

**OPTIMASI ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU MENGGUNAKAN
METODE RSM DENGAN ADSORBEN KOMPOSIT CaO (CANGKANG
TELUR AYAM)/PEG/Fe₃O₄**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



Oleh:

**Della Ayu Eriza
08031381924094**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**OPTIMASI ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU MENGGUNAKAN
METODE RSM DENGAN ADSORBEN KOMPOSIT CaO (CANGKANG
TELUR AYAM)/PEG/Fe₃O₄**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

oleh:

DELLA AYU ERIZA
08031381924094

Indralaya, 24 Mei 2023

Mengetahui,

Pembimbing I



Prof. Dr. Poedji Loekitowati H., M.Si.

NIP. 196808271994022001

Pembimbing II



Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si

NIP. 197211092000032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematikan dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Della Ayu Eriza (08031381924094) dengan Judul "Optimasi Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Metode RSM dengan Adsorben Komposit CaO(Cangkang Telur Ayam)/PEG/Fe₃O₄" telah dijadwalkan di hadapan Tim Pengujii Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Mei 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 24 Mei 2023

Ketua :

1. Widia Purwaningrum, M. Si
NIP. 197304031999032001

(*Jes*)

Sekretaris:

1. Dr. Desnelli, M.Si
NIP. 196912251997122001

(*AJ*)

Pembimbing:

1. Prof. Dr. Poedji Loeikitewati Hariani, M.Si.
NIP. 196808271994022001
2. Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.
NIP. 197211092000032001

(*PDH*)
(*Nurpita*)

Pengujii:

1. Nova Yuliasari, M.Si.
NIP. 197307261999032001
2. Fahma Riyanti, M.Si.
NIP. 197204082000032001

(*ZH*)
(*Fahma*)



Dekan FMIPA

Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197111191997021001

Mengetahui,



Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muhamni, M.Si.

NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Della Ayu Eriza
NIM : 08031381924094
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Della Ayu Eriza
NIM : 08031381924094
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Optimasi Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Metode RSM dengan Adsorben Komposit CaO(Cangkang Telur Ayam)/PEG/Fe₃O₄”. Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Indralaya, 24 Mei 2023
Penulis



Della Ayu Eriza
NIM. 08031381924094

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tidak ada satu pun perjuangan yang tidak melelahkan. "Dan berikanlah berita gembira kepada orang-orang yang sabar, yaitu yang ketika ditimpa musibah mereka mengucapkan: sungguh kita semua ini milik Allah dan sungguh kepada Nya lah kita kembali".

(QS Al-Baqarah: 155-156)

Pantang dalam menyerah, pantang dalam berpatah arang. Tidak ada kata gagal untuk orang yang enggan berhasil. "Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur".

(QS Yusuf: 87)

"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga."

(HR Muslim, no. 2699)

"Barang siapa yang hendak menginginkan dunia, maka hendaklah ia menguasai ilmu. Barangsiapa menginginkan akhirat hendaklah ia menguasai ilmu, dan barangsiapa yang menginginkan keduanya (dunia dan akhirat) hendaklah ia menguasai ilmu,"

(HR Ahmad)

Saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Ibu, ayah, adik, dan keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan penuh kepada saya hingga saya bisa menyelesaikan perkuliahan ini.
2. Dosen pembimbing saya, Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. dan Dr. Nurlisa Hidayati, M. Si.
3. Dosen-dosen Kimia FMIPA
4. Sahabat-sahabatku dan teman seperjuangan.
5. Alamamater Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Metode RSM dengan Adsorben Komposit CaO(Cangkang Telur Ayam)/PEG/Fe₃O₄” ini tepat pada waktunya. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.** dan Ibu **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.** yang telah banyak memberikan bimbingan, pengalaman, motivasi, saran, nasehat, dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya yang sangat luar biasa kepada penulis.
2. Kepada kedua orang tua tersayang Ayah (Erfino Destriadi), Ibu (Destriyanti), dan keluarga besar penulis, terimakasih selalu mendoakan, memberikan perhatian, kasih sayang yang tak terhingga, dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini sampai mendapat gelar sarjana tanpa kalian mungkin penulis tidak bisa menyelesaikan semua ini. Semoga Allah SWT selalu melindungi kita semua.
3. Bapak Prof. Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph. D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Muhamni, M. Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
6. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si. selaku dosen akademik dan dosen pembimbing, terimakasih ibu sudah meluangkan waktu untuk membimbing saya selama perkuliahan ini, memberikan ilmu, saran, masukan, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibu selalu diberikan kesehatan, dilancarkan segala urusannya, dan selalu dilindungi oleh Allah SWT.

7. Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M. Si. selaku pembimbing, terimakasih ibu atas ilmu yang telah diberikan, dukungan, serta bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibu selalu diberikan kesehatan, dilancarkan segala urusannya, dan selalu dilindungi oleh Allah SWT.
8. Ibu Nova Yuliasari, M. Si dan Ibu Fahma Riyanti, M. Si selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukannya yang sangat bermanfaat. Semoga semua kebaikan ibu di balas oleh Allah SWT dan dilancarkan segala urusannya.
9. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermafaat.
10. Kak Chosiin dan Mba Novi selaku Admin Jurusan yang sangat baik, ramah, sabar dan selalu membantu penulis selama perkuliahan hingga lulus. Terimakasih banyak atas bantuannya dalam perkuliahan ini, semoga selalu diberikan kesehatan.
11. Yuk Yanti, Yuk Nur, dan Yuk Niar selaku analis kimia yang telah membantu selama penelitian. Semoga selalu diberikan kesehatan dan kebaikan kalian senantiasa dibalas oleh Allah SWT.
12. Adikku Yolanda Angraini Sakia, terimakasih sudah menjadi adik yang super duper baik, selalu peka disaat penulis membutuhkan sesuatu, selalu menjadi pendengar yang baik disaat penulis down, semoga kita selalu diberikan rezeki yang berlimpah dan masa depan yang cerah agar bisa membanggakan ayah dan ibu, rajin-rajin kuliah disana ya calon bu bidan semoga segera lulus yaa tunggu aku di Bandung.
13. Yuk melin selaku sepupu sekaligus sahabat. Terimakasih sudah selalu ada saat penulis membutuhkan bantuan, selalu menghibur penulis dikala sedih, selalu memberikan apa yang diinginkan penulis, selalu gas kalau diajak kemana aja, masih banyak wishlist yang belum kita kunjungi salah satunya itu ke Lampung dan ke Bromo. Semoga kita cepat dapat pekerjaan biar bisa mewujudkan wishlist tersebut.
14. Intan, Gita, dan Icha terimakasih sudah menjadi salah satu *support system* penulis, sudah menjadi saudara sekaligus sahabat buat saya, semoga kita selalu dilindungi oleh Allah SWT. Semangat buat kalian untuk melanjutkan

masa depan dan Happy Graduation ya guys semoga ilmu yang kalian dapatkan bermanfaat di masa depan. Aaamiin.

15. The Satans Squad, Silvana Apriani (Sulung), terimakasih sudah jadi seorang ayuk, support system, dan motivator yang baik buat aku. Terimakasih atas saran-saran, motivasi, kasih sayang, dukungan, serta doanya selama perkuliahan ini. Sorry ya selalu direpotin sama aku, sudah membantu penelitian aku, printer kamu sangat membantu selama perskripsi ini. Kamu, sosok yang selalu ada di sampingku mulai dari maba sampai diri ini meraih gelar sarjana. Mohon maaf ya jika selama ini aku sering berbuat kesalahan, jangan pernah bosan untuk menasehati aku. Terimakasih juga sudah menjadi pendengar yang baik, tetap jadi tempat curhat aku ya. Salam hangat dari adikmu, senang bisa kenal kamu, jangan pernah lupain aku. Sukses selalu.
16. The Satans Squad, Dinii Uswati (My Partner). Partner di segala bidang baik akademis maupun organisasi. Terimakasih ya sudah menjadi partner, sahabat, support system aku selama ini. Terimakasih atas kerjasama, kasih sayang, dukungan, canda tawa, makanan, minuman, dan asupan lainnya. Teman curhat aku mengenai percintaan yang kisah cintanya sama seperti aku kandas sebelum dimulai. Mohon maaf ya jika diri ini belum bisa menjadi partner dan sahabat yang baik versi dinii, masih banyak kekurangannya, tapi jangan pernah bosan untuk curhat ya. Tetap jadi partner jalan aku dan jangan pernah jadi asing, kan rumah dinii di palembang jadi bisalah sanjo. Salam hangat dari partner, jangan pernah lupain aku. Sukses selalu ya dinii.
17. The Satans Squad, Ragil Trie Ambar Handini (My Roomate), terimakasih sudah menjadi roomate, ayuk, sahabat, support system aku selama ini. Terimakasih atas dukungan, doa, kerjasama, canda tawa, ilmu, kasih sayang, motivasi tentang kehidupan, mengajarkan aku organisasi, menjadi penghibur dikala aku sedih, dan bantuannya selama penelitian. Mohon maaf jika diri ini belum menjadi roomate yang rajin dan sering berbuat kesalahan. Setiap pertemuan pasti ada perpisahan, walalupun itu terjadi semoga kita tidak menjadi asing dan selalu gas kalau diajak main mobile legend. Salam hangat dari roomate dan adikmu ini, jangan pernah lupain aku. Maaf belum bisa jadi sahabat yang baik menurut versi ragil. Sukses selalu yaa.

18. The Satans Squad, Siska Safitri (Mak), terimakasih sudah menjadi mak, sahabat, support system aku selama ini, sudah menjaga kesehatan anakmu di dunia perantauan ini. Teman maba pertama ku yang tidak disangka sekarang sudah menjadi sahabatku. Terimakasih atas kasih sayang, perhatian, cinta, dukungan, doa, canda tawa, dan nasehat selama ini. Definisi ibu sesungguhnya di dunia perantauan ini, selalu khawatir saat aku sakit, jadi alarm saat sahur, jangan pernah bosan jadi ibu buat anakmu ini ya. Mohon maaf jika diri ini sering membuat badmood dan banyak berbuat salah. Semoga kita tidak menjadi asing ya walaupun tempat tinggal kita lumayan jauh. Salam hangat dari anakmu, jangan pernah lupain aku. Sukses selaluuu.
19. The Satans Squad, Rizki Salsa Turliana Putri (Kembaran), terimakasih sudah menjadi kembaran, sahabat, support system aku selama ini, serta memberikan dukungan, saran, doa, canda tawa, kasih sayangnya. Terimakasih rumah caca sudah menjadi tempat tidur saat aku ke palembang, selalu menyempatkan hadir saat hari bahagiaku, jangan pernah bosan ya buat aku selalu tersenyum dengan kekocakan anda. Aku beruntung bisa kenal denganmu dan menjadi sahabatmu, dan satu lagi walaupun kita berpisah jangan pernah lupain aku ya, ingat aku terus, ingat perkataan orang yang sering bilang kita kembar ya. Mohon maaf belum bisa jadi sahabat yang terbaik buat caca. Salam hangat kembaran. Jangan pernah bosan temenan sama aku yaa. Sukses selaluu.
20. The Satans Squad, Intan Purwita Sari (Musuh), terimakasih sudah menjadi musuh, sahabat, support system aku selama ini, serta telah memberikan dukungan, kasih sayang, saran, doa, dan kecerewetannya. Jangan pernah bosan curhat sama aku ya, terimakasih sudah menjadi tempat penghabis uangku atas saran skincarenya. Mohon maaf ya belum bisa jadi sahabat yang terbaik versi intan dan masih banyak kesalahan. Kita emang jarang ketemu tapi aku beruntung bisa kenal sama intan, semoga walaupun kita pisah, intan jangan pernah lupain aku ya, selalu ingat aku, chat aku terus kalau intan lagi sedih jangan sungkan ya. Terimakasih sudah mau jadi sahabat della, salam hangat dari musuh intan. Sukses selalu yaa.
21. Sahabat maba ku, Yessi Eka Wahyu. Terimakasih yessi sudah mau jadi sahabat aku, tempat curhat mengenai perkuliahan ini, sempat down ingin

keluar dari kimia tapi disemangati yessi jadi bisa lanjut sampai selesai. Yessi sangat berjasa selama perkuliahan ini, terimakasih yes semoga sukses selalu yaa, jangan pernah lupain della yaa. Yessi teman gabutku yang rela ditelpon saat aku gabut Jangan jadi orang asing ya yess. Semangat terus mengejar mimpiya yes, kalo butuh tempat untuk ngeluh aku siap kok. Maaf belum bisa jadi sahabat terbaik versi yessi, tapi diri ini sudah mengusahakannya. Boleh kan kalo aku nangis aku telpon yessi?hhh. sukses selalu ya

22. Partner penelitian ku, Amso Aprijayani Siregar, terimakasih so sudah menjadi partner yang super duper baik, selalu ada saat aku butuh bantuan, saat sampel aku gagal amso selalu menemani penelitian akuuu walaupun itu sampai malam. Senang banget dapat partner yang bisa diajak kerjasama tanpa mejatuhkan satu sama lainnn. Terimakasih ya so sudah mau direpotin sama akuu, sayang Amsooo. Semoga kita sukses selalu kedepannya.
23. Profesor akuu, guru aku, Agung Pratama, terimakasih agung atas ilmu yang sudah diberikan selama ini, beruntung banget bisa kenal sama agung, agung yang selalu mau saat diajak belajar yang selalu ngasih jawaban saat ada pertanyaan yang sulit, definisi guru sesungguhnya. Terimakasih juga agung sudah membantu penelitian aku, semoga sukses selalu.
24. Ahmad Olga Apriansyah (exx suamikk), terimakasih olga atas kerjasamanya selama perkuliahan ini, selalu jadi tempat curhat aku, kawan gabut aku, jangan pernah bosan ya chat akuuu biar dak asing wkwk, jangan sungkan untuk nanya dan curhat sama aku. Semoga sukses selalu, jangan lupain della. Maaf kalo belum bisa jadi teman terbaik versi olga. Sukses selalu ya olgaaa.
25. Muhammad Hanif Manishe (Abang Manishe), terimakasih bang atas kerjasama, bantuan, dan canda tawa selama perkuliahan ini. Semoga abang sukses selalu, jangan pernah lupain della ya bang. Jangan jadi orang asing ya bangg, tetap jadi abang yang selalu ceria. Maaf ya bang belum bisa jadi teman yang baik buat abang.
26. Sahabat maba aku, Ratri, Della S dan Kartika, terimakasih sudah menjadi sahabat akuuu dan kerjasamanya selama perkuliahan ini. Maaf jika aku belum jadi teman yang baik buat kalian. Terimakasih atas kerjasamanya selama perkulihan ini sudah menjadi tempat curhat aku selama perkuliahan. Semoga

kita nggak jadi asing ygy. Semoga kita menjadi orang yang sukses. Maaf belum bisa jadi sahabat yang baik buat kalian.

27. Bang Apresi dan Kak Mahdi, terimakasih sudah menjadi abang dan kakak yang selalu membantu penulis dalam perkuliahan ini, selalu memberikan keceriaan, canda tawa selama penelitian. Terimakasih sudah memberikan saran dan masukkan selama berorganisasi dan sudah memberikan motivasi yang sangat berkesan. Sukses selalu ya bang dan kak.
28. Ana dan Suliwa terimakasih sudah menjadi sahabat akuu, selalu jadi support system aku selama kuliah ini, mungkin kita jarang ketemu karena terkendala waktu tapi semoga persahabatan kita tidak pernah pudar. Semoga kita selalu dilindungi oleh Allah SWT dan dilancarkan dalam menggapai masa depan.
29. Meigia terimakasih sudah menjadi saudara sekaligus sahabat buat aku mulai dari kecil sampai sekarang, semangat terus dalam mengejar masa depan semoga dilancarkan segala urusannya yok bisa yok wisuda bareng kan masuk bareng nih jadi harus wisuda barengg. Nopriyani terimakasih sudah menjadi sahabat maba aku yang selalu mau direpotin pas ngelaprak sampe-sampe kostan penuh oleh kertas wkwk, semangat terus ya yok dua tahap lagi bismillah wisuda barengg.
30. Fita Aulia terimakasih sudah menjadi adik asuh yang super duper baikk, selaluu mau direpotinn, semangat terus kuliahnya yaa, KP-nya, organisasinya, dan jangan lupa tugas akhirnya, yokk selesaikan proposal biar bisa masuk lab dan cepat lulus dari kimia wkkw. Jangan pernah lupoi kakak yooo walaupun kito lah jarang ketemu.
31. Kakak Asuh 17 dan 18. Kak Deni dan Kak Agus terimakasih sudah menjadi kakak asuh yang sudah membantu penulis dalam perkuliahan ini, selalu memberikan saran-saran mengenai tugas akhir, KRS, dan memberikan arsip laporan praktikum yang sangat membant. Terimakasih kak, semoga sukses selalu dan bisa bertemu di lain waktu.
32. KKN Jungkal Squad (Nina, Ojiik, Irfan, Adel, Guntur, Reza, Isnand, dan Feby) terimakasih buat kalian semua, masa-masa KKN tidak akan pernah terlupakan banyak hal yang kita lakukan bareng baik itu suka maupun duka. Aku kira pertemanan kita hanya sebatas KKN eh ternyata sampe sekarang pun

masih berlanjut. Semangat buat kita semua semoga dilancarkan dalam mengejar masa depan yang cerah.

33. Penghuni BEM KM UNSRI Kabinet Mozaik Harapan terimakasih sudah memberikan wadah yang sangat berharga untuk saya, yang sudah mengajarkan saya mengenai organisasi, kekeluargaan yang sangat erat dan tingkat kepedulian yang tinggi. Selama saya berorganisasi di BEM saya sangat senang bisa kenal dengan kakak-kakak dan teman-teman semua.
34. BPH Aurum HIMAKI Unsri terimakasih sudah memberikan kesan yang sangat berharga selama satu kepengurusan, terimakasih sudah mengajarkan saya mengenai suatu organisasi, BPH 19 semangat tugas akhirnya dan seminaranya buat kalian, BPH 20 semangat kuliahnya, KKN, dan KP. Semoga kita selalu dilindungi oleh Allah SWT.
35. Teman-teman angkatan 2019 terimakasih untuk kerjasamanya, kebersamaan selama perkuliahan ini. Semangat dan sukses untuk kita semua.
36. Terimakasih untuk diriku sendiri yang sudah berjuang sejauh ini, kamu hebat sekali sudah berjalan sejauh ini, banyak hal yang sudah kamu lewatin dan kamu mampu, banyak drama kehidupan yang membuat kamu down tapi kamu bisa melewatkannya. Terimakasih atas tangis, tawa, lelah, letih, sabar, dan selalu kuat atas semua keadaan. Terimakasih ya kamu telah berproses dan berprogres dalam skripsimu. Aku tahu itu nggak mudah, tapi kamu hebat bisa melaluiinnya. Aku bangga pada dirimu.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itru, atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, penulis memohon maaf dan bersedia menerima kritikan yang membangun. Semoiga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Indralaya, 24 Mei 2023

Penulis

Della Ayu Eriza

SUMMARY

OPTIMIZATION THE ADSORPTION OF METHYLENE BLUE DYE USING THE RSM METHOD WITH CaO (CHICKEN EGG SHELL)/PEG/Fe₃O₄ COMPOSITE

Della Ayu Eriza : Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si and Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si

Chemistry Departement of Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University, xi + 76 pages, 11 tables, 13 figure, 12 attachments

Dyes play a very important role in life, including being used in the textile, soap, paper and other industries. The dyes that are often used in the textile industry are synthetic dyes, for example methylene blue. Methylene blue dye if thrown into the water can cause damage to the environment, harmful to humans and other things. One alternative method that can be used to reduce the liquid waste is the adsorption method. The adsorption process requires an adsorbent that functions as an absorbent. The adsorbent used in this research was CaO from chicken egg shells. The research is about optimizing the adsorption of methylene blue dye using the rsm method with CaO (chicken egg shell)/PEG/Fe₃O₄ composite. Chicken egg shells were prepared to obtain CaO powder which would then be composited with PEG and magnetite nanoparticles. The CaO/PEG/Fe₃O₄ composite was made with a mass ratio of 1 : 0.5 : 1. The synthesized material was characterized using XRD, VSM, and BET. The results of the characterization using XRD showed the highest intensity at an angle of $2\theta = 35.60^\circ$. The VSM characterization results obtained a saturation magnetization (Ms) value of 64.97 emu/g. The BET characterization results obtained a surface area of 104.101 m²/g and a pore volume of 0.285151 cc/g, and a pore diameter of 57.43 Å. Optimization of the adsorption of methylene blue dye was carried out using the Response Surface Methodology (RSM) design with a Control Composite Design (CCD) model. Based on the analysis of design experts 13, the best efficiency conditions were obtained at pH 10, concentration of 1.48 ppm, and contact time of 120 minutes with an efficiency percentage of 89.39% and a desirability value of 0.995.

Keywords: Chicken egg shell, CaO/PEG/Fe₃O₄ composite, methylene blue, RSM.

RINGKASAN

OPTIMASI ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU MENGGUNAKAN METODE RSM DENGAN ADSORBEN KOMPOSIT CaO (CANGKANG TELUR AYAM)/PEG/Fe₃O₄

Della Ayu Eriza : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya xi + 76 halaman, 11 tabel, 13 gambar, 12 lampiran.

Zat warna sangat berperan dalam kehidupan antara lain digunakan pada industri tekstil, sabun, kertas dan lain-lain. Zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil berupa pewarna sintetik contohnya adalah metilen biru. Zat warna metilen biru jika dibuang ke dalam air dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, merugikan manusia dan makhluk hidup lainnya. Salah satu metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi limbah cair tersebut dengan metode adsorpsi. Proses adsorpsi membutuhkan sebuah adsorben yang berfungsi sebagai zat penyerap. Adsorben yang digunakan pada penelitian ini berupa CaO dari cangkang telur ayam. Penelitian ini mengenai optimasi adsorpsi zat warna metilen biru menggunakan metode RSM dengan adsorben komposit CaO (cangkang telur ayam)/PEG/Fe₃O₄. Cangkang telur ayam dipreparasi untuk mendapatkan serbuk CaO yang selanjutnya akan dikompositkan dengan PEG dan nanopartikel magnetit. Komposit CaO/PEG/Fe₃O₄ dibuat dengan perbandingan massa 1 : 0,5 : 1. Material hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, VSM, dan BET. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 35,60^\circ$. Hasil karakterisasi VSM didapatkan nilai magnetisasi saturasi (Ms) sebesar 64,97 emu/g. Hasil karakterisasi BET didapatkan luas permukaan sebesar sebesar 104,101 m²/g dan volume pori sebesar 0,285151 cc/g, serta diameter pori sebesar 57,43 Å. Optimasi adsorpsi zat warna metilen biru ini dilakukan menggunakan rancangan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan model *control composite design* (CCD). Berdasarkan analisis *design expert* 13 didapatkan kondisi efisiensi yang terbaik pada pH 10, konsentrasi 1,48 ppm, dan waktu kontak 120 menit dengan persen efisiensi sebesar 89,39% dengan nilai *desirability* sebesar 0,995.

Kata kunci: Cangkang telur ayam, komposit CaO/PEG/Fe₃O₄, metilen biru, RSM.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	xiv
RINGKASAN	xv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Cangkang Telur.....	4
2.2 Magnetit (Fe_3O_4).....	5
2.3 <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)	6
2.4 Komposit.....	7
2.5 Zat Warna	7
2.5.1 Zat Warna Metilen Biru	8
2.6 Adsorpsi	9
2.6.1 Proses Adsorpsi dengan Zat Warna Metilen Biru	10
2.7 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	12
2.8 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	12
2.9 <i>Brunaeur Emmet Teller</i> (BET).....	13
2.10 Metode RSM (<i>Respon Surface Methodology</i>)	13

2.10.1 Rancangan <i>Central Composite Design</i> (CCD)	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Prosedur Percobaan.....	16
3.3.1 Preparasi Cangkang Telur Ayam	16
3.3.2 Sintesis Fe ₃ O ₄	17
3.3.3 Sintesis Komposit CaO/PEG/Fe ₃ O ₄	17
3.3.4 Karakterisasi Material	17
3.3.4.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	17
3.3.4.2 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	18
3.3.4.3 <i>Brunaeur Emmet Teller</i> (BET)	18
3.3.4.4 Penentuan pH _{pzc} (<i>Point Zero Charge</i>)	18
3.3.5 Penentuan Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru	18
3.3.5.1 Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru 1000 ppm.....	18
3.3.5.2 Pembuatan Kuva Kalibrasi.....	19
3.3.6 Preparasi untuk Optimasi RSM	19
3.3.7 Optimasi <i>Respon Surface Methodology</i> (RSM)	19
3.3.8 Analisis Data	20
3.3.8.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
3.3.8.2 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	20
3.3.8.3 <i>Brunaeur Emmet Teller</i> (BET)	20
3.3.8.4 <i>Respon Surface Methodology</i> (RSM).....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Kalsium Oksida dari Cangkang Telur Ayam Petelur	22
4.2 Sintesis Fe ₃ O ₄	23
4.3 Sintesis CaO / PEG/ Fe ₃ O ₄	23
4.4 Karakterisasi Material.....	24
4.4.1 Hasil Karakterisasi CaO, Fe ₃ O ₄ , dan CaO/PEG/ Fe ₃ O ₄ dengan XRD ..	24
4.4.2 Hasil Karakterisasi Fe ₃ O ₄ , CaO PEG/Fe ₃ O ₄ dengan VSM	26
4.4.3 Hasil Karakterisasi CaO / PEG/ Fe ₃ O ₄ dengan BET	27
4.5 Penentuan pH Point Zero Charge pada Komposit CaO/PEG/Fe ₃ O ₄	27

4.6 Hasil Persentase Nilai Efisiensi Zat Warna Metilen Biru dengan Metode RSM	28
4.6.1 Uji Pemilihan Model Berdasarkan <i>Sequential Model Sum of Square</i> ...	29
4.6.2 Uji Pemilihan Model Berdasarkan <i>Lack of Fit Test</i>	30
4.6.3 Uji Pemilihan Model Berdasarkan <i>R Squared</i>	30
4.6.4 Uji ANOVA model Quadratic	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Rumus Struktural <i>Polyethylene glycol</i> (PEG).....	6
Gambar 2. Struktur metilen biru	9
Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap persen adsorpsi metilen biru	11
Gambar 4. Efek waktu kontak.....	11
Gambar 5. (a) Serbuk cangkang telur ayam sebelum dikalsinasi (b) Hasil kalsinasi serbuk cangkang telur ayam	22
Gambar 6. Hasil sintesis Fe_3O_4	23
Gambar 7. Komposit CaO/PEG/ Fe_3O_4	23
Gambar 8. Hasil Karakterisasi CaO Menggunakan XRD.....	24
Gambar 9. Hasil karakterisasi Fe_3O_4 dan CaO/PEG/ Fe_3O_4 menggunakan VSM	26
Gambar 10. Kurva pH _{pzc} CaO/PEG/ Fe_3O_4	27
Gambar 11. Kurva Baku vs Kurva Aktual	34
Gambar 12. Countour dan 3D Surface Efisiensi.....	35

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Kode level dan nilai level variabel konsentrasi, pH dan waktu kontak	20
Tabel 2. Data respon variabel rancangan CCD.....	21
Tabel 3. Hasil Penentapan Nilai Efisensi Metilen Biru	28
Tabel 4. Analisis <i>Sequential Model Sum of Square</i>	29
Tabel 5. Analisis <i>Lack of Fit Test</i>	30
Tabel 6. Analisis <i>Model Summary Sistic</i>	30
Tabel 7. Hasil Analisa ANOVA Respon Efisensi Metilen Biru	31
Tabel 8. ANOVA dan parameter statistik respon efisiensi	32
Tabel 9. Hasil ANOVA pada Respon Efisiensi Metilen Biru.....	33
Tabel 10. Kriteria Variabel dan Respon yang Diinginkan.....	36
Tabel 11. Solusi Titik Optimum Metilen Biru	36
Tabel 12. Point Prediction Hasil Optimum Respon Metilen Biru	37

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian	45
Lampiran 2 Perhitungan Rendemen CaO Hasil Kalsinasi	47
Lampiran 3 Perhitungan Perbandingan Massa Pembentukan Fe_3O_4	48
Lampiran 4 Perhitungan Perbandingan Massa Pembentukan Komposit CaO/ PEG/ Fe_3O_4	49
Lampiran 5 Hasil Karakterisasi CaO/PEG/ Fe_3O_4 menggunakan XRD	50
Lampiran 6 Hasil Karakterisasi CaO/PEG/ Fe_3O_4 menggunakan VSM.....	60
Lampiran 7 Hasil Karakterisasi CaO/PEG/ Fe_3O_4 menggunakan BET	61
Lampiran 8 Penentuan pH Point Zero Charge Komposit CaO/PEG/ Fe_3O_4	62
Lampiran 9 Penentuan Kurva Kalibrasi Metilen Biru	63
Lampiran 10 Data Optimasi Metode RSM	64
Lampiran 11 Rancangan Penentuan Kondisi Optimum Zat Warna Metilen Biru Menggunakan <i>design expert</i>	65
Lampiran 12 Gambar Penelitian	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna sangat berperan pada kehidupan antara lain digunakan pada industri tekstil, sabun, kertas dan lain-lain. Pewarna sintetik merupakan salah satu zat warna yang digunakan pada industri tekstil dan contohnya adalah metilen biru (Badriyah dan Putri, 2017). Zat warna metilen biru jika dibuang ke dalam air dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, merugikan manusia dan makhluk hidup lainnya (Jia *et al*, 2017). Metode alternatif yang digunakan untuk mengurangi limbah cair tersebut dengan metode adsorpsi (Badriyah dan Putri, 2017). Adsorben sangat dibutuhkan dalam proses adsorpsi yang berfungsi sebagai zat penyerap atau zat pengadsorpsi. Terdapat beberapa bahan yang digunakan sebagai adsorben antara lain arang aktik, CaO, dan lain sebagainnya.

Kalsium oksida adalah salah satu jenis adsorben yang mudah didapatkan pada kehidupan makhluk hidup dan berasal dari limbah. Salah contoh CaO yang mudah ditemukan ialah cangkang telur ayam. Cangkang telur ayam merupakan limbah padat yang sangat mudah didapatkan yang berasal dari buangan sampah industri makanan. Selama ini cangkang telur tidak dimanfaatkan sehingga limbah cangkang telur dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Padahal cangkang telur memiliki kadar kalsium yang sangat tinggi dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3) yaitu sebanyak 97% (Hasibuan dkk, 2021). Limbah cangkang telur ayam dapat diolah menjadi adsorben untuk proses adsorpsi (Noviyanti dkk, 2017). Haryono, dkk (2018) melakukan ekstraksi CaO dari proses dekomposisi termal CaCO_3 . Pada penelitian tersebut dekomposisi termal atau kalsinasi CaCO_3 dari serbuk cangkang telur berukuran 100 *mesh* pada suhu 900°C selama 8 jam.

Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih material yang berbeda bila digabungkan memiliki sifat lebih baik dari material asli. Sifat komposit tersebut diantaranya memiliki sifat magnet yang kuat dan kemampuan dalam menyerap suatu senyawa (Li *et al*, 2012). Kinerja CaO sebagai adsroben dapat ditingkatkan dengan melakukan proses sintesis komposit CaO/PEG/ Fe_3O_4 . Material tambahan yang dipakai pada penelitian ini berupa PEG dan Fe_3O_4 . Penambahan nanomagnetik Fe_3O_4 berfungsi agar memiliki sifat yang

lebih baik dari material penyusunnya dan sifat kemagnetannya lebih tinggi daripada oksida-oksida besi yang lain sehingga nanomagnetik Fe_3O_4 dapat meningkatkan proses adsorpsi (Mairosa dan Astuti, 2016).

Polyethylene glycol (PEG) berfungsi untuk membentuk dan mengontrol ukuran serta struktur pori pada komposit. Penambahan material *Polyethylene glycol* (PEG) bertujuan untuk menstabilkan ukuran nanopartikel Fe_3O_4 yang akan terbentuk ketika dilakukan tahapan kopresipitasi (Tatinting dkk, 2021). PEG memiliki beberapa karakteristik diantaranya dapat larut dalam air, benzena, metanol, dan diklorometana, serta PEG juga memiliki kandungan *toxic* yang rendah dan merupakan polimer yang fleksibel (Nuzully dkk, 2013). PEG memiliki rantai polimer yang sangat panjang dan sangat larut dalam air serta tidak beracun dalam darah. (Yang *et al*, 2014). Penambahan PEG juga mempengaruhi nilai magnetisasi saturasi (M_s) dari nanopartikel magnetik.

Penelitian ini dilakukan sintesis komposit $\text{CaO}/\text{PEG}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan metode kopresipitasi menggunakan kalsium oksida yang berasal dari cangkang telur ayam. Komposit $\text{CaO}/\text{PEG}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ digunakan untuk mengadsorpsi zat warna metilen biru dengan variasi pH, konsentrasi dan waktu kontak. Optimasi adsorpsi zat warna metilen biru ini dikerjakan dengan memakai rancangan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan model *central composite design* (CCD). CCD memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu waktu penelitian yang singkat dan data-data yang digunakan tidak terlalu banyak (Bhattacharya, 2021). Metode RSM memiliki gagasan utama yaitu untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap respon, mendapatkan model hubungan antara variabel bebas dan respon serta mendapatkan kondisi proses yang menghasilkan respon terbaik (Nurmiah dkk, 2013). Metode ini diharapkan membantu peneliti untuk menentukan kondisi optimum sehingga menghemat biaya, waktu dan tenaga (Prabudi dkk, 2018). Metode adsorpsi merupakan metode alternatif, simple, serta murah (Lestari dkk, 2021). Desain Metode adsorpsi sangat simple, mudah digunakan dibandingkan metode konvensional lainnya namun metode ini dilakukan secara bertahap sehingga tidak efektif dan efisien (Syafaat, 2016). Metode RSM merupakan prosedur optimasi eksperimental berdasarkan ekperimen dan pengamatan eksperimen (Arham *et al*, 2013).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mensintesis komposit CaO/PEG/Fe₃O₄ dan dikarakterisasi menggunakan XRD, VSM dan BET, selanjutnya mencari kondisi operasi optimum dari proses adsorpsi zat warna metilen biru dari komposit CaO/PEG/Fe₃O₄ menggunakan *respon surface methodology* model CCD dengan variasi pH, konsentrasi dan waktu kontak.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik komposit CaO/PEG/Fe₃O₄ hasil sintesis?
2. Bagaimana hasil optimasi adsorpsi menggunakan metode RSM (*Respon Surface Methodology*) dengan variasi pH, konsentrasi dan waktu kontak?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis komposit CaO/PEG/Fe₃O₄ dan mengkarakterisasi menggunakan XRD, VSM dan BET.
2. Menentukan optimasi adsorpsi komposit CaO/PEG/Fe₃O₄ terhadap zat warna metilen biru dengan metode RSM (*Respon Surface Methodology*) dengan variabel pH, konsentrasi dan waktu kontak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan sintesis yang terbaik dan menghasilkan kadar kalsium yang banyak dalam mensintesis CaO dari cangkang telur agar mengurangi limbah cangkang telur, serta dapat membandingkan antara metode adsorpsi konvensional dengan *respon surface methodology* (RSM).

DAFTAR PUSTAKA

- Akolo, I. R dan Azis, R. 2019. Penigkatan Mutu Ikan Roa (*Hemiramphus* sp.) asap dengan Response Surface Method-Central Composite design (RSM-CCD). 7 (2): 64-67.
- Alimano, M dan Mindriany, S. 2014. Reduksi ukuran adsorben untuk memperbesar diameter pori dalam upaya meningkatkan efisiensi adsorpsi minyak jelantah. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 20(2): 173-182.
- Anggraini, U. M., Hasan, A. dan Purnamasari, I. 2021. Kinetika adsorpsi karbon aktif dalam penurunan konsentrasi logam tembaga (Cu) dan timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*. 12(2): 29 – 37.
- Antoni. Biosementasi tanah pasir dengan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*). *Skripsi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidaytullah.
- Arham, N. A., Mohammad, N. A. N., Jai, J., Krishan, J and Yusof, M. N. 2013. Application of Response Surface Methodology Extraction of Bioactive Component from Palm Leaves (*Elaeis guineensis*). *International Journal of Science and Engineering (IJSE)*. 5(2): 95-96.
- Aziz, M. Y., Putri, T. R., Aprilia, F. R., Ayuliasari, Y., Hartini, O. A. D. dan Putra, M. R. 2018. Eksplorasi Kadar kalsium (Ca) dalam Limbah Cangkang Kulit Telur Bebek dan Burung Puyuh Menggunakan Metode Titrasi dan AAS. *Al-Kimiya*. 5(2): 74.
- Badriyah, L dan Putri, M. P. 2017. Kinetika Adsorpsi Cangkang Telur pada Zat Warna Metilen Biru. *Alchemy Journal of Chemistry*. 5(3): 86.
- Baunsele, A. B dan Missa, H. 2020. Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimindo*. 5(2): 78 – 79.
- Bhattacharya, S. 2021. Central Composite Design for Response Surface Methodology and Its Application in Pharmacy. *Respon Surface Methodology in Engineering Science*. 1(1): 1 – 19.
- Bouras, H. D., Isik, Z., Arikan, E. B., Yeddoi, A. R., Bouras, N., Chergui, A., Favier, L., Amrane, A and Dizge, N. 2020. Biosorption Characteristics of Methylene Blue Dye by Two Fungal Biomasses. *International Journal of Environmental Studies*. 78(3): 365-381.
- Bunaciu, A. A., Udristioiu, E. G and Enein, H. Y. A. 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 45(4): 289 – 299.
- Chenchik, D. I and Jandosov, J. M. 2017. Synthesis and Photo-Catalytic Activity of Nanoparticles with Structure “Core/Shell”: $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$. *Eurasian Chemico Technological Journal*. 19(1): 192.
- Dewi, S. H dan Ridwan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2): 137-138.

- Ernawati, Mafliahah, I., Ubang, I., Podung, P. N., Nurbaiati, W dan Lestari, S. 2021. Adsorpsi Metilen Biru dengan Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia.* 5(5): 173-179.
- Fadhilah, A. H., Ngatijo dan Gusti, D. R. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit Terlapis Dimerkaptosilika. *Chempublish Journal.* 4(2): 81 – 88.
- Fadli, A., Amri, A., Sari, E. O., Iwantono, and Adnan, A. 2017. Crystal – Growth Kinetics Of Magnetite (Fe_3O_4) Nanoparticles Using The Ostwald Ripening Model. *International Journal of Technology.* 8(8): 1447.
- Fitaloka, D. 2021. “Modifikasi Proses Sintesis Kitosan Berbahan Baku Limbah Cangkang Udang Menggunakan Response Surface Methodology (RSM)”. *Skripsi.* Lampung. Politeknik Negeri Lampung.
- Haryono, Natanael, C. L., Rukiah, dan Yulianti, Y. B. 2018. Kalsium Oksida Mikropartikel dari Cangkang Telur Sebagai Katalis pada Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Material dan Energi Indonesia.* 8(1): 11.
- Hasibuan, S, dkk. 2021. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur sebagai Pupuk Organik Cair di Kecamatan Rumbai Bukit. *Journal of Community Empowering and Services.* 5(2): 154 – 160.
- Hendrawan, Y., Susilo, B., Putranto, A. W., Riza, D. F. A., Maharani, D. M danAmri, M. N. 2016. Optimasi Dengan Algoritma Rsm-Ccd Pada Evaporator Vakum Waterjet Dengan Pengendali Suhu Fuzzy Pada Pembuatan Permen Susu. *Agritech.* 36 (2): 26 – 32.
- Huda, T dan Yulitaningtyas, T, K. 2018. Kajian Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Selulosa dari Alang – Alang. *Ind. J. Chem Anal.* 1(1): 9 – 19.
- Huraiyah, S. N., Lajis, N. M and Halim, A. A. 2020. Methylene Blue Removal from Aqueous Solution by Adsorption on Archidendron Jiringa Seed Shells. *Journal of Geoscience and Environment Protection.* 8(1): 128-143.
- Indriyani, S. A. 2018. Optimasi Ekstraksi Minyak Biji Pala menggunakan Metode respon surface Methodology (RSM). *Skripsi.* Malang. Universitas Sriwijaya.
- Jepri. 2016. Karakteristik kekuatan komposit serat kulit pohon terap dengan variasi jumlah lapisan serat. *Skripsi.* Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma. 4.
- Jia, P., Tan, H., Liu, K and Gao, W. 2017. Asorption Behavior of Methylene Blue by Bone Char. *International Journal of Modern Physics.* 31(7): 1.
- Khaira, I., Astuti dam Usna, S. R. A. 2022. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnet Nanokomposit $Fe_3O_4/PEG: ZnO$. *Jurnal Fisika Unand.* 11(1): 57 – 61.
- Kurniawati, D., Bahrizal, Sari, T. K and Sy, S. 2020. *International Conference on Chemistry and Science Education.* 1788(1): 1 – 6.Shell $Fe_3O_4@SiO_2@NiO$ Nanochains Composites for High-Performance Microware Absorption. *Journal of Alloys and Compounds.* 843(1), 1-10.
- Maghfury, T. I. 2020. Analisis X-Ray Diffraction (XRD) pada brazing alumunium seri 1000 dan stainless steel seri 304 dengan penambahan serbuk tembaga [skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta. 10.

- Mairosa, A dan Astuti. 2016. Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Unand.* 5(3): 283-286.
- Marsyahyo, E. 2012. Analisis brunnaeur emmet teller (BET) topografi permukaan serat rami (*Boehmeria nivea*) untuk media penguatan pada bahan komposit. *Jurnal Flywheel.* 2(2): 36.
- Noviyanti, A. R., Haryono, H., Pandu, R dan Eddy, D. R. 2017. Cangkang Telur Ayam sebagai Sumber Kalsium dalam Pembuatan Hidroksipatit untuk Aplikasi Grafit Tulang. *Chemica et Natura Acta.* 5(3): 107 – 111.
- Nurlaela, A., Dewi, S. U., Dahlan, K., dan Soejoko, D. S. 2014. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam dan Bebek Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia.* 10: 81-85.
- Nurlaili, T., Kurniasari, L dan Ratnani, R. D. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Orange dalam Larutan. *Inovasi Teknik Kimia.* 2(2): 11 – 14.
- Nurmiah, S., Syarief, R., Sukarno., Peranginangin, R and Nurtama, B. 2013. Aplikasi Response Surface Methodology Pada Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan Alkali Treated Cottonii (ATC). *JPB Kelautan dan Perikanan.* 8(1): 10.
- Nuzully, S., Kato, T., Iwata, S dan Suharyadi, E. 2013. Pengaruh Konsentrasi *Polyethylene glycol* (PEG) pada Sifat Kemagnetan Nanopartikel Magnetik PEG-Coated Fe_3O_4 . *Jurnal Fisika Indonesia.* 27(51): 35 – 40.
- Onu, C. E., Nwabanne, J. T., Ohale, P. E and Asadu, C. O. 2021. Comparative Analysis Of RSM, ANN And ANFIS And The Mechanistic Modeling In Eriochrome Black-T Dye Adsorption Using Modified Clay. *South African Journal of Chemical Engineering.* 36(1): 25.
- Parvin, S., Mamun, A., Rubbi, M. F., Ruman, M. A., Rahman, M. M and Biswas B. K. 2020. Utilization Of Egg-Shell, A Locally Available Bio-waste Material, for Adsorptive Removal of Congo Red From Aqueous Solution. *Aceh International Journal of Science and Technology.* 9(2): 64.
- Pirnando, W. 2014. Preparasi kalsium oksida dari cangkang kerjang hijau dan aplikasinya dalam produksi biodiesel dari minyak jelatah, minyak kelapa dan minyak kelapa sawit. *Skripsi.* Palembang: Universitas Sriwijaya. 10.
- Prabudi, M., Nurtama, B., dan Purnomo, E.H. 2018. Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) dengan Historical Data pada Optimasi Proses Produksi Burger. *Jurnal Mutu Pangan.* 5(2): 109 – 205.
- Prasetyowati, R., Widiawati, D., Swastika, E., Ariswan, dan Warsono. 2021. Sintesis dan karakterisasi nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) berbasis pasir besi pantai glagah kulon progo dengan metode kopresipitasi pada berbagai variasi konsentrasi NH_4OH . *J. Sains Dasar.* 10(2): 57 – 61.
- Pratiwi, G., Martien, R., & Murwanti, R. 2019. Chitosan Nanoparticle As A

- Delivery System For Polyphenols From Meniran Extract (*Phyllanthus Niruri L*): Formulation, Optimization, And Immunomodulatory Activity. *International Journal of Applied Pharmaceutics*. 11(2).
- Pujilestari, T. 2015. Review: sumber dan pemanfaatan zat warna alam untuk keperluan industri. *Dinamika Kerajinan dan Batik*. 32(2): 93 – 106.
- Putra, A. R. P. 2012. Optimumasi produksi lipase dengan variasi konsentrasi substrat dan suhu melalui fermentasi renrhodotorulz mucilaginosa (YUICC422) menggunakan Respon Surface Methodology. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia. 36.
- Rahmayanti, M. 2020. Sintesis Dan Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4): Studi Komparasi Metode Konvensional Dan Metode Sonokimia. *Al Ulum Sains dan Teknologi*. 6(1): 26 – 31.
- Ramadhani, R. A., Riyadi, D. H. S., Triwibowo, B. dan Kusumaningtyas, R. D. 2017. Review Pemanfaatan Design Expert untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel. *J. Tek. Kim. Ling*. 1(1): 11-16.
- Richard, D., Daouda, A., Arnaud, M. A.G., Balike, M., Bagamla, W and Bosco, T. J. 2022. Optimization of Methylene Blue Adsorption onto Activated Carbon from Bos Indicus Gudali Bones Using a Box Behnken Experimental Design. *American Journal of Chemistry*. 12(1): 1 – 9.
- Riwayati, I., Fikriyyah, N. dan Suwardiyono. 2019. Adsorpsi zat warna *methylene blue* menggunakan abu alang-alang (*imprata cylindrica*) teraktivasi asam sulfat. *Inovasi Teknik Kimia*. 4(2): 6 – 11.
- Riyanto, A. 2019. Preparasi dan karakteristik fisis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4). *Jurnal Fisik Flux*. 16(1): 35 – 41.
- Salpiyana. 2019. Studi proses pengolahan cangkang telur ayam menjadi pupuk cair organik dengan menggunakan EM4 sebagai inokulan. *Skripsi*. Lampung: Universitas Islam Negeri Raden Intan. 28.
- Sari, F. I. P. 2017. Sintesis, karakterisasi nanopartikel magnetit, Mg/Al NO_3 – hirotalsit dan komposit magnetit-hirotalsit. *Jurnal Kimia Valensi: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*. 3(1): 44 – 49.
- Sedayu, A. 2012. Adsorpsi zat warna procion merah dari limbah cair industri songket menggunakan cangkang telur ayam. *Skripsi*. Palembang: Universitas Sriwijaya. 5.
- Setiawati, T., Ayalla, A., Nurzaman, M., Kusumaningtyas, V. A dan Bari, I. Metabolit Sekunder Kultur Pucuk, Kalus, dan Tanaman Lapang *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Jurnal Ilmu Dasar*. 21(1): 1 – 10.
- Simamora, P dan Krisna. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe_3O_4 – Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. *Seminar Nasional Fisika*. 4(7): 77 – 78.

- Syafaat, W. U. 2016. Optimasi Produksi Roti menggunakan Metode Rancangan Percobaan *Respon Surface* pada Industri Rumahan Tahun 2015. *Skripsi*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Taib, S dan Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Magnetite (Fe_3O_4) dengan Template Silika (SiO_2) dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 5(1): 24.
- Tatinting, G. D., Aritonang, H. F dan Wintu, A. D. 2021. Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 – Polietilen Glikol (PEG) 6000 dari Pasir Besi Pantai Hais Sebagai Adsorben Logam Kadmium (Cd). *Chem. Prog.* 14(2): 131 – 137.
- Tebriani, S. 2019. Analisis Vibrating Sampe Magnetometer (VSM) pada Hasil Elektrodepositi Larutan Tipis Magnetite Menggunakan Aruscontinue Direct Current.. 5(1): 722 – 730.
- Ulfa, H. 2021. Pembuatan magnetit (Fe_3O_4) menggunakan metode elektrokimia dengan variasi tegangan. *Skripsi*. Banda Aceh. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Wardiyati, S., Adi, W. A dan Winataputra, D. S. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Microwave Absorbing Material Berbasis Ni-SiO₂ dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Fisika*. 8(2): 1-6.
- Wilhan, A. R., Taufiq, A dan Widiasuti, D. 2016. Ptimasi Waktu Kontak dan pH Terhadap Adsorpsi Biru Metilena dengan Silika Gel Sintesis Abu Tongkol Jagung. *Universitas Pakuan Bogor*. 1(1): 3.
- Yang, J., Zou, P., Yang, L., Cao, J., Sun, Y., Han, D., Yang, S., Wang, Z., Chen, G., Wang, B and Kong, X. 2014. Comprehensive Study On the Synthesis and Paramagnetic Properties of PEG-Coated Fe_3O_4 Nanoparticles. *Applied Surface Science*. 6(303): 425.