$\frac{99 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{4,5645 \text{ gram}}{x}$$

$$x = \frac{100 \text{ gram} \times 4,5645 \text{ gram}}{99 \text{ gram}}$$

$$x = 4,6106 \text{ gram}$$

L.2.2. Penentuan Massa 2-Aminotiazol 0,03 mol (2)

Rumus molekul senyawa (2) = $C_3H_4N_2S$

Mr Senyawa (2) = 100,14 g/mol

Mol senyawa (2) = 0,03 mol

Massa senyawa (2) = mol x Mr
 = 0,03 mol x 100,14 g/mol
 = 3,0042 g

2-Aminotiazol 97%

$$\frac{97 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{\text{massa yang dibutuhkan}}{\text{massa yang ditimbang}}$$

$$\frac{97 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{3,0042 \text{ gram}}{x}$$

$$x = \frac{100 \text{ gram} \times 3,0042 \text{ gram}}{97 \text{ gram}}$$

$$x = 3,0971 \text{ gram}$$

L.2.3. Perhitungan Stoikiometri Massa Senyawa basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil) fenol

Reaksi :

o-Vanilin (1) + 2-Aminotiazol (2) → (E)-2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil)fenol (3) + air

Reaksi	senyawa (1)	+	senyawa (2)	→	senyawa (3)
Mula-mula	0,03 mol		0,03 mol		-
Bereaksi	0,03 mol		0,03 mol		0,03 mol
Setimbang	-		-		0,03 mol

Rumus molekul senyawa (3) = $C_{11}H_{10}N_2O_2S$

$$\begin{aligned}
 \text{Mr Senyawa (3)} &= (12,1 \text{ g/mol} \times 11) + (1,01 \text{ g/mol} \times 10) + \\
 &\quad (14,01 \text{ g/mol} \times 2) + 16,00 \text{ g/mol} \times 2) + \\
 &\quad (32,06 \text{ g/mol} \times 1) \\
 &= 132,11 \text{ g/mol} + 10,10 \text{ g/mol} + 28,02 \text{ g/mol} + 32 \text{ g/mol} \\
 &\quad + 32,06 \text{ g/mol} \\
 &= 234,29 \text{ g/mol} \\
 \text{Mol Senyawa (3)} &= 0,03 \text{ mol} \\
 \text{Massa Senyawa teoritis (3)} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\
 &= 0,03 \text{ mol} \times 234,29 \text{ g/mol} \\
 &= 7,0287 \text{ g}
 \end{aligned}$$

L.2.4. Perhitungan % Rendemen Senyawa basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino) metil) fenol

$$\begin{aligned}
 \text{Massa produk teoritis} &= 7,0287 \text{ g} \\
 \text{Massa produk eksperimen} &= 6,9408 \text{ g} \\
 \% \text{ Rendemen} &= \frac{\text{massa produk eksperimen}}{\text{massa produk teoritis}} \times 100\% \\
 &= \frac{6,9408 \text{ g}}{7,0287} \times 100\% \\
 &= 98,7494\%
 \end{aligned}$$

L.2.5. Pembuatan NaOH 2 M 50 mL

$$\begin{aligned}
 \text{Mr NaOH} &= 40 \text{ g/mol} \\
 \text{Volume larutan} &= 50 \text{ mL} \\
 \text{mol} &= M \times V \\
 &= (2 \text{ mmol/mL}) \times 50 \text{ mL} \\
 &= 100 \text{ mmol} \\
 &= 0,1 \text{ mol} \\
 \text{Massa NaOH} &= \text{mol} \times \text{Mr NaOH} \\
 &= 0,1 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\
 &= 4 \text{ g}
 \end{aligned}$$

L.2.6. Penentuan Massa $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan

$$\begin{aligned}
 \text{Rumus molekul senyawa} &= \text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \\
 \text{Mr senyawa} &= 248,84 \text{ g/mol} \\
 \text{Mol senyawa} &= 0,001 \text{ mol} \\
 \text{Massa yang digunakan} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\
 &= 0,001 \text{ mol} \times 248,84 \text{ g/mol} \\
 &= 0,2488 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 98%

$$\frac{98 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{\text{massa yang dibutuhkan}}{\text{massa yang ditimbang}}$$

$$\frac{98 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{0,2488 \text{ gram}}{x}$$

$$x = \frac{100 \text{ gram} \times 0,2488 \text{ gram}}{98 \text{ gram}}$$

$$x = 0,2539 \text{ gram}$$

L.2.7. Penentuan Massa ligan 2- Senyawa 2-metoksi-6-((tiazol-2ilimino) metil) fenol yang digunakan

Rumus molekul senyawa = $C_{11}H_{10}N_2O_2S$

Mr senyawa = 234 g/mol

Mol senyawa = 0,002 mol

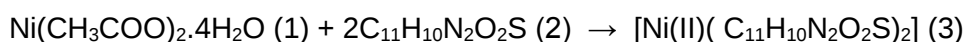
Massa yang digunakan = mol x Mr

$$= 0,00195 \text{ mol} \times 234 \text{ g/mol}$$

$$= 0,4686 \text{ g}$$

L.2.8. Perhitungan Massa Stoikiometri senyawa kompleks

Reaksi :



Reaksi	senyawa (1)	+	senyawa (2)	→	senyawa (3)
Mula-mula	0,001 mol		0,002 mol		-
Bereaksi	0,001 mol		0,002 mol		0,001 mol
Sisa	-		-		0,001 mol

Rumus molekul senyawa (3) = $[Ni(II)(C_{11}H_{10}N_2O_2S)_2]$

Mr Senyawa (3) = 59 g/mol + 2 [(12,1 g/mol x 11) + (1.01 g/mol x 10) + (14.01 g/mol x 2) + 16.00 g/mol x 2) + (32.06 g/mol x 1)]

$$= 59 \text{ g/mol} + 2 [133,1 \text{ g/mol} + 10.10 \text{ g/mol} + 28.02 \text{ g/mol} + 32 \text{ g/mol} + 32.06 \text{ g/mol}]$$

$$= 529,56 \text{ g/mol}$$

Massa Senyawa teoritis (3) = mol x Mr

$$= 0,001 \text{ mol} \times 529,56 \text{ g/mol}$$

$$= 0,5296 \text{ g}$$

L.2.9. Pembuatan Larutan untuk Karakterisasi menggunakan Metode Job

➤ Konsentrasi 0,001 M

$$M = \frac{n}{V}$$

n = M x V

$$= 0,001 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$= 0,1 \text{ mmol}$$

$$= 0,0001 \text{ mol}$$

➤ Perhitungan massa $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Rumus molekul senyawa = $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Mr senyawa = 248,84 g/mol

Mol senyawa = 0,0001 mol

Massa yang digunakan = mol x Mr

$$= 0,0001 \text{ mol} \times 248,84 \text{ g/mol}$$

$$= 0,0249 \text{ g}$$

$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 98%

$$\frac{98 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{\text{massa yang dibutuhkan}}{\text{massa yang ditimbang}}$$

$$\frac{98 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{0,0249 \text{ gram}}{x}$$

$$x = \frac{100 \text{ gram} \times 0,0249 \text{ gram}}{98 \text{ gram}}$$

$$x = 0,0254 \text{ gram}$$

➤ Perhitungan massa Ligan

Rumus molekul senyawa = $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$

Mr senyawa = 234,29 g/mol

Mol senyawa = 0,0001 mol

Massa yang digunakan = mol x Mr

$$= 0,0001 \text{ mol} \times 234 \text{ g/mol}$$

$$= 0,0234 \text{ g}$$

Ligan 97%

$$\frac{97 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{\text{massa yang dibutuhkan}}{\text{massa yang ditimbang}}$$

$$\frac{97 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{0,0234 \text{ gram}}{x}$$

$$x = \frac{100 \text{ gram} \times 0,0234 \text{ gram}}{98 \text{ gram}}$$

$$x = 0,0241 \text{ gram}$$

L.2.10. Pembuatan Larutan untuk Uji Antioksidan

➤ Pembuatan larutan DPPH 0,2 mM dalam 10 mL etanol p.a

Mr DPPH = 394,32 g/mol

Mol DPPH = 10 mL x 0,2 mM

$$= 10 \text{ mL} \times 0,0002 \text{ M}$$

$$= 0,002 \text{ mmol}$$

Massa DPPH = mmol x Mr

$$= 0,002 \text{ mmol} \times 394,32 \text{ g/mol}$$

$$= 0,7886 \text{ mg}$$

- Pembuatan larutan stok kompleks 20 ppm sebanyak 50 mL

$$\text{ppm} = \text{mg/L}$$

$$\text{Massa} = \text{ppm} \times \text{L}$$

$$= 20 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 1 \text{ mg}$$

- Pembuatan larutan variasi konsentrasi sebanyak 10 mL

Konsentrasi larutan kompleks (ppm)	Volume pipet (dari larutan induk 20 ppm) (mL)	Volume larutan (mL)
2,5	1,25	10
5	2,5	10
7,5	3,75	10
12,5	6,25	10
15	7,5	10

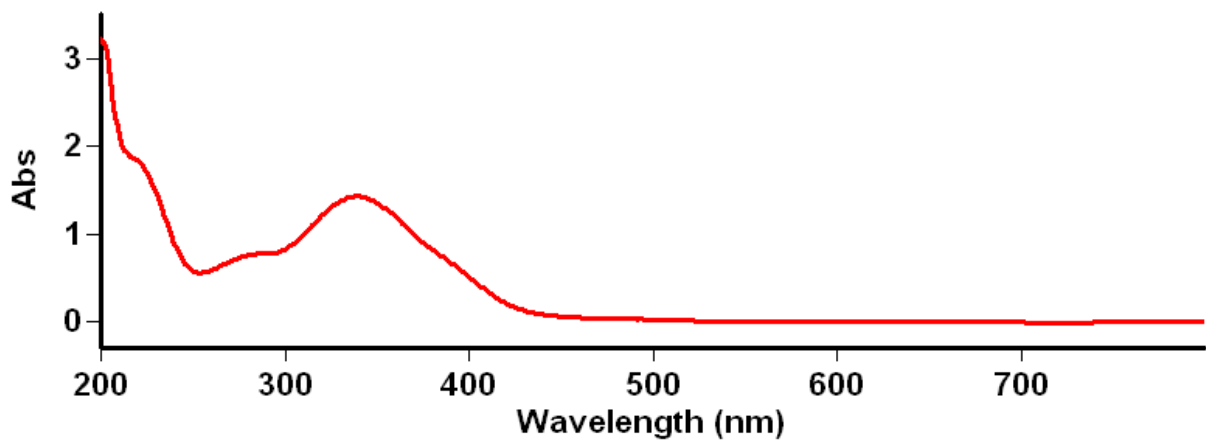
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi

L.4.1. Karakterisasi menggunakan UV-Vis

L.4.1.1. Panjang gelombang maksimum Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol

Lamdha Maks Ligan Basa Schiff 2-aminotiazole Metanol

Tanggal Analisa : 04 Desember 2024



Scan Analysis Report

Report Time : Wed 04 Dec 01:12:59 PM 2024

Method:

Batch: D:\Mahasiswa On Going\Anggun Nur\Lamdha Maks Ligan Basa Schiff 2-aminotiazole Metanol (04-12-2024).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Basa Schiff Ligan Pelarut Metanol

Collection Time 12/4/2024 1:13:12 PM

Peak Table

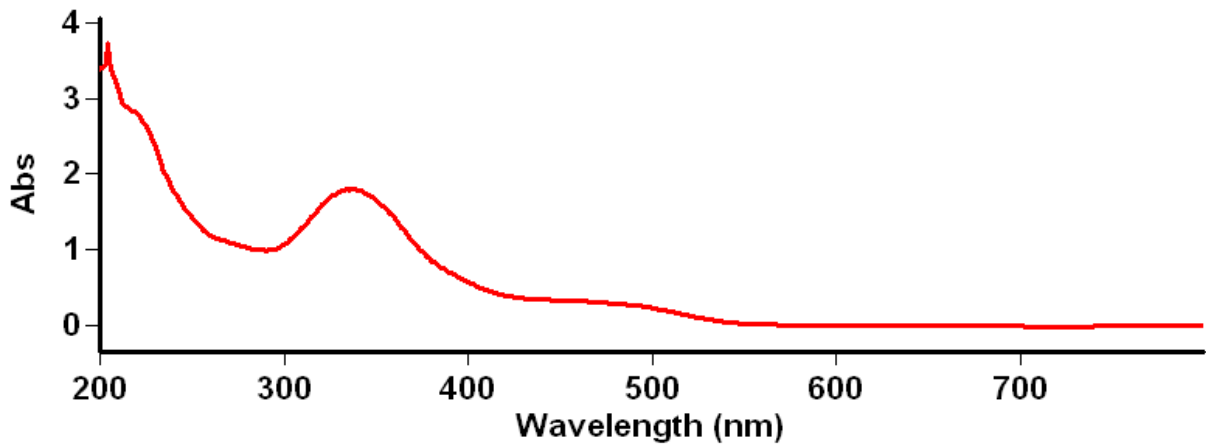
Peak Style	Peaks
Peak Threshold	0.0100
Range	800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
338.0	1.432

L.4.1.2. Panjang gelombang maksimum kompleks Ni(II)

Lamdha Maks Kompleks Basa Schiff 2-aminotiazole Metanol 3 Ulang

Tanggal Analisa : 04 Desember 2024



Scan Analysis Report

Report Time : Wed 04 Dec 02:29:21 PM 2024

Method:

Batch: D:\Mahasiswa On Going\Anggun Nur\Lamdha Maks Kompleks Basa Schiff 2-aminotiazole Metanol 3 Ulang (04-12-2024).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Basa Schiff Kompleks Pelarut Metanol

Collection Time 12/4/2024 2:29:24 PM

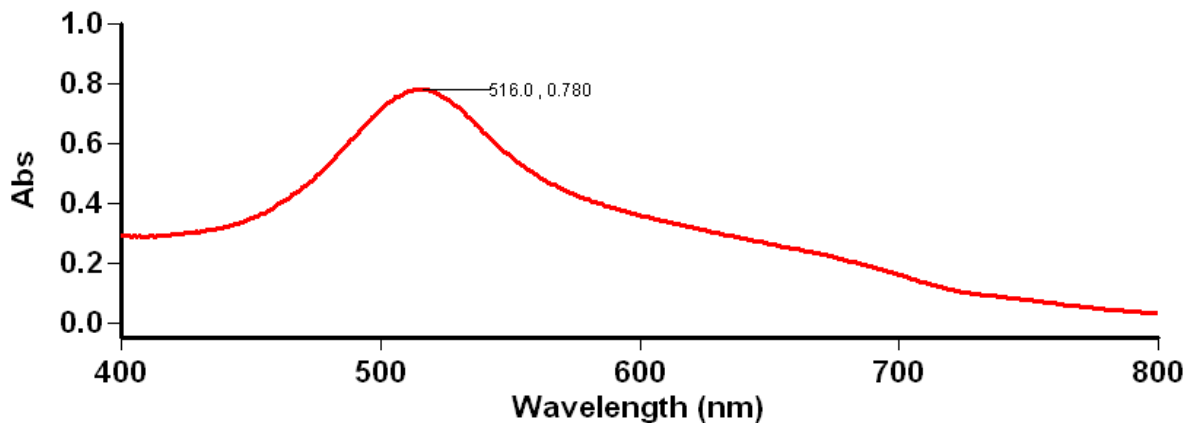
Peak Table	
Peak Style	Peaks
Peak Threshold	0.0100
Range	800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
337.0	1.803
219.0	2.838
204.1	3.731

L.4.1.3 Panjang gelombang maksimum DPPH menggunakan pelarut metanol

Lamdha Maks DPPH

Tanggal Analisa : 13 Februari 2025



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 13 Feb 01:49:08 PM 2025

Method:

Batch: D:\Mahasiswa On Going\Anggun Nur\Lamdha Maks DPPH (13-02-2025).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: DPPH

Collection Time 2/13/2025 1:49:20 PM

Peak Table

Peak Style	Peaks
Peak Threshold	0.0100
Range	800.0nm to 400.1nm

Wavelength (nm)	Abs
-----------------	-----

516.0	0.780
-------	-------

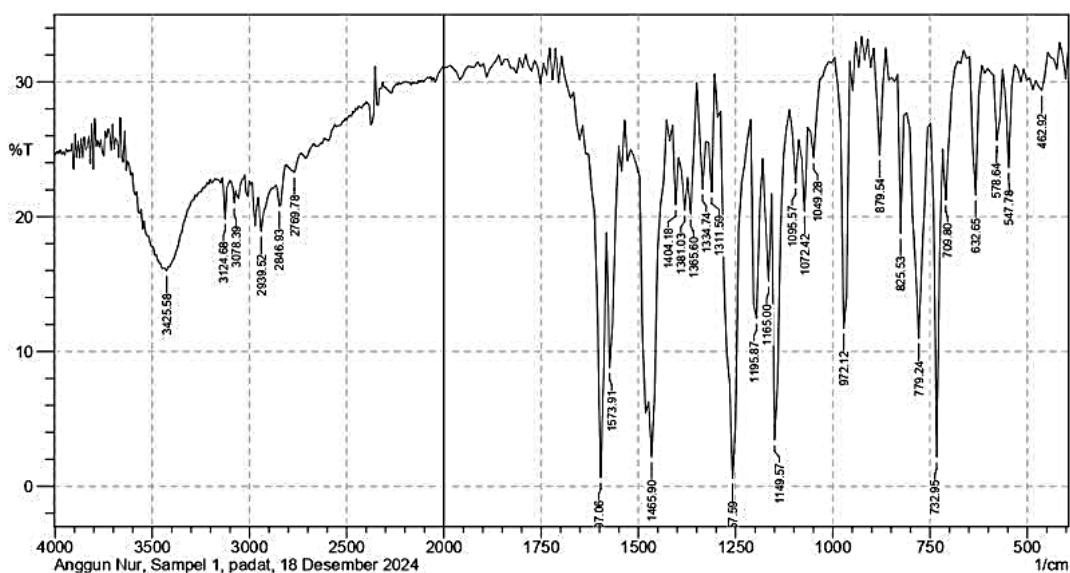
L.4.2. Karakterisasi menggunakan FTIR

L.4.2.1. Spektre FTIR Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	462.92	29.364	2.205	493.78	447.49	24.092	0.804
2	547.78	23.651	7.433	563.21	532.35	17.021	1.36
3	578.64	25.677	5.269	601.79	563.21	20.798	1.151
4	632.65	21.6	9.93	648.08	617.22	17.777	2.307
5	709.8	21.242	4.806	717.52	663.51	29.371	0.866
6	732.95	2.167	19.726	740.67	717.52	23.356	8.73
7	779.24	10.983	16.306	810.1	748.38	43.439	8.576
8	825.53	18.757	10.846	833.25	810.1	14.238	1.66
9	879.54	24.569	7.936	894.97	864.11	16.701	1.64
10	972.12	11.729	19.931	995.27	956.69	26.037	6.769
11	1049.28	24.366	3.65	1064.71	1010.7	29.302	0.692
12	1072.42	20.403	5.912	1087.85	1064.71	14.555	1.075
13	1095.57	22.5	3.939	1111	1087.85	13.922	0.68
14	1149.57	3.435	19.273	1157.29	1118.71	34.534	11.023
15	1165	15.202	7.367	1180.44	1157.29	16.906	1.928
16	1195.87	12.456	13.283	1211.3	1180.44	23.588	5.377
17	1257.59	0.593	26.344	1288.45	1219.01	69.528	29.705
18	1311.59	21.816	7.089	1327.03	1303.88	13.951	1.14
19	1334.74	22.042	4.972	1350.17	1327.03	13.868	0.947
20	1365.6	20.185	8.946	1411.89	1350.17	39.208	5.562
21	1381.03	20.484	2.9	1396.46	1373.32	15.024	0.517
22	1404.18	20.888	4.689	1411.89	1396.46	9.819	0.675
23	1465.9	2.161	22.672	1496.76	1427.32	68.726	27.176
24	1573.91	8.803	11.394	1581.63	1535.34	34.414	5.291
25	1597.06	0.646	20.15	1643.35	1581.63	57.622	16.984
26	2769.78	23.293	1.018	2808.36	2738.92	43.284	0.631
27	2846.93	20.781	2.039	2862.36	2816.07	30.384	0.988
28	2939.52	18.907	2.668	2954.95	2870.08	57.461	1.435
29	3078.39	21.012	1.647	3093.82	3032.1	40.625	0.9
30	3124.68	19.845	2.957	3140.11	3101.54	25.567	0.773
31	3425.58	15.998	5.354	3556.74	3201.83	256.501	20.584

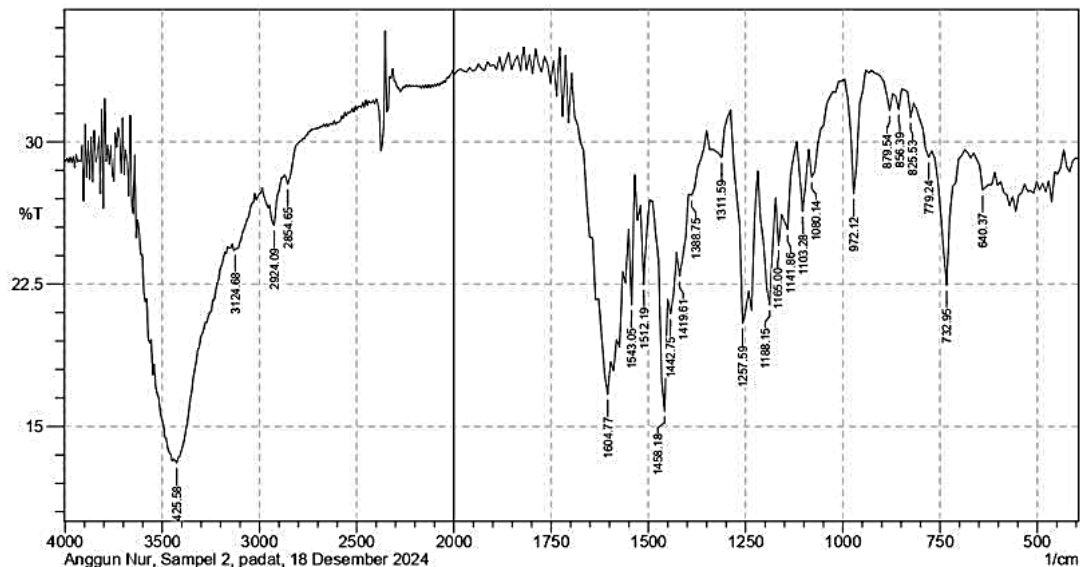
FTIR (Fourier Transform Infra Red) Spectrophotometer
Type : IRPrestige-21 SHIMADZU

L.4.2.2. Spektra FTIR Kompleks Ni(II)

SHIMADZU



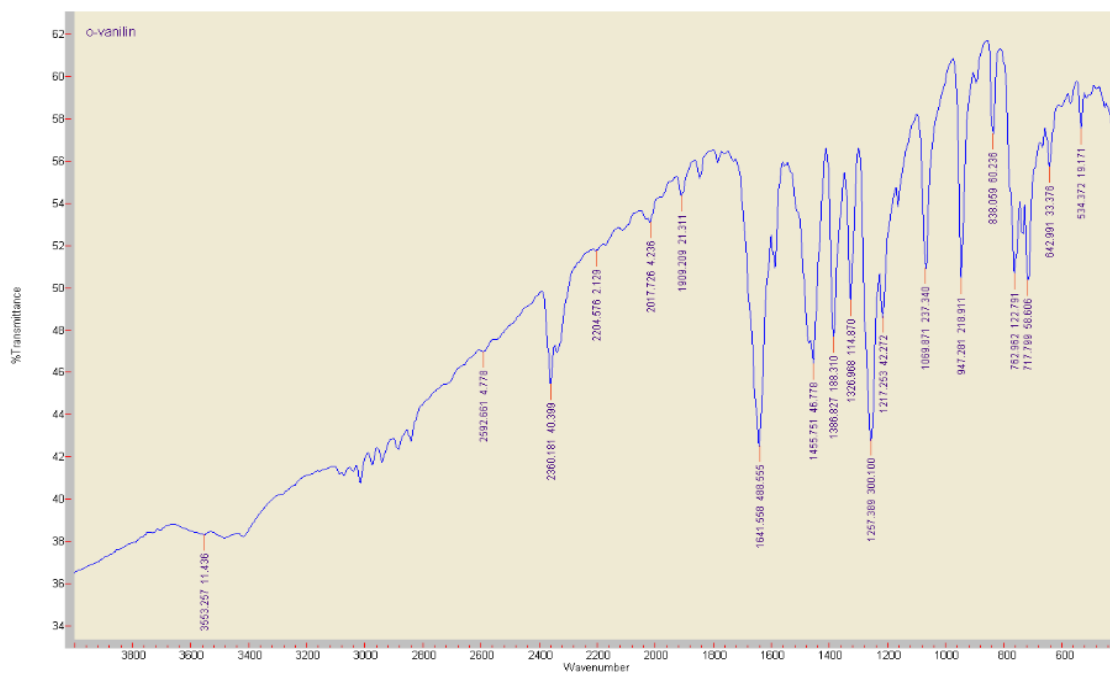
Lab. Kimia Organik FMIPA UGM



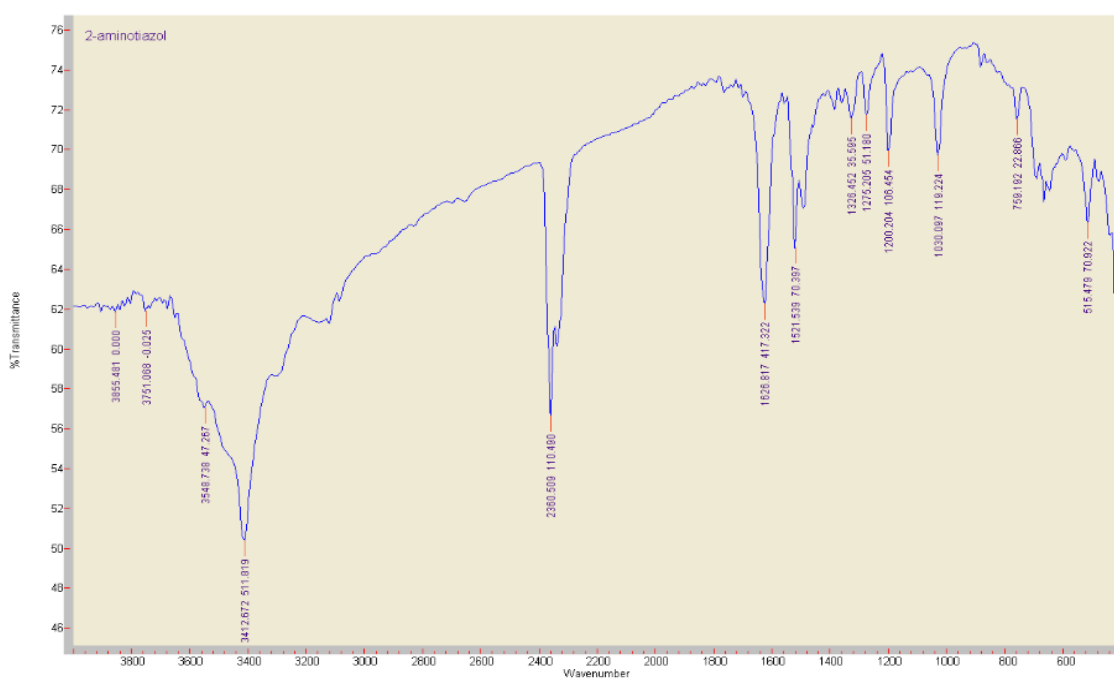
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	640.37	27.459	1.384	655.8	609.51	25.633	0.513
2	732.95	22.439	6.889	763.81	686.66	43.936	2.91
3	779.24	29.19	0.749	817.82	771.53	23.86	0.156
4	825.53	31.289	0.941	848.68	817.82	15.163	0.062
5	856.39	31.706	0.991	871.82	848.68	11.374	0.125
6	879.54	31.645	1.075	925.83	871.82	25.992	0.094
7	972.12	27.266	6.246	995.27	941.26	27.468	1.872
8	1080.14	28.144	1.777	1087.85	1002.98	42.912	0.541
9	1103.28	26.337	3.465	1118.71	1087.85	17.036	0.811
10	1141.86	25.381	2.324	1157.29	1118.71	21.759	0.446
11	1165	24.555	2.049	1172.72	1157.29	9.142	0.268
12	1188.15	21.411	6.102	1219.01	1172.72	28.424	2.643
13	1257.59	20.442	8.383	1288.45	1226.73	38.383	4.575
14	1311.59	29.179	1.461	1334.74	1288.45	24.124	0.331
15	1388.75	27.185	0.53	1396.46	1357.89	21.092	0.138
16	1419.61	22.919	2.017	1427.32	1396.46	18.949	0.717
17	1442.75	20.938	1.584	1450.47	1427.32	15.251	0.434
18	1458.18	15.813	6.757	1496.76	1450.47	30.619	2.07
19	1512.19	22.479	4.26	1519.91	1496.76	14.04	0.798
20	1543.05	21.409	5.42	1550.77	1535.34	9.578	0.751
21	1604.77	16.696	9.027	1689.64	1566.2	80.513	9.718
22	2854.65	27.763	0.768	2870.08	2731.2	73.474	0.277
23	2924.09	25.609	1.552	2947.23	2877.79	39.591	0.653
24	3124.68	24.328	0.635	3140.11	3024.38	68.711	1.001
25	3425.58	13.068	8.134	3556.74	3163.26	297.529	38.258

FTIR (Fourier Transform Infra Red) Spectrophotometer
Type : IRPrestige-21 SHIMADZU

L.4.2.3. Spektre FTIR reaktan o-vanilin (Imanudin, 2023)



L.4.2.3. Spektre FTIR reaktan 2-aminotiazol (Imanudin, 2023)



L.4.3. Karakterisasi menggunakan GCMS

L.4.3.1. Kromatogram hasil GC Ligan basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol

C:\GCMSsolution\Data\Project1\Rtx 5 MS 2019\Anggun NF Basa Schiff 2metoksi6 tiazol2ilimino metil fenol.QGD 11/28/2024

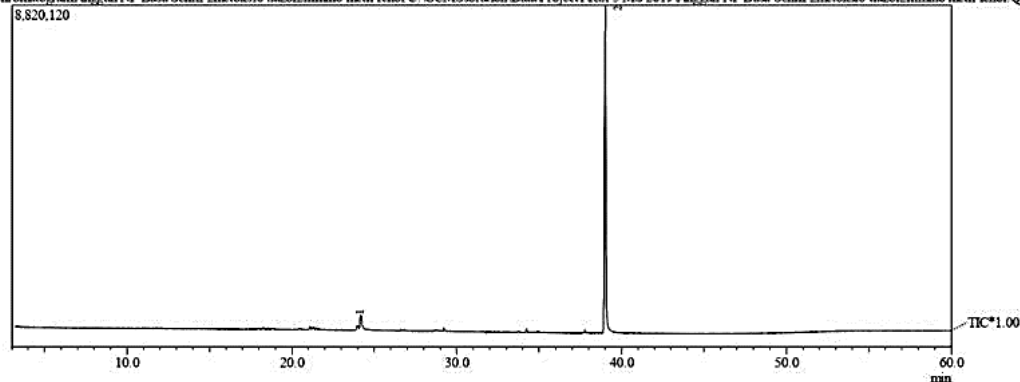


Lab Kimia Organik FMIPA - UGM

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Anggun NF Basa Schiff 2metoksi6 tiazol2ilimino metil fenol
 Sample ID : 26112024 U04
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Rtx 5 MS 2019\Anggun NF Basa Schiff 2metoksi6 tiazol2ilimino metil fenol.QGD
 Method File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Rtx 5 MS 2019\Organik baru 2021 Flash.qgm
 Tuning File : C:\GCMSsolution\SystemTune1\Tuning Nov 01 2024.qgt

Chromatogram:Anggun NF Basa Schiff 2metoksi6 tiazol2ilimino metil fenol C:\GCMSsolution\Data\Project1\Rtx 5 MS 2019\Anggun NF Basa Schiff 2metoksi6 tiazol2ilimino metil fenol.QGD



Peak Report TIC						
Peak#	R Time	I Time	F Time	Area	Area%	Height
1	24.157	24.100	24.192	1053556	2.37	321381
2	39.016	38.875	39.217	43368968	97.63	8384369
				44422524	100.00	8705750

L.4.3.2. Spektra MS Puncak 1

Sample Information

Anggun NF Basa Schiff 2metoksi6 tiazol2ilimino metil fenol
 C:\GCMSolution\Data\Project1\Rtx 5 MS 2019\Anggun NF Basa Schiff 2metoksi6 tiazol2ilimino metil fenol QGD

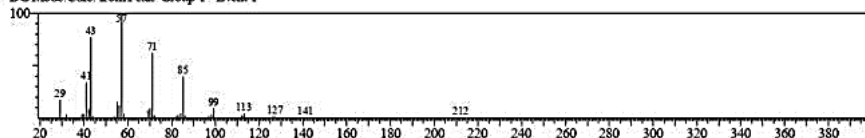
Library

<< Target >>

Line# 1 R Time: 24.158 (Scan# 2516) MassPeaks: 36

RawMode: Averaged 24.150-24.167 (2515-2517) BasePeak: 57.10 (39750)

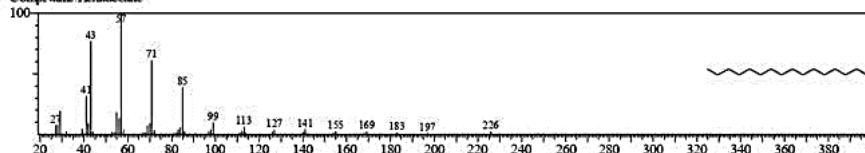
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit# 1 Entry: 8553 Library: NIST12.LIB

SI: 97 Formula: C16H34 CAS: 544-76-3 MolWeight: 226 RetIndex: 0

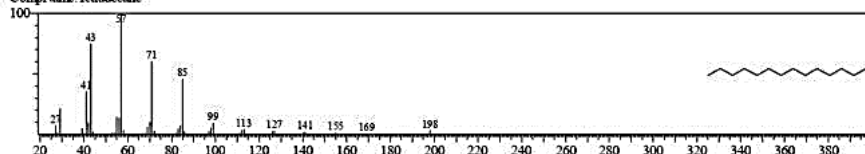
CompName: Hexadecane



Hit# 2 Entry: 7424 Library: NIST12.LIB

SI: 97 Formula: C14H30 CAS: 629-59-4 MolWeight: 198 RetIndex: 0

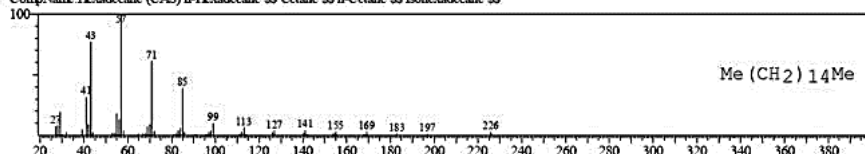
CompName: Tetradecane



Hit# 3 Entry: 90353 Library: WILEY229.LIB

SI: 97 Formula: C16H34 CAS: 544-76-3 MolWeight: 226 RetIndex: 0

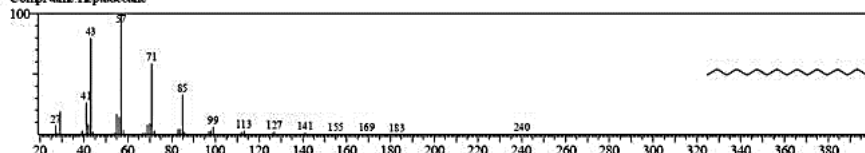
CompName: Hexadecane (CAS) n-Hexadecane SS Cetane SS n-Cetane SS Isohexadecane SS



Hit# 4 Entry: 8956 Library: NIST12.LIB

SI: 96 Formula: C17H36 CAS: 629-78-7 MolWeight: 240 RetIndex: 0

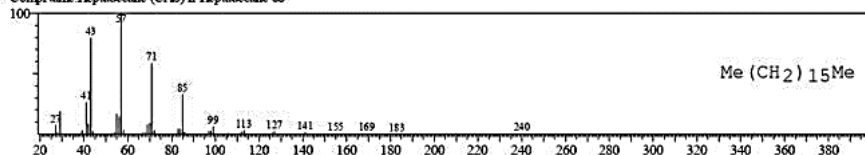
CompName: Heptadecane



Hit# 5 Entry: 101871 Library: WILEY229.LIB

SI: 96 Formula: C17H36 CAS: 629-78-7 MolWeight: 240 RetIndex: 0

CompName: Heptadecane (CAS) n-Heptadecane SS



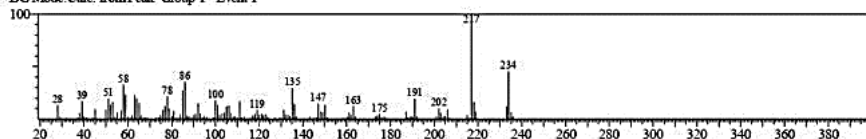
L.4.3.3. Spektra MS Puncak 2

<< Target >>

Line# 2 R.Time:39.017(Scan#:4299) MassPeaks:133

RawMode:Averaged 39.008-39.025(4298-4300) BasePeak:217.05(752996)

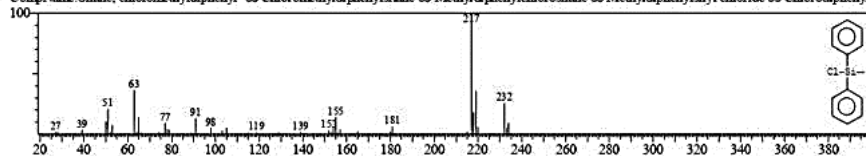
BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit# 1 Entry:30313 Library:NIST62.LIB

SI:50 Formula:C13H13ClSi CAS:144-79-6 MolWeight:232 RetIndex:0

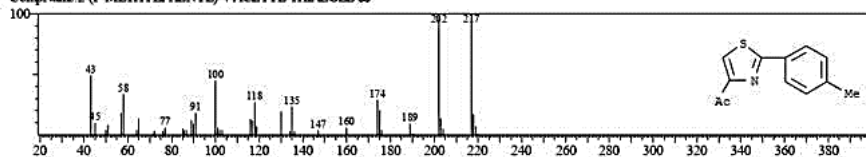
CompName:Silane, chloromethyldiphenyl- SS Chloromethyldiphenylsilane SS Methyl diphenylchlorosilane SS Methyl diphenylsilyl chloride SS Chlorodiphenylmethyldiphenylsilane SS Diphenylmethyl chlor



Hit# 2 Entry:81484 Library:WILEY229.LIB

SI:50 Formula:C12H11NOS CAS:21166-38-1 MolWeight:217 RetIndex:0

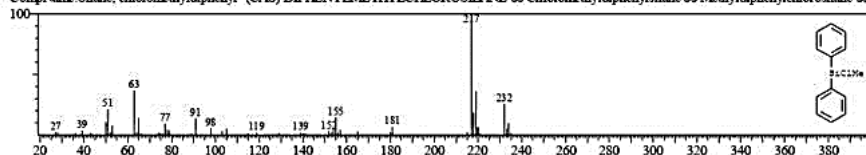
CompName:2-(p-METHYLPHENYL)-4-ACETYL-THIAZOLE SS



Hit# 3 Entry:94483 Library:WILEY229.LIB

SI:49 Formula:C13H13ClSi CAS:144-79-6 MolWeight:232 RetIndex:0

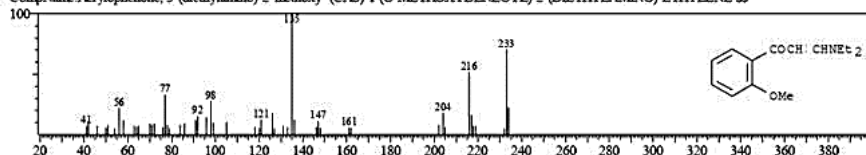
CompName:Silane, chloromethyldiphenyl- (CAS) DIPHENYLMETHYLCHLOROSILANE SS Chloromethyldiphenylsilane SS Methyl diphenylchlorosilane SS Methyl diphenylsilyl chloride SS



Hit# 4 Entry:95362 Library:WILEY229.LIB

SI:47 Formula:C14H19NO2 CAS:1776-14-3 MolWeight:233 RetIndex:0

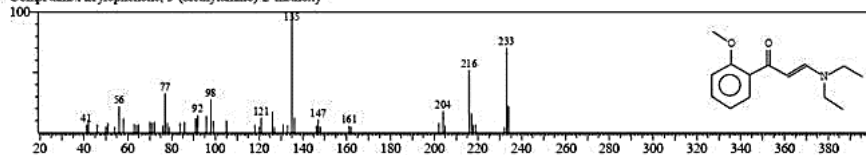
CompName:Acrylophenone, 3-(diethylamino)-2-methoxy- (CAS) 1-(O-METHOXYBENZOYL)-2-(DIETHYLAMINO)-ETHYLENE SS



Hit# 5 Entry:30496 Library:NIST62.LIB

SI:47 Formula:C14H19NO2 CAS:1776-14-3 MolWeight:233 RetIndex:0

CompName:Acrylophenone, 3-(diethylamino)-2-methoxy-



Lampiran 5. Hasil Uji Metode Job

- Konsentrasi 0,001 M

$$M = \frac{n}{V}$$

$$\begin{aligned} n &= M \times V \\ &= 0,001 \text{ M} \times 100 \text{ mL} \\ &= 0,1 \text{ mmol} \\ &= 0,0001 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Perhitungan massa $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Rumus molekul senyawa = $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Mr senyawa = 248,84 g/mol

Mol senyawa = 0,0001 mol

$$\begin{aligned} \text{Massa yang digunakan} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\ &= 0,0001 \text{ mol} \times 248,84 \text{ g/mol} \\ &= 0,0249 \text{ g} \end{aligned}$$

$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 98%

$$\frac{98 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{\text{massa yang dibutuhkan}}{\text{massa yang ditimbang}}$$

$$\frac{98 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{0,0249 \text{ gram}}{x}$$

$$x = \frac{100 \text{ gram} \times 0,0249 \text{ gram}}{98 \text{ gram}}$$

$$x = 0,0254 \text{ gram}$$

- Perhitungan massa Ligan

Rumus molekul senyawa = $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$

Mr senyawa = 234,29 g/mol

Mol senyawa = 0,0001 mol

$$\begin{aligned} \text{Massa yang digunakan} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\ &= 0,0001 \text{ mol} \times 234 \text{ g/mol} \\ &= 0,0234 \text{ g} \end{aligned}$$

Ligan 97%

$$\frac{97 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{\text{massa yang dibutuhkan}}{\text{massa yang ditimbang}}$$

$$\frac{97 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} = \frac{0,0234 \text{ gram}}{x}$$

$$x = \frac{100 \text{ gram} \times 0,0234 \text{ gram}}{98 \text{ gram}}$$

$$x = 0,0241 \text{ gram}$$

➤ Perhitungan Fraksi mol Ligan (X_L)

$$X_L = \frac{V \text{ Ligan} \times M \text{ Ligan}}{(V \text{ Ligan} \times M \text{ Ligan}) + (V \text{ Logam} \times M \text{ Logam})}$$

Tabung 1

$$X_L = \frac{2 \times 0,001}{(2 \times 0,001) + (8 \times 0,001)} = 0,2$$

Tabung 2

$$X_L = \frac{3 \times 0,001}{(3 \times 0,001) + (7 \times 0,001)} = 0,3$$

Tabung 3

$$X_L = \frac{4 \times 0,001}{(4 \times 0,001) + (6 \times 0,001)} = 0,4$$

Tabung 4

$$X_L = \frac{5 \times 0,001}{(5 \times 0,001) + (5 \times 0,001)} = 0,5$$

Tabung 5

$$X_L = \frac{6 \times 0,001}{(6 \times 0,001) + (4 \times 0,001)} = 0,6$$

Tabung 6

$$X_L = \frac{7 \times 0,001}{(7 \times 0,001) + (3 \times 0,001)} = 0,7$$

Tabung 7

$$X_L = \frac{2 \times 0,001}{(2 \times 0,001) + (8 \times 0,001)} = 0,8$$

Tabung 8

$$X_L = \frac{1 \times 0,001}{(1 \times 0,001) + (9 \times 0,001)} = 0,9$$

➤ Perhitungan A koreksi

$$A \text{ koreksi} = A \text{ terukur} - (1 - X_L) \times A_{M+L}$$

Tabung 1

$$A_{\text{koreksi}} = 2,2421 - (1 - 0,2) \times 2,6573 = 0,1162$$

Tabung 2

$$A_{\text{koreksi}} = 3,1729 - (1 - 0,3) \times 3,3912 = 0,7991$$

Tabung 3

$$A_{\text{koreksi}} = 3,5660 - (1 - 0,4) \times 3,5659 = 1,4265$$

Tabung 4

$$A_{\text{koreksi}} = 3,6065 - (1 - 0,5) \times 3,5248 = 1,8441$$

Tabung 5

$$A_{\text{koreksi}} = 4,0515 - (1 - 0,6) \times 3,5273 = 2,6406$$

Tabung 6

$$A_{\text{koreksi}} = 5,0955 - (1 - 0,7) \times 4,0001 = 3,8955$$

Tabung 7

$$A_{\text{koreksi}} = 4,2682 - (1 - 0,8) \times 3,7167 = 3,5249$$

Tabung 8

$$A_{\text{koreksi}} = 3,5007 - (1 - 0,9) \times 3,5249 = 3,1482$$

Hasil Perhitungan Metode Job

X_L	A_{terukur}	A_{logam}	A_{ligan}	A_{M+L}	A_{koreksi}
0,2	2,2421	-0,004	2,6613	2,6573	0,1163
0,3	3,1729	-0,0044	3,3956	3,3912	0,7991
0,4	3,566	-0,005	3,5709	3,5659	1,4265
0,5	3,6065	-0,0033	3,5281	3,5248	1,8441
0,6	4,0515	-0,0103	3,5376	3,5273	2,6406
0,7	5,0955	-0,0071	4,0072	4,0001	3,8955
0,8	4,2682	-0,0115	3,7282	3,7167	3,5249
0,9	3,5007	-0,0028	3,5277	3,5249	3,1482

Lampiran 6. Hasil Uji Antioksidan

L.6.1. Hasil Uji Antioksidan Kompleks

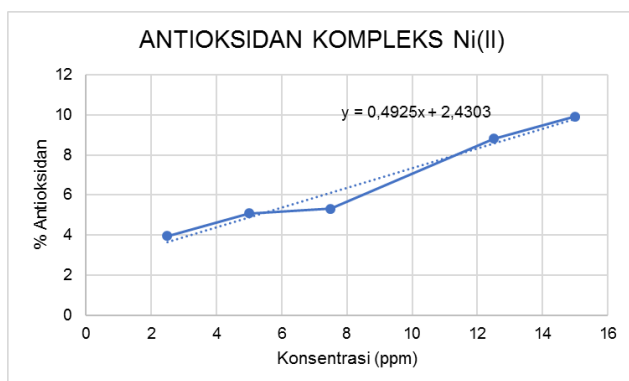
konsentrasi (ppm)	Absorbansi					
	K1	A1	K2	A2	K3	A3
2,5	0,5488	0,5197	0,5484	0,5346	0,5513	0,5290
5	0,5524	0,5259	0,5519	0,5205	0,5529	0,5267
7,5	0,5511	0,5213	0,5516	0,5219	0,5520	0,5235
12,5	0,5518	0,5108	0,5533	0,5091	0,5553	0,4943
15	0,5542	0,5034	0,5529	0,4994	0,5519	0,4915

K= Absorbansi DPPH larutan kontrol

A= Absorbansi DPPH sisa

$$\% \text{ Antioksidan} = \frac{\text{Abs. rata} - \text{rata kontrol} - \text{Abs. rata} - \text{rata DPPH sisa}}{\text{Abs. rata} - \text{rata kontrol}} \times 100\%$$

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi		Rata-rata % Antioksidan (%)
	Rata-rata K	Rata-rata A	
2,5	0,5495	0,5278	3,9551
5	0,5524	0,5244	5,0748
7,5	0,5516	0,5222	5,3182
12,5	0,5535	0,5047	8,8051
15	0,5530	0,4981	9,9277



$$y = 0,4925x + 2,4303$$

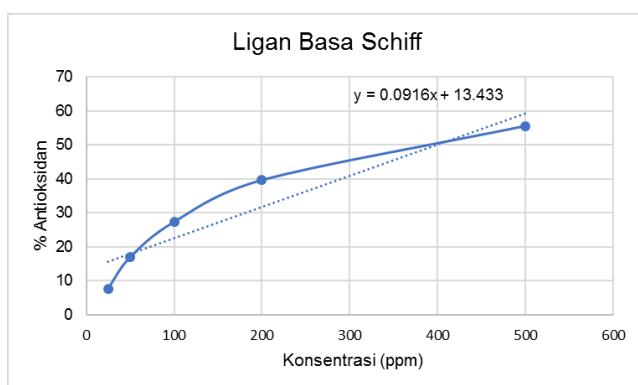
$$a = 0,4925$$

$$b = 2,4303$$

$$\begin{aligned} \text{IC}_{50} &= \frac{50-b}{a} \\ &= \frac{50-2,4303}{0,4925} \\ &= 96,59 \text{ ppm} \end{aligned}$$

L.6.1. Hasil Uji Antioksidan Ligan basa Schiff

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi		% Antioksidan
	K	A	
25	0,48960	0,4516	7,7614
50	0,48900	0,4063	16,9121
100	0,48850	0,3549	27,3490
200	0,49070	0,2961	39,6576
500	0,49000	0,2175	55,6122



$$y = 0,0916x + 13,433$$

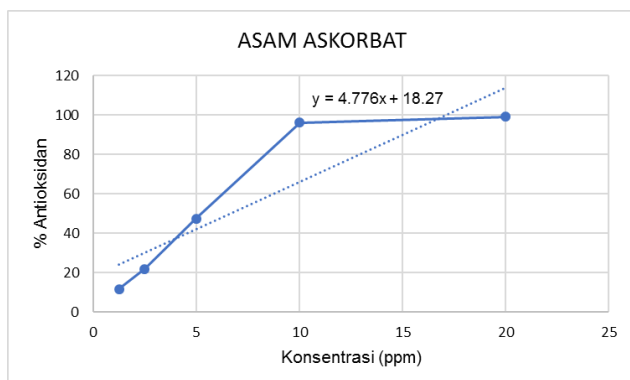
$$a = 0,0916$$

$$b = 13,433$$

$$\begin{aligned}
 IC_{50} &= \frac{50-b}{a} \\
 &= \frac{50-13,433}{0,0916} \\
 &= 399,20 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

L.6.1. Hasil Uji Antioksidan Vitamin C

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi		% Antioksidan
	K	A	
1,25	0,8837	0,7810	11,6216
2,5	0,8839	0,6898	21,9595
5	0,8840	0,4648	47,4208
10	0,8842	0,0334	96,2226
20	0,8841	0,0071	99,1969



$$y = 4,776x + 18,27$$

$$a = 4,776$$

$$b = 18,27$$

$$\begin{aligned}
 IC_{50} &= \frac{50-b}{a} \\
 &= \frac{50-18,27}{4,776} \\
 &= 6,64 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Lampiran 7. Dokumentasi

L.7.1 Sintesis Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol



o-Vanilin



2-Aminotiazol

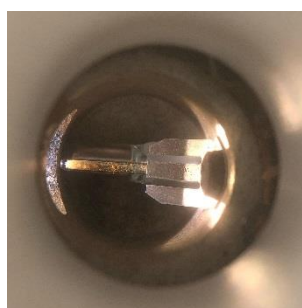
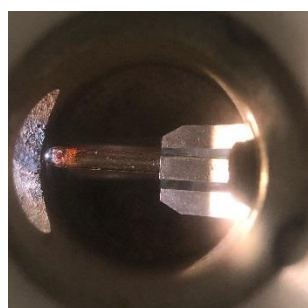


Sintesis ligan basa Schiff

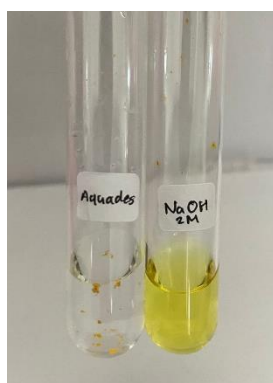


Hasil produk sintesis

L.7.2. Uji Titik Leleh menggunakan MPA



L.7.3. Uji Sifat Kimia Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol



L.7.5. Sintesis Senyawa Kompleks Ni(II) dengan Ligan Basa Schiff 2-metoksi-6-((tiazol-2-ilimino)metil) fenol



Ligan basa Schiff



Garam logam
 $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



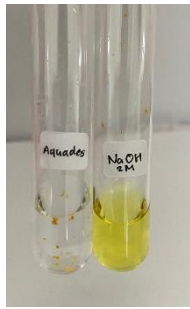
sintesis kompleks
Ni(II)



Hasil sintesis
kompleks Ni(II)

L.7.6 Uji Kelarutan Produk Hasil Sintesis Kompleks Ni(II) dalam beberapa Pelarut

a. Kelarutan ligan



Akuades dan NaOH



Kloroform

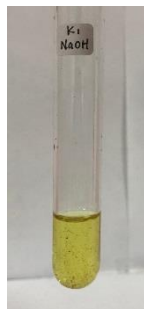


Metanol



Etanol

b. Kelarutan kompleks 1



NaOH



Kloroform



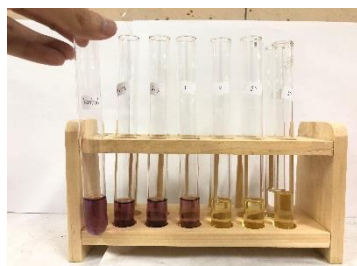
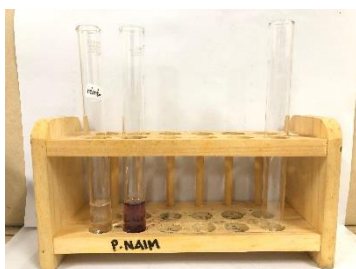
Metanol



Etanol

L.7.7. Uji metode job



L.7.8. Uji antioksidan

Lampiran 8. Jadwal Pelaksanaan Penelitian Skripsi

JADWAL PELAKSANAAN PENELITIAN SKRIPSI

Nama / NIM	:	Anggun Nur Farida / 210603110082
Nama Dosen Pembimbing Skripsi	:	1. Ahmad Hanapi, M.Sc 2. A. Ghanaim Fasya, M.Si
Judul Skripsi	:	SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS Ni(II) DENGAN LIGAN BASA SCHIFF DARI o-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL

No.	Kegiatan	Tanggal Kegiatan
1.	Pelaksanaan seminar proposal skripsi	23 Oktober 2024
2.	Disetujui oleh pembimbing skripsi untuk perijinan masuk di laboratorium	28 Oktober 2024
3.	Disetujui oleh ketua laboratorium dan ketua prodi untuk perijinan masuk di laboratorium	28 Oktober 2024
4.	Mulai masuk laboratorium untuk mengumpulkan data penelitian skripsi	30 Oktober 2024
5.	Mulai proses penulisan pembahasan hasil data penelitian skripsi	15 Januari 2025
6.	Disetujui perijinan bebas tanggungan di laboratorium	14 Mei 2025
7.	Mengikuti ujian komprehensif tulis bidang kimia dan status lulus/tidak lulus	1. 26 Oktober 2024/Lulus 2. 3.
8.	Mengikuti ujian komprehensif tulis bidang agama dan status lulus/tidak lulus	1. 8 November 2024/Lulus 2. 3.
9.	Mendaftar seminar hasil	17 April 2025
10.	Pelaksanaan seminar hasil	6 Mei 2025
11.	Mendaftar ujian skripsi	27 Mei 2025
12.	Pelaksanaan ujian skripsi	13 Juni 2025
13.	Selesai revisi naskah setelah ujian skripsi	19 Juni 2025

Malang, 19 Juni 2025
Mengetahui,
Dosen Pembimbing Skripsi,


Ahmad Hanapi, M.Sc
NIP. 19851225 202321 1 021

Lampiran 9. Rencana Anggaran Penelitian Skripsi

RENCANA ANGGARAN PENELITIAN SKRIPSI

Nama / NIM	:	Anggun Nur Farida / 210603110082
Nama Dosen Pembimbing Skripsi	:	1. Ahmad Hanapi, M.Sc 2. A. Ghanaim Fasya, M.Si
Judul Skripsi	:	SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS Ni(II) DENGAN LIGAN BASA SCHIFF DARI o-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL

Uraian	Merk	Vol	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Sumber Dana	Tempat Pembelian
o-Vanilin	Merck	1	5 g	-	-	Subsidi	-
2-Aminotiazol	Merck	1	5 g	-	-	Subsidi	-
Garam Ni(Ac) ₂ .4H ₂ O	Sigma-Aldrich	1	3 g	33.000	33.000	Mandiri	DUTA JAYA
NaOH		1	5 g	5.000	5.000	Mandiri	DUTA JAYA
Etanol p.a	SmartLab	1	100 mL	40.000	40.000	Mandiri	Nurra Gemilang
Kloroform	SmartLab	1	100 mL	40.000	40.000	Mandiri	Nurra Gemilang
Aseton	SmartLab	1	1 L	45.000	45.000	Mandiri	Nurra Gemilang
Metanol p.a	SmartLab	20	100 mL	20.000	400.000	Mandiri	DUTA JAYA
DPPH	-	1	50 g	350.000	350.000	Mandiri	Nura Gemilang
Asam askorbat	-	1	5 g	9.000	9.000	Mandiri	Duta Jaya
Akuades	-	1	5 L	15.000	15.000	Mandiri	Duta Jaya
Analisa UV-Vis	Varian Carry 50	336	Sampel	1.000	336.000	Mandiri	Laboratorium Kimia UIN Malang
Analisa FTIR	Shimadzu	3	Sampel	83.000	249.000	Mandiri	Laboratorium organik UGM

Total	Rp.1.827.000
-------	--------------

Malang, 19 Juni 2025
Mengetahui,
Dosen Pembimbing Skripsi,



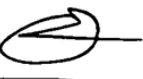
Ahmad Hanapi, M.Sc
NIP.19851225 202321 1 021

Lampiran 10. Bukti Konsultasi Pre-Seminar Skripsi

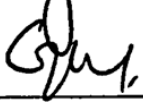
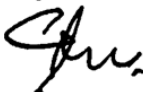
BUKTI KONSULTASI PRE-SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Nama / NIM	:	Anggun Nur Farida / 210603110082
Nama Dosen Pembimbing Bidang Kimia	:	Ahmad Hanapi, M.Sc
Nama Dosen Pembimbing Bidang Integrasi	:	A. Ghanaim Fasya, M.Si
Judul Skripsi	:	SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS Ni(II) DENGAN LIGAN BASA SCHIFF DARI o-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL

BIDANG KIMIA

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Paraf Pembimbing
1.	21 / 09 2024	Bimbingan BAB I	
2.	11 / 09 2024	Revisi BAB I	
3.	18 / 09 2024	Revisi BAB I dan Bimbingan BAB II	
4.	20 / 09 2024	Revisi BAB II dan Bimbingan BAB III	
5.	26 / 09 2024	Revisi BAB III dan Bimbingan Lampiran	
6.	27 / 09 2024	Revisi Lampiran	
7.	01 / 10 2024	ACC	

BIDANG INTEGRASI

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Paraf Pembimbing
1.	6 / 09 / 2024	Bimbingan BAB I	
2.	24 / 09 / 2024	Revisi BAB I dan bimbingan BAB II	
3.	02 / 10 / 2024	acc	

Lampiran 11. Bukti Konsultasi Pre-Seminar Hasil Skripsi

BUKTI KONSULTASI PRE-SEMINAR HASIL SKRIPSI

Nama / NIM	:	Anggun Nur Farida / 210603110082
Nama Dosen Pembimbing Bidang Kimia	:	Ahmad Hanapi, M.Sc
Nama Dosen Pembimbing Bidang Integrasi	:	A. Ghanaim Fasya, M.Si
Judul Skripsi	:	SINTESIS DAN UJI ANTIOKSIDAN SENYAWA KOMPLEKS NI(II) DENGAN LIGAN BASA SCHIFF DARI o-VANILIN DAN 2-AMINOTIAZOL

BIDANG KIMIA

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Paraf Pembimbing
1.	27 Februari 2025	Konsultasi BAB 4 poin 4.1-4.3	
2.	3 Maret 2025	Revisi dan konsultasi BAB 4 poin 4.4 - 4.6	
3.	5 Maret 2025	Revisi dan konsultasi BAB 4 poin 4.7 - 4.8	
4.	7 Maret 2025	Revisi dan konsultasi BAB 4 poin 4.9 - 4.10	
5.	11 Maret 2025	Revisi BAB 4 dan konsultasi BAB 5	
6.	13 Maret 2025	Revisi BAB 5 dan konsultasi abstrak	
7.	18 Maret 2025	Revisi abstrak dan ACC	

BIDANG INTEGRASI

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Paraf Pembimbing
1.	17 Maret 2025	Konsultasi BAB 4	
2.	19 April 2025	Revisi dan konsultasi BAB 4	
3.	16 April 2025	acc	

