SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER BERCETAKAN MOLEKUL DENGAN MENGGUNAKAN MONOMER MAM DAN PENGIKAT SILANG TRIM SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA ALIZARIN RED S

DZAKIRAH NADHIFAH RAMADHANI

H031211074

Optimized using
trial version
www.balesio.com

PROGRAM STUDI KIMIA
TAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2025

SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER BERCETAKAN MOLEKUL DENGAN MENGGUNAKAN MONOMER MAM DAN PENGIKAT SILANG TRIM SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA ALIZARIN RED S

DZAKIRAH NADHIFAH RAMADHANI
H031211074

PROGRAM STUDI KIMIA
S MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2025

Optimized using
trial version
www.balesio.com

SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER BERCETAKAN MOLEKUL DENGAN MENGGUNAKAN MONOMER MAM DAN PENGIKAT SILANG TRIM SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA ALIZARIN RED S

DZAKIRAH NADHIFAH RAMADHANI
H031211074

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Optimized using
trial version
www.balesio.com

PROGRAM STUDI KIMIA
S MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2025

SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER BERCETAKAN MOLEKUL DENGAN MENGGUNAKAN MONOMER MAM DAN PENGIKAT SILANG TRIM SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA ALIZARIN RED S

DZAKIRAH NADHIFAH RAMADHANI
H031211074

Skripsi

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Sains pada tanggal 23 Juni 2025 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama,

[illegible], M.Phil., Ph.D
[illegible]102001

Mengetahui:

Ketua Departeman

Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 197202021999032002

Optimized using
trial version
www.balesio.com

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul dengan Menggunakan Monomer MAM dan Pengikat Silang TRIM Sebagai Adsorben Senyawa Alizarin Red S" adalah benar karya Saya dengan arahan dari Prof. Paulina Taba, M.Phil., Ph.D, sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 23 Juni 2025

10000 METERAI TEMPEL 0646CAMX378225579

DZAKIRAH NADHIFAH

Optimized using trial version www.balesio.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul dengan Menggunakan Monomer MAM dan Pengikat Silang TRIM sebagai Adsorben Senyawa Alizarin Red S". Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** serta seluruh dosen, staf, dan pegawai atas bimbingan dan bantuan yang diberikan selama proses perkuliahan berlangsung.
2. Dosen pembimbing tugas akhir Ibu **Prof. Paulina Taba, M.Phil., Ph.D** dan Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** yang dengan sabar membimbing dan memberikan motivasi dan arahan mulai dari awal penyusunan tugas akhir sampai saat ini.
3. Dosen penguji Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** dan Bapak **Dr. Syahruddin Kasim, S.Si., M.Si** yang telah memberikan masukan dan saran selama penyusunan tugas akhir.
4. Kepala Laboratorium Kimia Fisika Ibu **Prof. Paulina Taba, M.Phil., Ph.D** yang telah memberikan izin pemakaian laboratorium sebagai tempat terlaksananya penelitian dan Analis Laboratorium Kimia Fisika Bapak **Iqbal, S.Si** yang telah banyak membantu dan memberi saran serta nasihat kepada penulis selama penelitian berlangsung.
5. Ibu dan ayah tercinta **St. Nuraenah Chalid, S.T** dan **Buya Wicaksono, S.T** yang telah merawat, mendidik, bekerja keras dan selalu mengusahakan yang terbaik hingga penulis bisa tumbuh dewasa dan bisa berada di posisi saat ini dan senantiasa mendukung segala proses yang dilalui oleh penulis serta mendoakan keberhasilan penulis. Bapak tercinta **Alm. Awan Ashari, S.T** yang selalu menjadi tempat penulis berkeluh kesah di saat penulis butuh ketenangan batin. Adik-adik tersayang **Muhammad Razan Annur** dan **Jihan Shabira Khairunnisa** yang bersedia memberikan dukungan dan tempat untuk penulis berbagi cerita. Tante terkasih **Kasmini** yang selalu menjaga dan memikirkan kesehatan penulis selama berjalannya penelitian.
6. Penyemangat penulis, **Muhammad Fathi Farhat** yang senantiasa menemani dan memberikan kritik dan saran selama penulisan tugas akhir.
7. Sahabat-sahabat terbaik penulis **A. Nur Qalbi Jaya, S.Psi**, **Syahira Alfikriah, S.Pd**, dan **Nabila Ramadani, S.Farm** yang senantiasa memberikan pundak telinga untuk mendengar seluruh keluh kesah penulis, tempat nulis tidak dalam kondisi stabil, serta memberi saran dan kritik lama pengerjaan tugas akhir.

isasi penulis, **Gery Jimmiawan, S.Si**, yang selalu menjadi tuk mencurahkan isi hati dan senantiasa menjadi pendengar enulis selama pengerjaan tugas akhir.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

9. Sahabat-sahabat SMP penulis, **Aliftitah Intan Syahbani, S.Kep** dan **Raihanah Isma Afifah, S.T**, yang tidak pernah lelah mendengarkan serta menenangkan ketika kondisi penulis sedang kurang baik.
10. Sahabat-sahabat yang penulis temui di perkuliahan, **Raudyah Faatiha Taruna, S.Si** dan **Kanigiani, S.Si** yang selalu membersamai penulis.
11. Teman-teman KKN Gel.112 Posko 3 Kelurahan Lakessi yang memberikan berbagai saran dan dukungan kepada penulis, terkhususnya **Audy Febryanti** yang menjadi teman akrab penulis mulai dari awal masa KKN hingga saat ini.
12. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Kimia Fisika yang telah memberikan momen dan kebersamaan.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungan kepada penulis.
14. *Last but not least thank you* **Dzakirah Nadhifah Ramadhani**, *thank you for doing all these hard work and thank you for never quitting*. *Even though you're not completely at peace with yourself, the fact that you made it to this point proves that you can finish what you started.*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran, masukkan, serta kritik dari berbagai pihak demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Penulis,

Dzakirah Nadhifah Ramadhani

Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

DZAKIRAH NADHIFAH RAMADHANI. **Sintesis dan Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul dengan Menggunakan Monomer MAM dan Pengikat Silang TRIM Sebagai Adsorben Senyawa Alizarin Red S** (dibimbing oleh Paulina Taba).

Latar Belakang. Kemajuan industri tekstil di Indonesia menyebabkan peningkatan penggunaan zat warna Alizarin Red S (ARS), yang berdampak pada pencemaran lingkungan air. ARS, sebagai zat warna antrakuinon yang stabil dan sulit terurai, menimbulkan masalah di lingkungan. Metode adsorpsi, khususnya menggunakan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) menawarkan solusi yang menjanjikan karena efektif, murah, dan mudah dioperasikan. MIP dengan kemampuan pengenalan molekul target yang spesifik berpotensi dalam menghilangkan ARS dari limbah. Penelitian ini mensintesis MIP berbasis monomer MAM dan pengikat silang TRIM untuk mengadsorpsi ARS, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM, EDS, FTIR, dan SAA. **Metode.** MIP dan NIP disintesis menggunakan metode polimerisasi presipitasi dan dikarakterisasi dengan SEM, EDS, FTIR, dan SAA. Kapasitas adsorpsi diuji dengan variasi pH dan konsentrasi. **Hasil.** Karakterisasi EDS menunjukkan penurunan massa dan persen atom C, menandakan terbentuknya MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$. Morfologi material MIP menunjukkan pori-pori spesifik. Vibrasi yang memengaruhi pembentukan material meliputi -NH, -C=O, dan C=C. Material ini memiliki luas permukaan 60,08 m^2/g dan termasuk kategori mesopori dengan radius pori rata-rata 5,25 nm. Waktu optimum adsorpsi ARS oleh MIP adalah 120 menit dengan model kinetika orde dua semu. Kapasitas adsorpsi ARS oleh MIP sesuai dengan isoterm Freundlich dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 0,49 mg/g. **Kesimpulan.** Material MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM berhasil disintesis melalui polimerisasi presipitasi, termasuk mesopori, dan kapasitas adsorpsi ARS sebesar 0,49 mg/g dalam 120 menit.

Kata kunci: Alizarin Red S; metakrilamida; polimer; trimetilpropan trimetakrilat

Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRACT

DZAKIRAH NADHIFAH RAMADHANI. **Synthesis and Characterization of Molecularly Imprinted Polymers Using MAM as Monomers and TRIM as Crosslinkers as Adsorbents for Alizarin Red S Compounds** (supervised by Paulina Taba).

Background. The advancement of the textile industry in Indonesia has led to an increase in the use of Alizarin Red S (ARS) dyes, which has an impact on pollution of the water environment. ARS, as an anthraquinone dye that is stable and difficult to decompose, poses a problem in the environment. Adsorption methods, particularly using Molecularly Imprinted Polymer (MIP) offer a promising solution as they are effective, inexpensive, and easy to operate. MIPs with specific target molecule recognition capabilities have the potential to remove ARS from waste. This study synthesized MIPs based on MAM monomer and TRIM crosslinker to adsorb ARS, then characterized using SEM, EDS, FTIR, and SAA. **Methods**. MIP and NIP were synthesized using precipitation polymerization method and characterized by SEM, EDS, FTIR, and SAA. The adsorption capacity was tested with pH and concentration variations. **Results**. EDS characterization showed a decrease in mass and atomic C percent, indicating the formation of MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM(TE). The morphology of the MIP material shows specific pores. Vibrations that affect the formation of the material include -NH, -C=O, and C=C. This material has a surface area of 60.08 m^2/g and belongs to the mesoporous category with an average pore radius of 5,25 nm. The optimum time of ARS adsorption by MIP is 120 minutes with a pseudo second-order kinetics model. The adsorption capacity of ARS by MIP is in accordance with the Freundlich isotherm with an adsorption capacity value of 0,49 mg/g. **Conclusion**. MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM material was successfully synthesized through precipitation polymerization, including mesopores, and ARS adsorption capacity of 0,49 mg/g in 120 minutes.

Key words: Alizarin Red S; *methacrylamide*; polymer; *trimethylpropane trimethacrylate*

Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR ISI

Halaman

UCAPAN TERIMA KASIH v

ABSTRAK vii

ABSTRACT.. viii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR LAMPIRAN xiii

DAFTAR ISTILAH xiv

BAB 1 PENDAHULUAN... 1

1.1 Latar Belakang.. 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

BAB II METODE PENELITIAN.. 5

2.1 Bahan Penelitian.. 5

2.2 Alat Penelitian 5

2.3 Tempat dan Waktu Penelitian 5

2.4 Prosedur Penelitian.. 5

2.4.1 Sintesis MIP dan NIP 5

2.4.2 Karakterisasi MIP dan NIP 6

2.4.2.1 Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan SEM-EDS 6

2.4.2.2 Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan FTIR 6

2.4.2.3 Karakterisasi MIP Menggunakan SAA 6

2.4.3 Pembuatan Larutan Standar ARS.. 6

2.4.4 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ARS 6

...n Adsorpsi Polimer MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM(TE)

...-TRIM 7

...ktu Kontak Terhadap Kemampuan Adsorpsi ARS oleh

...AM-*co*-TRIM(TE)... 7

...nsentrasi Terhadap Kemampuan Adsorpsi ARS oleh

Optimized using
trial version
www.balesio.com

MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 7
2.4.6 Penentuan Kinetika Adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 7
2.4.7 Penentuan Kapasitas Adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 8
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN 9
3.1 Sintesis MIP dan NIP 9
3.2 Karakterisasi MIP dan NIP 11
3.2.1 Karakterisasi dengan Menggunakan EDS 11
3.2.2 Karakterisasi dengan Menggunakan SEM 12
3.2.3 Karakterisasi dengan Menggunakan FTIR... 14
3.2.4 Karakterisasi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{TE)}$ dengan Menggunakan SAA 15
3.3 Uji Kemampuan Adsorpsi MIP dan NIP 17
3.3.1 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kemampuan Adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 17
3.3.2 Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kemampuan Adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 19
BAB IV KESIMPULAN 25
4.1 Kesimpulan 25
4.2 Saran 25
DAFTAR PUSTAKA.. 26
LAMPIRAN 31

Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Uji kualitatif senyawa ARS yang telah diekstraksi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 512,5 nm	9
2.	Persentase massa dan atom dari C, N, dan O dalam NIP_MAM-*co*-TRIM, dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$	11
3.	Data bilangan gelombang analisis FTIR untuk NIP_MAM-*co*-TRIM, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, dan Monomer MAM	14
4.	Data hasil karakterisasi dengan menggunakan SAA	15
5.	Data parameter kinetika adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ berdasarkan persamaan kinetika orde satu semu dan kinetika orde dua semu	19
6.	Data parameter adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ isoterm Langmuir dan Freundlich	22
7.	Data parameter adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ isoterm Langmuir dan Freundlich.	23

Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR GAMBAR

Nomor **Halaman**

1. Material (a) MIP yang belum diekstrak dan (b) MIP yang telah diekstrak 9

2. Skema reaksi sintesis MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM, (a) tahap pra-polimerisasi, (b) tahap polimerisasi, dan (c) tahap ekstraksi........ 10

3. Morfologi permukaan dengan perbesaran 10000× untuk (a) MIP_ ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, (b) MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan (c) NIP_MAM-*co*-TRIM........ 13

4. Spektrum FTIR (a) NIP_MAM-*co*-TRIM, (b) MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, (c) MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, dan (d) Monomer MAM..... 14

5. Hubungan diameter pori terhadap volume N_2 yang teradsorpsi........ 16

6. Isoterm adsorpsi N_2 pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 16

7. Kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP dan NIP........ 17

8. Pengaruh waktu terhadap jumlah ARS yang diadsorpsi oleh MIP_ ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$........ 18

9. Kurva kinetika adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ orde satu semu 18

10. Kurva kinetika adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ orde dua semu 19

11. Pengaruh konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi MIP_ARS_ MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ pada ARS dalam pH (a) netral, (b) asam, dan (c) basa 20

12. Kurva isoterm Langmuir adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$........ 21

Freundlich adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*- 22

isoterm Langmuir dan Freundlich 23

Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Bagan Alir Prosedur Penelitian	27
2.	Skema Kerja Sintesis dan Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul dengan Metode Polimerisasi Presipitasi	28
3.	Data Spektrofotometer UV-Vis...	35
4.	Perhitungan..	37
5.	Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen FTIR	38
6.	Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen SAA	39
7.	Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen EDS	40
8.	Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen SEM	47
9.	Dokumentasi Penelitian	48
10.	Daftar Riwayat Hidup	52

Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR ISTILAH

Simbol/singkatan	Arti dan Penjelasan
MIP	*Moleculary Imprinted Polymer*
NIP	*Non Imprinted Polymer*
MAM	*Methacrylamide* (Metakrilamida)
TRIM	Trimetilpropan Trimetakrilat
SPE	*Solid Phase Extraction*
AIBN	2,2-Azobisisobutironitril
FTIR	*Fourier Transform Infrared*
SEM	*Scanning Electron Microscopy*
EDS	*Energy Dispersive Spectroscopy*
SAA	*Surface Area Analyzer*
(TE)	Telah diekstraksi
(BE)	Belum diekstraksi

Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri Indonesia berperan penting dalam ekonomi dengan menciptakan lapangan kerja, peningkatan nilai bahan baku, dan kontribusi pendapatan negara melalui ekspor berbagai produk seperti minyak sawit, tekstil, dan elektronik (Fitri et al., 2025). Salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia adalah industri tekstil. Industri ini banyak menggunakan air untuk proses produksinya, diantaranya pencelupan, yaitu proses penambahan zat warna ke dalam produk tekstil. Berbagai polutan seperti sisa zat warna, senyawa organik dan surfaktan ditemukan dalam limbah tekstil (Budikania et al., 2020). Menurut Irsyada et al., (2023), limbah dari proses pewarnaan tekstil relatif stabil sehingga sulit terdegradasi dan dapat mencemari lingkungan karena menyebabkan warna keruh pada perairan dan meningkatkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD), serta limbah zat warna itu adalah polutan seperti Alizarin Red S (ARS).

Zat warna ARS telah digunakan di industri tekstil sejak zaman dahulu. Jenis zat warna ini merupakan zat warna anionik dan larut dalam air (Ramavandi et al., 2019). Dari struktur kimianya, ARS merupakan senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik yang termasuk dalam golongan zat warna antrakuinon. ARS biasanya digunakan dalam industri untuk mewarnai persediaan sehari-hari seperti kain tenun dan tekstil katun wol. Sifat stabilitas termal, optik dan fisikokimia yang tinggi membuat zat warna ini tidak mudah terdegradasi oleh bahan alami (Yang et al., 2018). Zat warna ini merupakan salah satu kontaminan utama di lingkungan dan dianggap sebagai polutan yang tahan lama di dalam air (Albadarin & Mangwandi, 2015). Meskipun demikian, popularitas dan sifat-sifat unggul ARS dalam industri tekstil justru menjadi masalah baru saat zat warna ini berakhir di lingkungan, terkhususnya di perairan.

Alizarin Red S memiliki stabilitas kimia dan fotolitik yang tinggi, yang membuat zat warna ini termasuk dalam kelompok zat warna yang tahan lama, yang tidak dapat sepenuhnya terurai oleh proses kimia, fisika, dan biologi. Hal ini menjadikan ARS sebagai salah satu kontaminan dalam air bersifat racun, mutagenik, teratogenik bahkan karsinogenik (Zolgharnein et al., 2014). Oleh karena itu, para peneliti lingkungan berupaya untuk mencari teknik atau metode efisien yang dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna dari air limbah. Berbagai metode telah ... filtrasi, koagulasi, degradasi fotokatalitik, oksidasi lanjutan ... al., 2020).

... gai metode untuk mengatasi masalah kontaminan dalam air ... njadi salah satu metode yang paling banyak digunakan sejak ... na efektivitas biaya, operasional yang cukup mudah dan ... et al., 2020). Adsorpsi adalah proses perpindahan massa pada

Optimized using
trial version
www.balesio.com

permukaan adsorben. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik menarik permukaan (Pungut et al., 2021). Agar proses adsorpsi semakin efektif, para peneliti terus mengembangkan material adsorben dengan selektivitas dan efisiensi yang lebih baik. Salah satu adsorben yang menjanjikan adalah *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) (Dong et al., 2021).

Molecularly Imprinted Polymer (MIP) adalah polimer berpori yang disintesis melalui proses ekstraksi molekul target (*template*) yang ditambahkan pada proses sintesis. Pori yang terbentuk berperan untuk mengenal molekul target dengan ukuran, struktur, dan sifat fisika kimia yang sama dengan analitnya. Menurut konsep *Lock and Key* (Fischer), MIP bekerja sebagai bahan berpori yang memiliki situs pengenalan molekul yang hanya cocok untuk molekul target tertentu (Atqa & Sianita, 2021). Polimer ini dapat disintesis dengan cara polimerisasi *template* dengan suatu monomer. Monomer fungsional adalah komponen krusial yang memiliki gugus-gugus kimia spesifik yang mampu berinteraksi secara non-kovalen dan reversibel dengan molekul cetakan. Interaksi ini dapat berupa ikatan hidrogen, interaksi ionik, interaksi dipol-dipol, atau interaksi van der Waals. Gugus-gugus fungsional pada monomer akan mengatur posisi dan orientasi di sekitar *template* selama proses polimerisasi, membentuk kompleks pra-polimerisasi yang stabil. Setelah *template* dihilangkan, gugus-gugus fungsional tersebut akan terperangkap dalam posisi yang membentuk situs pengikatan yang komplementer terhadap molekul target (Fransiska & Sianita, 2021). Selain itu, pemilihan pelarut yang tepat juga sangat penting karena berperan dalam meminimalkan interferensi selama proses sintesis antara monomer, pengikat silang, dan molekul cetakan (Lah et al., 2021). Selain MIP, diperlukan pembanding yaitu *Non-Imprinted Polymer* (NIP). NIP disintesis dengan prosedur yang identik dengan MIP, namun tanpa penambahan molekul cetakan selama proses polimerisasi. Akibatnya, NIP tidak memiliki situs pengikatan yang spesifik untuk molekul cetakan. Polimer ini berfungsi sebagai kontrol untuk membedakan antara adsorpsi spesifik oleh molekul cetakan pada MIP dan adsorpsi non-spesifik yang terjadi pada permukaan polimer atau massa pada NIP (Atqa & Sianita, 2021).

Ada berbagai metode yang dapat digunakan untuk melakukan sintesis MIP, antara lain *bulk polymerization*, *suspension polymerization*, dan polimerisasi presipitasi. Polimerisasi curah (*bulk polymerization*) adalah metode polimerisasi sederhana tetapi polimer yang dihasilkan dari metode ini berbentuk massa padat yang tidak beraturan sehingga perlu digiling dan diayak lebih lanjut. Hal ini dapat merusak struktur polimer dan situs cetakannya (He et al., 2021). Polimerisasi
n *polymerization*) adalah metode polimerisasi radikal bebas
nonomer yang tidak larut didispersikan sebagai tetesan dalam
ui pengadukan mekanis sehingga memerlukan pengaduk
an tinggi. Metode ini juga memerlukan *suspending agent* atau
ng membantu menstabilkan dispersi tetesan monomer. Faktor-
tan pengadukan, sifat, dan kuantitas *suspending agent* dapat

Optimized using
trial version
www.balesio.com

secara signifikan memengaruhi ukuran tetesan monomer sehingga pembentukan polimer jadi lebih tidak terkontrol dan rumit (Alosime et al., 2023). Polimerisasi presipitasi (*precipitation polymerization*) adalah metode yang tidak memerlukan penggunaan penstabil yang dapat tetap teradsorpsi ke permukaan polimer. Metode ini dilakukan dengan cara hampir sama dengan metode ruah, namun tidak dilakukan penggerusan dan menggunakan volume pelarut yang lebih besar (Butar & Sianita, 2022). Oleh karena itu, metode polimerisasi presipitasi digunakan untuk sintesis MIP pada penelitian ini.

Sintesis MIP dilakukan melalui metode polimerisasi presipitasi karena kemampuannya dalam menghasilkan mikrosfer dengan permukaan yang bersih dan ukuran yang seragam. Metode ini tidak memerlukan penambahan surfaktan atau bahan tambahan lainnya. Mikrosfer terbentuk melalui ikatan silang monomer dan pengikat silang, kemudian mengendap dari larutan (Zhang et al., 2022). Dibandingkan dengan metode ruah (*bulk polymerization*), polimerisasi presipitasi menawarkan keuntungan karena menghindari proses penggerusan yang dapat merusak struktur polimer dan menghasilkan ukuran partikel yang tidak homogen. Beberapa faktor kritis yang perlu dikendalikan dalam metode ini meliputi polaritas pelarut, kecepatan pengadukan, dan suhu reaksi (Fransiska & Sianita, 2021). Selain itu, metode *Solid Phase Extraction* (SPE) merupakan salah satu teknik yang efektif untuk mengekstraksi berbagai analit organik dari sampel, menawarkan keuntungan berupa kesederhanaan, selektivitas, dan fleksibilitas dalam penggunaan adsorben (Mpupa et al., 2021). Beberapa penelitian menggunakan MIP sebagai bahan penyerap atau adsorben dalam pengolahan air limbah pada metode ekstraksi ini (Öter & Zorer, 2021).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian dilakukan untuk mensintesis dan mengarakterisasi polimer bercetakan molekul menggunakan monomer dan pengikat silang melalui polimerisasi presipitasi. Tujuan utamanya adalah menghasilkan MIP Alizarin Red S, yang akan berfungsi sebagai adsorben dalam metode SPE. Setelah mendapatkan material MIP, langkah selanjutnya adalah mengkarakterisasi morfologi permukaannya menggunakan SEM, menganalisis komposisi unsur penyusunnya melalui EDS, menentukan gugus fungsi yang terlibat dalam sintesis MIP dengan FTIR, dan mengukur luas permukaan, volume, dan diameter pori menggunakan SAA. Selain itu, kemampuan MIP untuk menangkap senyawa Alizarin Red S akan dievaluasi secara kualitatif dan kuantitatif.

1.2 Rumusan Masalah

salah dalam penelitian ini adalah:

sintesis dan karakterisasi polimer bercetakan molekul ARS nakan monomer metakrilamida (MAM) dan pengikat silang netakrilat (TRIM) melalui metode polimerisasi presipitasi?

el kinetika adsorpsi yang sesuai untuk polimer bercetakan Red S (ARS) berdasarkan pengaruh variasi waktu?

Optimized using
trial version
www.balesio.com

3. bagaimana kapasitas adsorpsi yang sesuai untuk polimer bercetakan molekul Alizarin Red S (ARS) berdasarkan pengaruh variasi konsentrasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. menyintesis dan mengarakterisasi polimer bercetakan molekul ARS yang disintesis menggunakan monomer metakrilamida (MAM) dan pengikat silang trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) melalui metode polimerisasi presipitasi.
2. menganalisis model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk polimer bercetakan molekul ARS berdasarkan pengaruh variasi waktu.
3. menentukan kapasitas adsorpsi yang sesuai untuk polimer bercetakan molekul ARS berdasarkan pengaruh variasi konsentrasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu berguna sebagai bahan informasi mengenai sintesis dan karakterisasi polimer bercetakan molekul dengan menggunakan monomer metakrilamida dan pengikat silang trimetilpropan trimetakrilat sebagai adsorben senyawa Alizarin Red S, serta dapat menjadi acuan dalam penen model kinetika dan kapasitas adsorpsi berdasarkan pengaruh waktu dan konsent

Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB II
METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Alizarin Red S, metakliratamida 99% (MAM) (Sigma Aldrich), Trimetilpropan Trimetakrilat (TRIM) (Sigma Aldrich), 2,2-azobisisobutironitril 75% (AIBN) (Sigma Aldrich), metanol p.a (Supelco), asam asetat p.a (Supelco), asam klorida p.a (Supelco), natrium hidroksida (Supelco), gas nitrogen (PT SII (Surya Indotim Imex)), kertas Whattman no.42, *aluminium foil*, tisu, *plastic wrap* dan akuades.

2.2 Alat Penelitian

Desikator, labu semprot*, shaker*, *water bath*, sonikator, oven (SPNI 505 FD), botol, micropipet (10-100 μL dan 100-1000μL), cawan petri, neraca analitik (Ohaus), pipet tetes, statif, klem, *bulb*, batang pengaduk, spatula, serangkaian alat gelas kaca, spektrofotometer *Ultra Violet Visible* (UV-Vis) (Shimadzu UV-2600), spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (Shimadzu, IR Prestige 21), *Survace Area Analyzer* (SAA) (Altamira, Miceo200), Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive Spectorscop (EDS) (JOEL, JSM-6510 LA).

2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-November 2024 di Laboratorium Kimia Fisika, Laboratorium Kimia Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Sintesis MIP dan NIP (Xue et al., 2022 ; Hashemi et al., 2018)

Moleculary Inprinted Polymer (MIP) disintesis dengan menggunakan metode polimerisasi prespitasi sebagai berikut: 0,1711 g ARS (0,5 mmol) sebagai molekul target (templet), 0,1702 g MAM (2 mmol) sebagai monomer fungsional, dan 6,4900 mL TRIM (20 mmol) sebagai pengikat silang dilarutkan dalam 5 mL metanol di dalam labu alas bulat 50 mL dan didiamkan selama 5 menit. Campuran kemudian disonikasi selama 10 menit kemudian dialiri gas nitrogen selama 10 menit, dan ditambahkan 1 mL AIBN (1 mmol) sebagai inisiator. Campuran kemudian disonikasi kembali selama 10 menit dan dialari kembali dengan gas nitrogen selama 5 menit. Setelah proses pembersihan dengan gas nitrogen, campuran ditutup rapat dengan aluminium foil
u dipolimerisasi selama 24 jam dalam *water bath* pada suhu
rbentuk kemudian diambil dan dipanaskan dalam oven selama
50°C. Padatan dicuci dengan menggunakan akuades dan
ilangkan reagen yang tidak bereaksi. Polimer yang telah dicuci
RS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$. Selanjutnya, polimer diekstraksi untuk
dari polimer tersebut melalui pencucian dengan asam asetat 2
berwarna. Pencucian diulangi dengan menggunakan metanol

Optimized using
trial version
www.balesio.com

yang mengandung 10% (v/v) asam asetat sampai padatan dan cairan tidak berwarna. Padatan tersebut akhirnya dicuci dengan metanol sebanyak tiga kali dan dikeringkan dalam desikator. Polimer yang didapatkan diberi nama MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$. *Non Inprinted Polymers* (NIP) disintesis dengan prosedur yang sama seperti MIP, namun tanpa menggunakan molekul cetakan. Polimer yang dihasilkan kemudian diberi nama NIP_MAM-*co*-TRIM.

2.4.2 Karakterisasi MIP dan NIP

Karakterisasi MIP dan NIP yang dihasilkan dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan instrumen SEM-EDS, FTIR, dan SAA.

2.4.2.1 Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan SEM-EDS

Material MIP dan NIP yang telah dipreparasi dengan cara dipotong dan dilapisi dengan lapisan konduktor, kemudian morfologi permukaannya dan distribusi atomnya ditentukan dengan menggunakan instrumen SEM-EDS.

2.4.2.2 Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan FTIR

Materal MIP dan NIP dipreparasi dengan mencampurkan masing-masing polimer dan bubuk KBr dengan perbandingan 1:10 hingga merata. Kemudian, campuran tersebut ditempatkan di dalam cetakan pelet kemudian ditekan dengan alat mekanik selama beberapa menit. Pelet kemudian dimasukkan ke dalam plat KBr kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer FTIR. Instrumen dijalankan pada bilangan gelombang 4000-340 cm^{-1} menggunakan resolusi 4 dan jumlah *scan* 300 detik.

2.4.2.3 Karakterisasi MIP Menggunakan SAA

Material MIP yang telah diekstraksi dipreparasi dengan menghilangkan gas-gas yang terperangkap pada permukaannya (*degassing*). Selanjutnya, sampel tersebut dianalisis luas permukaan, volume pori, dan distribusi ukuran pori menggunakan instrumen SAA.

2.4.3 Pembuatan Larutan Standar ARS (Al-Salihi dan Alfatlawi, 2021)

Zat warna ARS ditimbang sebanyak 0,1 g dan dilarutkan dengan sedikit akuades. Selanjutnya larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL diencerkan hingga tanda batas, sehingga didapatkan larutan induk 1000 mg/L. Larutan kemudian dipipet sebanyak 0,1 mL dan diencerkan ke labu 100 mL sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 100 mg/L.

...njang Gelombang Maksimum ARS (Al-Salihi dan Alfatlawi,

...apkan dengan membuat variasi konsentrasi 2, 4, 8, 16 dan ...utan standar diukur absorbansinya dengan menggunakan

Optimized using
trial version
www.balesio.com

spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 450-550 mg/L sehingga didapatkan panjang gelombang masksimum dari ARS.

2.4.5 Uji Kemampuan Adsorpsi Polimer MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ & NIP_ARS_MAM-*co*-TRIM (Khapre dan Jugade, 2020; Nodehi et al., 2022)

Material MIP dan NIP masing-masing dimasukkan ke dalam botol vial sebanyak 0,3 g dan ditambahkan 10 mL larutan ARS 50 mg/L ditambahkan ke dalam setiap botol vial. Campuran kemudian diaduk dengan menggunakan alat *shaker* selama 60 menit pada suhu ruang. Campuran kemudian disaring dan konsentrasi ARS dalam filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (512 nm).

2.4.5.1 Pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ (Tagyan et al., 2023)

Larutan standar ARS 10 mg/L dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 0,3 g dimasukkan ke dalam 7 botol vial. Selanjutnya campuran diaduk menggunakan alat shaker dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 200 menit pada suhu ruang. Campuran kemudian disaring, konsentrasi ARS dalam filtrat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (512 nm).

2.4.5.2 Pengaruh konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ (Nodehi et al., 2022)

Larutan standar ARS 10 mg/L dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ 0,3 g dimasukkan ke dalam 5 botol vial. Selanjutnya campuran diaduk menggunakan alat shaker dengan variasi konsentrasi 50, 100, 200, 300, dan 400 mg/L pada waktu optimum pada kondisi pH netral, asam dan basa. pH larutan diatur menggunakan asam klorida 0,1 M dan natrium hidroksida 0,1 M dan diukur menggunakan pH meter. Campuran disaring dan konsentrasi ARS dalam filtrat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (512 nm).

2.4.6 Penentuan kinetika adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ (Liu et al., 2021; Qodim, 2022)

Kinetika adsorpsi dapat ditentukan dari data pengaruh waktu terhadap jumlah ARS yang diadsorpsi dengan menggunakan persamaan orde satu semu dan persamaan orde dua semu. Persamaan orde satu semu dapat dilihat pada persamaan (1) dan ... semu dapat dilihat pada persamaan (2)

$$\frac{dq_t}{d_t} = k_1 (q_e - q_t) \quad (1)$$

$$\frac{dq_t}{d_t} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (2)$$

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Keterangan:
q_t = Jumlah adsorbat yang teradsorpsi (mg/g)
q_e = Kapasitas adsorpsi kesetimbangan (mg/g)
k_1 = Konstanta orde satu semu ($menit^{-1}$)
k_2 = Konstanta orde dua semu ($menit^{-1}$)
t = waktu kontak (menit)

2.4.7 Penentuan kapasitas adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ (Liu et al., 2021; Yang et al., 2018; Miri dan Narimo, 2022)

Kapasitas adsorpsi dapat dianalisis dari data pengaruh konsentrasi dengan menggunakan persamaan isotermal adsorpsi Freundlich dan Langmuir. Persamaan isotermal adsorpsi Freundlich dan Langmuir dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{C_e}{q_m} \qquad (3)$$

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \qquad (4)$$

Keterangan:
C_e = Konsentrasi saat setimbang dalam larutan (mg/L)
q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)
q_e = Jumlah zat teradsorpsi saat kesetimbangan (mg/g)
K_L = Kapasitas adsorpsi Langmuir (L/mg)
K_F = Kapasitas adsorpsi Freundlich (mg/g)
1/n = Faktor heterogenitas

Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB III
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sintesis MIP dan NIP

Sintesis MIP yang berhasil dilakukan dengan metode polimerisasi presipitasi menghasilkan padatan halus berwarna merah yang dapat dilihat pada Gambar 1.

(a) (b)

Gambar 1. Material (a) MIP yang belum diekstrak dan (b) MIP yang telah diekstrak

Sintesis MIP menghasilkan padatan berwarna merah. Warna merah ini berasal dari molekul cetakan ARS yang berikatan dengan matriks polimer selama proses polimerisasi. Setelah molekul cetakan diekstrak, MIP menunjukkan perubahan warna menjadi putih. Berdasarkan Gambar 1, material MIP yang belum diekstrak berwarna merah menandakan keberadaan molekul cetakan ARS dan MIP yang telah diekstrak berwarna putih yang menandakan bahwa molekul cetakan ARS telah berhasil diekstrak keluar dari MIP. Sampel ARS yang telah diekstrak dari polimer selanjutnya diuji secara kualitatif. Alat yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 512,5 nm. Hasil uji terhadap ekstrak yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1.

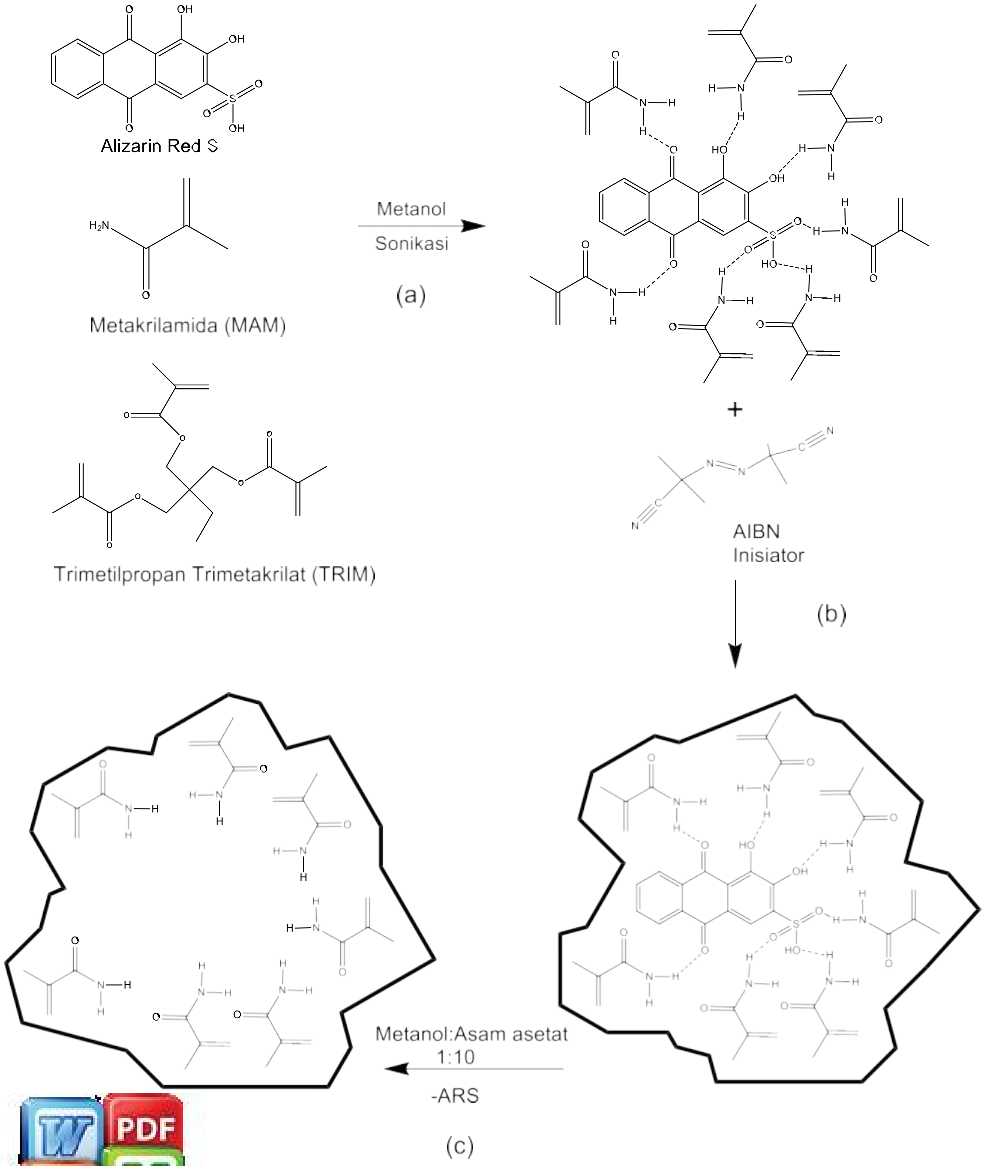
Tabel 1. Uji kualitatif senyawa ARS yang telah diekstraksi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 512,5 nm

Ekstrak	Absorbansi
ARS A	0,572
ARS B	0,343
ARS C	0,218
ARS D	0,194
ARS E	0,136
ARS F	0,064
S G	0,016

kkan adanya penurunan nilai absorbansi pada setiap pengujian ıcapai nilai absorbansi sebesar 0,016. Menurut hukum Beer- suatu larutan berbanding lurus dengan konsentrasi zat yang ɛrdasarkan Tabel 1, penurunan nilai absorbansi ini menandakan ıtrasi ARS yang telah diekstrak dari MIP. Nilai absorbansi akhir

Optimized using
trial version
www.balesio.com

yang sangat rendah, yaitu 0,016 mengindikasikan bahwa proses ekstraksi molekul cetakan ARS berlangsung efisien meskipun sejumlah kecil molekul cetakan ARS masih berada dalam matriks polimer. Hal ini karena sejumlah kecil molekul cetakan ARS membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan monomer fungsional sehingga sulit terlarut dalam pelarut ekstraksi. Penggambaran setiap tahap sintesis dapat dilihat pada Gambar 2.



reaksi sintesis MIP_ARS_MAM-co-TRIM, (a) tahap pra-
erisasi, (b) tahap polimerisasi, dan (c) tahap ekstraksi

njukkan proses polimerisasi yang dimulai dengan tahap pra-
terjadi pembentukan ikatan hidrogen secara nonkovalen antara

Optimized using
trial version
www.balesio.com

monomer MAM dengan molekul cetakan ARS dalam pelarut metanol. Kemudian, pada tahap polimerisasi campuran tersebut dialiri gas nitrogen selama 10 menit sebelum ditambahkan inisiator AIBN. Aliran gas nitrogen bertujuan untuk menghilangkan gas oksigen yang ada dalam larutan karena gas tersebut dapat mengganggu proses polimerisasi. Gas oksigen yang dihilangkan bukan berasal dari penyusun matriks polimer melainkan dari pelarut metanol yang digunakan dalam proses sintesis dan gas oksigen di dalam labu alas bulat. Gas oksigen ini adalah inhibitor yang bersifat diradikal karena memiliki dua elektron tidak berpasangan dalam orbital molekulnya sehingga dapat bereaksi dengan radikal lainnya membentuk produk samping yang tidak diinginkan. Setelah gas oksigen dihilangkan, inisiator AIBN ditambahkan ke dalam campuran dan disonikasi selama 10 menit. Proses ini membuat monomer MAM dan pengikat silang TRIM akan membentuk matriks polimer dengan bantuan inisiator AIBN (Jupri et al., 2022).

Campuran yang telah disonikasi dialiri kembali gas nitrogen dan campuran akan melewati proses polimerisasi selama 24 jam dalam *water bath* pada suhu 65°C. Pada tahap ini terjadi polimerisasi adisi yang ditandai dengan adanya perubahan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal setelah ditambahkan inisiator AIBN yang mengubah monomer MAM menjadi molekul radikal. Molekul radikal ini akan mengalami tahap perpanjangan rantai atau propagasi. Setelah itu, polimerisasi akan memasuki tahap akhir atau terminasi, yaitu tahap proses polimerisasi berhenti. Tahap terminasi adalah proses akhir polimerisasi yang ditandai dengan terbentuknya padatan berwarna merah (Chrisnandari et al., 2018).

3.2 Karakterisasi MIP dan NIP

3.2.1 Karakterisasi MIP dan NIP dengan Menggunakan EDS

Analisis EDS dilakukan untuk mengetahui unsur penyusun utama dari sampel polimer, yaitu MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan NIP_MAM-*co*-TRIM. Penyusun utama untuk MIP dan NIP yang dianalisis antara lain atom Hidrogen (H), Karbon (C), Nitrogen (N), dan Oksigen (O). Namun, atom Sulfur (S) pada molekul cetakan ARS dan atom Hidrogen (H) tidak dapat terdeteksi oleh alat. Hal ini karena molekul cetakan ARS hanya memiliki satu atom S sehingga konsentrasi atom S sangat rendah, serta atom H memiliki nomor atom yang sangat rendah sehingga sinar-X yang dipancarkan berada di luar rentang deteksi instrumen. Data hasil analisis untuk EDS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase massa dan atom dari C, N, dan O dalam NIP_MAM-co-TRIM, MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$, dan MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(BE)}$

Unsur	%Massa			%Atom		
	NIP	MIP$_{(TE)}$	MIP$_{(BE)}$	NIP	MIP$_{(TE)}$	MIP$_{(BE)}$
C	65,95	63,78	66,79	72,20	71,91	72,95
[illegible]	[illegible]	21,94	17,37	14,03	14,32	17,59
[illegible]	[illegible]	14,28	15,84	13,77	13,77	9,46

[illegible] tom C dari MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ memiliki nilai sebesar [illegible] bih kecil dibanding MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ yaitu 72,95%. [illegible] leh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ yang masih memiliki molekul [illegible] diekstrak keluar dari polimer. ARS yang merupakan molekul

Optimized using
trial version
www.balesio.com

cetakan memiliki rumus molekul $C_{14}H_7NaO_7S$ (Balji dan Kumar, 2022), yang menunjukkan bahwa ARS kaya akan atom C dan juga mengandung atom O sehingga kontribusi atom C dari ARS akan menambah total persentase atom C yang terdeteksi oleh instrumen EDS. Hal ini menyebabkan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ memiliki persentase atom C yang lebih tinggi dibandingkan dengan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$. Massa atom C pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ mengalami penurunan terhadap MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ dengan selisih sebesar 3,01% yang menunjukkan bahwa molekul cetakan ARS telah diekstrak keluar dari polimer. Persentase hilangnya atom C terbilang cukup kecil karena atom C pada molekul cetakan ARS lebih sedikit dibandingkan atom C pada matriks polimer yang terbentuk antara monomer MAM dan pengikat silang TRIM.

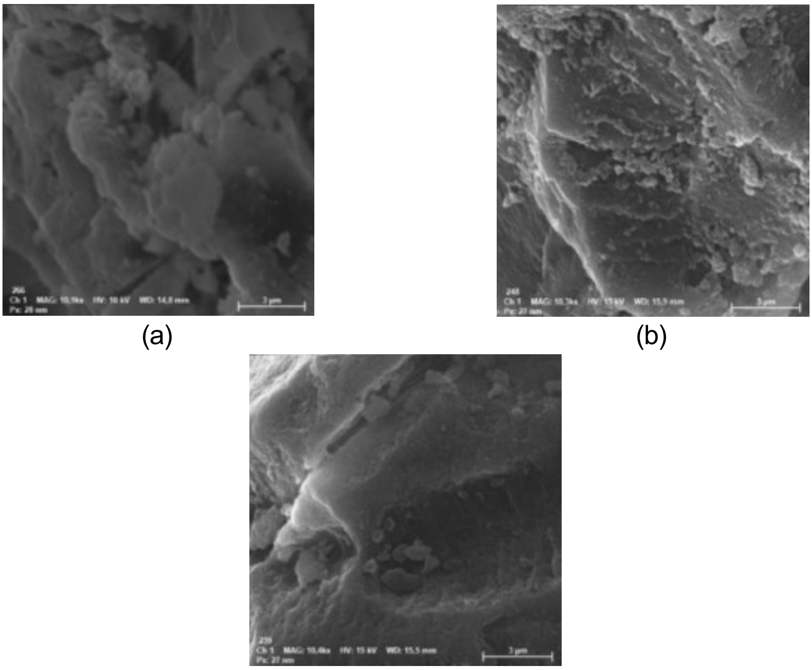
Persentase atom O dari MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ memiliki nilai sebesar 13,77%, nilai yang lebih besar dibanding MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ yaitu 9,46%. Hal ini karena MIP tersusun dari monomer dan pengikat silang yang mengandung atom O dari gugus amida dan ester. Meskipun molekul cetakan ARS juga mengandung atom O, jumlah atom C dalam ARS jauh lebih banyak dibandingkan atom O. Ketika molekul ARS diekstraksi, terjadi pengurangan pada total jumlah atom C yang mengakibatkan persentase relatif dari unsur-unsur lain yang ada dalam matriks polimer, seperti oksigen dan nitrogen, akan meningkat secara proporsional ketika data dinormalisasi menjadi 100% dengan instrumen EDS. Oleh karena itu, persentase atom C dari ARS berkurang sehingga persentase atom O dan N yang merupakan struktur polimer menjadi lebih dominan secara relatif dalam analisis komposisi unsur.

Massa atom N pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ sebesar 17,37%, sedangkan pada NIP_MAM-*co*-TRIM sebesar 20,30%. Perbedaan yang cukup kecil ini dapat dijelaskan oleh komposisi relatif antara MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ dan NIP_MAM-*co*-TRIM. Pada NIP_MAM-*co*-TRIM tidak terjadi proses *inprinting* pada molekul cetakan yang mengandung banyak atom C. Keberadaan molekul cetakan ARS dalam MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ meningkatkan jumlah atom C sehingga persentase atom N yang hanya berasal dari monomer MAM lebih rendah pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ ketika data instrumen EDS dinormalisasi menjadi 100% dari total unsur yang terdeteksi. Massa atom N pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ memiliki persentase yang lebih besar, yaitu 21,94%. Peningkatan ini merupakan cerminan pergeseran komposisi stoikiometris rata-rata material. Saat ARS yang memiliki komposisi atom C yang tinggi dan tidak mengandung nitrogen telah diekstraksi, persentase relatif atom N dari gugus amida pada monomer MAM dan oksigen dari monomer MAM dan pengikat silang TRIM secara proporsional meningkat dalam analisis EDS yang dinormalisasi. Ini menunjukkan bahwa atom N, yang merupakan penyusun dari kerangka MIP, menjadi lebih dominan secara
omposisi yang terdeteksi menjadi lebih tinggi.

lengan Menggunakan SEM

‹an untuk melihat morfologi permukaan dari sampel polimer.
akan diuji yaitu MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, MIP_ARS_MAM-
_MAM-*co*-TRIM yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Optimized using
trial version
www.balesio.com



(a) (b)

(c)

Gambar 3. Morfologi permukaan dengan perbesaran 10000× untuk (a) MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(BE)}$, (b) MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$ dan (c) NIP_MAM-co-TRIM

Morfologi permukaan ketiga sampel polimer yang dianalisis menampilkan keadaan permukaan dengan ukuran padatan, kerapatan, dan tekstur yang berbeda-beda. Morfologi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ dan NIP_MAM-*co*-TRIM memperlihatkan tekstur yang halus dan lebih rapat. Keduanya juga memiliki pori-pori yang cukup kecil. NIP_MAM-*co*-TRIM memiliki morfologi permukaan yang lebih seragam dibandingkan dengan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$. Hal ini terjadi karena NIP_MAM-*co*-TRIM tidak mengalami proses *inprinting*, sehingga mengakibatkan luas permukaan yang lebih kecil untuk berinteraksi dengan molekul target dan memengaruhi efisiensi NIP_MAM-*co*-TRIM dalam mengikat molekul. NIP_MAM-*co*-TRIM tidak memiliki pori-pori spesifik sehingga polimer ini tidak efektif dalam mengenali molekul target secara menyeluruh. MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ tidak mengalami proses ekstraksi molekul cetakan ARS, sehingga morfologi permukaannya cukup halus dan rapat karena molekul cetakannya masih berada di dalam polimer. Sedangkan pada MIP_ARS_MAM-*co*-
TRIM ... ıng menyatu karena molekul cetakannya telah diekstrak keluar
... i menyebabkan terbentuknya pori-pori spesifik yang dapat
... get (Jupri et al., 2022).

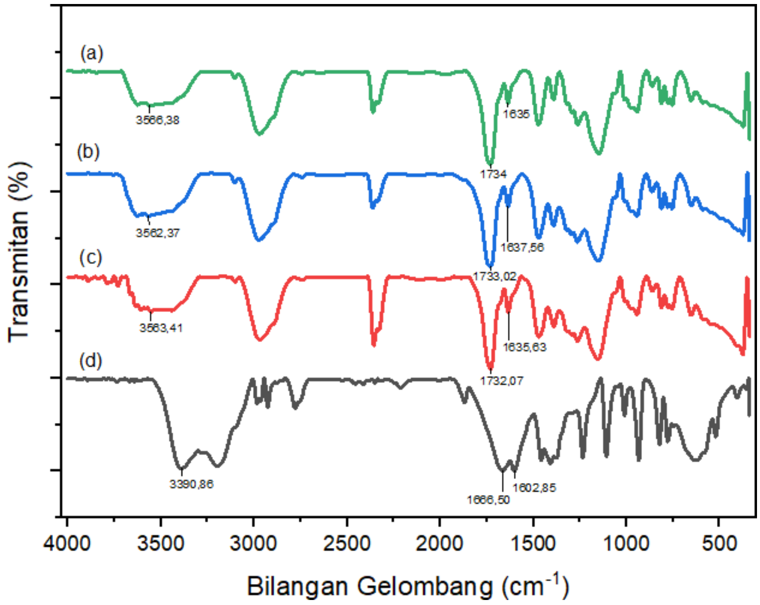
... -*co*-TRIM$_{(TE)}$ terlihat memiliki morfologi permukaan yang lebih
... ı yang tertumpuk serta berpori. Hal ini disebabkan oleh proses
... takan ARS yang telah dilakukan pada MIP_ARS_MAM-*co*-
... es ekstraksi ini, molekul cetakan ARS akan dihilangkan dari

Optimized using
trial version
www.balesio.com

matriks polimer, sehingga terbentuk rongga spesifik pada MIP. Hal ini bertujuan untuk membuat suatu “cetakan” atau rongga yang mempunyai bentuk yang sesuai untuk mengikat kembali molekul ARS sebagai molekul target.

3.2.3 Karakterisasi dengan Menggunakan FTIR

Analisis FTIR bertujuan untuk melihat keberhasilan proses sintesis yang dapat ditinjau dari gugus fungsi yang berpengaruh selama pembentukan MIP dan NIP yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum FTIR (a) NIP_MAM-*co*-TRIM, (b) MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, (c) MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, dan (d) Monomer MAM

Gugus fungsi yang turut mempengaruhi pembentukan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan NIP_MAM-*co*-TRIM dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data bilangan gelombang analisis FTIR untuk NIP_MAM-*co*-TRIM, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$, dan Monomer MAM

Gugus Fungsi	**Bilangan Gelombang (cm^{-1})**			
	NIP_ MAM-*co*-TRIM	**MIP_ARS_ MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$**	**MIP_ARS_ MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$**	**Monomer MAM**
[illegible]	3566,38	3562,37	3563,41	3390,86
[illegible]	1734	1733,02	1732,07	1666,50
[illegible]	1635	1637,56	1635,63	1602,85

[illegible] ukan polimer melibatkan interaksi antara monomer MAM dan [illegible] menyebabkan penyerepan dari gugus fungsi yang dimiliki oleh [illegible] ami pergeseran bilangan gelombang. Pada Tabel 3, spektrum [illegible] unjukkan adanya gugus amina (-NH) yang kuat, yaitu pada

Optimized using trial version www.balesio.com

3390,86 cm^{-1}. Spektrum NIP_MAM-*co*-TRIM, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ juga menunjukkan adanya gugus amina yang cukup kuat, tetapi mengalami pergeseran bilangan gelombang akibat dari interaksi antara monomer MAM dengan pengikat silang TRIM. Nilai bilangan gelombang MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ lebih kecil dibanding MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$. Hal ini disebabkan oleh pemutusan ikatan -NH pada polimer dengan cetakan ARS.

Gugus karbonil (-C=O) pada NIP_MAM-*co*-TRIM, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ juga mengalami pergeseran bilangan gelombang yang lebih besar dibandingkan dengan monomer MAM. Hal ini terjadi karena terbentuknya ikatan hidrogen antara gugus amina (-NH) pada monomer MAM dengan gugus karbonil (-C=O) pada ARS sehingga menyebabkan pergeseran nilai bilangan gelombang yang cukup signifikan.

Gugus metakrilat (-C=C) pada NIP_MAM-*co*-TRIM, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ mengalami pergeseran bilangan gelombang yang cukup besar dibandingkan dengan monomer MAM. Hal ini disebabkan oleh inisiator yang memutus ikatan rangkap dua pada monomer dan pengikat silang melalui reaksi polimerisasi radikal bebas, lalu membentuk matriks polimer dari ikatan antara monomer dan pengikat silang. Berdasarkan data spektrum FTIR yang didapatkan, gugus fungsi terdapat dalam NIP_MAM-*co*-TRIM, MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ yaitu gugus amina (-NH), karbonil (-C=O), dan metakrilat (-C=C).

Perbedaan karakter antara MIP dan NIP serta bukti keberhasilan ekstraksi ARS terletak pada deteksi gugus fungsi spesifik dari ARS. Pada gambar spektrum dari MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ terlihat adanya puncak serapan yang khas dari ARS, seperti gugus -C=C aromatik dari ini antrakuinon di sekitar 1600-1500 cm^{-1}. Adanya puncak ini pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ menandakan bahwa molekul cetakan ARS telah berikatan dengan matriks polimer selama sintesis. Sedangkan, pada gambar spektrum NIP dan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, puncak serapan karakteristik ARS tidak setajam MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(BE)}$ yang menunjukkan bahwa keberadaan molekul cetakan ARS tidak terdeteksi.

3.2.4 Karakterisasi dengan Menggunakan SAA

Analisis SAA bertujuan untuk menentukan luas permukaan spesifik, volume dan diameter pori dari MIP dengan menggunakan metode *Barret-Joyner-Hallenda* (BJH). Pengukuran didasarkan pada data adsorpsi isotermal pada suhu 77,3 K. Hasil pengukuran luas permukaan, volume dan diameter pori dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil karakterisasi dengan menggunakan SAA

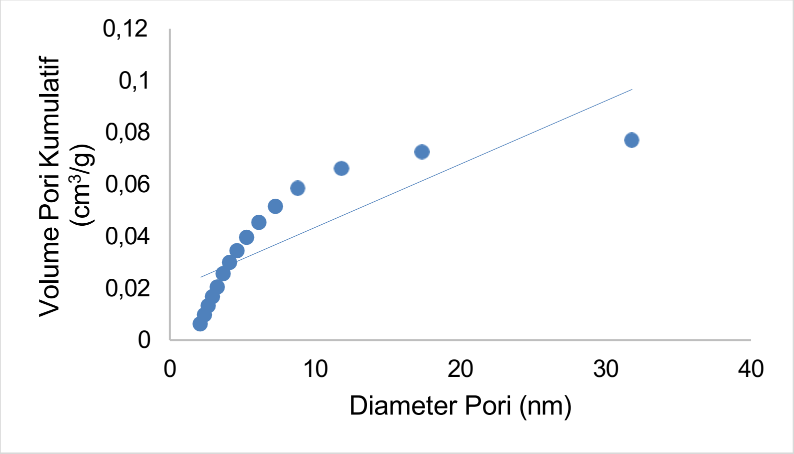
Sampel	Luas Permukaan (m^2/g)	Total Volume Pori (cm^3/g)	Radius Pori Rata-Rata (nm)
[illegible]	60,01	0,08	5,25

... yang teradsorpsi oleh sampel MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ ...ungan diameter pori dan volume pori. Berdasarkan Tabel 4, ...TRIM$_{(TE)}$ memiliki luas permukaan 60,01 m^2/g. Menurut ...2018), MIP umumnya memiliki luas permukaan berkisar antara ...uas permukaan yang didapatkan untuk MIP_ARS_MAM-*co*-

Optimized using
trial version
www.balesio.com

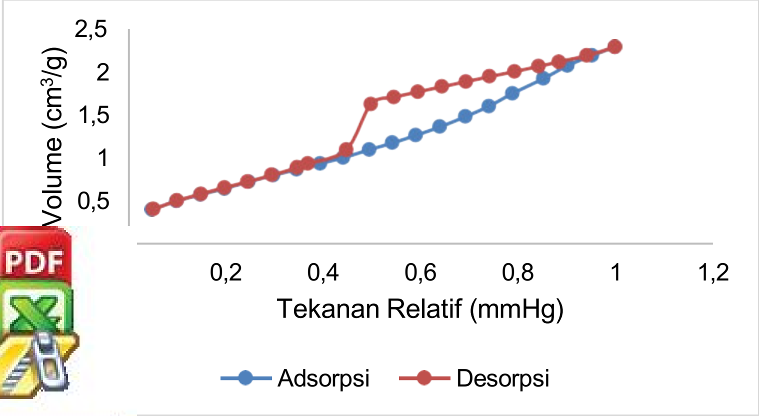
TRIM$_{(TE)}$ tidak termasuk ke dalam rentang luas permukaan dari MIP yang baik. Hal ini bisa terjadi karena kondisi MIP yang kurang baik setelah proses sintesis dilakukan. Total volume pori dari MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ adalah 0,08 cm^3/g dan radius pori rata-ratanya adalah 5,25 nm.

Menurut Chrisnandari et al., (2018), semakin kecil ukuran pori maka semakin meningkat kemampuan sisi pengenal untuk berikatan dengan *template*. Hal ini juga didukung dengan penggolongan ukuran pori oleh IUPAC, yaitu makropori (ukuran pori > 50 nm), mesopori (ukuran pori antara 2-50 nm), dan mikropori (ukuran pori < 2 nm) (Jupri et al., 2022). Berdasarkan nilai radius pori rata-rata yang didapatkan, MIP yang disintesis termasuk dalam material mesopori dengan ukuran pori sebesar 5,25 nm. Distribusi pori dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan diameter pori terhadap volume N_2 yang teradsorpsi

Gambar 5 menunjukkan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ memiliki variasi diameter pori dari 2,12 nm hingga 31,83 nm. Pori terkecil dari MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ dengan diameter 2,12 nm dapat menyerap gas N_2 sebanyak 0,01 cm^3/g, sedangkan pori terbesarnya dengan diameter 31,83 nm menyerap gas N_2 sebanyak 0,1 cm^3/g. Pola adsorpsi gas N_2 pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ dapat dilihat melalui grafik isoterm pada Gambar 6.



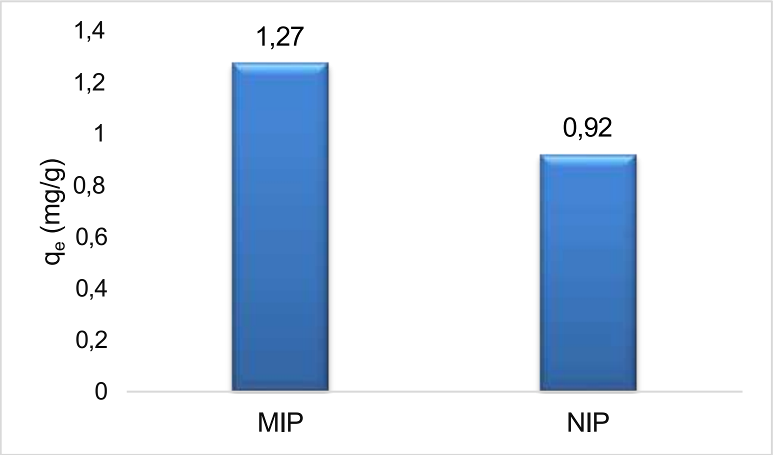
soterm adsorpsi N_2 pada MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan antara tekanan relatif terhadap volume N_2 yang terserap MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$. Pada kurva yang menunjukkan proses adsorpsi, volume meningkat seiring dengan naiknya tekanan relatif. Sedangkan pada kurva yang menunjukkan proses desorpsi, volume menurun seiring dengan turunnya tekanan relatif. Kondisi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ pada tekanan tertinggi, yaitu 0,99 atm dapat menyerap N_2 sebesar 2,29 cm^3/g. Isoterm adsorpsi memiliki *hysteresis* (kurva adsorpsi tidak berimpit dengan kurva desorpsi) yang menunjukkan bahwa MIP yang diperoleh merupakan material mesopori yang didukung oleh data ukuran pori.

3.3 Uji Kemampuan Adsorpsi Polimer MIP dan NIP

Hasil sintesis MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ dan NIP_MAM-*co*-TRIM diuji kemampuan adsorpsinya. Kemampuan adsorpsi dari polimer yang baik dapat dilihat dari perbandingan jumlah ARS yang teradsorpsi oleh material MIP dan NIP. Jumlah ARS yang teradsorpsi pada polimer dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP dan NIP

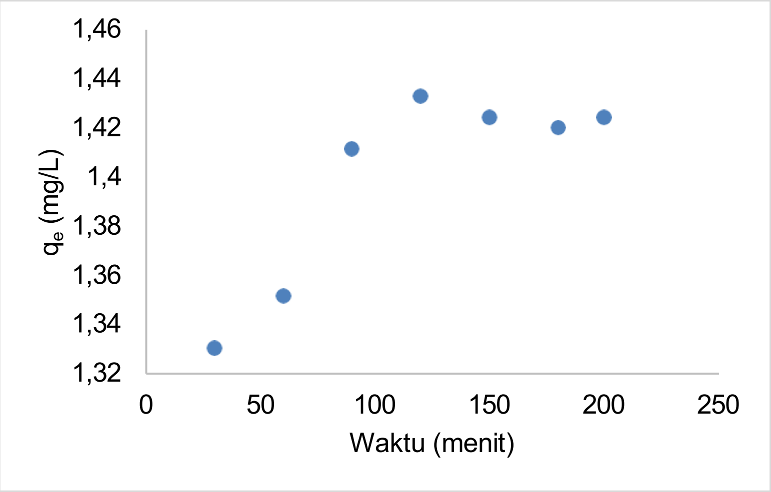
Gambar 7 menunjukkan bahwa MIP memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan NIP. MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ sebesar 1,27 mg/g dan NIP_MAM-*co*-TRIM sebesar 0,92 mg/g dengan selisih sebesar 0,35 mg/g. Meskipun kinerja adsorpsi MIP lebih baik dari NIP, optimasi untuk berbagai parameter adsorpsi seperti waktu kontak, variasi kosentrasi dan pH perlu dilakukan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi yang maksimal.

...ktu Kontak Terhadap Adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-

...hadap adsorpsi ARS oleh MIP dapat dilihat pada Gambar 8. ...adsorpsi dengan bertambahnya waktu kontak hingga mencapai ... Penambahan waktu setelah mencapai adsorpsi maksimum ...mpuan adsorpsi cenderung menurun, hal ini disebabkan oleh

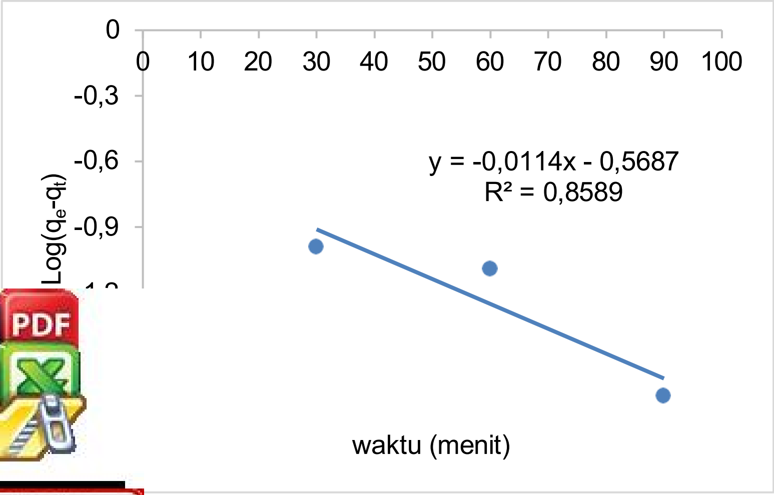
Optimized using
trial version
www.balesio.com

MIP yang telah jenuh oleh ARS (Jupri et al., 2022). MIP yang telah jenuh dengan ARS akan mengalami desorpsi ARS, kemudian mengadsorpsi kembali ARS pada menit ke 200. Hal ini terlihat dari adanya peningkatan nilai q_e pada menit tersebut, namun nilainya tidak jauh berbeda dari nilai q_e pada waktu sebelumnya.



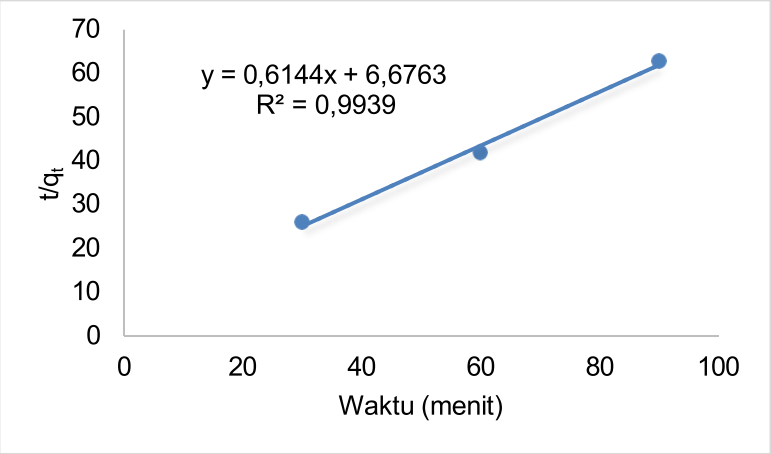
Gambar 8. Pengaruh waktu terhadap jumlah ARS yang diadsorpsi oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$

Gambar 8 menunjukkan bahwa waktu optimum yang diperlukan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ untuk dapat mengadsorpsi ARS adalah 120 menit dengan jumlah ARS yang teradsorpsi sebanyak 1,43 mg/g (Lampiran 2). Waktu adalah variabel penting dalam menentukan kemampuan adsorpsi oleh MIP. Data hasil penelitian berdasarkan pengaruh waktu selanjutnya dianalisis dengan menggunakan model kinetika adsorpsi melalui persamaan orde satu semu dan orde dua semu.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

netika adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ orde satu semu



Gambar 10. Kurva kinetika adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ orde dua semu

Gambar 9 menunjukkan kurva menggunakan model kinetika orde satu semu dan Gambar 10 menunjukkan kurva menggunakan model kinetika orde dua semu yang masing-masing adalah kurva hubungan log (q_e – q_t) vs t dan kurva hubungan t/q_t vs t untuk adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$. Koefisien korelasi regresi linier (R^2) dari kurva yang diperoleh akan menjadi parameter kesesuaian dari model kinetika adsorpsi orde satu semu dan orde dua semu. Nilai R^2, K_1 (tetapan kinetika orde satu semu), K_2 (tetapan kinetika orde dua semu), q_e hasil perhitungan dan hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data parameter kinetika adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$ berdasarkan persamaan kinetika orde satu semu dan kinetika orde dua semu

Jenis MIP	**q_e (mg/g)**			**Tetapan Laju (g/(menit.mg))**		**R^2**	
	Orde 1 semu	**Orde 2 semu**	**Eksperimen**	**K_1**	**K_2**	**Orde 1 semu**	**Orde 2 semu**
MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$	0,03	1,47	1,43	-0,02	0,16	0,57	0,99

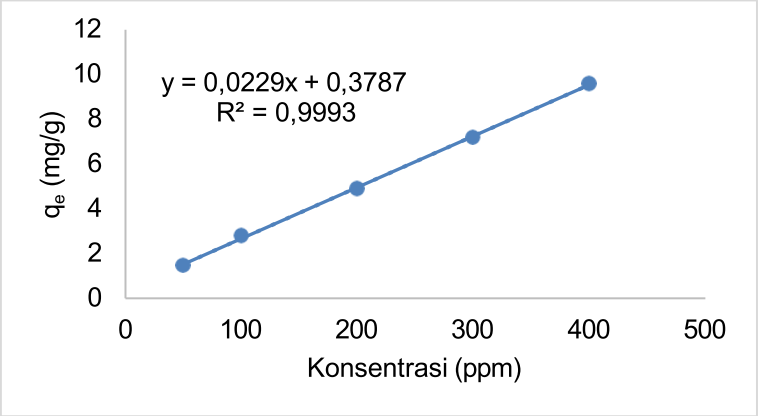
Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ mengikuti model kinetika orde dua semu. Koefisien determinasi (R^2) pada model orde dua sangat tinggi, mendekati nilai 1 (0,99), sementara pada model orde satu semu jauh lebih rendah (0,57). Nilai koefisien determinasi yang paling mendekati nilai satu merupakan model yang sesuai atau tepat untuk menggambarkan proses adsorpsi (Aulia dan Mu'min, 2021). Adapun nilai konstanta (K) orde dua semu, yaitu 0,16 g/menit.g, lebih besar ıtu semu, yaitu -0,02 g/menit.g.

sentrasi Terhadap Adsorpsi ARS oleh MIP_ARS-MAM-*co*-

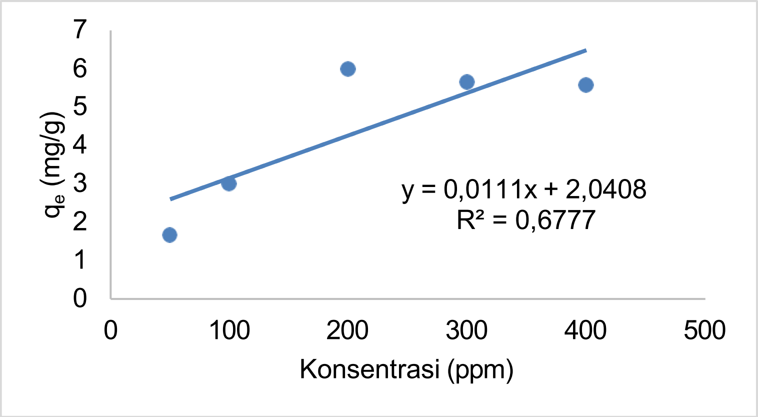
si terhadap adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ endapatkan waktu optimum adsorpsi ARS. Hubungan antara

Optimized using
trial version
www.balesio.com

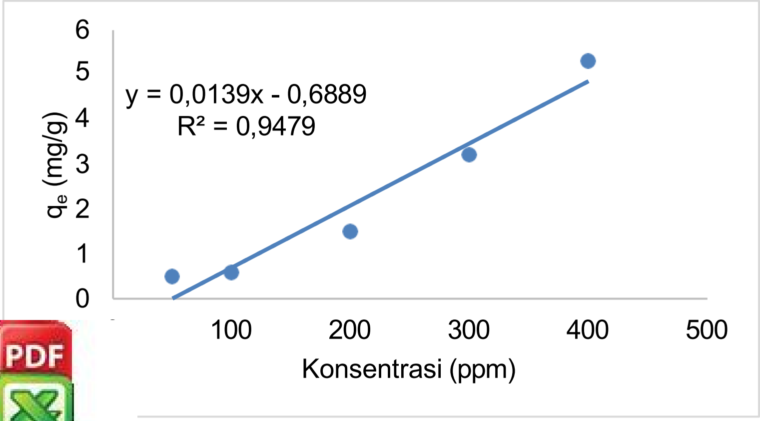
jumlah ARS yang teradsorpsi oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ dengan variasi konsentrasi pada pH netral, asam dan basa dapat dilihat pada Gambar 10.



(a)



(b)



(c)

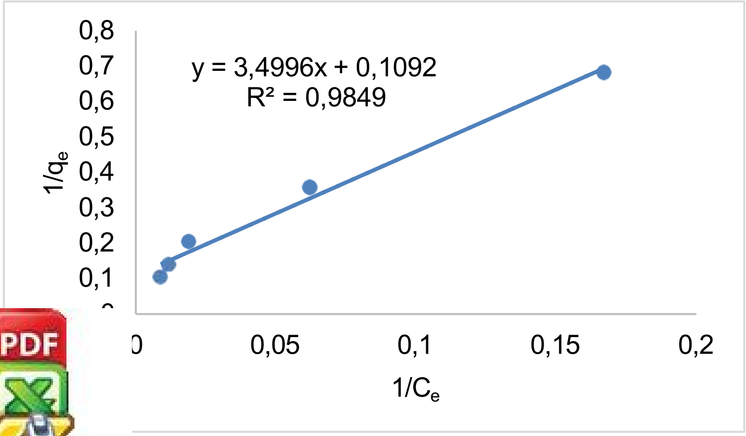
...h konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi MIP_ARS_MAM-...I$_{(TE)}$ pada ARS dalam pH (a) netral, (b) asam dan (c) basa

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Semakin tinggi konsentrasi larutan ARS maka semakin banyak molekul ARS yang bertumbukan dan berinteraksi dengan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$, sehingga adsorpsinya pun meningkat (Atqa dan Sianita, 2021). Saat kesetimbangan adsorpsi telah mencapai batas maksimum, kemampuan adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ akan cenderung tetap walaupun konsentrasinya ditingkatkan.

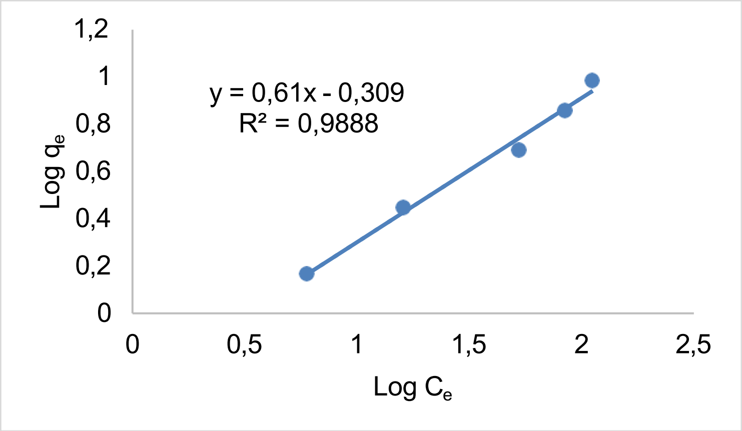
Gambar 11 menunjukkan pengaruh konsentrasi ARS terhadap kemampuan adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ dalam beberapa kondisi pH. ARS yang diadsorpsi pada pH netral mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi. ARS yang diadsorpsi pada pH basa juga mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi, tetapi peningkatannya terbilang cukup kecil dibandingkan dengan kondisi netral. ARS yang diadsorpsi pada pH asam mengalami peningkatan pada konsentrasi 50 hingga 200 mg/L, lalu konstan hingga konsentrasi 400 mg/L. Berdasarkan Gambar 11 dapat disimpulkan bahwa adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ lebih efektif pada kondisi suasana netral.

Proses adsorpsi ARS dengan variasi konsentrasi pada pH netral mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi adsorbat. Hal ini dilakukan untuk menentukan kesetimbangan dan kapasitas adsorpsi dengan menggunakan model isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi digunakan untuk melihat hubungan antara jumlah adsorbat yang teradsorpsi tiap satuan berat adsorben dan jumlah adsorbat yang tetap berada dalam larutan saat kesetimbangan. Model isoterm adsorpsi yang diperoleh dari nilai tetapan isoterm akan menggambarkan sifat permukaan dan kapasitas adsorpsi dari adsorben (Nurhidayati et al., 2022). Pada umumnya, isoterm yang digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi yaitu isoterm Freundlich dan Langmuir. Penentuan jenis isoterm adsorpsi dilakukan dengan membuat kurva persamaan regresi dari isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir (Mayangsari dan Astuti, 2021). Kurva isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich ditunjukkan pada Gambar 12.



soterm Langmuir adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-
E)

Optimized using
trial version
www.balesio.com



Gambar 13. Kurva isoterm Freundlich adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$

Gambar 12 menunjukkan kurva isoterm adsorpsi Langmuir yang diperoleh dari hubungan antara 1/q_e dan 1/C_e, sedangkan pada Gambar 13 menunjukkan linearitas kurva isoterm adsorpsi Freundlich yang diperoleh dari hubungan antara ln q_e dan ln C_e (Fitriansyah et al., 2021). Model isoterm Langmuir lebih tepat digunakan untuk menggambarkan adsorpsi satu lapis (*monolayer*) pada permukaan adsorben. Sementara itu, model isoterm Freundlich lebih sesuai untuk adsorpsi berlapis-lapis (Budhiary dan Sumantri, 2021). Model isoterm adsorpsi yang sesuai dilihat dari linearitas kurva berdasarkan nilai koefisien relasi (R^2). Jika nilai R^2 semakin mendekati 1, maka hasil penelitian mengikuti model isoterm tersebut (Mayangsari dan Astuti, 2021). Gambar 12 menunjukkan nilai koefisien korelasi dengan model isoterm Langmuir sebesar 0,98, sedangkan nilai koefisien korelasi dengan model isoterm Freundlich sebesar 0,99. Data parameter adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ yang diperoleh dari kurva isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 6.

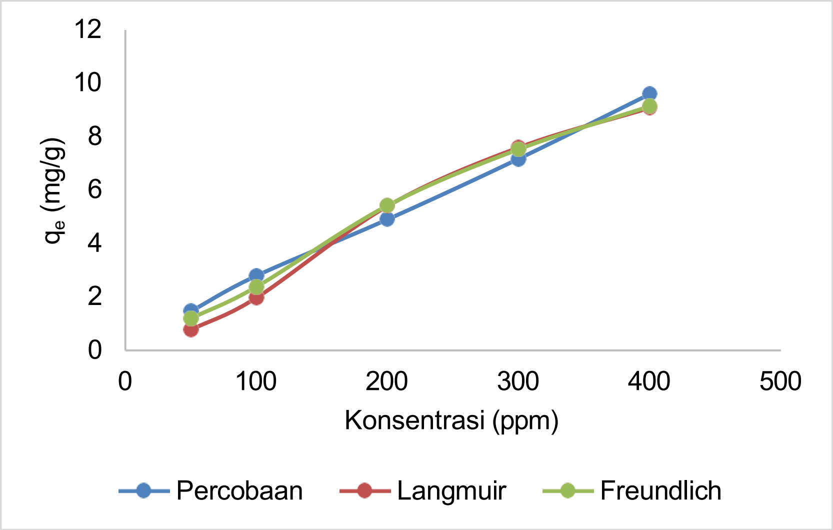
Tabel 6. Data parameter adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$ isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Jenis MIP	Isoterm adsorpsi Langmuir			Isoterm adsorpsi Freundlich		
	K_L (L/mg)	q_m (mg/g)	R^2	K_F (mg/g)	n	R^2
MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$	0,03	0,29	0,984	0,49	1,64	0,988

Optimized using trial version www.balesio.com

...njukkan bahwa nilai R^2 untuk model isoterm Freundlich lebih ... dengan model isoterm Langmuir. Namun, nilai kedua model ...as 0,9. Untuk meminimalisir kesalahan dan asumsi normalitas ... digunakan persamaan non-linear untuk melihat model isoterm ...ntuk menentukan kapasitas adsorpsi dari MIP_ARS_MAM-*co*-... linear isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich ditunjukkan

pada Gambar 12. Data parameter adsorpsi dari masing-masing model isoterm adsorpsi ditunjukkan pada Tabel 7.



Gambar 14. Kurva non-linear isoterm Langmuir dan Freundlich

Pada Gambar 14, kurva non-linear pada isoterm adsorpsi Freundlich lebih mendekati nilai percobaan. Hal ini menjadikan model isoterm Freundlich dipilih sebagai model adsorpsi yang sesuai. Oleh karena itu, model isoterm adsorpsi Freundlich digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$.

Tabel 7. Data parameter adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$ isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Jenis MIP	Isoterm adsorpsi Langmuir				Isoterm adsorpsi Freundlich			
	K_L (L/mg)	q_m (mg/g)	R^2	RSS	K_F (mg/g)	n	R^2	RSS
MIP_ARS_MAM-co-TRIM$_{(TE)}$	0,03	0,29	0,98	1,85	0,49	1,63	0,98	0,85

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai RSS (*residual sum of squares*) yang menyatakan selisih dari nilai q_e eksperimen dan q_e dari hasil masing-masing adsorpsi. Nilai RSS yang paling rendah mengindikasikan kesesuaian model terhadap model isoterm (Dehghani et al., 2021). Berdasarkan nilai RSS, model isoterm yang sesuai dengan eksperimen adalah isoterm Freundlich. Hal ini juga dapat dilihat dari ...uir dan Freundlich yang menunjukkan bahwa adsorpsi ARS oleh ...TRIM$_{(TE)}$ memperlihatkan kesesuaian terhadap isoterm ... sebesar 0,49 L/mg yang mengacu pada kapasitas adsorpsi ...TRIM$_{(TE)}$.

...alah salah satu parameter dalam persamaan adsorpsi yang ...i tentang interaksi antara adsorbat dan adsorben. Nilai n yang ...ahwa adsorben memiliki afinitas yang kuat terhadap adsorbat.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Nilai n yang berada antara 1-10 menunjukkan proses adsorpsi yang berlangsung efektif (Jupri et al., 2022). Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai n yang didapatkan sebesar 1,63 yang menandakan bahwa adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ berlangsung efektif.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB IV
KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM berhasil disintesis dengan metode polimerisasi presipitasi dengan hasil berupa padatan berwarna merah. Hasil karakterisasi dengan EDS menunjukkan adanya penurunan massa atom C dan persentase atom C setelah ekstraksi ARS yang mengindikasikan terbentuknya MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$. Morfologi permukaan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM menunjukkan bahwa material MIP tersusun dari butiran-butiran bulat yang cenderung seragam, kurang rapat, dan memiliki tekstur yang cukup halus dibandingkan dengan NIP_MAM-*co*-TRIM. Hasil karakterisasi dengan FTIR menunjukkan adanya ikatan yang berpengaruh pada pembentukan polimer yaitu gugus -NH, –C=O, dan –C=C. Luas permukaan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ yaitu 60,01 m^2/g, total volume pori 0,08 cm^3/g dan radius pori rata-rata 5,25 nm yang menandakan bahwa material tersebut adalah mesopori. Waktu optimum adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ terhadap ARS adalah 120 menit dengan model kinetika mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu. Kapasitas adsorpsi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ sesuai dengan model isoterm adsorpsi Freundlich dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 0,49 mg/g.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk melakukan sintesis MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM dengan molekul cetakan dan monomer yang berbeda serta penggunaan MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ sebagai sensor selektif untuk senyawa ARS.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR PUSTAKA

Albadarin, A.B. dan Mangwandi, C., 2015. Mechanism of Alizarin Red S and Methylene Blue Biosorption onto Olive Stone by-Product: Isotherm Study in Single and Binary Systems. Journal of Environmental Management. 164 (2015), 86-93. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.08.040.

Alosime, E.M., Adam, O.A., dan Basfar, A.A., 2023. Encapsulation of Carbon Nanotubes by Styrene and Butyl Acrylate Particles via Suspension Polymerization for Polymerized Toner Applications. Materials. 16(11), 1-16. doi: 10.3390/ma16113941.

Al-Salihi, K.J. dan Alfatlawi, W.R., 2021. Synthesis and Characterization of Low-Cost Adsorbent and Used for Alizarin Yellow GG and Alizarin Red S Dyes Removal from Aqueous Solutions. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1094 (012175), 1-11. doi: 10.1088/1757-899X/1094/1/012175.

Atqa', A.R. dan Sianita, M.M., 2021. Pengaruh Konsentrasi Kloramfenikol terhadap Adsorpsi Polimer Cetak Molekul dengan Metode Presipitasi. Journal of Chemistry. 10 (3), 257-263. doi: 10.26740/ujc.v10n3.p257-267.

Aulia, M., Mahmud, dan Mu'min, B., 2021. Studi Isoterm dan Kinetika Adsorpsi COD (Chemical Oxygen Demand) pada Air Sungai terhadap Karbon Aktif Kayu Lilin. JTAM Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat. 4 (2), 24-29. doi: 10.20527/jernih.v4i2.959.

Balji, G.B. dan Kumar, P.S., 2022. Adsorptive Removal of Alizarin Red S onto Sulfuric Acid-Modified Avocado Seeds: Kinetics, Equilibrium, and Thermodynamic Studies. Adsorption Science and Technology. 2022(10), 1-13. doi: 10.1155/2022/3137870.

Bhomick, P.C., Supong, A., Baruah, M., Pongener, C., Gogoi, C., dan Sinha, D. 2020. Alizarin Red S Adsorption onto Biomass-Based Activated Carbon: Optimization of Adsorption Process Parameters Using Taguchi Experimental Design. International Journal of Environmental Science and Technology. 17(2), 1137-1148. doi: 10.1007/s13762-019-02389-1.

an Sumantri, I., 2021. Langmuir and Freundlich Isotherm
Jsing Activated Charcoal from Banana Peel to Reduce Total
Solid (TSS) Levels in Tofu Industry Liquid Waste. IOP
Series: Materials Science and Engineering. 1053(1), 1-10. doi:
-899X/1053/1/012113.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Budikania, T.S., Suminar, D.R., Karamah, E.F., dan Saksono, N. 2020. Efek Suhu dan Injeksi Udara pada Penyisihan Limbah Pewarna Tekstil Remazol Red dengan Metode Elektrolisis Plasma. Jurnal Teknik Kimia Indonesia. 18(1), 30-36. doi: 10.5614/jtki.2019.18.1.5.

Butar, M.B. dan Sianita, M.M., 2022. The Effect of Crosslinker Amount on the Synthesis of Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Toward Adsorption Capability of Cloramphenicol. Unesa Journal of Chemistry. 11(1), 18-25. doi: 10.26740/ujc.v11n1.p18-25.

Chrisnandari, R.D., 2018. Sintesis dan Karakterisasi *Moleculary Imprinted Polymer* untuk Kloramfenikol Menggunakan Polimerisasi Fasa Ruah. Journal of Pharmacy and Science. 3(1), 40-46. doi: 10.53342/pharmasci.v3i1.74.

Dehghani, M.H., Karri, R.R., dan Lima, E.C., 2021. Green Technologies for The Deflouridation of Water. Elsevier, Amsterdam. Netherlands.

Dong, C., Shi, H., Han, Y., Yang, Y., Wang, R., dan Men, J. 2021. Molecularly Imprinted Polymers by the Surface Imprinting Technique. European Polymer Journal. 145(15), 1-25. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2020.110231.

Fitri, D.S., Faozan, R.G., Nurkhasanah, S., dan Noviarita, H., 2025. Pengaruh Pengembangan Sektor Industri terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. Jurnal Rumpun Manajemen dan Ekonomi. 2(1), 204-215. doi: 10.61722/jrme.v2i1.3432.

Fitriansyah, A., Amir, H., dan Elvinawati, 2021. Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif dari Sabut Pinang (Areca catechu terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Indigosol Blue 04-B. Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia. 5(1), 42-54. doi: 10.33369/atp.v5i1.16485.

Fransiska, E.A. dan Sianita, M.M., 2021. Pengaruh Suhu pada Sintesis Molecularly Imrpinted Polymer (MIP) terhadap Kemampuan Adsorpsi Kloramfenikol. Journal of Chemistry. 10(3), 209-220. doi: 10.26740/ujc.v10n3.p209-219.

Hashemi, S.H., Kaykhaii, M., Keikha, A.J., dan Sajjadi, Z., 2018. Application of Box-Behnken Design in Response Surface Methodology for The Moleculary ... lymer Pipette-Tip Solid Phase Extraction of Methyl Red from ... amples and Its Determination by Spectrophotometry. Marine ... et. 137(37), 306-314. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.10.037.

... i, S., Yang, H., Cui, Z., Zhang, X., dan Li, Y., 2021. Advanced ... ly Imprinted Polymers (MIP) and the Application in Drug

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Delivery. European Polymer Journal. 143(2021), 1-10. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2020.110179.

Irsyada, M.Z., Fauziyyah, H.A., dan Sari, A.P., 2023. Utilization of Nutgrass (*Cyperus Rotundus L.*) as a Phytoremediator in Reducing BOD and COD Levels of Batik Liquid Waste Using Constructed Wetlands in Sub-Surface Flow Type. Sainteknol: Jurnal Sains dan Teknologi. 21(2), 60-69. doi: 10.15294/sainteknol.v21i2.49818.

Jupri, R., Fauziah, S., dan Taba, P., 2022. Sintesis dan Karakterisasi *Molecularly Imprinted Polymers* Menggunakan Metil Metakrilat dan Etilen Glikol Dimetakrilat sebagai Adsorben Di-(2-Etilheksil) ftalat. Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry. 5(3), 105-120. doi: 10.26418/indonesian. v5i3.59132.

Khapre, M.A. dan Jugade, R.M., 2020. Hierarchical Approach Towards Adsorptive Removal of Alizarin Red S Dye Using Native Chitosan and its Successively Modified Versions. Water Science & Technology. 82(4), 1-16. doi: 10.2166/wst.2020.376.

Lah, N.F.C., Ahmad, A.L., Low, S.C., dan Zulkiflee, N.D., 2021. Isotherm and Electrochemical Properties of Atrazine Sensing Using PVC/MIP: Effect of Porogenic Solvent Concentration Rasio. Membranes. 11(167), 1-18. doi: 10.3390/membranes11090657.

Liu, H., Jin, P., Zhu, F., Nie, L., dan Qiu, H., 2021. A Review on the Use of Ionic Liquids in Preparation of Molecularly Imprinted Polymers for Applications in Solid-Phase Extraction. TrAC - Trends in Analytical Chemistry. 134(116132), 1-51. doi: 10.1016/j.trac.2020.116132.

Mayangsari, N.E. dan Astuti, U.P., 2021 Model Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cu^{2+} Menggunakan Selulosa Daun Nanas. Jurnal Chemurgy. 5(1), 15-21. doi: 10.30872/cmg.v5i1.5477.

Miri, N.S.S. dan Narimo, 2022. Review: Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. Jurnal Kimia dan Rekayasa. 2(2), 58-71. doi: ...eka.v2i2.36.

...S.K., Mizaikoff, B., Nomngongo, P.N. 2021. Recent Advances in ... Extraction (SPE) Based in Molecularly Imprinted Polymers ... Analysis of Hormones. Chemosensors. 9(7), 1-19. doi: ...nosensors9070151.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Nurhidayati, I., Mellisani, B., Puspita, F., dan Putri, F.A.R. 2022. Penentuan Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Ion Besi oleh Sedimen Sebagai Adsorben. Warta Akab. 46(1), 75-83. doi: 10.55075/wa.v46i1.98.

Nodehi, R., Shayesteh, H., dan Rahbar-Kelishami, A., 2022. Fe_3O_4@NiO core-shell Magnetic Nanoparticle for Highly Efficient Removal of Alizarin Red S Anionic Dye. International Journal of Environmental Science and Technology. 19(1), 2899-2912. doi: 10.1007/s13762-021-03399-8.

Oter, C. dan Zorer, O.S. 2021. Molecularly Imprinted Polymer Synthesis and Selective Solid Phase Extraction Applications for the Detection of Ziram, a Dithiocarbamate Fungicide. Chemical Engineering Journal Advances. 7(15), 1-10. doi: 10.1016/j.ceja.2021.100118.

Pungut, Kholif, M.A., dan Pratiwi, W.D.I., 2021. Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat pada Limbah Laundry dengan Metode Adsorpsi. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. 13(2), 155-165. doi: 10.20885/jstl.vol13.iss2.art6.

Ramavandi, B., Najafpoor, A.A., Alidadi, H., dan Bonyadi, Z., 2019. Alizarin Red-S Removal from Aqueous Solutions Using Saccharomyces cerevisiae: Kinetic and Equilibrium Study. Desalination and Water Treatment. 144(2019), 286-291. doi: 10.5004/dwt.2019.23556.

Qodim, A., 2022. Kinetika *Lawsonia Inermis* L. Menggunakan Ultrasound-Assisted Extraction dengan Pelarut Air. Jurnal Teknologi Kimia Mineral. 1(2), 1-5. doi: 10.61844/jtkm.v1i2.125.

Tagyan, A.I., Yasser, M.M., Mousa, A.M., Alkhalifah, D.H.M., Hozzein, W.N., dan Marzouk, M.A., 2023. Potential Application of Innovative *Aspergillus terreus*/ Sodium Alginate Composite Beads as Eco-Friendly and Sustainable Adsorbents for Alizarin Red S Dye: Isotherm and Kinetics Models. Microorganism. 11(1135), 1-19. doi: 10.3390/microorganism11051135.

Xue, X., Zhang, M., Gong, H., dan Ye, L., 2022. Recyclable Nanoparticles Based on a Boronic Acid-Diol Complex for the Real-Time Monitoring of Imprinting, ecognition and Copper Ion Detection. Journal of Materials 10(35), 6698-6707. doi: 10.1039/D1TB02226A.

X.Y., Jiao, F.P., dan Yu, J.G., 2018. The Oxygen-Rich ol Modified Multi-Walled Carbon Nanotube as an Efficient r Aqueous Removal of Alizarin Yellow R and Alizarin Red S.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Applied Surface Science. 436(2018), 1-28. doi: 10.1016/j.apsusc.2017.12.029.

Zhang, R., Gao, R., Gou, Q., Lai, J., dan Li, X., 2022. Precipitation Polymerization: A Powerful Tool for Preparation of Uniform Polymer Particles. Polymers. 14(9), 1-15. doi: 10.3390/polym14091851.

Zolgharnein, J., Asanjrani, N., Bagtash, M., dan Azimi, G., 2014. Multi-Response Optimization Using Taguchi Design and Principle Component Analysis for Removing Binary Mixture of Alizarin Red and Alizarin Yellow from Aqueous Solution by Nano Ɣ-Alumina. Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 126(2014), 291-300. doi: 10.1016/j.saa.2014.01.100.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lampiran 1. Bagan Alir Prosedur Penelitian

Molekul Cetakan	Jenis Monomer	Pengikat Silang
ARS	MAM	TRIM

- dimasukkan kedalam labu alas bulat.
- dilarutkan dengan metanol.
- disnonikasi selama 10 menit dan dialiri dengan gas nitrogen selama 10 menit.
- ditambahkan inisiator AIBN.
- disonikasi selama 10 menit dan dialiri gas nitrogen 5 menit.

Larutan bebas oksigen

- dipolimerisasi pada *water bath*, pada suhu 65°C selama 24 jam.

Polimer

- dicuci dengan akuades dan metanol secara berurutan
- dicuci dengan asam asetat 2 M dan campuran asam asetat : metanol (1:10) hingga larutan tidak berwarna
- dicuci dengan metanol dan akuades hingga pH netral

Polimer tercetak ARS (MIP)

Karakterisasi kemampuan adsorpsi

- Uji kemampuan adsorpsi terhadap pengaruh waktu kontak dan konsentrasi.
- Dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif dengan spektrofotometer UV-Vis.

- Dikarakterisasi menggunakan SEM-EDS, FTIR dan SAA.

...si ...psi	MIP terkarakterisasi	Data karakterisasi struktur

...IP dilakukan dengan prosedur yang sama dengan MIP tanpa ... dan ekstraksi

Optimized using trial version www.balesio.com

Lampiran 2. Skema Kerja Sintesis dan Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul dengan Metode Polimerisasi Presipitasi

1. Sintesis MIP dan NIP

ARS

- ditimbang sebanyak 0,1711 g (0,5 mmol) lalu dimasukkan kedalam labu alas bulat.
- ditambahkan dengan monomer MAM sebanyak 0,1702 g (2 mmol) dan pengikat silang TRIM 6,49 mL (20 mmol).
- dilarutkan dengan metanol sebanyak 5 mL dan didiamkan selama 5 menit.
- disonikasi selama 10 menit dan dialiri gas nitrogen selama 10 menit.
- ditambahkan inisiator AIBN sebanyak 5 mL (1 mmol).
- di sonikasi selama 10 menit dan dialiri gas nitrogen selama 5 menit.

Larutan Bebas Oksigen

- dipolimerisasi pada *water bath*, pada suhu 65°C selama 24 jam.

Polimer

- dicuci dengan akuades dan metanol secara berurutan.
- dicuci dengan asam asetat 2 M dan campuran asam asetat : metanol (1:10) hingga larutan tidak berwarna.

Filtrat

- diuji secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Data

MIP ARS

- dicuci dengan akuades dan metanol hingga pH netral.

MIP

Catatan: Sintesis NIP dilakukan dengan prosedur yang sama dengan MIP tanpa menggunakan molekul cetakan dan ekstraksi

Optimized using
trial version
www.balesio.com

2. Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan Instrumen SEM-EDS

MIP dan NIP

- dipotong dan dilapisi dengan menggunakan lapisan konduktor.
- dianalisis morfologi permukaan dan persebaran atomnya masing-masing menggunakan SEM-EDS.

Data

3. Karakterisasi Menggunakan FTIR

MIP dan NIP

- dimasukkan masing-masing kedalam oven pada suhu 50°C.
- ditambahkan dengan KBr dengan perbandingan 1:10.
- dibuat kedalam bentuk pelet menggunakan *mechanical pressel*
- dianalisis dengan menggunakan FTIR.

Data

4. Karakterisasi MIP dengan Menggunakan SAA

MIP

- ditimbang dan dimasukkan ke dalam sampel sel.
- dihilangkan gas-gas yang terdapat pada permukaan sampel (*degassing*).
- dianalisis menggunakan instrument SAA.

Data

5. Pembuatan Larutan Standar ARS 1000 mg/L

ARS

- ditimbang sebanyak 0,1 g ke dalam gelas kimia dan dilarutkan dengan sedikit akuades.
- dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan dihimpitkan sampai tanda batas menggunakan akuades

sika n konsentrasinya menjadi 2, 4, 8, 16, dan 32 mg/L

Optimized using
trial version
www.balesio.com

6. Uji Kemampuan Adsorpsi Polimer MIP & NIP

MIP dan NIP

- ditimbang sebanyak 0,3 g kedalam botol vial.
- dimasukkan masing-masing 10 mL larutan ARS 50 mg/L kedalam botol vial.
- dishaker selama 60 menit pada suhu ruang.
- disaring.

Endapan | Filtrat

Filtrat

- dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang maksimum.

Data

7. Pengaruh waktu kontak terhdadap kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$

MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$

- ditimbang sebanyak 0,3 g kedalam botol vial.
- dimasukkan sebanyak 10 mL larutan ARS 50 mg/L kedalam botol vial.
- dishaker dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 200 menit pada suhu ruang.

Endapan | Filtrat

Filtrat

- dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang maksimum.

Data

7. Pengaruh Konsentrasi Terhdadap Kemampuan Adsorpsi ARS oleh ... TRIM$_{(TE)}$

... TRIM$_{(TE)}$

- ...ng sebanyak 0,3 g kedalam botol vial.
- ...kkan sebanyak 10 mL larutan ARS 50 mg/L variasi ...trasi 50, 100, 200, 300, dan 400 mg/L kedalam botol vial.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

- dishaker pada variasi kondisi pH netral, basa, dan asam dan waktu optimum.
- pH larutan diatur menggunakan asam klorida 0,1 M dan natrium hidroksida 0,1 M dan diukur menggunakan pH meter
- disaring

Endapan

Filtrat

- dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang maksimum.

Data

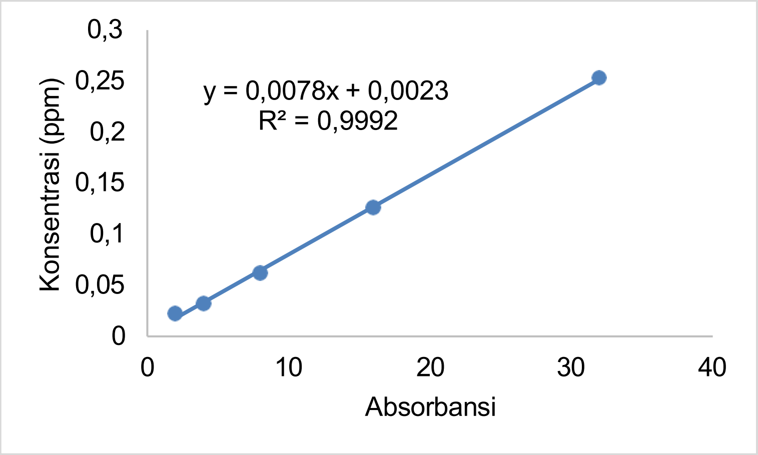
Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lampiran 3. Data Spektrofotometer UV-Vis

1. Data absorbansi larutan standar ARS

Data	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
ARS 1	2	0,022
ARS 2	4	0,032
ARS 3	8	0,062
ARS 4	16	0,126
ARS 5	32	0,253

2. Kurva hubungan antara absorbansi vs konsentrasi larutan standar ARS



3. Data absorbansi MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ dan NIP_MAM-*co*-TRIM

Adsorben	Absorban	q_e (mg/g)
MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$	0,094	1,27
NIP_MAM-*co*-TRIM	0,177	0,92

4. Data absorbansi pengaruh waktu kontak terhdadap kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$

Waktu	Absorban	q_e (mg/L)
30	0,081	1,3303
60	0,076	1,3517
90	0,062	1,4115
120	0,057	1,4329
150	0,059	1,4243
[illegible]	0,060	1,4201
[illegible]	0,059	1,4243

[illegible]netika adsorpsi orde satu semu dan orde dua semu

[illegible])	q_t (mg/g)	q_e-q_t	Log (q_e-q_t)	t/q_t
[illegible]	1,4329	0,1026	-0,9890	20,9365
[illegible]	1,4329	0,0812	-1,0905	41,8729

Optimized using trial version www.balesio.com

90	7,6538	1,4329	0,0214	-1,6702	62,8094
120	7,0128	1,4329	0	0	83,7459
150	7,2692	1,4329	0,0085	-2,0682	104,6824
180	7,3974	1,4329	0,0128	-1,8921	125,6188
200	7,2692	1,4329	0,0085	-2,0682	139,5765

catatan: qt adalah qe pada waktu t dan qe adalah qt pada waktu optimum

6. Data absorbansi pengaruh konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ pada kondisi pH netral

Konsentrasi	**Absorban**	**q_e (mg/g)**
50	0,049	1,4671
100	0,128	2,7962
200	0,414	4,9073
300	0,663	7,1765
400	0,876	9,5996

7. Data absorbansi pengaruh konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM $_{TE)}$ pada kondisi pH asam

Konsentrasi	**Absorban**	**q_e (mg/g)**
50	0,003	1,6637
100	0,082	2,9927
200	0,16	5,9927
300	1,02	5,6509
400	1,82	5,5654

8. Data absorbansi pengaruh konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM $_{(TE)}$ pada kondisi pH basa

Konsentrasi	**Absorban**	**q_e (mg/g)**
50	0,274	0,5056
100	0,645	0,5868
200	1,21	1,5056
300	1,59	3,2149
400	1,88	5,3089

9. Data persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich pada pH netral

Kosentrasi	**C_e (mg/L)**	**q_e (mg/g)**	**Log C_e**	**Log q_e**	**1/C_e**	**1/q_e**
50	5,9872	1,4671	0,7772	0,1665	0,1670	0,6816
[illegible]	[illegible],1153	2,7962	1,2072	0,4466	0,0621	0,3576
[illegible]	[illegible],7820	4,9073	1,7225	0,6908	0,0189	0,2038
[illegible]	[illegible],7051	7,1765	1,9279	0,8559	0,0118	0,1393
[illegible]	[illegible],0128	9,5996	2,0493	0,9823	0,0089	0,1042

Optimized using
trial version
www.balesio.com

10. Data persamaan isoterm Langmuir nonlinear

Konsentrasi	q_e	C_e (mg/L)	$1/q_m$ x K_L	$1/C_e$	$1/C_e$ x $1/q_m$ x K_L	$1/q_e$	q_eL
50	1,46	5,9871	0,1092	0,1670	0,0182	3,5178	0,7739
100	2,79	16,1153	0,1092	0,0620	0,0068	3,5064	1,9714
200	4,90	52,7820	0,1092	0,0189	0,0021	3,5017	5,4055
300	7,17	84,7051	0,1092	0,0118	0,0013	3,5009	7,5978
400	9,59	112,0128	0,1092	0,0089	0,0010	3,5006	9,0825

11. Data persamaan isoterm Freundlich nonlinear

Konsentrasi	q_e	Log C_e	1/n	Log K_F	1/n x Log C_e	Log q_e	q_eF
50	1,46	0,7772	0,61	-0,309	0,4741	0,1651	1,1982
100	2,79	1,2072	0,61	-0,309	0,7364	0,4274	2,3818
200	4,90	1,7224	0,61	-0,309	1,0507	0,7417	5,4254
300	7,17	1,9279	0,61	-0,309	1,1760	0,8670	7,5332
400	9,59	2,0492	0,61	-0,309	1,2501	0,9411	9,1451

12. Isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Konsentrasi	q_e	q_eL	q_eF	RSS^2 L	RSS^2 F
50	1,46	0,7739	1,1982	0,4804	0,0723
100	2,79	1,9714	2,3818	0,6802	0,1717
200	4,90	5,4055	5,4254	0,2482	0,2685
300	7,17	7,5978	7,5332	0,1775	0,1272
400	9,59	9,0825	9,1451	0,2674	0,2065

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lampiran 4. Perhitungan

1. Nilai konsentrasi adsorpsi ARS oleh MIP dan NIP

y = 0,0078x + 0,0023

a. adsorpsi ARS oleh MIP

y = 0,094

y = 0,0078x + 0,0023

$$x = \frac{0{,}094-0{,}0023}{0{,}0078}$$

x = 11,7564 mg/L

b. adsorpsi ARS oleh NIP

y = 0,177

y = 0,0078x + 0,0023

$$x = \frac{0{,}177-0{,}0023}{0{,}0078}$$

x = 22,3974 mg/L

2. Nilai kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP dan NIP

$$q_e = \frac{(C_0-C_e)V}{W}$$

Diketahui:

C_0 = 50 mg/L W = 0,3 g

V = 0,01 L C_e = Konsentrasi setelah adsorpsi

a. adsorpsi ARS oleh MIP

$$q_e = \frac{(50 - 11{,}7564)0{,}01}{0{,}3}$$

leh NIP

)0,01

Optimized using
trial version
www.balesio.com

q_e = 0,9201 mg/g

3. Nilai konsentrasi dan kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ terhadap pengaruh waktu kontak

Waktu (menit)	y Absorbansi	x C_e (mg/L)	q_e (mg/g)
30	0,081	10,0897	1,3303
60	0,076	9,4487	1,3517
90	0,062	7,6538	1,4115
120	**0,057**	**7,0128**	**1,4329**
150	0,059	7,2692	1,4244
180	0,060	7,3974	1,4329
200	0,059	7,2692	1,4244

contoh perhitungan konsentrasi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ berdasarkan pengaruh waktu

a. Nilai konsentrasi adsorpsi ARS oleh MIP

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$y = 0{,}081$

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$$x = \frac{0{,}081 - 0{,}0023}{0{,}0078}$$

$x = 10{,}0897$ mg/L

b. adsorpsi ARS oleh MIP

$$q_e = \frac{(50 - 10{,}0897)\ 0{,}01}{0{,}3}$$

q_e = 1,3303 mg/g

4. Nilai konsentrasi dan kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP terhadap pengaruh konsentrasi pada kondisi pH netral

Konsentrasi (mg/L)	y Absorbansi	x C_e (mg/L)	q_e (mg/g)
50	0,049	5,9872	1,4671
100	0,128	16,1154	2,7962
[illegible]	0,414	52,7821	4,9073
[illegible]	0,663	84,7051	7,1765
[illegible]	0,876	112,0128	9,5996

onsentrasi ARS berdasarkan pengaruh waktu

Optimized using
trial version
www.balesio.com

a. Nilai konsentrasi adsorpsi ARS oleh MIP

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$y = 0{,}049$

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$$x = \frac{0{,}049 - 0{,}0023}{0{,}0078}$$

$x = 5{,}9872$ mg/L

b. adsorpsi ARS oleh MIP

$$q_e = \frac{(50 - 5{,}9872)0{,}01}{0{,}3}$$

$q_e = 1{,}4671$ mg/g

5. Nilai konsentrasi dan kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP_ARS_MAM-*co*-TRIM$_{(TE)}$ terhadap pengaruh Konsentrasi pada kondisi pH asam

Konsentrasi (mg/L)	y Absorbansi	x C_e (mg/L)	q_e (mg/g)
50	0,003	0,0897	1,6637
100	0,082	10,2179	2,9927
200	0,16	20,2179	5,9927
300	1,02	130,4744	5,6509
400	1,82	233,0385	5, 5654

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$y = 0{,}003$

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$$x = \frac{0{,}003 - 0{,}0023}{0{,}0078}$$

$x = 0{,}0897$ mg/L

b. adsorpsi ARS oleh MIP

$$q_e = \frac{(50 - 0{,}0897)\,0{,}01}{0{,}3}$$

Optimized using
trial version
www.balesio.com

dan kemampuan adsorpsi ARS oleh MIP terhadap pengaruh kondisi pH basa

	y Absorbansi	x C_e (mg/L)	q_e (mg/g)
	0,274	34,8333	0,5056

100	0,645	82,3974	0,5868
200	1,21	154,8333	1,5056
300	1,59	203,5513	3,2149
400	1,88	240,7308	5,3089

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$y = 0{,}274$

$y = 0{,}0078x + 0{,}0023$

$$x = \frac{0{,}274 - 0{,}0023}{0{,}0078}$$

$x = 34{,}8333$ mg/L

b. adsorpsi ARS oleh MIP

$$q_e = \frac{(50 - 34{,}8333)0{,}01}{0{,}3}$$

$q_e = 0{,}5056$ mg/g

7. Nilai K_1 dan K_2 berdasarkan persamaan orde satu semu dan orde dua semu

a. persamaan K_1 berdasarkan persamaan orde satu semu

Persamaan orde satu semu:

$$\log (q_e - qt) = \text{Log } q_e - K_1\, t/2{,}303$$

Dari grafik kinetika orde satu semu diperoleh persamaan garis

$$y=-0{,}0114x - 0{,}5687$$

grafik kinetika orde satu semu diperoleh slope = -0,0114 dan *intercept* = 0,5687

Log q_e = *Intercept*

q_e = Inv. log *intercept*

q_e = Inv. Log (-0,5687)

q_e = 0,2699 mg/g

$K_1/2{,}303$ = slope

K_1 = slope x 2,303

Optimized using
trial version
www.balesio.com

b. persamaan K_2 berdasarkan persamaan orde dua semu

persamaan orde dua semu:

$$t/qt = 1/K_2\, q_e^2 + t/q_e$$

Dari grafik kinetika orde dua semu diperoleh persamaan garis

$$y = 0{,}6144x + 6{,}6763$$

grafik kinetika orde satu semu diperoleh slope = 0,6144 dan *intercept* = 6,6763

$$\frac{1}{q_e} = \text{slope}$$

$$q_e = \frac{1}{\text{slope}}$$

q_e = 1,6276

$K_2 = (\text{Slope})^2/\text{Intercept}$

K_2 = 0,0565

R^2 = 0,9939

8. Penentuan kapasitas adsorpsi

a. isoterm adsorpsi Langmuir bentuk non linear

persamaan:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} \times \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m}$$

Keterangan:

C_e = konsentrasi saat kesetimbangan (mg/L)

q_e = jumlah zat teradsorpsi saat kesetimbangan (mg/g)

q_m = kapasitas adsorpsi maksimum monolayer (mg/g)

K_L = konstanta afinitas adsorpsi atau konstanta kesetimbangan (L/mg)

angmuir diperoleh persamaan garis

$$y = 3{,}4996x + 0{,}1092$$

rpsi Langmuir diperoleh slope = 3,4996 dan *intercept* = 0,1092.

psi dapat dihitung sebagai berikut:

Optimized using
trial version
www.balesio.com

$\frac{1}{q_m} = 3{,}4996$ maka, $q_m = \frac{1}{3{,}4996} = 0{,}2857$ mg/g

$\frac{1}{q_m K_L} = 0{,}1092$ maka, $K_L = \frac{1}{0{,}1092 \times 0{,}2857} = 0{,}0312$

a. isoterm adsorpsi Freundlich bentuk non linear

persamaan:

$$\text{Log } q_e = \frac{1}{n}\text{LogC}_e + \text{Log } K_F$$

Keterangan:

C_e = konsentrasi saat kesetimbangan (mg/L)

q_e = jumlah zat teradsorpsi saat kesetimbangan (mg/g)

K_F = kapasitas adsorpsi (mg/g)

$\frac{1}{n}$ = konstanta Freundlich menyatakan faktor heterogenitas

n = intensitas adsorpsi

Dari grafik adsorpsi Freundlich diperoleh persamaan garis

$$y = 0{,}61x - 0{,}309$$

Log K_F = *intercept*

K_F = Invers log K_F

K_F = 0,4909

1/n = Slope

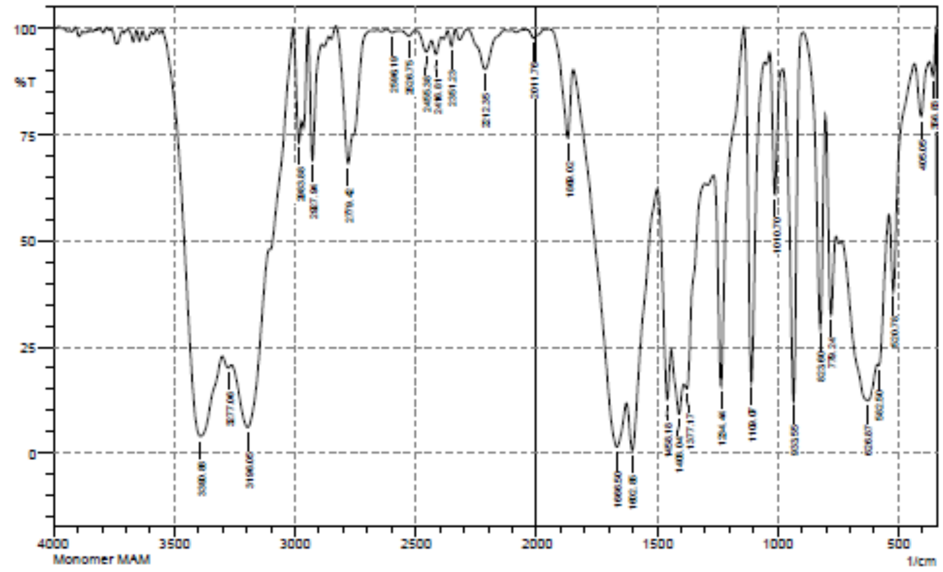
n = 1/slope

n = 1,6393

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lampiran 5. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen FTIR

SHIMADZU

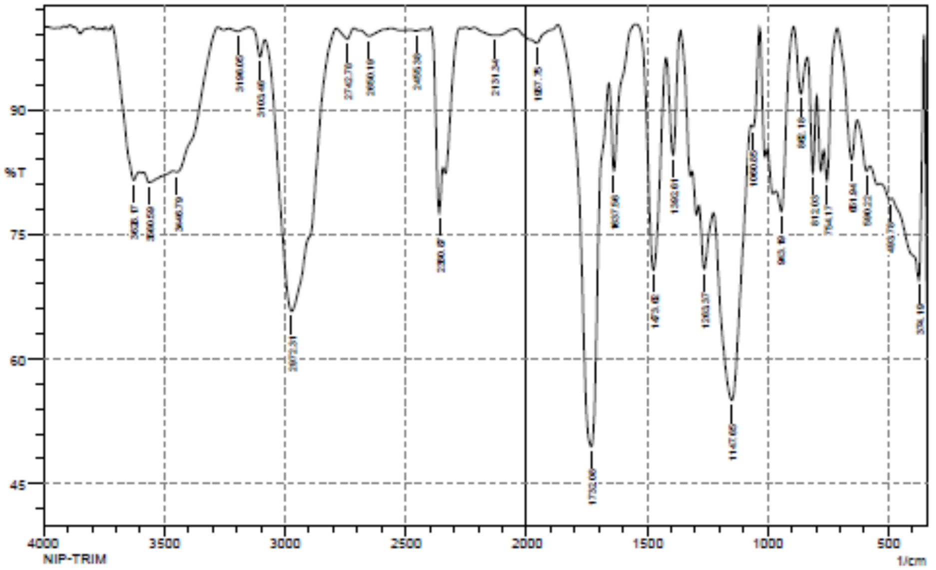


No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	356.83	88.66	7.648	370.33	343.33	0.994	0.542
2	405.05	79.248	12.538	432.05	370.33	3.904	1.616
3	520.78	37.883	24.017	538.14	432.05	17.347	1.999
4	582.5	20.635	3.135	586.36	540.07	21.666	1.11
5	626.87	12.362	16.095	734.88	588.29	97.477	25.126
6	779.24	32.54	32.022	802.39	758.02	14.264	5.549
7	823.6	29.301	54.658	893.04	802.39	15.266	10.512
8	933.55	12.335	82.64	977.91	894.97	21.758	19.796
9	1010.7	60.876	31.771	1033.85	977.91	5.633	3.684
10	1109.07	16.632	80.367	1138	1055.06	20.82	19.217
11	1234.44	15.719	58.164	1265.3	1139.93	29.625	18.237
12	1377.17	15.199	7.302	1388.75	1301.95	37.419	1.627
13	1408.04	9.212	9.749	1440.83	1390.68	42.447	7.005
14	1458.18	12.664	21.897	1498.69	1442.75	30.105	7.079
15	1602.85	0.654	20.411	1625.99	1500.62	93.333	26.591
16	1666.5	1.477	24.138	1845.88	1627.92	139.224	41.367
17	1869.02	74.073	18.261	1944.25	1847.81	5.144	2.951
18	2011.76	97.674	1.965	2036.83	1969.32	0.396	0.292
19	2212.35	90.305	9.352	2285.65	2131.34	2.814	2.581
20	2351.23	95.71	3.911	2368.59	2335.8	0.324	0.268
21	2416.81	93.846	3.544	2434.17	2393.66	0.768	0.313
22	2455.38	94.415	3.409	2501.67	2434.17	0.935	0.425
23	2526.75	98.137	1.343	2563.4	2501.67	0.305	0.163
24	2596.19	98.901	0.597	2619.33	2578.83	0.134	0.05
25	2779.42	68.155	31.933	2829.57	2686.84	9.588	9.538
26	2927.94	69.067	29.791	2945.3	2887.44	3.883	3.392
27	2983.88	73.115	11.82	3008.95	2972.31	2.894	0.906
28	3196.05	6.078	35.137	3261.63	3008.95	140.642	54.094
29	3277.06	20.062	1.415	3300.2	3263.56	24.922	0.586
30	3390.86	3.965	46.407	3549.02	3302.13	152.029	74.422

Date/Time; 9/26/2024 3:39:43 PM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Optimized using
trial version
www.balesio.com

SHIMADZU



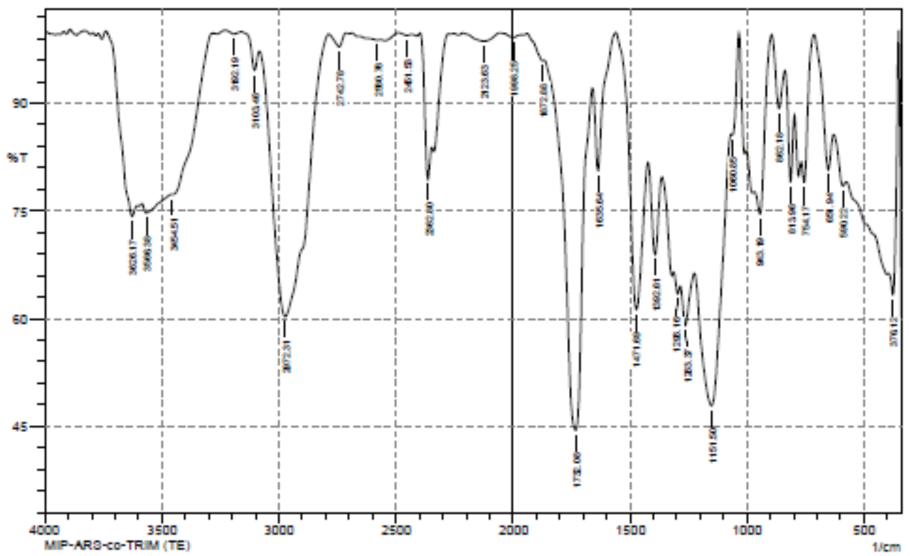
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	374.19	69.509	26.334	484.13	352.97	15.669	8.885
2	493.78	79.221	0.403	532.35	486.06	4.469	0.042
3	590.22	82.601	2.041	628.79	576.72	3.67	0.227
4	651.94	83.988	7.635	711.73	630.72	3.369	1.195
5	754.17	81.506	7.303	767.67	713.66	2.358	0.631
6	812.03	82.451	10.677	835.18	798.53	1.949	0.901
7	862.18	91.912	6.056	891.11	837.11	1.205	0.735
8	943.19	77.728	8.724	966.34	893.04	4.521	1.215
9	1060.85	87.919	2.26	1066.64	1033.85	1.172	0.318
10	1147.65	55.029	27.655	1222.87	1068.56	26.996	14.278
11	1263.37	70.817	7.327	1284.59	1224.8	7.654	1.201
12	1392.61	84.562	13.173	1419.61	1361.74	2.296	1.758
13	1473.62	70.695	27.318	1541.12	1421.54	8.158	7.226
14	1637.56	82.628	11.745	1656.85	1546.91	3.292	1.758
15	1732.08	49.448	46.164	1869.02	1658.78	23.946	20.774
16	1957.75	98.015	1.954	2038.76	1869.02	0.723	0.708
17	2131.34	98.957	0.081	2216.21	2123.63	0.284	0.055
18	2360.87	77.611	10.824	2393.66	2345.44	3.106	1.116
19	2455.38	99.498	0.161	2484.32	2428.38	0.103	0.02
20	2650.19	98.864	0.739	2688.77	2590.4	0.32	0.157
21	2742.78	98.504	1.3	2787.14	2713.84	0.265	0.201
22	2972.31	65.748	33.168	3082.25	2787.14	26.691	25.526
23	3103.46	96.355	2.501	3149.76	3084.18	0.444	0.205
24	3196.05	99.438	0.399	3230.77	3149.76	0.121	0.068
25	3446.79	82.487	1.76	3464.15	3278.99	8.998	1.468
26	3560.59	81.259	1.241	3583.74	3466.08	10.203	0.401
27	3626.17	81.531	4.364	3714.9	3604.96	5.933	1.314

Comment;

Date/Time; 11/4/2024 2:23:02 PM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Optimized using
trial version
www.balesio.com

SHIMADZU



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	376.12	63.34	17.119	393.48	352.97	6	2.496
2	590.22	78.463	2.279	628.79	576.72	4.719	0.288
3	651.94	80.695	8.555	711.73	630.72	4.163	1.304
4	754.17	78.989	7.271	767.67	713.66	2.777	0.635
5	813.96	79.096	11.54	837.11	798.53	2.607	1.041
6	862.18	89.266	7.363	893.04	839.03	1.684	0.938
7	943.19	74.554	10.186	966.34	894.97	5.261	1.475
8	1060.85	85.614	1.912	1064.71	1035.77	1.235	0.298
9	1151.5	47.866	27.267	1222.87	1066.64	34.839	15.753
10	1263.37	59.053	6.079	1284.59	1224.8	12.193	1.172
11	1296.16	63.438	1.755	1311.59	1286.52	4.791	0.156
12	1392.61	68.909	11.808	1421.54	1363.67	7.359	1.963
13	1471.69	61.238	26.883	1560.41	1423.47	13.923	7.873
14	1635.64	80.598	13.306	1658.78	1562.34	3.767	2.034
15	1732.08	44.457	48.961	1865.17	1660.71	29.237	23.727
16	1872.88	95.902	0.352	1940.39	1867.09	0.728	0.026
17	1998.25	99.11	0.516	2056.12	1963.53	0.221	0.083
18	2123.63	98.655	1.118	2214.28	2056.12	0.592	0.434
19	2362.8	79.402	9.519	2395.59	2347.37	2.9	0.993
20	2451.53	99.438	0.232	2490.1	2432.24	0.103	0.03
21	2580.76	98.79	0.135	2655.98	2565.33	0.397	0.034
22	2742.78	97.851	1.872	2787.14	2711.92	0.388	0.292
23	2972.31	60.278	37.854	3082.25	2787.14	33.302	31.281
24	3103.46	94.565	3.425	3159.4	3082.25	0.756	0.28
25	3192.19	99.649	0.399	3226.91	3159.4	0.044	0.059
26	3454.51	77.272	0.5	3458.37	3282.84	10.965	1.354
27	3566.38	74.696	1.445	3583.74	3460.3	14.779	0.505
28	3626.17	74.24	5.354	3738.05	3604.96	9.362	1.673

Comment;

MIP-ARS-co-TRIM (TE)

Date/Time; 11/4/2024 2:18:04 PM

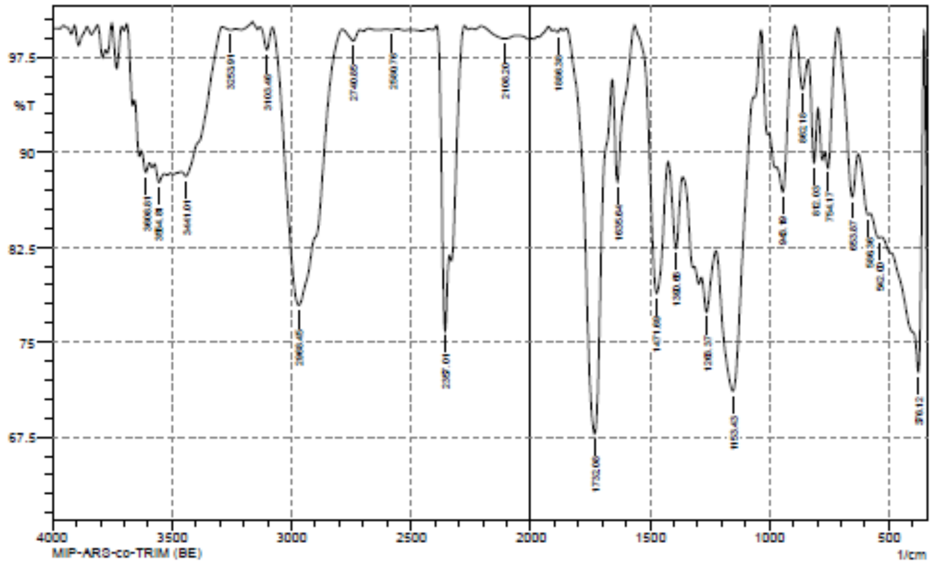
No. of Scans;

Resolution;

Apodization;

Optimized using
trial version
www.balesio.com

SHIMADZU



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	376.12	72.652	24.726	530.42	352.97	17.382	10.209
2	542	83.219	0.459	576.72	532.35	3.389	0.068
3	586.36	85.031	0.841	626.87	578.64	2.945	0.124
4	653.87	86.442	6.394	711.73	628.79	3.173	1.158
5	754.17	88.735	3.69	767.67	713.66	1.538	0.358
6	812.03	89.15	5.735	837.11	796.6	1.377	0.519
7	862.18	94.93	3.538	893.04	837.11	0.767	0.424
8	943.19	86.835	5.664	968.27	893.04	2.681	0.818
9	1153.43	71.137	16.435	1222.87	1066.64	15.765	7.185
10	1263.37	77.366	3.388	1282.66	1224.8	5.764	0.511
11	1390.68	82.412	6.148	1423.47	1363.67	4.032	0.888
12	1471.69	78.861	13.937	1562.34	1425.4	6.991	3.61
13	1635.64	87.634	9.027	1656.85	1564.27	2.518	1.644
14	1732.08	67.768	29.496	1847.81	1658.78	13.235	11.307
15	1886.38	99.444	0.242	1899.88	1872.88	0.051	0.014
16	2108.2	98.934	0.48	2208.49	2063.83	0.455	0.177
17	2357.01	75.923	11.937	2391.73	2339.65	3.605	1.312
18	2580.76	99.622	0.074	2601.97	2555.68	0.068	0.007
19	2740.85	98.771	0.881	2787.14	2713.84	0.246	0.136
20	2968.45	77.916	21.839	3078.39	2789.07	16.27	15.94
21	3103.46	98.073	1.763	3130.47	3080.32	0.218	0.182
22	3253.91	99.62	0.151	3290.56	3234.62	0.07	0.021
23	3441.01	88.089	1.643	3460.3	3290.56	5.596	1.092
24	3554.81	87.604	1.106	3572.17	3531.66	2.229	0.107
25	3608.81	88.382	1.147	3626.17	3595.31	1.573	0.095

Comment;
MIP-ARS-co-TRIM (BE)

Date/Time; 11/4/2024 2:28:26 PM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lampiran 6. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen SAA

ALTAMIRA INSTRUMENTS

Summary Report

Page 1

Workstation: Micro200B-02-Analysis Station1	Method: static volumetric method
Project: Tes	Sample: MIP1
Adsorbate: N2	Charge Number: #1
Bath Temperature: 77.35 K	Sample Weight: 0.1615(g)
Operator:	Degas Conditions:
Started: 2024-10-01 13:18:03	Completed: 2024-10-01 16:29:25

Surface Area

Single Point BET Surface Area at p/p0 =0.20000:	50.6073	(m^2/g)
BET Surface Area:	60.0078	(m^2/g)
Langmuir Surface Area:	4.35261	(m^2/g)
t-Plot Micropore Area:	0.00000	(m^2/g)
t-Plot External Surface Area:	60.00781	(m^2/g)
BJH Adsorption Cumulative Surface Area:	65.13339	(m^2/g)
BJH Desorption Cumulative Surface Area:	81.15712	(m^2/g)

Pore Volume

Total Pore Volume (adsorption) at p/p0 = 0.99000:	0.07873	(cm^3/g)
Total Pore Volume (desorption) at p/p0 = 0.99000:	0.07885	(cm^3/g)
t-Plot Micropore Volume:	0.00000	(cm^3/g)
BJH Adsorption Cumulative Volume:	0.08038	(cm^3/g)
BJH Desorption Cumulative Volume:	0.08529	(cm^3/g)

Pore Size

Average Pore Diameter (4V/A):	5.24790	(nm)
BJH Adsorption Median Pore Diameter:	5.40333	(nm)
BJH Adsorption Most Frequent Pore Diameter (dV/dD):	2.11451	(nm)
BJH Desorption Median Pore Diameter:	3.52814	(nm)
BJH Desorption Most Frequent Pore Diameter (dV/dD):	3.69491	(nm)

Pore Volume Percentage Report

ID	Pore Range	Pore Volume (cm^3/g)	Percentage (%)
1	2.00-10.00	0.06134	76.31
2	10.00-20.00	0.01178	14.66
3	20.00-50.00	0.00388	4.82
4	>50.00	0.00338	4.21

LLC http://www.altamirainstruments.com

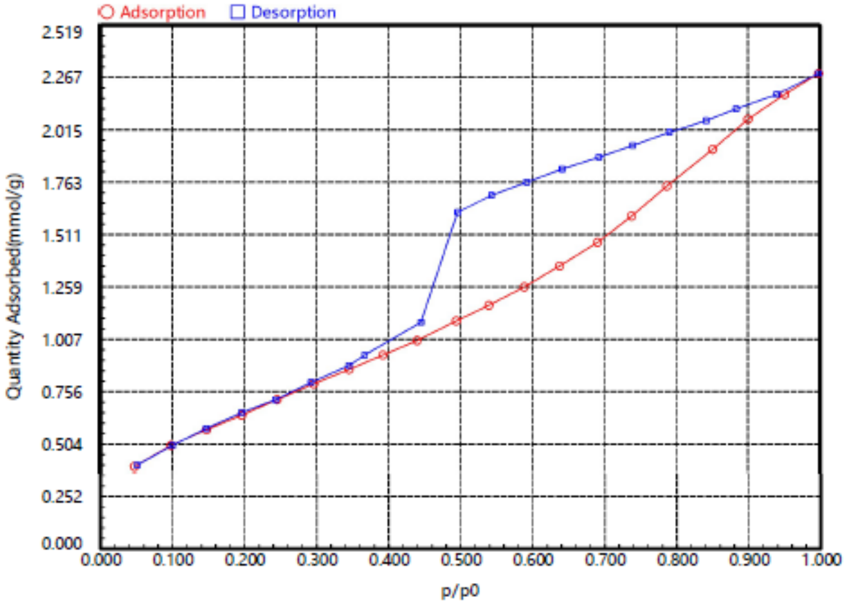
Optimized using
trial version
www.balesio.com

ALTAMIRA INSTRUMENTS

Isotherm Report

Workstation: Micro200B-02-Analysis Station1	Method: static volumetric method
Project: Tes	Sample: MIP1
Adsorbate: N2	Charge Number: #1
Bath Temperature: 77.35 K	Sample Weight: 0.1615(g)
Operator:	Degas Conditions:
Started: 2024-10-01 13:18:03	Completed: 2024-10-01 16:29:25

Isotherm Plot



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ALTAMIRA INSTRUMENTS

BET Surface Area Report

Workstation: Micro200B-02-Analysis Station1	Method: static volumetric method
Project: Tes	Sample: MIP1
Adsorbate: N2	Charge Number: #1
Bath Temperature: 77.35 K	Sample Weight: 0.1615(g)
Operator:	Degas Conditions:
Started: 2024-10-01 13:18:03	Completed: 2024-10-01 16:29:25

BET Equation

$(P/P0)/[V(1-P/P0)] = (C-1)/(Vm*C) * P/P0 + 1/(Vm*C)$

$Sg = Vm * N * \sigma / 22400 / W$

Vm: Single monolayer on surface of sample (mL)

N : Avogadro constant (6.024×10^{23})

σ : Cross-sectional area (nm^2)

W : Weight of the sample (g)

Single Point BET Equation (C>>1)

$Vm = V * (1 - P/P0)$

BET Surface Area Report

Single Point BET Surface Area at p/p0 = 0.20000:	50.6073	m^2/g
BET Surface Area:	60.0078	m^2/g
Slope:	1.55559	
Y-Intercept:	0.07017	g/mmol
Vm:	0.61509	mmol/g
C:	23.16771	
Correlation Coefficient:	0.99960	

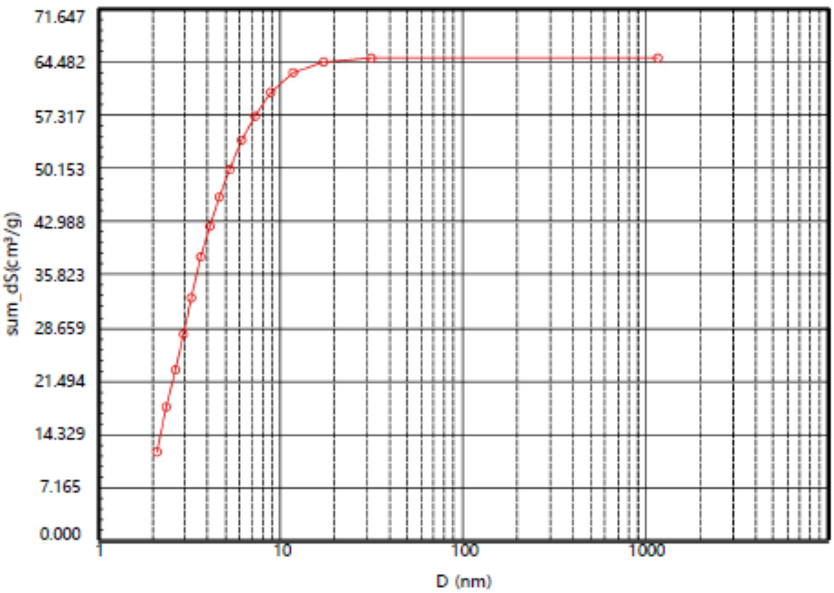
Optimized using
trial version
www.balesio.com

ALTAMIRA INSTRUMENTS

BJH Adsorption Pore Distribution Report

Workstation: Micro200B-02-Analysis Station1	Method: static volumetric method
Project: Tes	Sample: MIP1
Adsorbate: N2	Charge Number: #1
Bath Temperature: 77.35 K	Sample Weight: 0.1615(g)
Operator:	Degas Conditions:
Started: 2024-10-01 13:18:03	Completed: 2024-10-01 16:29:25

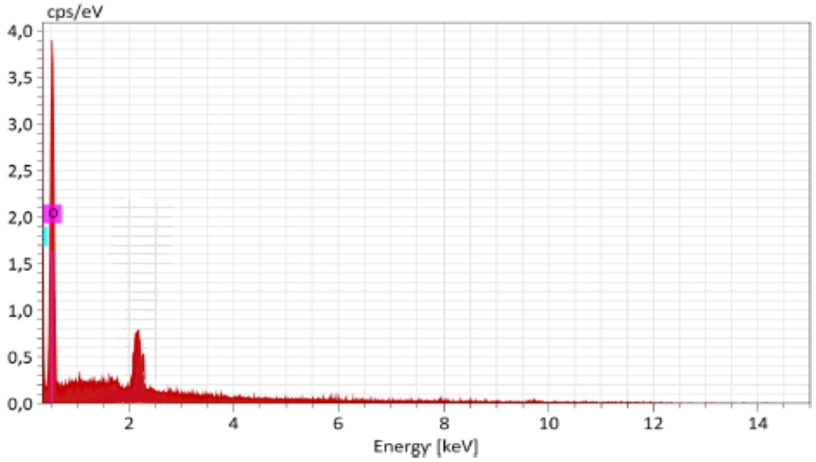
BJH Adsorption Pore Surface Area Distribution Plot (sum_dS)



Optimized using
trial version
www.balesio.com

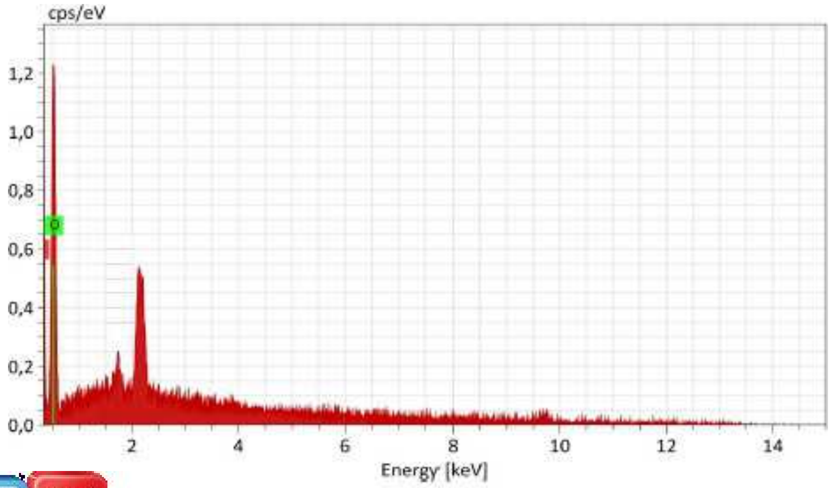
Lampiran 7. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen EDS

KEPOLISIAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA
DAERAH SULAWESI SELATAN
BIDANG LABORATORIUM FORENSIK



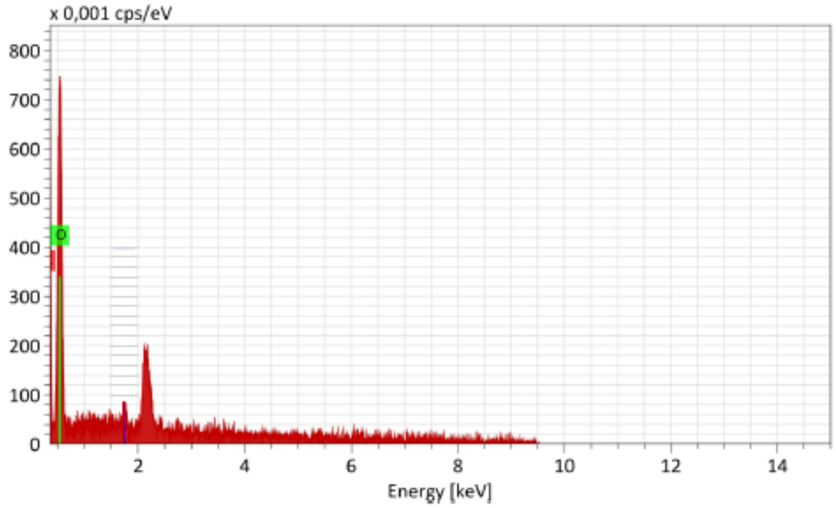
Acquisition 89

Element	At. No.	Net	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [mass%] (1 σ)	rel. error [%] (1 σ)
Carbon	6	23296	---	65,95	72,20	2,35	3,57
Nitrogen	7	2874	---	20,30	14,03	1,51	4,50
Oxygen	8	5523	---	13,75	13,77	0,07	13,40
			Sum	100,00	100,00		



No.	Net	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [mass%] (1 σ)	rel. error [%] (1 σ)
6	134740	---	63,78	71,91	2,83	4,44
7	11361	---	21,94	14,32	1,62	4,97
8	31120	---	14,28	13,77	0,16	5,45
		Sum	100,00	100,00		

Optimized using
trial version
www.balesio.com

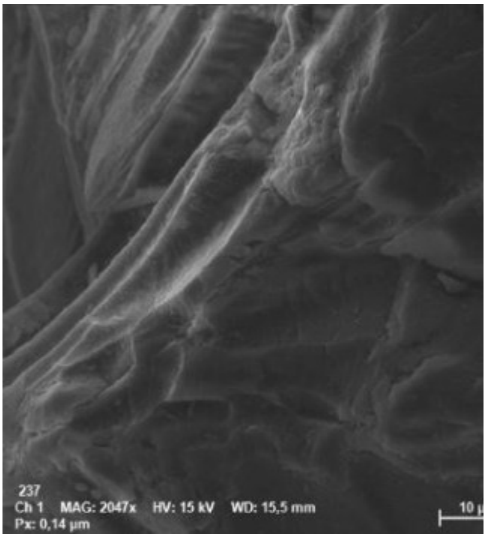


Acquisition 92

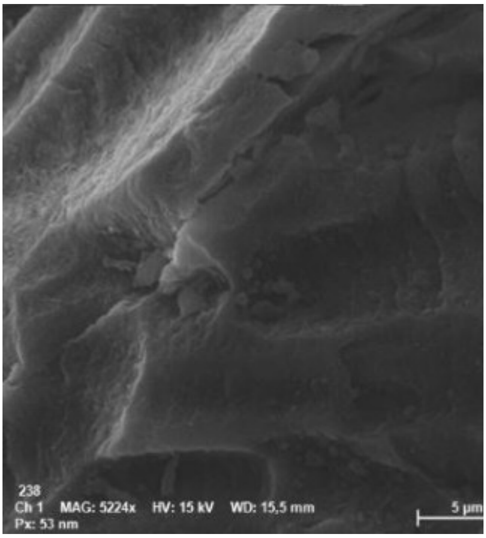
Element	At. No.	Net	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [mass%] (1 σ)	rel. error [%] (1 σ)
Carbon	6	51433	---	66,79	72,95	2,86	4,29
Nitrogen	7	1028	---	17,37	17,59	1,65	5,05
Oxygen	8	9825	---	15,84	9,46	0,04	7,91
			Sum	**100,00**	**100,00**		

Optimized using
trial version
www.balesio.com

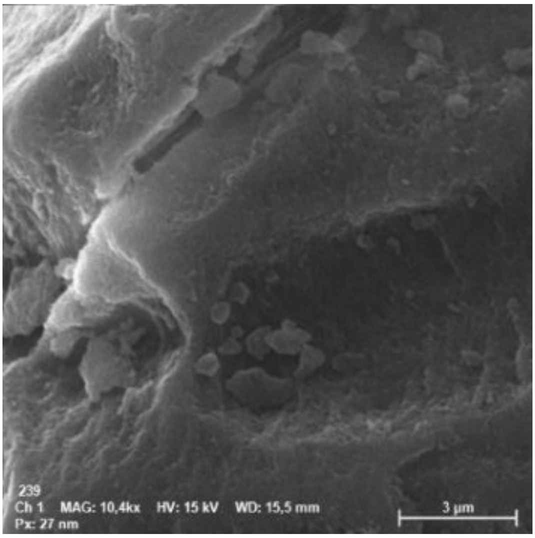
Lampiran 8. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen SEM



Perbesaran 2000x

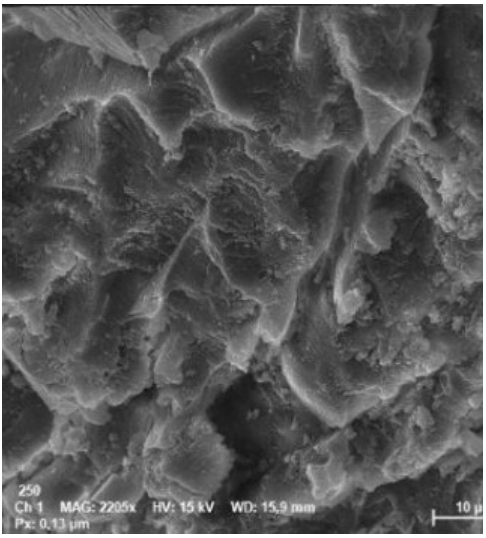


Perbesaran 5000x

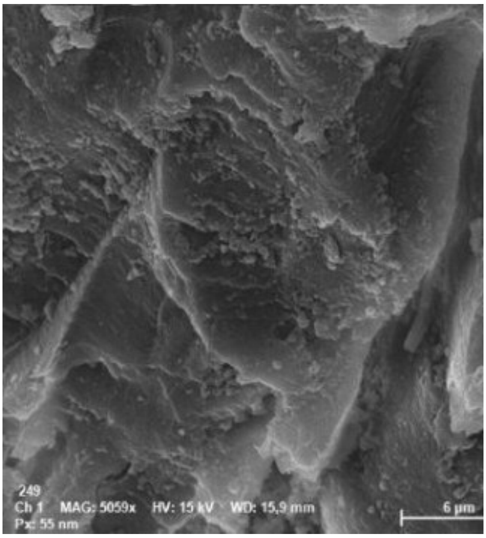


Perbesaran 10000x

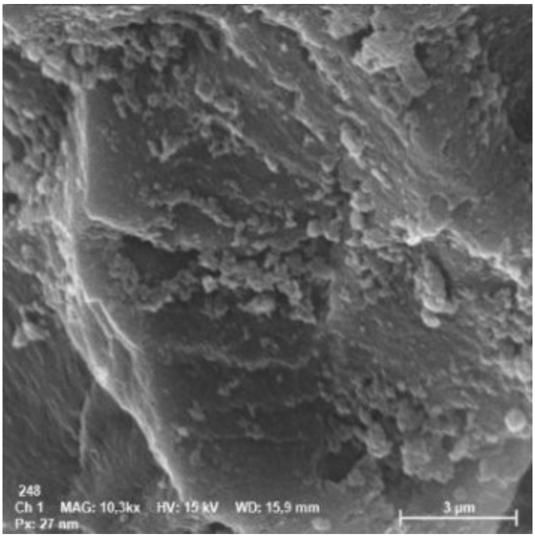
Optimized using
trial version
www.balesio.com



Perbesaran 2000x

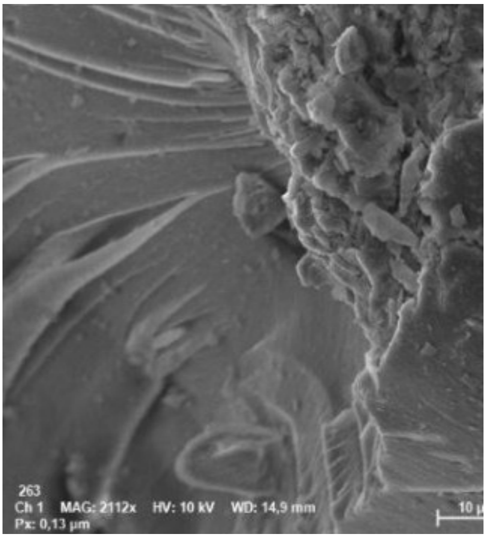


Perbesaran 5000x

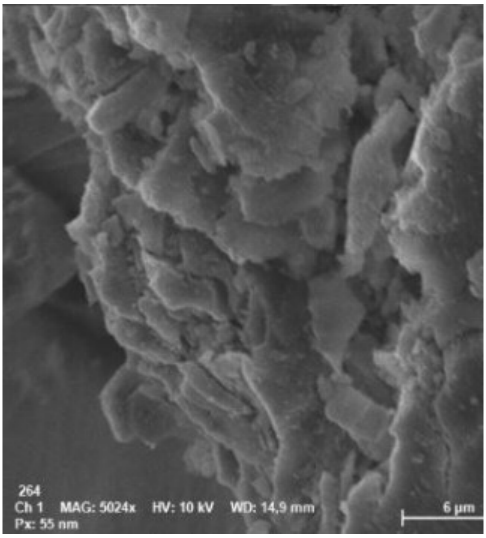


Perbesaran 10000x

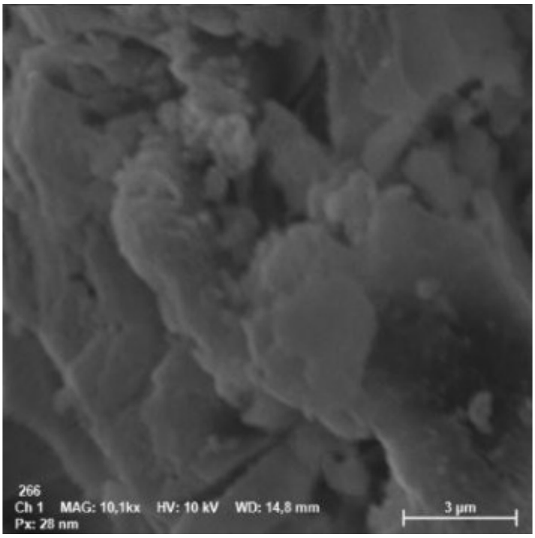
Optimized using
trial version
www.balesio.com



Perbesaran 2000x



Perbesaran 5000x



Perbesaran 10000x

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian

Pencampuran Bahan dan Prapolimerisasi

Proses Sonikasi

Polimerisasi dalam *Water Bath*

Pembentukan Polimer Berwarna Merah

er Menggunakan
Buchner

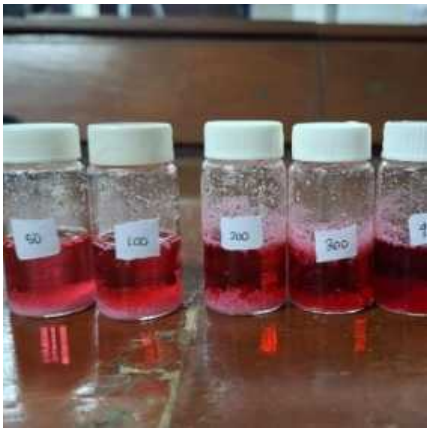
Pencucian Polimer Menggunakan *Shaker*

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Pengecekan pH Setelah Proses Pencucian

Pembuatan Deret Standar ARS

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Berdasarkan Pengaruh Waktu Kontak



Penentuan Kapasitas Adsorpsi Berdasarkan Pengaruh Konsentrasi

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lampiran 10. Daftar Riwayat Hidup

CURRICULUM VITAE

A. Data Pribadi

1. Nama : Dzakirah Nadhifah Ramadhani
2. Tempat, tanggal lahir : Makassar, 18 November 2002
3. Alamat : Citraland Tallasa City Cluster Red Terracota F6/2
4. Kewarganegaraan : Warga Negara Indonesia

B. Riwayat Pendidikan

1. Tamat SLTA tahun 2020 di SMAN 5 Makassar
2. Mahasiswa (S-1) tahun 2021 di Program Studi Kimia Universitas Hasanuddin

C. Riwayat Pengalaman

1. Pernah magang di laboratorium lingkungan PT Sucofindo Cabang Makassar pada Tahun 2023

D. Riwayat Organisasi

1. Palang Merah Remaja SMAN 5 Makassar
2. Remaja Masjid Nurut Tarbiyah SMAN 5 Makassar
3. AIESEC in UNHAS
4. TEDx Hasanuddin University

E. *Skills*

1. Hard Skills: Microsoft Office
2. Soft Skills: Dapat bekerja sama dengan tim, disiplin, jujur, dan bertanggung jawab

Optimized using
trial version
www.balesio.com