

**PENGARUH TEMPERATUR SINTESIS PADA *GREEN-SYNTHESIS*
NIKEL OKSIDA (NiO) DENGAN EKSTRAK TANAMAN
BROKOLI PUTIH (*Brotrytis cauliflower*)**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

ZAHRUL AINI

NIM. 200704007

**Mahasiswa Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2024 M / 1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR SINTESIS PADA *GREEN-SYNTHESIS*
NIKEL OKSIDA (NiO) DENGAN EKSTRAK TANAMAN
BROKOLI PUTIH (*Brotrytis cauliflower*)**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Persyaratan Penulisan Skripsi
Dalam Ilmu Kimia

Oleh:

Zahrul Aini

NIM. 200704007

Mahasiswa Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si
NIDN 2016027920

Pembimbing II



Muammar Yulian, M.Si
NIDN 2030118401

Ketua Program Studi Kimia



Muammar Yulian, M.Si
NIDN 2030118401

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH TEMPERATUR SINTESIS PADA *GREEN-SYNTHESIS*
NIKEL OKSIDA (NiO) DENGAN EKSTRAK TANAMAN
BROKOLI PUTIH (*Brotrytis cauliflower*)

SKRIPSI

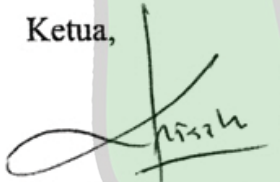
Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Kimia

Pada Hari/Tanggal: Rabu, 29 Mei 2024
20 Zulkaidah 1445

Di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



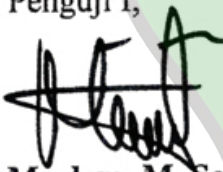
Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si
NIDN 2016027920

Sekretaris,



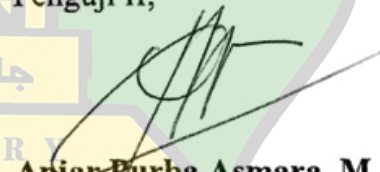
Muhammad Yulian, M.Si
NIDN 2030118401

Penguji I,



Muslem, M. Sc
NIDN 2006069004

Penguji II,



Anjar Purba Asmara, M. Sc., Ph.D
NIDN 2009099501

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGA AKHIR/SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zahrul Aini
NIM : 200704007
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Pengaruh Temperatur Sintesis Pada Green-Synthesis Nikel Oksida (NiO) Dengan Ekstrak Tanaman Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir/skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar peraturan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 8 Agustus 2024

Yang Menyatakan,



Zahrul Aini

ABSTRAK

Nama : Zahrul Aini
NIM : 200704007
Program Studi : Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
Judul : Pengaruh Temperatur Sintesis Pada *Green-Synthesis* Nikel Oksida (NiO) Dengan Ekstrak Tanaman Brokoli Putih (*Brotrytis Cauliflower*)
Tanggal Sidang : 29 Mei 2024
Jumlah Halaman : 51 halaman
Pembimbing I : Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si
Pembimbing II : Muammar Yulian, M.Si
Kata Kunci : Nanopartikel, *green synthesis*, variasi temperatur, *brotrytis cauliflower*

Nanopartikel merupakan suatu partikel berukuran nano sekitar 1-100 nm yang dibuat dengan metode *green synthesis*. Metode tersebut sangat populer dibidang sains, teknologi serta industri karena sangat ramah lingkungan, murah, mudah dilakukan, menggunakan ekstrak tanaman sebagai bioreduktor, dan menggunakan pelarut yang aman bagi lingkungan. Tanaman yang digunakan dalam metode ini mengandung banyak fitokimia, yang membantu dalam produksi bahan nano. Nanopartikel disintesis dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak brokoli putih dengan variasi temperatur 40°C, 60°C, dan 80°C. Karakteristik nanopartikel NiO tersebut ditentukan berdasarkan analisis FTIR, SEM-EDX, XRD, dan TEM. Berdasarkan hasil karakteristik FTIR didapat gugus fungsi logam NiO, SEM-EDX didapatkan morfologi permukaan NiO, XRD didapatkan partikel yang menandakan kristal NiO, dan karakteristik TEM didapatkan ukuran partikel NiO yang diperoleh menggunakan *software* Image. J. Hasil sintesis tanaman brokoli putih dari data EDX dengan variasi temperatur 40°C, 60°C dan 80°C dengan metode *green synthesis* pada tanaman brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) berturut-turut yaitu 78,09%, 77,38% dan 75,65%.

Kata kunci: Nanopartikel, *green synthesis*, variasi temperatur, *brotrytis cauliflower*.

ABSTRACT

Name : Zahrul Aini
NIM : 200704007
MAJOR : Kimia
Title : *Effect of Synthesis Temperature on Green-Synthesis of Nickel Oxide (NiO) with White Broccoli Plant Extract (Brotrytis Cauliflower)*
Strial Date : 29 May 2024
Thesis Thickness : 51 page
Advisor I : Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si
Advisor II : Muammar Yulian, M.Si
Keyword : *Nanoparticle, green synthesis, temperatur variation, brotrytis cauliflower*

Nanoparticles are nanosized particles of about 1-100 nm made by the green synthesis method. The method is very popular in the fields of science, technology and industry because it is very environmentally friendly, cheap, easy to do, uses plant extracts as bioreductor, and uses enviromentally safe solvent. The plants used in this method contain many phytochemicals, which help in the production of nanomaterials. Nanoparticels were synthesized by green synthesis method using white broccoli extract with temperatur variations 40°C, 60°C, and 80°C. The characteristic of NiO nanoparticles were determined based on FTIR, SEM- EDX, XRD, and TEM analysis. Based on the result of FTIR characteristics obtained NiO metal functional groups, SEM-EDX obtained NiO surface morphology, XRD obtained particles indicating NiO Crystals, and TEM characteristic obtained NiO particle size obtained using Image.J software application. The synthesis results of white broccoli plants from EDX data with temperature variations of 40 °C, 60 °C and 80 °C by the green synthesis method on white broccoli plants (Brotrytis cauliflower) are 78.09%, 77.38% and 75.65%, respectively.

Keywords: Nanoparticle, green synthesis, temperatur variation, brotrytis cauliflower.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahim

Puji syukur kehadirat Allah *Subhanahu Wata'ala* yang telah menganugerahkan Al-Quran sebagai *hudan lin nass* (petunjuk bagi seluruh manusia) dan *rahmatan lil'alamin* (rahmat bagi segenap alam). Sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarganya, para sahabatnya dan seluruh umatnya yang selalu istiqomah hingga akhir zaman. Dalam kesempatan ini penulis mengambil judul proposal penelitian "Pengaruh Temperatur Sintesis Pada *Green-Synthesis* Nikel Oksida (NiO) Dengan Ekstrak Tanaman Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)". Penulisan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi ini. Penulis mendapatkan banyak pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berarti. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Berjuta terima kasih untuk ayahanda tercinta, Bapak M. Nasir. Terima kasih karena selalu mengusahakan pendidikan anak-anakmu, selalu mendukung anak-anakmu dengan penuh kasih sayang dan sudah menjadi cinta pertama putrimu ini pak.
3. Berjuta terima kasih untuk ibunda tercinta, ibu Masriani. Terima kasih karena selalu menjadi penyemangat hidup anak-anakmu, selalu mendoakan anak-anakmu setiap saat, sehingga putrimu dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini sesuai dengan target.
4. Adik-adik penulis, Delia rahima dan M. Nafis yang selalu memberi dukungan semangat dan kasih sayang untuk penulis selama mengerjakan skripsi.
5. Bapak Muammar Yulian, M.Si., Selaku Ketua Program Studi Kimia sekaligus dosen pembimbing II, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

6. Ibu Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
7. Bapak Muslem, M.Sc., selaku Dosen Penguji I Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
8. Bapak Anjar Purba Asmara, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji II Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
9. Bapak Dr. Abdul Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku Dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, yang memfasilitasi dana dan prasarana dalam pelaksanaan penelitian ini.
10. Seluruh Bapak/Ibu Dosen dan Staf Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan kimia leting 2020 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingan dan dorongannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, semoga segala bantuan dan doa yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT.

Banda Aceh, 09 Juni 2024

Penulis,

Zahrul Aini

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah	2
I.3. Tujuan Penelitian.....	2
I.4. Manfaat Penelitian.....	3
I.5. Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1. <i>Green Synthesis</i>	4
II.2. Nikel Oksida (NiO).....	4
II.3. Brokoli Putih (<i>Brotrytis cauliflower</i>)	5
II.4. Metabolit Sekunder dalam Brokoli Putih (<i>Brotrytis cauliflower</i>)	6
II.5. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	7
II.6. <i>Scaning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM EDX)....	8
II.7. <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM).....	9
II.8. <i>X- Ray Diffraction</i> (XRD).....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
III.1. Waktu dan Tempat.....	11
III.2. Alat dan Bahan	11
III.3. Prosedur Kerja	11
III.3.1. Preparasi Tanaman Brokoli Putih (<i>Brotrytis cauliflower</i>)	11
III.3.2. Pembuatan Bubuk Tanaman Brokoli Putih (<i>Brotrytis cauliflower</i>).....	11

III.3.3. Pembuatan Ekstrak Tanaman Brokoli Putih (<i>Brotrytis cauliflower</i>).....	12
III.3.4. Pembuatan Nikel Oksida (NiO).....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
IV.1 Data Hasil Pengamatan	13
IV.1.1 Hasil Uji Taksonomi Brokoli Putih (<i>Brotrytis cauliflower</i>)	13
IV.2 Hasil Sintesis Nikel Oksida (NiO).....	13
IV.3 Karakteristik Nikel Oksida (NiO)	14
IV.3.1 Karakteristik <i>Fourier transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	15
IV.3.2 Karakteristik NiO pada <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM-EDX).....	16
IV.3.3 Karakteristik NiO pada <i>X- Ray Diffraction</i> (XRD).....	18
IV.3.4 Karakteristik NiO pada <i>Transmissio Electron Microscopy</i> (TEM)	19
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	22
V.1 Kesimpulan	22
V.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	29



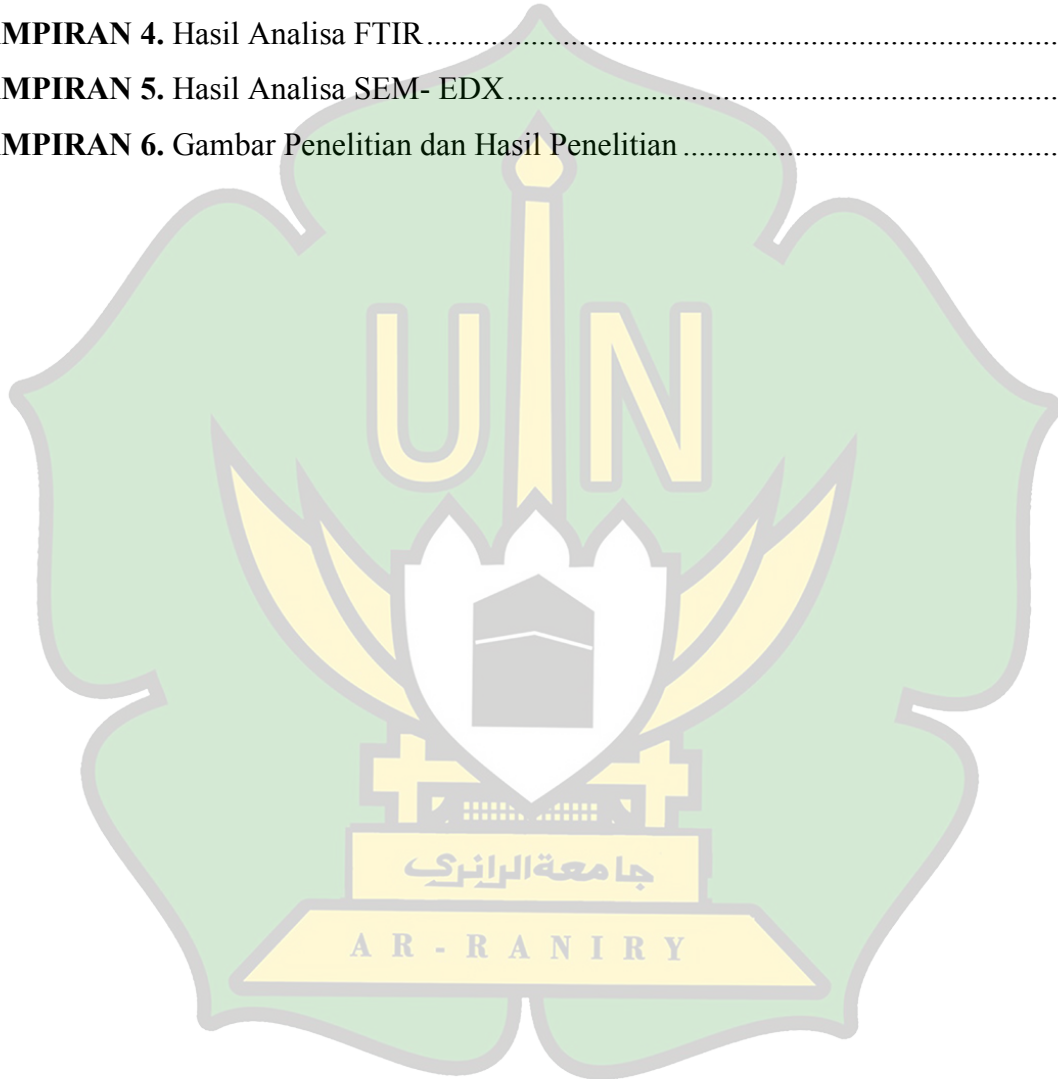
DAFTAR GAMBAR

Gambar II.3.1 Brokoli putih (<i>Botrytis Cauliflower</i>).....	6
Gambar II.5.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	8
Gambar II.6.1 <i>Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM EDX)</i> . 8	
Gambar II.7.1 <i>Transmission Electron Microscope (TEM)</i>	9
Gambar II.8.1 <i>X- Ray Diffraction (XRD)</i>	10
Gambar IV.3.1 Karakteristik <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	15
Gambar IV.3.2 Karakteristik <i>Scanning Electron Microscope Energy SEM</i>).....	16
Gambar IV.3.3 Karakteristik <i>X- Ray Diffraction</i>	18
Gambar IV.3.4 Karakteristik <i>Transmission Electron Microscopy (TEM)</i>	19



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Diagram Alir	29
LAMPIRAN 2. Perhitungan.....	32
LAMPIRAN 3. Hasil Analisa Taksonomi.....	33
LAMPIRAN 4. Hasil Analisa FTIR.....	34
LAMPIRAN 5. Hasil Analisa SEM- EDX.....	35
LAMPIRAN 6. Gambar Penelitian dan Hasil Penelitian.....	38



DAFTAR TABEL

Tabel IV.1.1 Data Taksonomi	13
Tabel IV.2.1 (%) Rendemen sintesis NiO	14
Tabel IV.3.3.1 Elemen dan Senyawa serta massanya pada analisis SEM-EDX	17



BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Nanopartikel merupakan suatu partikel berukuran nano sekitar 1-100 nm. Material dengan struktur nanopartikel umumnya memiliki sifat yang berbeda dengan struktur aslinya. Berbagai sifat tersebut dapat dimodifikasi melalui pengontrolan ukuran partikel, pengaturan komposisi kimia, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antar partikel. Berbagai jenis nanopartikel saat ini telah banyak disintesis seperti nanopartikel emas, nikel, perak, besi, zink, dan logam oksida (Fabiani dkk., 2018).

Green synthesis adalah metode yang sangat ramah lingkungan, murah, mudah dilakukan, menggunakan ekstrak sebagai bioreduktor, dan menggunakan pelarut yang aman bagi lingkungan (Lestari dkk., 2022). Metode ini merupakan metode sintesis nanopartikel yang ramah lingkungan karena mampu meminimalisir penggunaan bahan-bahan anorganik yang berbahaya dan sekaligus limbahnya sehingga lebih dikenal dengan bioreduktor (Fabiani dkk., 2018). *Green synthesis* dengan bantuan ekstrak tumbuhan dapat membuat nanopartikel menjadi sangat stabil dalam bentuk dan ukuran yang tepat (Okto & Munasir., 2023).

Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) merupakan salah satu tanaman yang sering dibudidayakan di Indonesia. Brokoli putih mempunyai kandungan gizi yang baik bagi kesehatan. Pada umumnya masyarakat Indonesia memiliki berbagai macam sebutan nama untuk tanaman ini seperti; brokoli putih, bunga kol, kembang kol, bloem kol, kubis bunga dan lain-lain. Brokoli putih merupakan salah satu sayuran yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia (Mustofa dkk.,2019), sehingga mudah di peroleh.

Proses sintesis logam dengan menggunakan metode *green synthesis* memiliki faktor yang mempengaruhi proses sintesis tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi adalah temperatur, pH, pengadukan, ukuran molekul, kelarutan, karakteristik, dan lain sebagainya (Karim dkk., 2022). Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi proses sintesis logam pada *green synthesis* adalah temperatur.

Menurut penelitian Fransiska & Sianita 2021 menunjukkan bahwa temperatur memiliki peran penting dalam proses sintesis logam sehingga perlu dilakukan secara optimasi karena akan berdampak pada kestabilan kompleks sintesis. Selain itu temperatur juga dapat mempengaruhi kesetimbangan reaksi dan laju reaksi dalam proses sintesis. Berdasarkan fakta diatas maka peneliti tertarik meneliti terkait pengaruh temperatur sintesis pada *green-synthesis* nikel oksida (nio) dengan ekstrak tanaman brokoli putih (*botrytis cauliflower*).

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apakah temperatur mempengaruhi sintesis nikel oksida (NiO) pada *green synthesis* dengan tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*)?
2. Berapa nilai kadar nikel oksida (NiO) yang diperoleh berdasarkan variasi temperatur pada *green synthesis* dengan tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*)?
3. Bagaimana karakteristik produk NiO hasil *green synthesis* dengan tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*)?

I.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini antara lain:

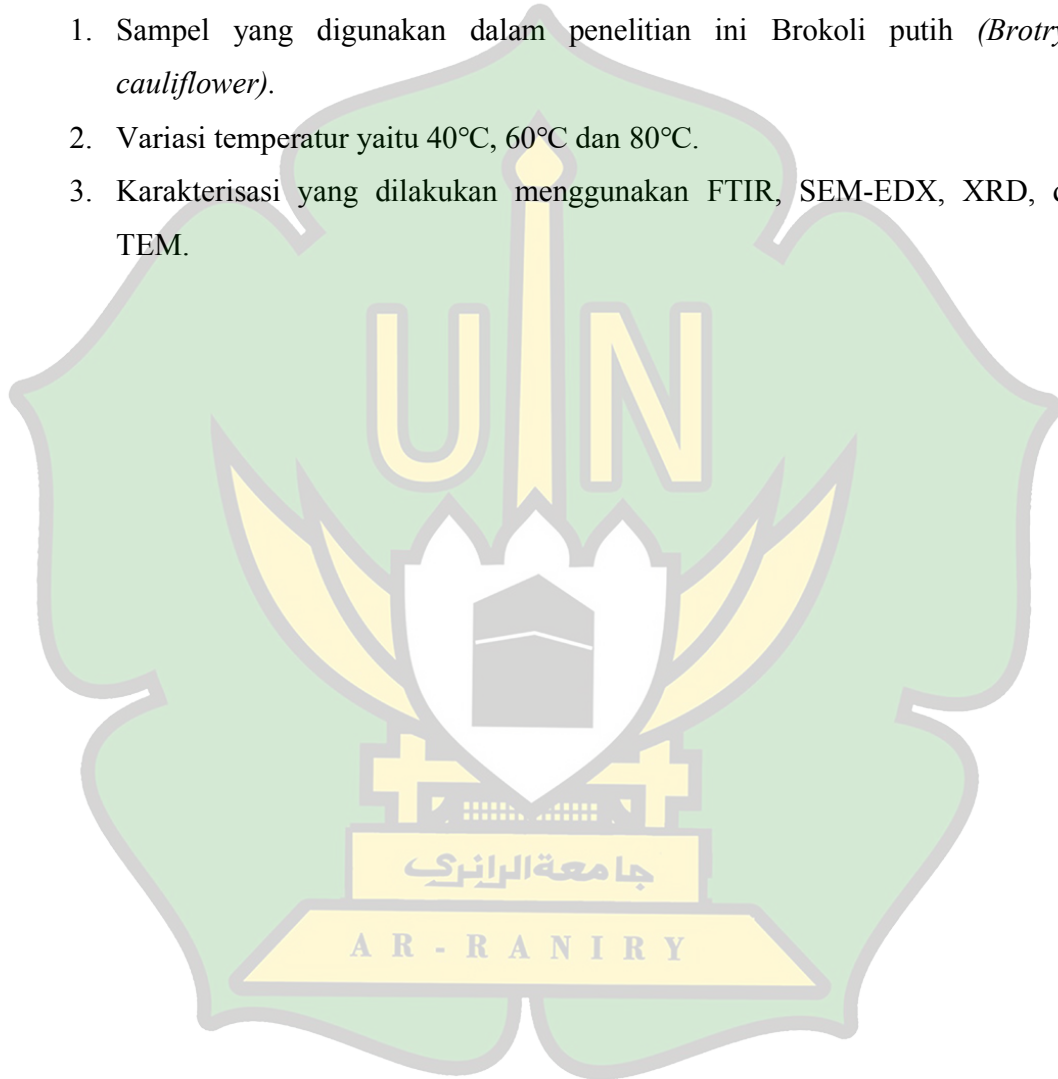
1. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dalam sintesis nikel oksida (NiO) pada *green synthesis* dengan tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*).
2. Untuk mengetahui nilai kadar nikel oksida (NiO) yang diperoleh dari sintesis pada *green synthesis* dengan tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) dengan variasi temperatur 40°C, 60°C dan 80°C.
3. Untuk mengetahui karakteristik produk NiO hasil *green synthesis* dengan tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*).

I.4. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk mensintesis nikel oksida (NiO) pada tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) dalam pengaruh temperatur sehingga dapat diaplikasikan pada beberapa industri.

I.5. Batasan Masalah

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*).
2. Variasi temperatur yaitu 40°C, 60°C dan 80°C.
3. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan FTIR, SEM-EDX, XRD, dan TEM.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. *Green Synthesis*

Green synthesis merupakan metode yang ramah lingkungan, sintesis partikel menggunakan metode ramah lingkungan semakin populer pada bidang kimia dan teknologi material. Keunggulan metode *green synthesis* adalah ramah lingkungan, biaya murah, dan energi yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi (Zulaicha dkk., 2021). *Green Synthesis* nanopartikel merupakan metode yang ramah lingkungan, ekonomis serta prosesnya cepat. Tumbuhan mengandung biomolekul seperti protein, alkaloid, flavonoid, senyawa polifenol dan terpenoid yang dapat mereduksi dan menstabilkan nanopartikel. Nanopartikel perak menggunakan bioreduktor tanaman lebih stabil dan lebih cepat daripada yang disintesis oleh mikroorganisme (Ahmad dkk., 2022).

Pada dasarnya *green-synthesis* melibatkan prinsip seperti minimalisasi beberapa limbah, penggunaan pelarut atau bahan pembantu yang ramah lingkungan, serta material yang terbarukan. Sehingga melalui pengembangan *green-synthesis* akan dapat dicapai teknologi rekayasa material yang ekonomis, berkelanjutan, dan lingkungan. Kebanyakan *green-synthesis* dari nanopartikel logam oksida mengadopsi material biologis seperti bakteri, fungi, alga, dan ekstrak tanaman. Ekstrak tanaman mengandung enzim, protein, flavonoid, dan terpenoid yang dapat berperan sebagai agen bioreduktor (Mustari dkk., 2019).

II.2. Nikel Oksida (NiO)

Nikel adalah salah satu unsur logam yang sering digunakan dalam berbagai industri. Logam Ni banyak digunakan karena mempunyai ketahanan yang bagus terhadap korosi, mudah dibentuk namun tetap kuat, serta merupakan katalisator dan konduktor yang bagus. Sumber nikel yang ada di dunia sekitar 60% tersedia dalam wujud nikel oksida, atau sering disebut nikel laterit, sedangkan 40% sisanya berwujud endapan sulfida. Secara umum bijih laterit diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu limonit dan saprolit. Bijih saprolit mempunyai kadar nikel sebesar 1.5 -3.0 % dan bijih limonit mempunyai kadar nikel sebesar 1.0 -1.5 % (Nurfaidah dkk., 2020).

Nikel merupakan salah satu jenis laterit yang terbentuk akibat pelapukan batuan ultramafik umumnya terdapat pada daerah yang iklim tropis sampai dengan subtropis. Indonesia dikenal dengan salah satu negara utama penghasil bahan galian di dunia termasuk nikel. Di Indonesia sendiri, daerah yang banyak ditemukan endapan nikel adalah daerah Sulawesi, Maluku, dan pulau kecil-kecil di sekitarnya. Indonesia merupakan salah satu wilayah yang memiliki kandungan unsur logam berlimpah di dunia yang dibuktikan dengan banyaknya perusahaan tambang nikel (Ni) yang tersebar di berbagai wilayah kabupaten di daerah Sulawesi Tenggara (Amir dkk., 2022).

II.3. Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)

Tanaman sayuran dengan nama latin *Brotrytis cauliflower* adalah tanaman yang sangat banyak dibudidayakan di Indonesia karena berfungsi sebagai penyediaan sayuran, tanaman ini juga memiliki kandungan gizi yang sangat baik untuk kesehatan. Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) merupakan salah satu sayuran yang banyak dikonsumsi di Indonesia. Masyarakat Indonesia sering menyebut sayuran dengan bunga putih ini dengan berbagai sebutan nama, misalnya brokoli putih, bunga kol, kembang kol, bloem kol, kubis bunga, dan sebagainya. Brokoli putih memiliki peran penting bagi kesehatan karena mengandung vitamin dan mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Sayuran ini dapat membantu proses pencernaan, menetralkan zat-zat asam dan lainnya. Brokoli putih juga tidak mengandung kolesterol dan dapat digunakan sebagai obat-obatan untuk mengatasi nyeri, diare, encok, gangguan pada perut, sakit kepala, menyembuhkan luka serta memudahkan buang air besar (Mustofa dkk., 2019).

Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) yaitu salah satu jenis sayuran yang sering dikonsumsi masyarakat yang kaya akan manfaatnya dalam melakukan pola hidup sehat. Di pasar harga sayuran ini relatif mahal karena jumlah produksi brokoli putih pertahun masih sedikit dan hanya daerah tertentu yang cocok untuk budidaya sayuran ini. Sedangkan permintaan pasar akan sayuran ini terus meningkat, karena bertambahnya kesadaran masyarakat untuk mengkonsumsi sayuran yang banyak manfaat bagi tubuh. Brokoli putih adalah tanaman sayuran dalam keluarga kubis-

kubisan asli daerah Mediterania dan sudah dibudidayakan sejak Yunani kuno. Brokoli putih baru masuk ke Indonesia sejak tahun 1970 dan kini sangat populer dan digemari sebagai bahan makanan yang banyak mengandung nutrisi seperti karbohidrat, protein dan mineral, serta berbagai vitamin yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia. Mengonsumsi sayuran secara teratur dapat memberikan banyak manfaat untuk kesehatan (Farida dkk., 2022).



Gambar II.3.1 Brokoli putih (*Brotrytis Cauliflower*)
Sumber: (Tokopedia)

II.4. Metabolit Sekunder dalam Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)

Senyawa flavonoid merupakan senyawa kelompok polifenol yang diklasifikasikan berdasarkan struktur kimia serta biosintesisnya. Struktur dasar flavonoid terdiri dari dua gugus aromatik yang digabungkan oleh jembatan karbon ($C_6-C_3-C_6$). Flavonoid diklasifikasikan sebagai flavon, flavanone, flavonol, katekin, flavanol, kalkon dan antosianin. Pembagian kelompok flavonoid didasarkan pada perbedaan struktur terutama pada substitusi karbon pada gugus aromatik sentral dengan beragamnya aktivitas farmakologi yang ditimbulkan (Alfaridz & Amalia, 2016).

Flavonoid terdapat dalam semua tumbuhan hijau sehingga dapat ditemukan pada setiap ekstrak tanaman. Flavonoid merupakan kelas senyawa yang disajikan secara luas di alam. Hingga saat ini, lebih dari 9000 flavonoid telah dilaporkan, dan jumlah kebutuhan flavonoid bervariasi antara 20 mg dan 500 mg, terutama terdapat dalam suplemen makanan termasuk teh, anggur merah, apel, bawang dan tomat. Flavonoid ditemukan pada tanaman, yang berkontribusi memproduksi pigmen berwarna kuning, merah, oranye, biru, dan warna ungu dari buah, bunga, dan daun. Flavonoid termasuk dalam famili polifenol yang larut dalam air (Arifin & Ibrahim, 2018).

II.5. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan suatu instrumen yang banyak digunakan untuk mendeteksi spektrum vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur senyawa kimia (Sulistiyani, 2018). Prinsip kerja FTIR yaitu energi inframerah dari sumber diemisikan selanjutnya berjalan menuju bagian optik dari spektrometer dan mendeteksi karakteristik vibrasi pada gugus fungsi kimia.

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah metode yang menggunakan spektroskopi inframerah. Dalam spektroskopi inframerah, radiasi inframerah dilewatkan melalui sampel. Sebagian radiasi akan diserap oleh sampel dan sebagian lainnya akan dilewatkan atau diteruskan. Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui proses fisika atau kimia yang terjadi selama pencampuran (MB dan Illing, 2017). FTIR adalah teknik analisis molekuler organik yang jangkauan inframerahnya 4000 cm^{-1} - 400 cm^{-1} . FTIR dapat digunakan secara kuantitatif karena energi yang diserap pada panjang gelombang tertentu berbanding lurus dengan jumlah energi kinetik yang terkait, sehingga semakin tinggi konsentrasi analit, semakin banyak energi yang diserap (Riyanto dan Nas, 2016).



Gambar II.5.1 Instrumen *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Sumber: (Lubis, 2015)

II.6. Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)

Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) adalah metode yang secara luas digunakan untuk pengamatan morfologi permukaan, struktur, dan pemetaan kandungan berbagai jenis sampel, mulai dari bahan alam, organik, anorganik, polimer, logam hingga sampel biologi. Metode pengamatan menggunakan berkas elektron pancaran energi tinggi untuk memindai objek sehingga menghasilkan komposisi sampel. Elektron yang digunakan memiliki panjang gelombang puluhan ribu kali lebih pendek dari panjang gelombang cahaya tampak sehingga komposisi sampel yang dihasilkan metode ini memiliki resolusi dan gambar yang lebih baik (Sahdiah & Kurniawan, 2023).



Gambar II.6.1 *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)*

Sumber: (Lubis, 2015)

II.7. *Transmission Electron Microscopy (TEM)*

Transmission Electron Microscope TEM pada dasarnya adalah spektroskopi elektron yang akan menghasilkan signal tertentu jika bahan dikenai oleh arus elektron berenergi tinggi. Berkas elektron tersebut kemudian difokuskan menggunakan lensa kondensor untuk menuju sampel. Ketika berkas elektron mengenai sampel, maka berkas tersebut akan ada yang dipantulkan, diserap maupun ditransmisikan. Berkas elektron yang ditransmisikan inilah yang digunakan dalam karakterisasi TEM. Untuk dapat mentransmisikan berkas elektron, sampel yang digunakan harus sangat tipis (~100-500 nm). Setelah mengenai sampel, berkas elektron yang muncul akibat transmisi difokuskan pada lensa objektif serta melalui lensa intermediate dan lensa proyektif hingga akhirnya menghasilkan gambar secara skematis (Liani dkk., 2014).

Transmission Electron Microscope (TEM) adalah alat yang digunakan untuk memperoleh gambar dan informasi tentang struktur dan komposisi sampel dengan menggunakan sinar elektron. Prinsip kerja TEM didasarkan pada interaksi antara elektron dan materi. *Transmission electron microscope* (TEM) digunakan untuk mempelajari struktur internal sel. TEM menggunakan prinsip transmisi elektron atau elektron yang ditembuskan melalui sampel (Abdelkader dkk., 2022).



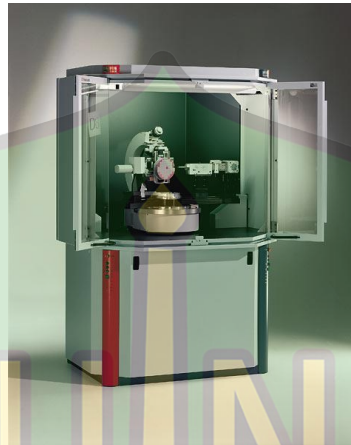
Gambar II.7.1 *Transmission Electron Microscope (TEM)*

Sumber: (Lubis, 2015)

II.8. *X-Ray Diffraction (XRD)*

X-Ray Diffraction (XRD) adalah teknik analitik non-destruktif serbaguna untuk identifikasi dan kuantitatif berbagai kristal dari senyawa yang ada pada sampel cair maupun padat. Akibatnya gelombang tersebut terhambur ke berbagai arah yang dapat

menghasilkan penguatan atau pelemahan sinyal tergantung pada kondisi yang terjadi. XRD merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kristalinitas pada suatu sampel, mengukur dimensi partikel serta parameter struktur kristal (Muttaqin dkk., 2023).



Gambar II.8.1 *X- Ray Diffraction (XRD)*

Sumber: (https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html)



BAB III

METODE PENELITIAN

III.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2024, di Laboratorium Kimia Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

III.2. Alat dan Bahan

III.3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, blender, *magnetic stiter*, erlenmeyer, kaca arloji, Spatula, gelas ukur, hot plate, cawan petri dish, kertas saring, *Potential of Hydrogen* (pH), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) *Scanning Eelctron Microscope* (SEM-EDX), *Transmission Electron Miscroscopy* (TEM) dan *X- Ray Diffraction* (XRD).

III.3.2.2. Bahan

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah brokoli putih (*Brotrytis Cauliflower*), *aquadest* (H₂O), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), etanol (C₂H₆O) dan nikel nitrat hexahidrat (Ni(NO₃)₂.6H₂O).

III.3. Prosedur Kerja

III.3.1. Preparasi Tanaman Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)

Disediakan 10 kg brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*). Kemudian brokoli putih di potong kecil-kecil selanjutnya dicuci dengan air yang mengalir lalu dibilas dengan *aquadest*.

III.3.2. Pembuatan Bubuk Tanaman Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)

Pembuatan bubuk tanaman dilakukan dengan metode Uddin dkk., (2021). Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) yang telah dipreparasi dihaluskan dengan menggunakan blender selanjutnya dipisahkan residu dengan filtrat yang dihasilkan.

Selanjutnya residu yang dihasilkan dioven pada temperatur 60°C selama 24 jam. Kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh.

III.3.3. Pembuatan Ekstrak Tanaman Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)

Residu brokoli putih sebanyak 10 gram di masukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL yang akan dicampurkan dengan *aquadest* sebanyak 250 mL. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* serta dipanaskan pada *hotplate* dengan temperatur 60-70°C selama 3 jam. Setelah dingin residu brokoli putih yang terdapat pada larutan disaring menggunakan kertas saring dan divakum, larutan ekstrak brokoli putih disimpan pada temperatur 4°C (Uddin dkk., 2021).

III.3.4. Pembuatan Nikel Oksida (NiO)

Nikel sintesis dilakukan dengan menggunakan logam nikel nitrat hexahidrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) yang berbentuk kristal dengan konsentrasi 0,1 M (2,91 g) yang dilarutkan dalam 100 mL air deionisasi (DI Water), dan diaduk hingga larutan logam menjadi warna hijau dan homogen. Kemudian larutan logam sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam larutan ekstrak brokoli putih 100 mL dengan cara ditetes menggunakan buret sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada *hotplate* dengan kecepatan 750 rpm pada variasi temperatur 40°C, 60°C, dan 80°C sampai terjadinya perubahan warna pada larutan. Larutan ekstrak brokoli putih yang telah ditambahkan larutan logam nikel nitrat hexahidrat, disesuaikan nilai pH menjadi 11 menggunakan larutan NaOH dan HCl, serta diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya larutan sintesis NiO di *centrifuge* pada kecepatan 3000 rpm selama 25 menit dan dibilas menggunakan *aquabidest* dan etanol, pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali. Pelet yang telah dibilas dioven selama 24 jam pada temperatur 60°C, selanjutnya sampel difurnace dengan temperatur 500°C dan digerus sampai melewati ayakan 200 mesh (Uddin dkk., 2021).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Data Hasil Pengamatan

IV.1.1 Hasil Uji Taksonomi Brokoli Putih (*Brotrytis cauliflower*)

Berikut tabel hasil uji taksonomi pada sampel Brokoli putih yang telah dilakukan di Laboratorium Biologi Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh pada tabel IV.1 berikut:

Tabel IV.1.1 Data Taksonomi

Klasifikasi	Hasil
Kingdom	<i>Plantae</i>
Phylum	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Magnoliopsida</i>
Ordo	<i>Brassicales</i>
Familia	<i>Brassicaceae</i>
Genus	<i>Brassica</i>
Spesies	<i>Brassica oleracea var. Botrytis L.</i>
Nama Lokal	Kubis Bunga / Kembang Kol

Uji taksonomi dilakukan untuk mengetahui kebenaran dan ketetapan sampel yang dilakukan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Biologi Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Hasil pengujian menyatakan bahwa sampel yang di uji benar Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) yang dapat dilihat pada tabel IV.1 di atas. Sampel yang digunakan berasal dari Berastagi, Sumatera Utara.

IV.2 Hasil Sintesis Nikel Oksida (NiO)

Sintesis partikel NiO dilakukan menggunakan metode *green synthesis* dengan variasi temperatur 40°C, 60°C, dan 80°C. Dari hasil rendemen yang didapatkan dari setiap variasi temperatur yaitu 82,0%, 90,8% dan 88,8%. Berdasarkan penelitian Dewi dkk, 2019 variasi temperatur menunjukkan pengaruh berupa peningkatan ukuran partikel seiring penambahan temperatur. Temperatur yang tinggi dibutuhkan untuk

membantu proses reduksi. Berdasarkan hasil rendemen pada penelitian ini temperatur yang optimum pada sintesis NiO yaitu 60. Temperatur yang terlalu rendah dan terlalu tinggi pada sintesis kemungkinan dapat mengakibatkan degradasi atau kerusakan senyawa yang berfungsi sebagai agen pereduksi dalam sintesis NiO (Dewi dkk, 2019). Selanjutnya Tabel IV.2.1 menunjukkan (%) rendemen sintesis NiO.

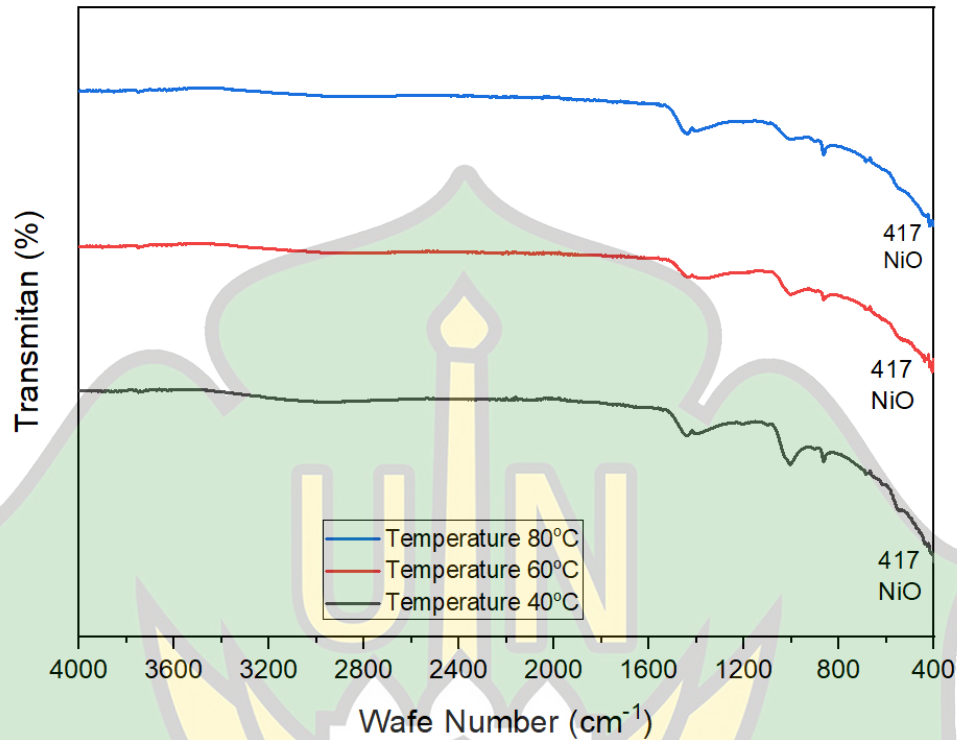
Tabel IV.2.1 (%) Rendemen sintesis NiO

Temperatur (°C)	(%) Rendemen
40	82,0
60	90,8
80	88,8

IV.3 Karakteristik Nikel Oksida (NiO)

Karakterisasi nikel oksida (NiO) yang terbentuk perlu dilakukan proses sintesis untuk mengetahui keberadaan morfologi, distribusi ukuran dari $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ itu sendiri. Pada penelitian ini, karakterisasi yang dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Scanning Electron Microscope* (SEM-EDX), *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

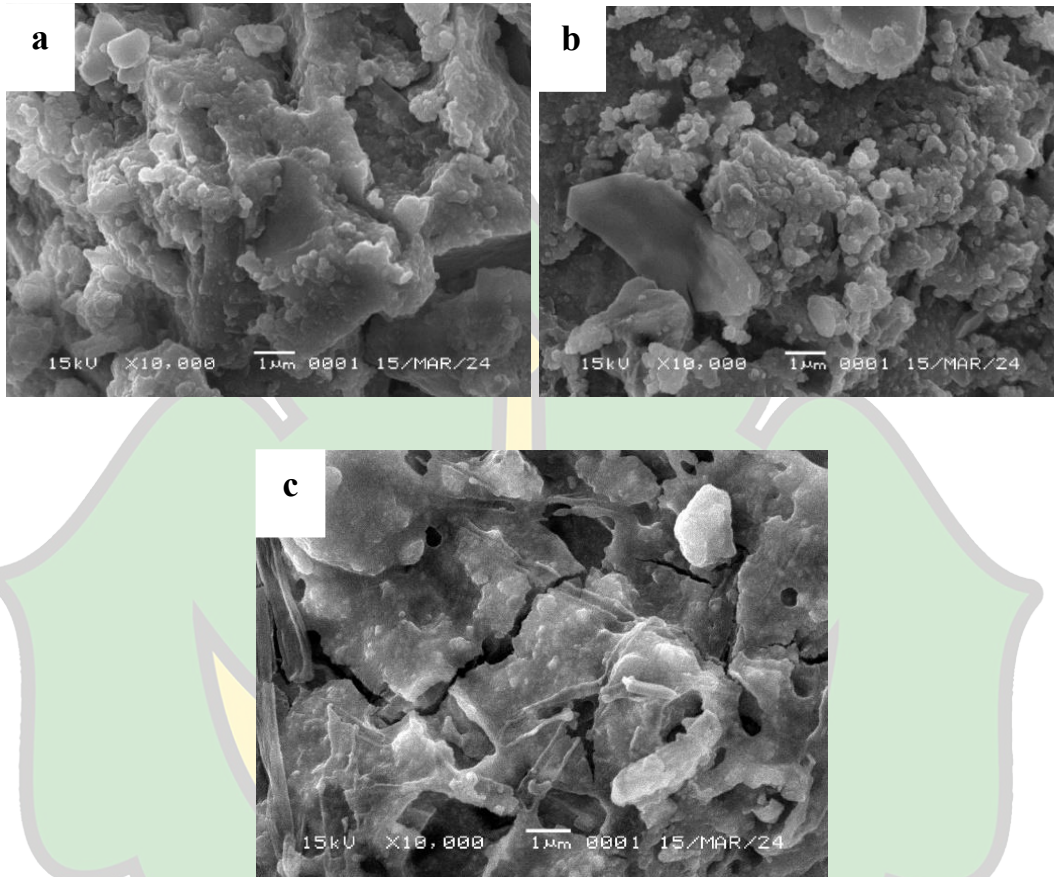
IV.3.1 Karakteristik *Fourier transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)



Gambar IV.3.1 Karakteristik *Fourier transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Dari hasil pengujian FTIR ini teramati bahwa terdapat senyawa NiO dengan panjang gelombang 417 cm^{-1} . Munculnya serapan pada bilangan gelombang 400-500 pada spektrum menandakan adanya senyawa logam (Kasim dkk, 2020). Pada bilangan gelombang $400\text{-}500\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus Ni-O yang menggambarkan ikatan kimia antara nikel dan oksigen dalam senyawa nikel oksida (NiO). Gugus Ni-O yang terdapat dalam nanopartikel NiO adalah elemen dalam senyawa NiO dan ikatan ini menjadi ciri utama yang mempengaruhi sifat-sifat khas senyawa NiO (Liu dkk., 2019). Boudiaf dkk pada tahun 2021 menyatakan bahwa adanya persamaan dengan studi sebelumnya yang berhasil mengidentifikasi puncak khas dari ikatan antara atom oksigen (O) dan nikel (Ni) dalam senyawa nikel oksida (NiO) pada spektrum FTIR NiO dan fungsi molekuler tertentu.

IV.3.2 Karakteristik NiO pada *Scanning Electron Microscope* (SEM-EDX)



Gambar IV. 3.2 Karakteristik *Scanning Electron Microscope* (SEM) a. Temperatur 40°C, b. Temperatur 60°C, c. Temperatur 80

Gambar IV.3.2 menunjukkan hasil karakteristik SEM serbuk sampel NiO. Hasil yang didapatkan memiliki bentuk yang bervariasi yaitu berdasarkan gambar (a) morfologi NiO dari temperatur 40°C memiliki bentuk bulat kecil yang tidak beraturan, gambar (b) morfologi NiO dari temperatur 60°C yang dihasilkan memiliki bentuk bulat kecil keseluruhan tidak beraturan, dan gambar (c) morfologi NiO dari temperatur 80°C yang didapatkan memiliki bentuk seperti kubus tidak beraturan. Keseluruhan sampel terjadinya aglomerasi atau penggumpalan sehingga bentuk nya tidak seragam dan semakin tinggi temperatur maka semakin kecil tingkat aglomerasi (Sari dkk, 2017). Adapun penyebab aglomerasi dalam partikel dapat disebabkan oleh beberapa faktor

yaitu paparan partikel terhadap temperatur tinggi selama proses kalsinasi, seperti yang terdapat pada penelitian sebelumnya (Srihasam dkk, 2020). Selanjutnya aglomerasi juga dapat disebabkan oleh kelembaban akibat keberadaan H₂O pada permukaan partikel seperti yang dijelaskan dalam penelitian (Kadarisman & Nurhasanah, 2020).

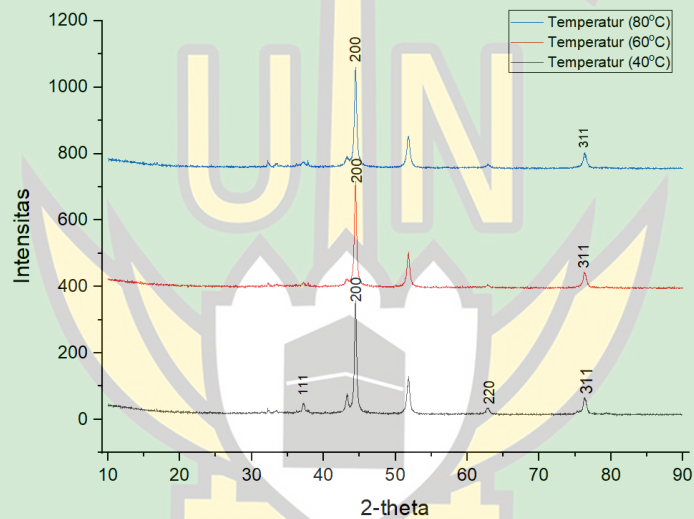
Tabel IV. 3.3.1 Elemen dan senyawa serta massanya pada analisis SEM-EDX

Temperatur (°C)	Element	keV	Massa (%)	Compound	Massa (%)
40	C	0,277	2,68	C	2,68
	O		21,95		
	Na	1,041	8,29	Na ₂ O	11,18
	S	2,307	0,48	SO ₃	1,19
	Cl	2,621	0,18	Cl	0,18
	K	3,312	0,97	K ₂ O	1,17
	Ni	7,471	61,36	NiO	78,09
	Zr	2,042	4,08	ZrO ₂	5,51
	Total		100,00	Total	100,00
60	C	0,277	4,59	C	4,59
	O		21,37		
	Na	1,041	9,23	Na ₂ O	12,45
	S	2,307	0,34	SO ₃	0,84
	Cl	2,621	0,24	Cl	0,24
	K	3,312	0,79	K ₂ O	0,96
	Ni	7,471	60,81	NiO	77,38
	Zr	2,042	2,63	ZrO ₂	3,56
	Total		100,00	Total	100,00
80	C	0,277	2,94	C	2,94
	O		21,99		
	Na	1,041	9,14	Na ₂ O	12,31
	S	2,307	0,42	SO ₃	1,04
	Cl	3,312	1,20	Cl	1,45
	K	5,411	0,30	K ₂ O	0,43
	Ni	7,471	59,45	NiO	75,65
	Zr	2,042	4,57	ZrO ₂	6,17
	Total		100,00	Total	100,00

Berdasarkan Tabel 3.3.1 dapat diketahui dalam partikel tanaman brokoli putih juga terdapat beberapa senyawa yang lain seperti ZrO₂, Na₂O, SO₃ dan lain-lain.

Senyawa tersebut muncul mungkin akibat penyerapan tanaman brokoli pada kegiatan pertumbuhan seperti pemupukan atau penggunaan pestisida yang berlebihan. Dari hasil data EDX kandungan senyawa NiO paling banyak terdapat pada temperatur 40°C. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa tanaman brokoli putih mengandung senyawa NiO yang belum murni 100% akan tetapi dapat digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan nikel oksida murni seperti pada alat elektronik, alat sensor dan lain-lain (Sari dkk., 2017).

IV.3.3 Karakteristik NiO pada X-Ray Diffraction (XRD)

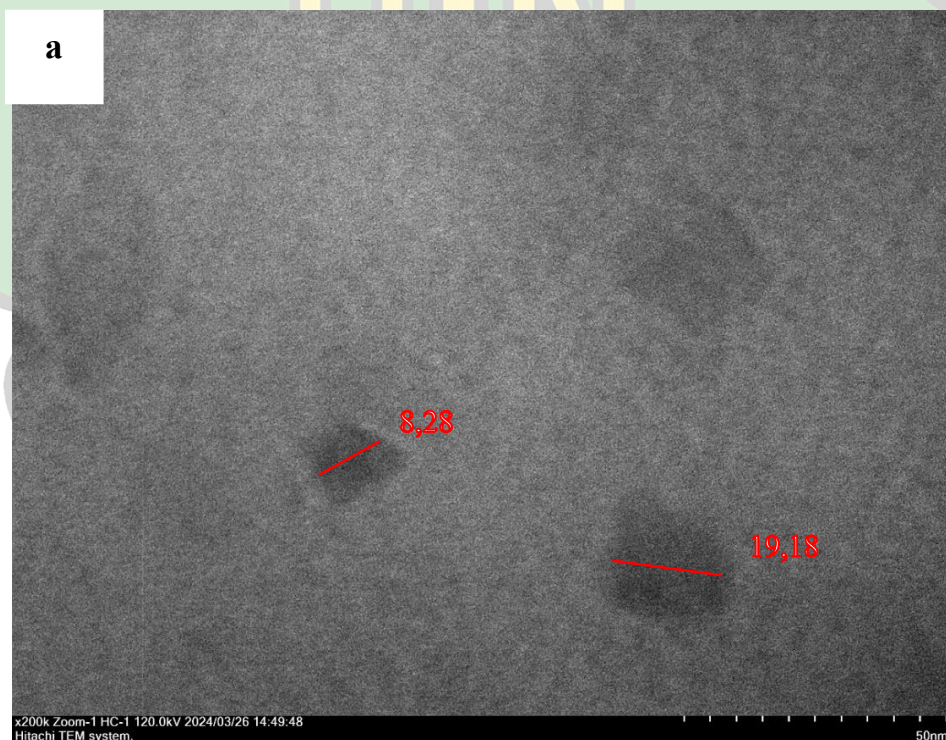


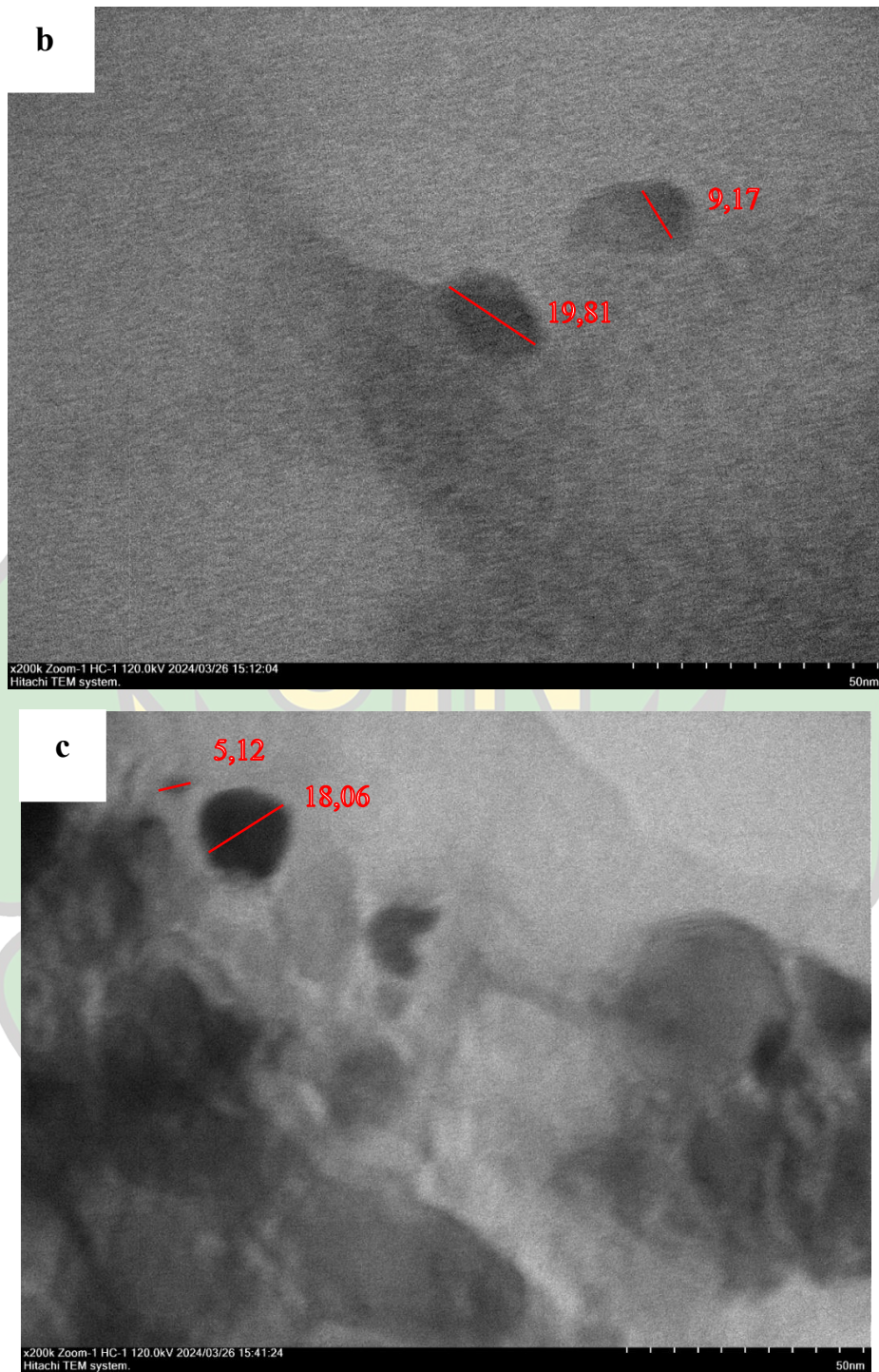
Gambar IV.3.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Pola XRD dari sampel yang di uji menunjukan puncak refleksi yang tajam yang menunjukkan bahwa telah terjadi pertumbuhan ukuran kristal NiO. Ketajaman dan intensitas puncak menunjukkan sifat kristal yang baik dari sampel yang digunakan (El-kemary dkk, 2013). Hasil uji XRD pada sampel ini menunjukkan keberadaan NiO seperti yang terlihat pada Gambar IV. 3.3. pola kristal muncul di posisi puncak $2\theta = 37,1^\circ, 44,4^\circ, 62,6^\circ,$ dan $76,3^\circ$ dengan mudah dapat diindeks pada bidang kristal (111), (200), (220), dan (311). Dari semua puncak yang muncul tersebut adalah NiO, tetapi puncak yang paling dominan adalah di puncak $44,4^\circ$ dengan indeks kristal (200). Pada

puncak difraksi sudut 2θ sekitar $51,7^\circ$ juga terindikasikan kemungkinan keberadaan NiO dalam beberapa senyawa yang tercampur. Pada temperatur 60°C dan 80°C puncak kristal mengalami penurunan pada kisaran 2θ 37,1 dan 62,6 kemungkinan kristal dari partikel berkurang dikarenakan material mengalami dekomposisi. Berdasarkan gambar diatas menghasilkan beberapa puncak difraksi tetapi pada variasi temperatur yang dilakukan terdapat salah satu puncak tertinggi yaitu pada bidang kristal (200) yang menandakan bahwa puncak tersebut merupakan terbentuknya kristal NiO (Kundiman dkk, 2016). Namun dari hasil puncak difraksi menunjukkan adanya puncak yang tidak sesuai dengan bidang kristal NiO, yang menandakan adanya senyawa pengotor atau belum murni 100% nanopartikel NiO (Kasim dkk, 2020).

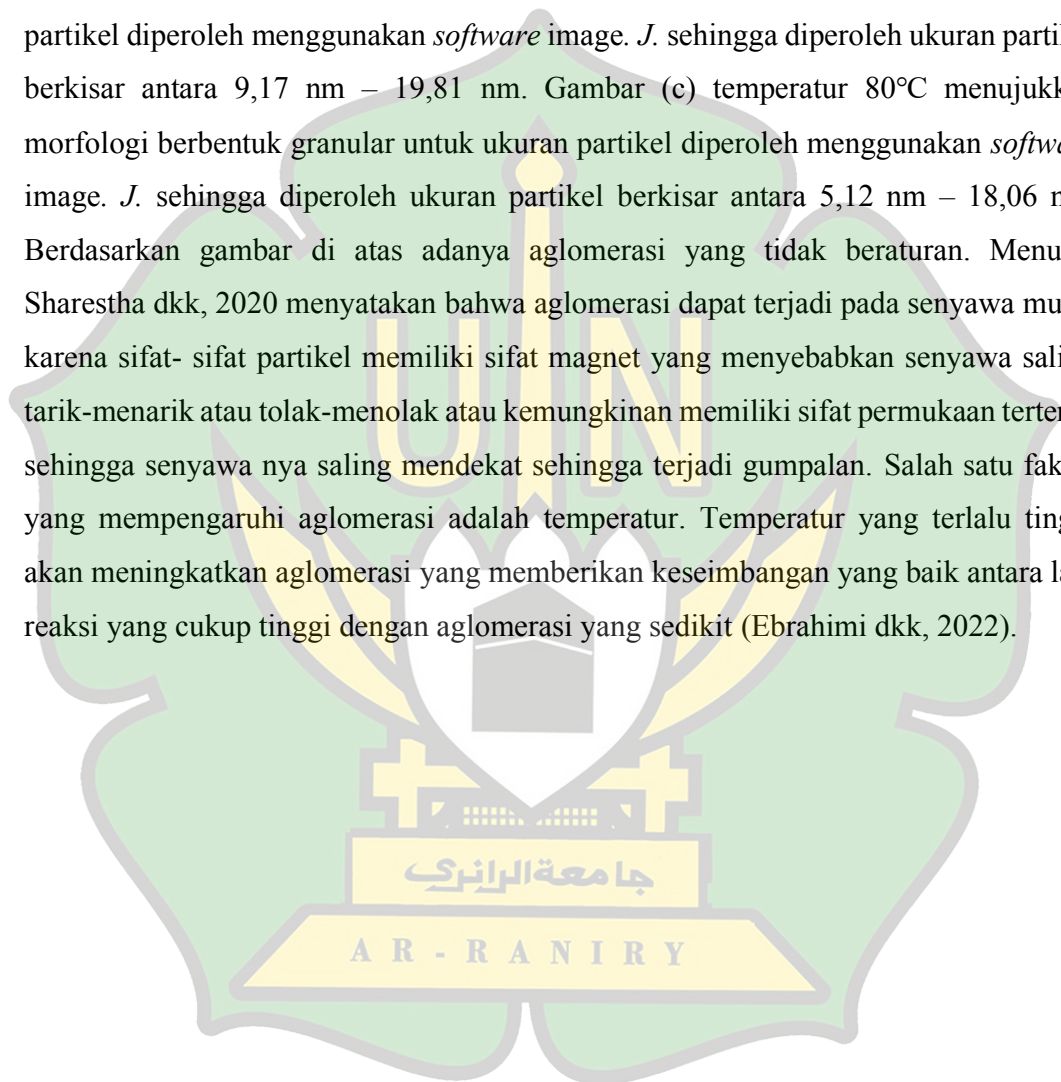
IV.3.4 Karakteristik NiO pada *Transmissio Electron Microscopy* (TEM)





Gambar IV. 3.4 Karakteristik *Transmission Electron Microscopy* (TEM) a. Temperatur 40°C, b. Temperatur 60°C, c. Temperatur 80°C.

Gambar IV.3.4 menunjukkan hasil karakteristik TEM serbuk sampel paduan NiO pada pembesaran 200 X. Hasil dari gambar (a) temperatur 40°C menunjukkan morfologi berbentuk bola, untuk ukuran partikel diperoleh menggunakan *software image. J.* sehingga diperoleh ukuran partikel berkisar antara 8,28 nm – 19,18 nm. Gambar (b) temperatur 60°C menunjukkan morfologi berbentuk bola, untuk ukuran partikel diperoleh menggunakan *software image. J.* sehingga diperoleh ukuran partikel berkisar antara 9,17 nm – 19,81 nm. Gambar (c) temperatur 80°C menunjukkan morfologi berbentuk granular untuk ukuran partikel diperoleh menggunakan *software image. J.* sehingga diperoleh ukuran partikel berkisar antara 5,12 nm – 18,06 nm. Berdasarkan gambar di atas adanya aglomerasi yang tidak beraturan. Menurut Sharestha dkk, 2020 menyatakan bahwa aglomerasi dapat terjadi pada senyawa murni karena sifat- sifat partikel memiliki sifat magnet yang menyebabkan senyawa saling tarik-menarik atau tolak-menolak atau kemungkinan memiliki sifat permukaan tertentu sehingga senyawa nya saling mendekat sehingga terjadi gumpalan. Salah satu faktor yang mempengaruhi aglomerasi adalah temperatur. Temperatur yang terlalu tinggi akan meningkatkan aglomerasi yang memberikan keseimbangan yang baik antara laju reaksi yang cukup tinggi dengan aglomerasi yang sedikit (Ebrahimi dkk, 2022).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

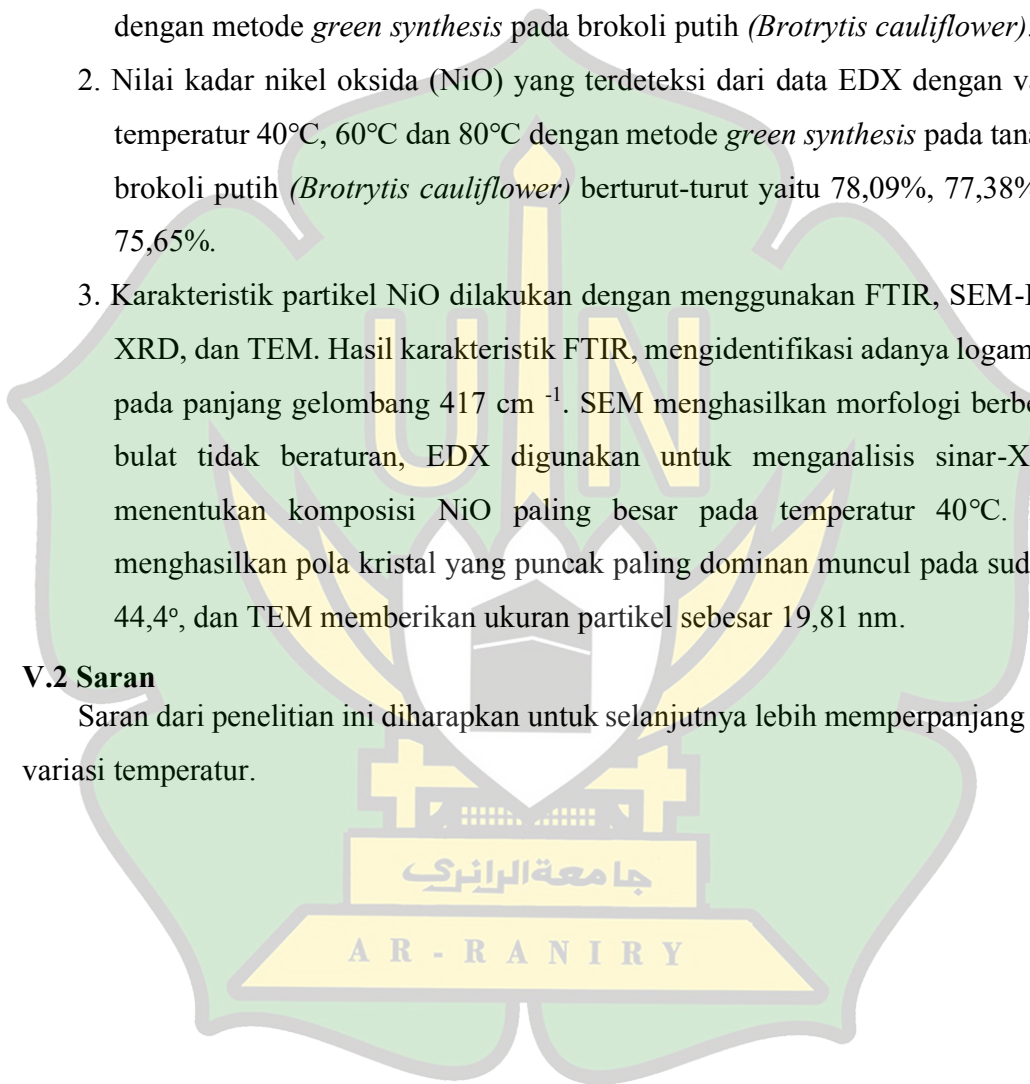
V.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dari penelitian ini:

1. Pada penelitian ini temperatur mempengaruhi sintesis nikel oksida (NiO) dengan metode *green synthesis* pada brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*).
2. Nilai kadar nikel oksida (NiO) yang terdeteksi dari data EDX dengan variasi temperatur 40°C, 60°C dan 80°C dengan metode *green synthesis* pada tanaman brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*) berturut-turut yaitu 78,09%, 77,38% dan 75,65%.
3. Karakteristik partikel NiO dilakukan dengan menggunakan FTIR, SEM-EDX, XRD, dan TEM. Hasil karakteristik FTIR, mengidentifikasi adanya logam NiO pada panjang gelombang 417 cm^{-1} . SEM menghasilkan morfologi berbentuk bulat tidak beraturan, EDX digunakan untuk menganalisis sinar-X dan menentukan komposisi NiO paling besar pada temperatur 40°C. XRD menghasilkan pola kristal yang puncak paling dominan muncul pada sudut 2θ 44,4°, dan TEM memberikan ukuran partikel sebesar 19,81 nm.

V.2 Saran

Saran dari penelitian ini diharapkan untuk selanjutnya lebih memperpanjang skala variasi temperatur.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkader, D. H., Negm, W. A., Elekhrawy, E., Eliwa, D., Aldosari, B. N., & Almurshedi, A. S. (2022). Zinc oxide nanoparticles as potential delivery carrier: Green synthesis by *Aspergillus niger* endophytic fungus, characterization, *Pharmaceuticals*, *15*(9), 1057.
- Ahmad, A. A., Hindryawati, N., Hiyahara, I. A. (2022). Green Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Ultrasonic-Assited: A Mini Review. eiSSN 2987-9922.
- Alfaridz, F. (2018). Review jurnal: klasifikasi dan aktivitas farmakologi dari senyawa aktif flavonoid. *Farmaka*, *16*(3).
- Amir, M. K., Priyana, Y. L. O., & Kadar, M. I. (2022). Analisis Perbandingan Kadar MgO dan SiO₂ pada Nikel Kadar Rendah di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Utara. *Jurnal Geomine*, *10*(1), 43-50.
- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal Zarah*, *6*(1), 21-29.
- Dewi, K. T. A., Kartini, K., Sukweenadhi, J., & Avanti, C. (2019). Karakter fisik dan aktivitas antibakteri nanopartikel perak hasil green synthesis menggunakan ekstrak air daun sendok (*Plantago major L.*). *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*, *6*(2), 69-81.
- Dwityaningsih, R., Pramita, A., & Syarafina, S. (2020). Review potensi tanaman obat akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) sebagai tanaman hiperakumulator dalam fitoremediasi pada lahan tercemar logam. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *2*(1), 51-56. N I R Y
- Ebrahimi, A., Samari, F., Eftekhari, E., & Yousefinejad, S. (2022). Rapid and efficient colorimetric sensing of clindamycin and Fe³⁺ using controllable phyto-synthesized silver/silver chloride nanoparticles by *Syzygium cumini* fruit extract. *Journal of Analytical Science and Technology*, *13*(1), 10.
- El-kemary, M., Nagy, N., El-mehasseb, I. (2013). Nanopartikel Nikel Oksida: Sintesis Dan Studi Spektral Interaksi Dengan Glukosa. Ilmu Material Dalam Pemrosesan Semikonduktor. *16*(6), 1747-1752.

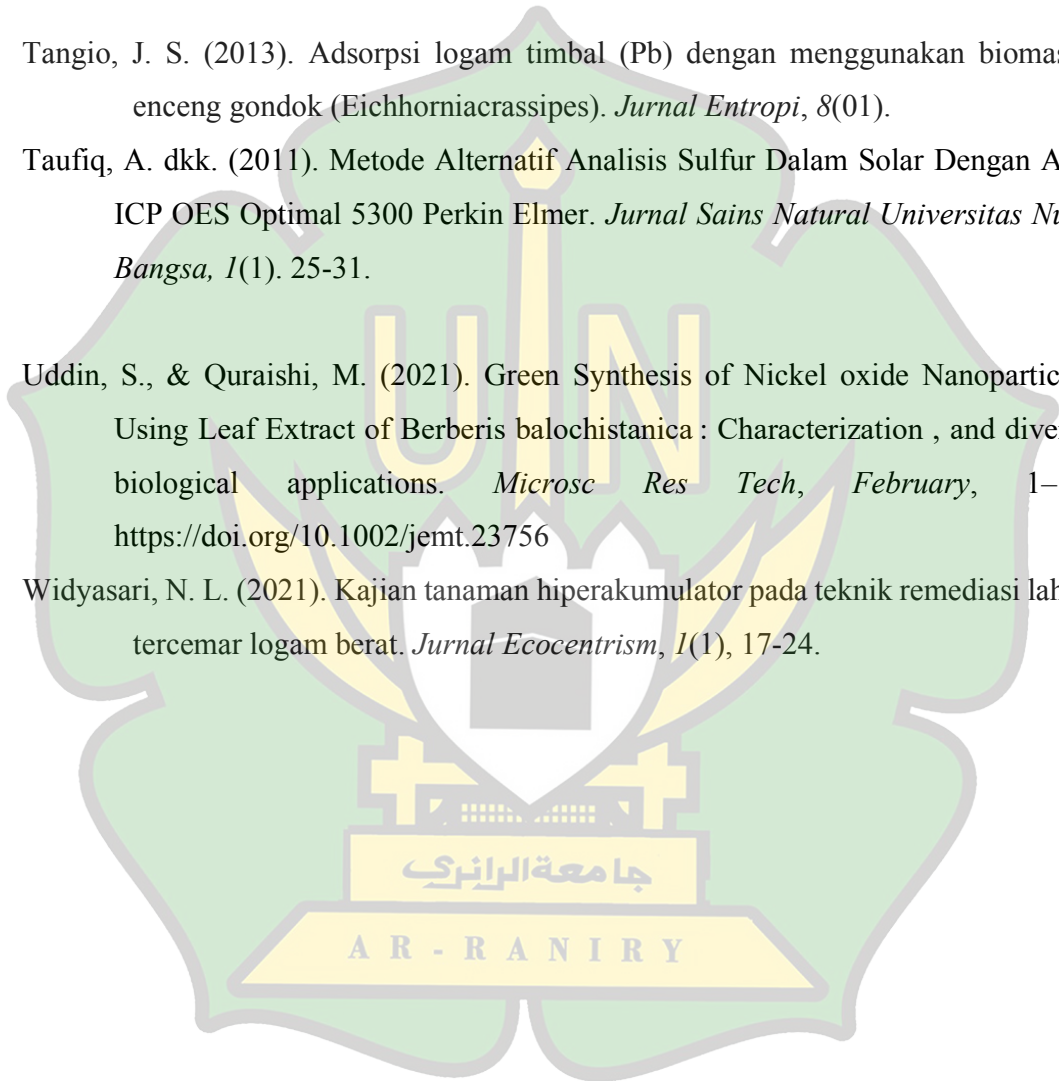
- Fabiani, V. A., Sutanti, F., Silvia, D., & Putri, M. A. (2018). Green synthesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun pucuk idat (*Cratoxylum glaucum*) sebagai bioreduktor. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(2), 68-76.
- Farida, S., & Perdana, R. G. (2022). Sifat fisikokimia dan organoleptik nugget jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dengan variasi penambahan sayuran brokoli hijau (*Brassica oleracea*). *Jurnal Green House*, 1(1), 46-59.
- Fitrian, E. B. (2021). Identifikasi Sebaran Nikel Laterit dan Volume Bijih Nikel Menggunakan Korelasi Data Bor. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3, 113-119.
- Fransiska, E. A., & Sianita, M. M. (2021). Pengaruh Suhu Pada Sintesis Molecularly Imprinted Polymer (Mip) Terhadap Kemampuan Adsorpsi Kloramfenikol. *Unesa Journal of Chemistry*, 10(3), 209-219.
- Gunawan, G., Priyanto, R., & Salundik, S. (2015). Analisis Lingkungan Sekitar Tambang Nikel Terhadap Kualitas Ternak Sapi Pedaging di Kabupaten Halimahera Timur. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 3(1), 59-64.
- Gusti, D. D. R. (2022). Immobilisasi Nanopartikel Tembaga (Cu) Dan Ekstrak Kulit Buah Pinang (*Areca Catechu*) Pada Kain Katun.
- Hidayanti, N. (2013). Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat Heavy Metal Hyperaccumulator Plant Physiology Mechanism. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 14(2), 75-82.
- Irhamni, I., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 1(2).

- Ji, H., Guo, Z., Wang, G., Wang, X., & Liu, H. (2022). Effect of ZnO and CuO nanoparticles on the growth, nutrient absorption, and potential health risk of the seasonal vegetable *Medicago polymorpha* L. *PeerJ*, *10*, e14038.
- Karim, M. A., Juniar, H., & Ambarsari, M. F. P. (2022). Adsorpsi Ion Logam Fe dalam Limbah Tekstil Sintesis dengan Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Distilasi*, *2*(2), 68-81.
- Kasim, S., Taba, P., & Anto, R. (2020). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Bioreduktor. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, *6*(2), 126-133.
- Kundiman, N., Kurnia, K., Indrayana, I. P. T., & Sadjab, B. A. (2023). Pengaruh Variasi Suhu Kalsinasi Terhadap Parameter Mikrostruktur (Struktur Kristal Dan Gugus Fungsi) Nanopartikel TiO_2 Sebagai Kandidat Material Fotokatalisis. *Journal Online of Physics*, *8*(3), 14-20.
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., & Esati, N. K. Biosintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Ekstrak Air Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.).
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., Esati, N. K., Suprihatin, I. E., & Ankamwar, B. (2022). Karakterisasi Green Synthesis Nanopartikel Emas (Npau) Menggunakan Ekstrak Air Biji Cengkeh. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, *16*(1).
- Liani, P. H., Sembiring, S., & Simanjuntak, W. (2014). Preparasi Alumina Dengan Metode Elektrokimia Sebagai Bahan Baku Pembuatan Zeolit Sintetik dan Karakterisasinya Dengan Transmission Electron Microscopy (TEM). *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, *2*(2).
- Liu, Y., Gao, C., Li, Q., Dan Pang, H. (2019). Nickel Oxide/Graphene Composites: Synthesis And Applications. *Chemistry - A European Journal*, *25*(9), 2141-2160.

- Lutfiyati, H., Yuliasuti, F., Hidayat, I. W., Pribadi, P., & Pradani, M. P. K. (2017). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Brokoli (*Brassica Oleracea L Var Italica*). *URECOL*, 93-98.
- Mb, S., & Illing, I. (2017). Uji Ftir Bioplastik Dari Limbah Ampas Sagu Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Jurnal Dinamika*, 8(2), 1–13.
- Muliadi, M., Arief, A., & Khadijah, K. (2015). Biosintensis Nanopartikel Logam Menggunakan Media Ekstrak Tanaman. *Jurnal farmasi UIN Alauddin Makassar*, 3(2), 64-72.
- Mustari, M., Evi, J., Noor, A., Rafsanjani, R. A., & Tiandho, Y. (2019). Green-Synthesis Nanopartikel SnO₂ Termediasi Ekstrak Daun Pelawan (*Tristaniaopsis merguensis Griff.*). *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, 4(1), 41-50.
- Mustofa, T., Nurlaili, R., & Anwar, M. D. (2019). Pengaruh Macam Mulsa Dan Konsentrasi Pupuk Daun Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Brokoli Putih (*Brassica Oleracea Var. Botrytis L.*) Varietas Kusuma. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 4(2), 96-100.
- Muttaqin, R., Prayitno, W.S.W., & Nurbaiti, U. (2023). Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Material: X-ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder. *Indonesian Journal Of Laboratory*. 6(1), 9-16.
- Nurfaidah, A. Y., Lestari, D. P., Azzahra, R. T., & Suminar, D. R. (2020). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi terhadap Proses Pemisahan Nikel dari Logam Pengotor Menggunakan Metode Leaching. *Fluida*, 13(2), 81-92.
- Nurindriana, F. M., & Wicaksono, K. S. (2022). Pemanfaatan Biochar Dan Kompos Black Soldier Fly Pada Fitoremediasi Tanah Tercemar Timbal Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 297-309.

- Okto, S. H. S., & Munasir. (2023). Review: Green Synthesis nanopartikel Tio₂ Sebagai Material Fotokatalis. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 12(2), 82-91.
- Patandangan, A., Syamsidar, H. S., & Aisyah, A. A. (2016). Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiver Zizanioides*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar. *Al-Kimia*, 4(2), 107-120.
- Riyanto, & Nas, S. W. (2016). Validation of Analytical Methods for Determination of Methamphetamine Using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 11(05), 51–59.
- Safaat, M., & Wulandari, D. A. (2021). Toksisitas Nanopartikel Terhadap Biota Dan Lingkungan Laut. *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(1), 1-14.
- Sahdiah, H., & Kurniawan, R. (2023). Optimasi Tegangan Akselerasi pada Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) untuk Pengamatan Morfologi Sampel Biologi. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 6(2), 117-123.
- Sari, R. N., Nurhasni, Y. M., & Yaqin, M. A. (2017). Sintesis nanopartikel ZnO ekstrak *Sargassum* sp. dan karakteristik produknya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 238-254.
- Sari, R. N., Saridewi, N., & Shofwatunnisa, S. (2017). Biosynthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles with Extract of Green Seaweed *Caulerpa* sp. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 19(1), 17-28.
- Srihasam, S., Thyagarajan, K., Korivi, M., Lebaka, V. R., dan Mallem, S. P. R. (2020). Phytogenic Generation of NiO Nanoparticles using Stevia Leaf Extract and Evaluation of Their In-Vitro Antioxidant and Antimicrobial Properties. *Biomolecules*, 10(1).
- Shrestha, S., Wang, B., & Dutta, P. (2020). Nanoparticle processing: Understanding and controlling aggregation. *Advances in colloid and interface science*, 279, 102162.

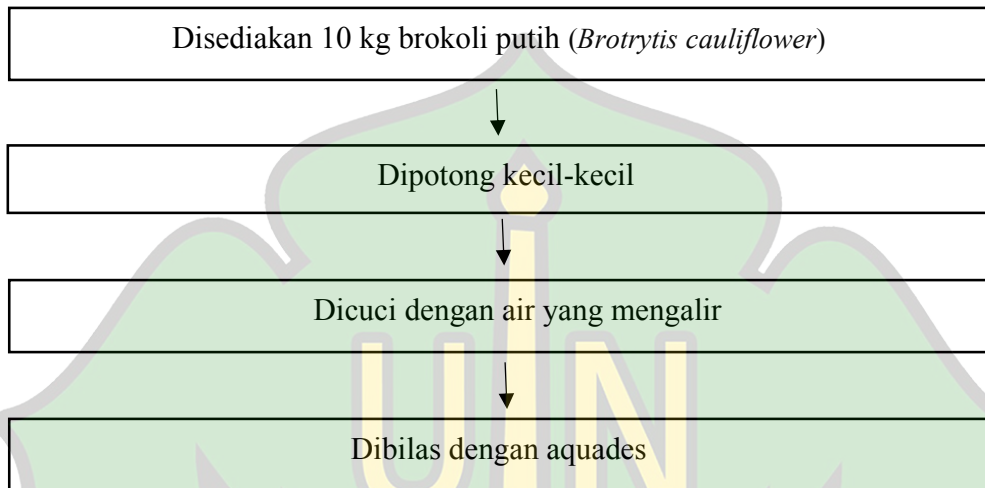
- Sulistiyani, M. (2018). Spektroskopi Fourier Transform InfraRed Metode Reflektansi (Atr-Ftir) Pada Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Vitamin C. *Jurnal Temapela*, 1(2), 39-43.
- Suryati, T. (2020). Fitoremediasi Cemaran Hidrokarbon Minyak Bumi Menggunakan Potensi Tumbuhan Typha Angustifolia. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 13(1).
- Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (Eichhorniacrassipes). *Jurnal Entropi*, 8(01).
- Taufiq, A. dkk. (2011). Metode Alternatif Analisis Sulfur Dalam Solar Dengan Alat ICP OES Optimal 5300 Perkin Elmer. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 1(1). 25-31.
- Uddin, S., & Quraishi, M. (2021). Green Synthesis of Nickel oxide Nanoparticles Using Leaf Extract of Berberis balochistanica : Characterization , and diverse biological applications. *Microsc Res Tech*, February, 1–13. <https://doi.org/10.1002/jemt.23756>
- Widyasari, N. L. (2021). Kajian tanaman hiperakumulator pada teknik remediasi lahan tercemar logam berat. *Jurnal Ecocentrism*, 1(1), 17-24.



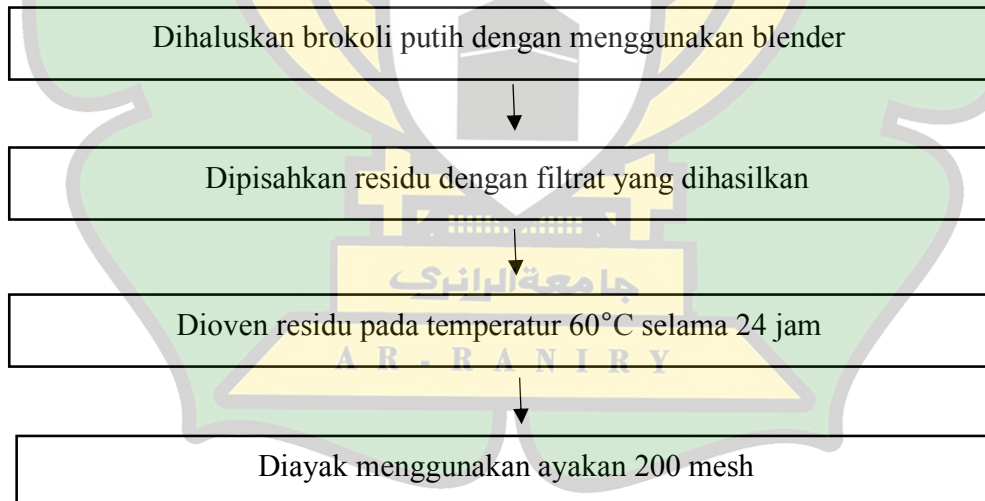
LAMPIRAN

LAMPIRAN I. Diagram Alir

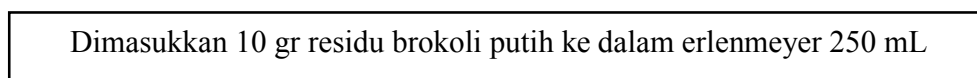
I.1. Preparasi tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*)

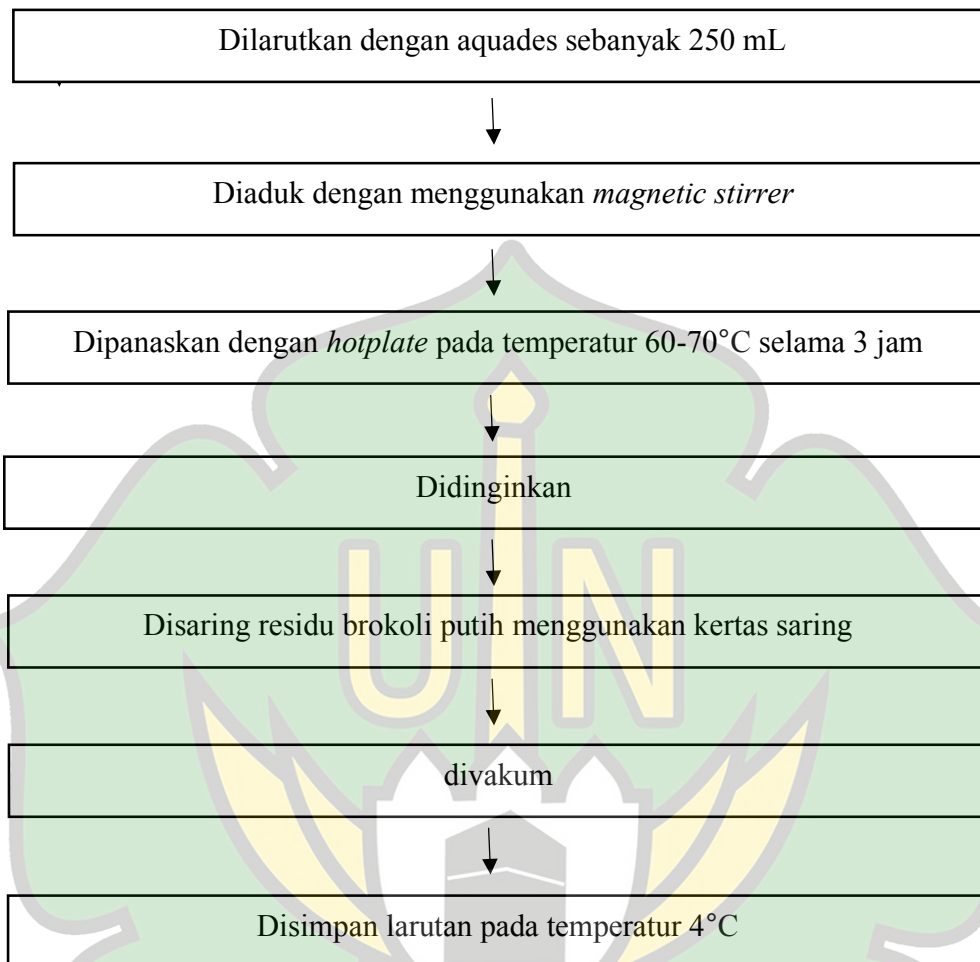


I.2. Pembuatan bubuk tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*)

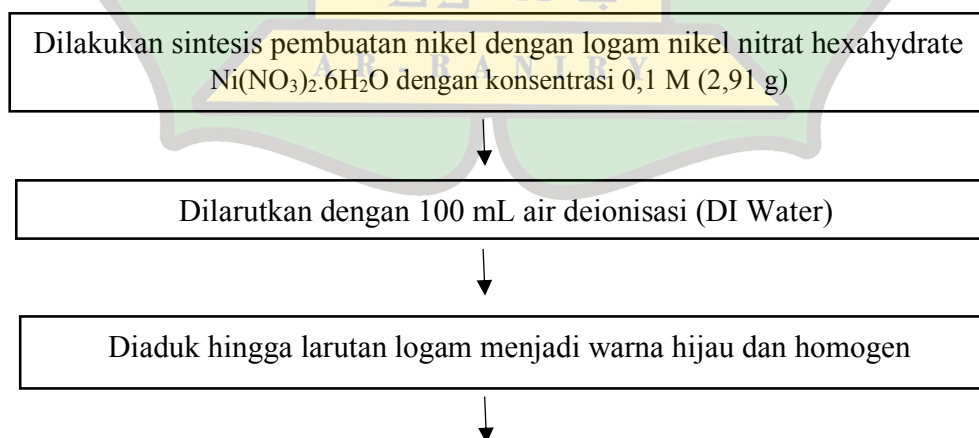


I.3. Pembuatan ekstrak tanaman Brokoli putih (*Brotrytis cauliflower*)





I.4. Pembuatan Larutan Nikel Oksida



Dimasukkan larutan logam sebanyak 100 mL ke dalam ekstrak brokoli putih 100 mL dengan cara ditetes menggunakan buret sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan sedang pada variasi temperatur 40°C, 60°C dan 80°C sampai terjadi perubahan warna pada larutan



Ditambahkan larutan NiO ke dalam ekstrak brokoli putih yang disesuaikan nilai pH menjadi 11 menggunakan NaOH dan HCl



Dicentrifugasi larutan sintesis NiO pada kecepatan 3000 rpm selama 25



Dibilas menggunakan aquabides dan etanol



Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali



Dioven pelet yang telah dibilas pada temperatur 60°C selama 24 jam



Difurnace sampel pada temperatur 500°C



Digerus sampai melewati ayakan 200 mesh

LAMPIRAN 2. Perhitungan

2.1. Rumus perhitungan Molar

$$M = \frac{\text{gr}}{\text{mr}} \times \frac{1000}{V}$$

$$0,1 = \frac{x}{291} \times \frac{1000}{100}$$

$$0,1 = \frac{x}{291} \times 10$$

$$0,1 = \frac{10x}{291}$$

$$29,1 = 10x$$

$$x = \frac{29,1}{10}$$

$$x = 2,91 \text{ gr}$$


2.1. Rumus perhitungan Rendemen

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen } 40 &= \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{3.2032}{3.9016} \times 100\% \\ &= 82.0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen } 60 &= \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{3.6593}{4.0280} \times 100\% \\ &= 90.8\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen } 80 &= \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{3.7652}{4.2362} \times 100\% \\ &= 88.8\% \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3. Hasil Analisa Taksonomi

**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
LABORATORIUM FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jalan Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651-7551 423/Fax: 0651-7553020 Email : laboratorium.fst@ar-raniry.ac.id

LAPORAN HASIL UJI
Nomor : 13/LHU/FST-Lab/III/2024

Nama pengguna layanan : Dr. Khairun Nisah, M.Si
NIP : 197902162014032001
Instansi : Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry
No. Telpn : 081376655235
Tanggal diterima : 07 Maret 2024
Tanggal pengujian : 07 - 08 Maret 2024
Nama sampel : Tumbuhan (Plantae)
Spesifikasi sampel : Spesimen kering
Parameter uji : Identifikasi (Klasifikasi)
Metode uji : Membandingkan spesimen/gambar

Informasi Hasil Pengujian Sampel :

No	Kode Sampel	Bagian Sampel	Asal Sampel	Hasil Identifikasi
1	-	Bunga Kol	Berastagi, Sumatera Utara	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.


Telah dilakukan identifikasi dengan hasil klasifikasi taksonomi adalah sebagai berikut:


Kingdom : Plantae
Phylum : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Brassicales
Familia : Brassicaceae
Genus : *Brassica*
Spesies : *Brassica oleracea* var. *botrytis* L.

Nama Lokal : Kubis Bunga / Kembang Kol

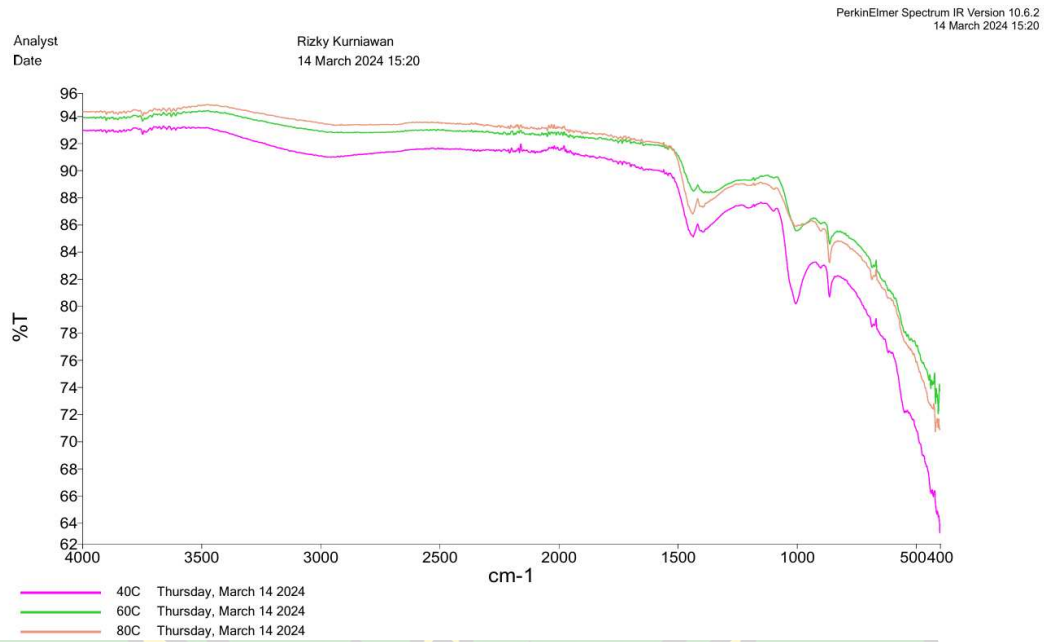
Referensi :
Brassica oleracea var. *botrytis* L. in Global Biodiversity Information Facility (GBIF) Secretariat (2023). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2024-03-07.

Demikian untuk diketahui dan digunakan sebagaimana mestinya

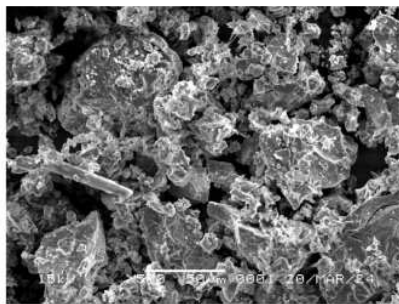
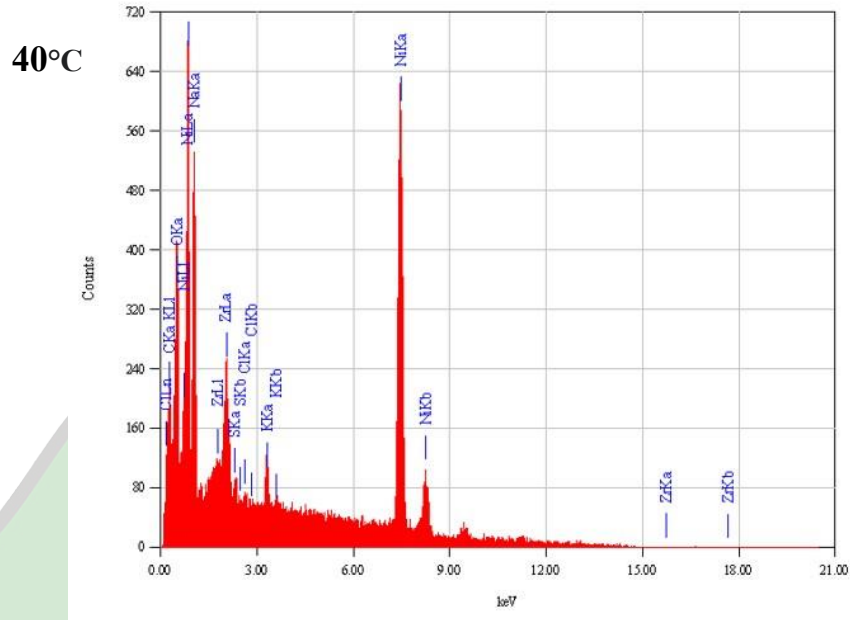
Banda Aceh, 07 Maret 2024
Kepala Laboratorium FST

Hadi Kurniawan



LAMPIRAN 4. Hasil Analisa FTIR

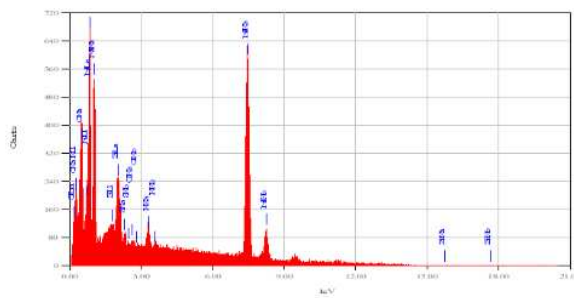


LAMPIRAN 5. Hasil Analisa SEM – EDX



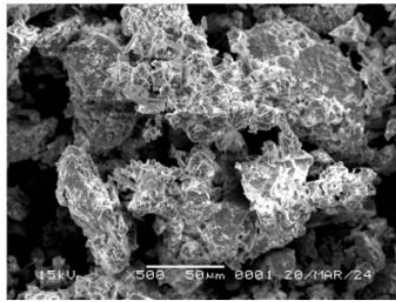
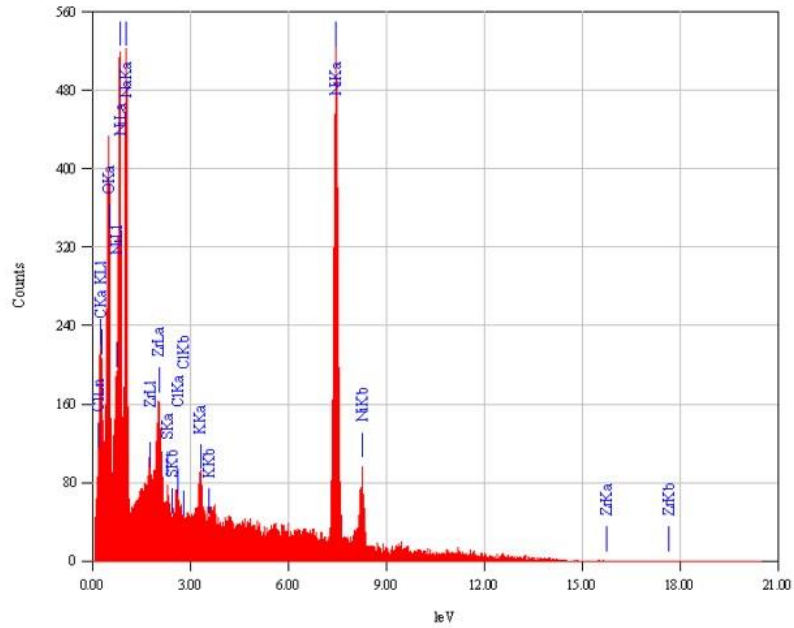
Instrument: JSM-6390
 Accel Volt (KV): 15
 Org. Mag.: >500
 Image SEI
 <SEI>
 Date: 2024-03-20

40°C SEM 500



Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C	0.277	2.89	0.03	14.62	C	0.00	0.9865	
Na	1.041	8.29	0.10	11.82	Na ₂ O	11.18	8.31	4.9188
S	2.307	0.48	0.10	0.97	SO ₃	1.19	0.26	0.6336
Cl	2.621	0.19	0.04	0.34	Cl	0.19	0.00	0.2602
K	3.312	0.97	0.07	0.82	K ₂ O	1.17	0.44	1.4933
Ni	7.471	61.36	0.45	88.50	NiO	78.09	18.28	87.7651
Zr	2.042	4.08	0.17	2.93	ZrO ₂	5.51	0.78	4.0624
Total		100.00		100.00		100.00	26.07	

60°C



Instrument: JSM-6360

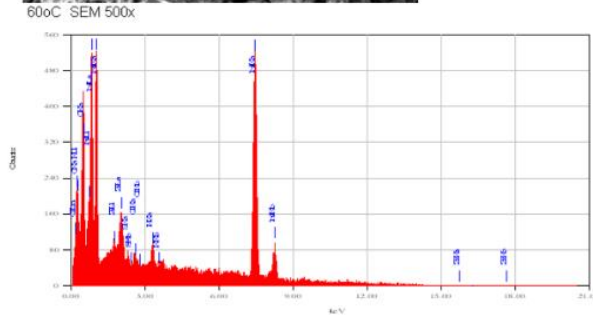
Accel Volt(kV) 15

Org. Mag. >500

Image SEI

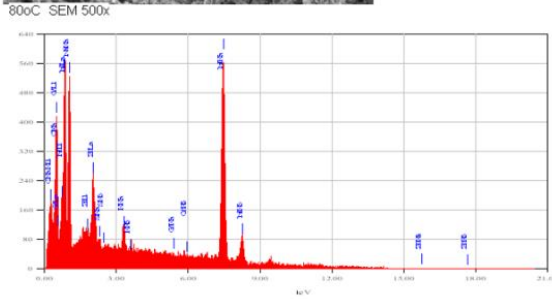
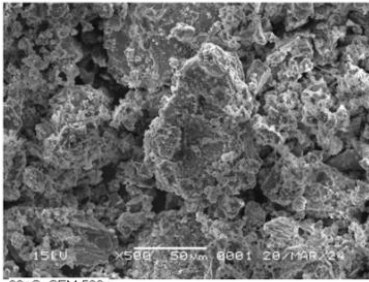
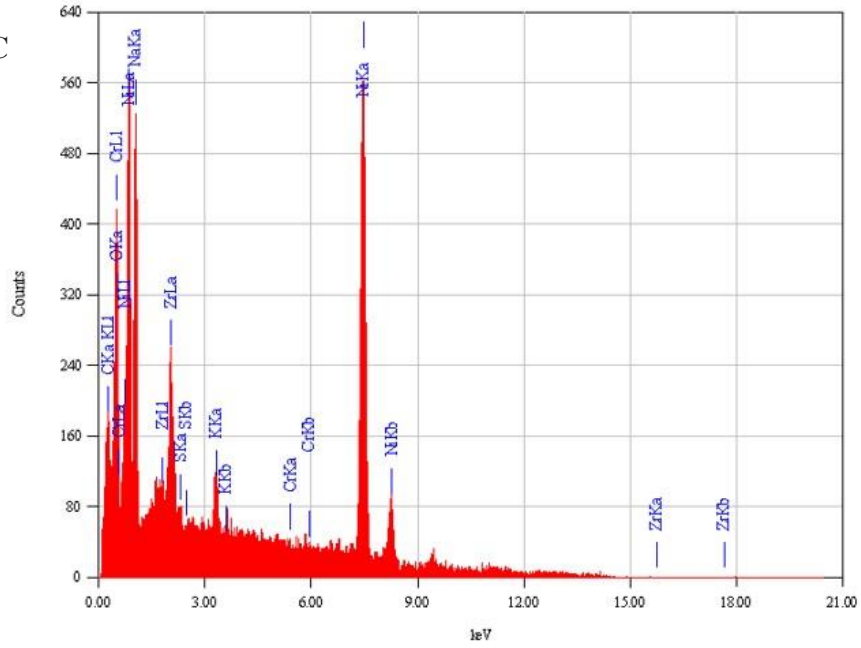
<SEI>

Date: 2024-03-20



Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C	0.277	4.59	0.03	22.80	C	4.59	0.00	1.5393
O		21.37						
Na	1.041	9.23	0.11	11.99	Na ₂ O	12.45	7.22	5.5825
S	2.307	0.34	0.11	0.63	SO ₃	0.84	0.19	0.4580
Cl	2.621	0.24	0.05	0.40	Cl	0.24	0.00	0.3473
K	3.312	0.79	0.08	0.61	K ₂ O	0.96	0.37	1.2431
Ni	7.471	60.81	0.50	61.85	NiO	77.38	18.61	88.1704
Zr	2.042	2.63	0.19	1.72	ZrO ₂	3.56	0.52	2.6595
Total		100.00		100.00		100.00	26.90	

80°C



Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C	0.277	2.94	0.03	15.93	C	2.94	0.00	0.9695
O		21.89						
Na	1.041	8.14	0.10	12.82	Na2O	12.31	6.94	5.5722
S	2.307	0.42	0.10	0.84	SO3	1.04	0.23	0.5805
K	3.312	1.20	0.08	1.00	K2O	1.45	0.54	1.8857
Cr	5.411	0.30	0.22	0.19	Cr2O3	0.43	0.10	0.4460
Ni	7.471	59.45	0.47	85.88	NiO	75.85	17.88	85.8704
Zr	2.042	4.57	0.18	3.25	ZrO2	6.17	0.87	4.6157
Total		100.00		100.00		100.00	26.36	

LAMPIRAN 6. Gambar Penelitian dan Hasil Penelitian

Gambar	Keterangan
	Brokoli putih (<i>Brotrytis cauliflower</i>)
	Dibilas dengan <i>Aquadest</i> (H ₂ O)
	Dihaluskan
	Sintesis serbuk brokoli dengan H ₂ O
	Vakum
	Pembuatan Nikel Hexahidrate

	<p>Sintesis dengan Nikel Hexahidrate</p>
	<p>Penyesuaian pH</p>
	<p>Pelet hasil dari <i>Centrifuge</i></p>
	<p>Alat <i>Centrifuge</i></p>
	<p>Pelet setelah di oven</p>
	<p>Hasil <i>Furnace</i></p>