

**PEMANFAATAN TEMPURUNG KELAPA (*Cocos nucifera L.*) SEBAGAI
BAHAN ADITIF MEMBRAN KERAMIK UNTUK MENURUNKAN
KADAR *REMAZOL RED* PADA LIMBAH CAIR BATIK**

Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia



Oleh:
Hana Restya Yuni
17106030014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2021



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1682/Un.02/DST/PP.00.9/09/2021

Tugas Akhir dengan judul : PEMANFAATAN TEMPURUNG KELAPA (*Cocos nucifera* L.) SEBAGAI BAHAN ADITIF MEMBRAN KERAMIK UNTUK MENURUNKAN KADAR REMAZOL RED PADA LIMBAH CAIR BATIK

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : HANA RESTYA YUNI
Nomor Induk Mahasiswa : 17106030014
Telah diujikan pada : Selasa, 24 Agustus 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

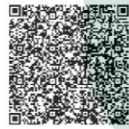


Ketua Sidang

Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.

SIGNED

Valid ID: 612b6bd161876



Penguji I

Karmanto, S.Si., M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 612d9dc280529



Penguji II

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc

SIGNED

Valid ID: 6136c6012ce8f



Yogyakarta, 24 Agustus 2021,
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 613717b521be7

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Hana Restya Yuni
NIM : 17106030014
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Pemanfaatan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) sebagai Bahan Aditif Membran Keramik untuk Menurunkan Kadar Remazol Red pada Limbah Cair Batik**" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 16 Agustus 2021



Hana Restya Yuni
17106030014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Hana Restya Yuni
NIM : 17106030014
Judul Skripsi : Pemanfaatan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) sebagai Bahan Aditif Membran Keramik untuk Menurunkan Kadar *Remazol Red* pada Limbah Cair Batik

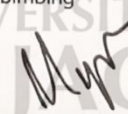
sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 16 Agustus 2021
Pembimbing

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA


Dr. Maya Rahmayanti, M.Si.
NIP: 19810627 200604 2 003



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Hana Restya Yuni
NIM : 17106030014
Judul Skripsi : Pemanfaatan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) sebagai Bahan Aditif Membran Keramik untuk Menurunkan Kadar *Remazol Red* pada Limbah Cair Batik

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 07 September 2021
Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Karmanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 19820504 200912 1 005



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp :-

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Hana Restya Yuni
NIM : 17106030014
Judul Skripsi. : Pemanfaatan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) sebagai Bahan Aditif Membran Keramik untuk Menurunkan Kadar *Remazol Red* pada Limbah Cair Batik

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 13 September 2021
Konsultan



Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 19811111 201101 1 007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

*“Memulai dengan penuh keyakinan, menjalankan dengan penuh keikhlasan,
dan menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan.”*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

**Skripsi ini penulis dedikasikan untuk almamater Program Studi Kimia Universitas
Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.**



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur *Alhamdulillah* senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi dengan judul **“Pemanfaatan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) sebagai Bahan Aditif Membran Keramik untuk Menurunkan Kadar *Remazol Red* pada Limbah Cair Batik”** dapat terselesaikan. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Baginda Rasul Muhammad SAW.

Terselesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif, sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil. Al-Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi atas segala bimbingan, motivasi, inspirasi, dan arahan dalam menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Irwan Nugraha, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama proses perkuliahan di Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Seluruh Dosen Pengajar Program Studi Kimia dan Staf Laboratorium Kimia yang telah memberikan pengalaman dan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
7. Bapak Sukawiyatno dan Ibu Sri Lestari, kedua orang tua yang senantiasa mendoakan doa, memberi kasih sayang, semangat, dan kesabaran dalam setiap langkah hidup penulis.
8. Afifah Nur Hafizah dan Fitri Dwi Ristawati, adik terkasih yang selalu memberi semangat dan mendoakan untuk kelancaran penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Mbah Trisno Miharjo, Mbah Tukinem, dan seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan tak henti-hentinya mendoakan, semoga Allah SWT membalas semuanya dengan kebaikan.
10. Aida Nurmajdina, Annisa Amalia, Mayang Setya Purwantika, Putri Mar Atus Shalihah, dan Wiwit Dian Ramadhani, sahabat yang menjadi tempat berkeluh kesah dan memberikan energi positif untuk penulis.
11. Dian Akmalia, Muhammad Malik Firdaus, Sari Adriyani, Sinta Atika Raharjo, dan Rai Yosi Utari Laelasari, teman-teman seperjuangan (Tim Limbah) yang selalu menjadi partner diskusi yang baik dan saling mendukung satu sama lain sejak awal bimbingan hingga saat ini.

12. Seluruh teman-teman *Electron* (Kimia Angkatan 2017) yang telah menjadi keluarga dan memberikan pengalaman terbaik.
13. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Besar harapan penulis, skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan seluruh pihak yang membutuhkan. *Amiin yaarabbal 'alamin.*

Wassalamualaikum warrahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 16 Agustus 2021

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iv
NOTA DINAS KONSULTASI	v
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Batasan Masalah.....	12
C. Rumusan Masalah	13
D. Tujuan Penelitian	13
E. Manfaat Penelitian	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	15
A. Tinjauan Pustaka	15
B. Landasan Teori.....	22
1. Limbah Industri Batik	22
2. <i>Zat Warna Remazol Red</i>	25
3. Membran	27
4. Bahan Baku Membran Keramik.....	36
5. Asam Fosfat (H_3PO_4).....	47
6. <i>Fouling</i>	49
7. Filtrasi.....	51
8. Spektrofotometer UV-Vis (<i>Ultra Violet-Visible</i>).....	53
9. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	56
10. SEM-EDX (<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i>)	58
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian.....	61
BAB III METODE PENELITIAN.....	66
A. Waktu dan Tempat Penelitian	66
B. Alat-alat Penelitian.....	66
C. Bahan Penelitian.....	67
D. Cara Kerja Penelitian	67
1. Preparasi Bahan Penyusun Membran Keramik.....	67
2. Uji Kadar Abu Karbon Tempurung Kelapa Teraktivasi	68
3. Proses Pembuatan Membran Keramik	68
4. Uji Porositas Membran Keramik.....	69

5. Uji Statistika Nonparametik	70
6. Proses Filtrasi Limbah Cair Batik	70
7. Uji Kadar <i>Remazol Red</i>	70
8. Uji Nilai COD Limbah Cair Batik	71
9. Persentase Efisiensi Penurunan Kadar <i>Remazol Red</i> dan Nilai COD Limbah Cair Batik.....	71
10. Karakterisasi Membran Keramik	72
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	73
A. Hasil Preparasi Karbon Tempurung Kelapa Teraktivasi	73
B. Uji Kadar Abu Karbon Tempurung Kelapa Teraktivasi	77
C. Proses Pembuatan Membran Keramik	80
D. Uji Porositas Membran Keramik	85
E. Uji Statistika Nonparametrik	87
F. Uji Kadar <i>Remazol Red</i>	89
G. Uji Nilai COD Limbah Cair Batik	101
H. Uji Karakterisasi Membran Keramik dengan SEM-EDX.....	104
BAB V PENUTUP.....	109
A. Kesimpulan	109
B. Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	129
CURRICULUM VITAE	138



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kadar dan Beban Pencemaran Maksimum Air Limbah Tekstil Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup	24
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Tanah Liat	37
Tabel 2.3 Syarat Mutu Karbon Teraktivasi	45
Tabel 2.4 Jenis <i>Foulant</i> dan Perlakuan yang Tepat	51
Tabel 4.1 Data Hasil Uji Kadar Abu Karbon Tempurung Kelapa Teraktivasi	78
Tabel 4.2 Angka Korelasi Tingkat Hubungan Dua Variabel	88
Tabel 4.3 Uji Korelasi Spearman Variasi Massa Karbon Tempurung Kelapa Teraktivasi	88
Tabel 4.4 Data Hasil Filtrasi <i>Remazol Red</i> Menggunakan Media Membran Keramik	98
Tabel 4.5 Data Hasil Uji Nilai COD Limbah Cair Batik	102
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Kandungan Unsur Membran Keramik Menggunakan EDX	107

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur molekul <i>remazol red</i> RB 133.....	26
Gambar 2.2 Jenis membran berdasarkan struktur dan prinsip pemisahan	32
Gambar 2.3 Tipe transisi elektronik dalam molekul organik.....	55
Gambar 4.1 Desain membran keramik.....	81
Gambar 4.2 Grafik hubungan variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi dalam membran keramik terhadap porositas membran keramik	85
Gambar 4.3 Grafik hubungan panjang gelombang maksimum terhadap absorbansi larutan <i>remazol red</i>	91
Gambar 4.4 Grafik hubungan konsentrasi terhadap absorbansi larutan <i>remazol red</i>	92
Gambar 4.5 Ilustrasi interaksi antara membran keramik dengan <i>remazol red</i> : (a) berdasarkan ukuran pori, (b) pertukaran ligan, dan (c) ikatan hidrogen	94
Gambar 4.6 Ilustrasi interaksi antara adsorben karbon tempurung kelapa teraktivasi, <i>remazol red</i> , dan senyawa organik limbah cair batik: (a) berdasarkan ukuran pori, (b) protonasi adsorben, dan (c) interaksi elektrostatik.....	96
Gambar 4.7 Citra morfologi membran keramik komposisi optimum dengan perbesaran 10.000 kali	105
Gambar 4.8 Spektra hasil uji EDX membran keramik pada komposisi optimum	106

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Hasil Uji Kadar Abu Karbon Tempurung Kelapa Teraktivasi	129
Lampiran 2. Grafik hubungan variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi dalam membran keramik terhadap porositas membran keramik ...	129
Lampiran 3. Uji Korelasi Spearman Variasi Karbon Tempurung Kelapa Teraktivasi	130
Lampiran 4. Grafik hubungan panjang gelombang maksimum terhadap absorbansi larutan <i>remazol red</i>	130
Lampiran 5. Grafik hubungan konsentrasi terhadap absorbansi larutan <i>remazol red</i>	131
Lampiran 6. Ilustrasi interaksi antara membran keramik dengan <i>remazol red</i> : (a) berdasarkan ukuran pori, (b) pertukaran ligan, dan (c) ikatan hidrogen	132
Lampiran 7. Ilustrasi interaksi antara membran keramik dengan <i>remazol red</i> : (a) berdasarkan ukuran pori, (b) pertukaran ligan, dan (c) ikatan hidrogen	133
Lampiran 8. Data Hasil Filtrasi <i>Remazol Red</i> Menggunakan Membran Keramik	133
Lampiran 9. Grafik hubungan variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi dalam membran keramik terhadap kadar <i>remazol red</i>	134
Lampiran 10. Data Hasil Uji Nilai COD Limbah Cair Batik.....	134
Lampiran 11. Citra morfologi membran keramik komposisi optimum dengan perbesaran 10.000 kali.....	134
Lampiran 12. Spektra hasil uji EDX membran keramik komposisi optimum....	135
Lampiran 13. Data Hasil Uji Kandungan Unsur Membran Keramik Menggunakan EDX.....	135
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian.....	136

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK

Pemanfaatan Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) sebagai Bahan Aditif Membran Keramik untuk Menurunkan Kadar *Remazol Red* pada Limbah Cair Batik

Oleh :

Hana Restya Yuni

17106030014

Pembimbing :

Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si

Penelitian tentang pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan aditif membran keramik untuk menurunkan kadar *remazol red* pada limbah cair batik telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan asam fosfat sebagai zat aktivator karbon tempurung kelapa, mengkorelasikan variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi sebagai bahan aditif terhadap porositas membran keramik, dan menganalisis kemampuan porositas membran keramik dalam menurunkan kadar *remazol red* pada limbah cair batik.

Membran keramik yang digunakan berbahan dasar tanah liat dan bahan aditif karbon tempurung kelapa teraktivasi yang bervariasi (0, 5, 10, 15, 20, dan 25 gram) dengan menggunakan asam fosfat 2,5% sebagai zat aktivator. Metode penelitian meliputi uji kadar abu menggunakan metode pengarang dan pengabuan, uji porositas membran keramik menggunakan metode perendaman, uji kadar *remazol red* menggunakan metode filtrasi, uji nilai COD, dan karakterisasi membran keramik menggunakan SEM-EDX.

Hasil penelitian menunjukkan asam fosfat dapat menyebabkan logam mengalami korosi dan menurunkan kadar abu karbon tempurung kelapa teraktivasi dengan nilai yang lebih rendah dan memenuhi syarat mutu SNI 06-3730-1995. Uji porositas menunjukkan bahwa semakin banyak bahan aditif karbon tempurung kelapa teraktivasi dalam membran keramik, maka porositas membran semakin besar. Porositas dan luas permukaan membran keramik yang semakin besar cenderung mampu menurunkan kadar *remazol red* dengan diperoleh komposisi optimum membran keramik dengan bahan aditif 5 gram karbon tempurung kelapa teraktivasi mampu menurunkan kadar *remazol red* sebesar 83,34% dan nilai COD limbah sebesar 99,83%. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan aditif pembuatan membran keramik untuk menurunkan kadar *remazol red* dan nilai COD limbah cair batik.

Kata kunci: *remazol red*, limbah cair batik, membran keramik, tempurung kelapa, filtrasi, COD

ABSTRACT

Application of Coconut Shells (*Cocos nucifera L.*) as Ceramic Membrane Additives to Lower *Remazol Red* Levels in Batik Liquid Waste

By :
Hana Restya Yuni
17106030014

Supervisor :
Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.

Research on the application of activated coconut shells as ceramic membrane additives to lower the levels of *remazol red* in batik liquid waste has been conducted. This study aims to analyze the ability of phosphoric acid as a coconut shell carbon activator, correlate the variation in carbon mass of activated coconut shells as additives to ceramic membrane porosity, and analyze the porosity of ceramic membranes in lowering *remazol red* levels in batik liquid waste.

The ceramic membrane used is made from clay and carbon additives of activated coconut shells that vary (0, 5, 10, 15, 20, and 25 grams) using 2,5% phosphoric acid 2,5% as an activator. Research methods included ash level testing using authoring and breeding methods, ceramic membrane porosity test using immersion method, *remazol red* level test using filtration method, COD value test, and ceramic membrane characterization using SEM-EDX.

The results showed phosphoric acid can cause the metal to corrode and lower the carbon ash levels of activated coconut shells with lower values and meet the quality requirements of SNI 06-3730-1995. Porosity and the growing surface area of ceramic membranes tend to be able to reduce *remazol red* levels by obtaining the optimum composition of ceramic membranes with additives of 5 grams of activated coconut shell carbon able to reduce *remazol red* levels by 83,34% dan waste COD value by 99,83%. Based on this research it can be concluded that coconut shells can be used as additives to the manufacture of ceramic membranes to lower *remazol red* levels and the COD value of batik liquid waste.

Keywords: remazol red, batik liquid waste, ceramic membrane, coconut shell, filtration, COD

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Batik merupakan salah satu warisan budaya milik Indonesia yang telah diakui sebagai warisan budaya dunia oleh Badan Perserikatan Bangsa Bangsa Urusan Kebudayaan (UNESCO) pada tanggal 2 Oktober 2009. Deklarasi UNESCO ini didasarkan atas upaya yang telah dilakukan oleh bangsa Indonesia terhadap keragaman motif batik yang sarat filosofi. Pengakuan dunia terhadap batik memberikan dampak positif bagi pertumbuhan industri batik dan pengembangan perekonomian nasional serta meluasnya pasar batik ke luar pulau Jawa hingga ke mancanegara. Pesatnya perkembangan industri batik setelah adanya pengakuan dari dunia membuat nilai ekspor batik Indonesia menjadi meningkat. Tahun 2013 ekspor batik Indonesia mengalami pertumbuhan sebesar 18,49%. Data Kementerian Perindustrian menunjukkan jumlah unit usaha batik selama lima tahun sejak 2011 hingga 2015 tumbuh 14,7% dari 41.623 unit menjadi 47.755 unit. Peminat batik dari mancanegara yang meningkat dapat tercermin dari nilai ekspor batik yang naik 14,7% dari tahun 2011 senilai Rp 43,96 triliun menjadi Rp 50,44 triliun pada 2015 (Proklamasiningsih, 2004).

Meningkatnya minat masyarakat akan batik menyebabkan industri batik di Indonesia berkembang pesat, salah satunya di daerah Yogyakarta. Daerah Istimewa Yogyakarta dinobatkan sebagai Kota Batik Dunia oleh Dewan Kerajinan Dunia (*World Craft Council* atau WCC) pada tanggal 18-23 Oktober 2014, di Dongyang,

Provinsi Zhejiang, Tiongkok (Prihatmaji, 2016). Salah satu industri yang banyak menghasilkan limbah cair adalah industri batik seperti industri batik skala rumah tangga “Batik Banyu Sabrang” di Kulon Progo, Yogyakarta. Industri batik skala rumah tangga sebagian besar tidak memiliki IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) untuk menangani limbahnya. Pembuangan limbah cair yang dihasilkan belum dilakukan pengolahan secara maksimal. Limbah cair batik tersebut hanya dialirkan ke dalam sebuah kolam yang terbuat dari tanah. Keadaan ini dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lingkungan seperti meluapnya limbah cair dan mencemari ekosistem lingkungan sekitar.

Limbah cair batik berasal dari proses pewarnaan dan pencelupan yang menghasilkan warna limbah keruh dan pekat yang berasal dari penggunaan zat warna ketika proses membatik. Limbah cair batik mengandung kadar zat warna yang tinggi serta bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan dan merupakan senyawa organik *non biodegradable* yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Kandungan dalam limbah cair batik berupa senyawa organik, logam berat, dan zat warna sintetik (Setianingrum, 2016). Pengrajin lebih memilih menggunakan pewarna sintetik dibandingkan dengan pewarna alami karena keunggulan yang dimiliki oleh pewarna sintetik, yaitu warna yang dihasilkan lebih stabil, praktis, dan mudah didapatkan. Sifat pewarna sintetik yang stabil menjadikan pewarna ini lebih sulit dan lebih lama untuk bisa terurai di lingkungan, sehingga dapat menjadi polutan dan menyebabkan gangguan bagi keseimbangan lingkungan perairan. Pewarna sintetik mengandung senyawa kimia berbahaya berupa logam berat. Senyawa

logam berat yang diduga antara lain krom (Cr), timbal, (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn). Senyawa logam berat tersebut dapat menyebabkan kanker pada makhluk hidup (Sugiyana, 2003).

Zat warna sintetis juga memiliki kekurangan antara lain harga cenderung lebih mahal, mengandung logam berat dan *azodyes* tertentu (Amalia dan Akhtamimi, 2016), tidak ramah lingkungan, sehingga sukar diuraikan di alam (*non biodegradable*), bersifat karsogenik (racun), dan memiliki kelarutan (solubilitas) yang tinggi (Bernad, dkk., 2012). Zat warna yang akan menempel pada kain batik hanya berkisar 45% dan sisanya 55% akan terbuang pada tahap pencucian. Limbah cair batik hasil proses pewarnaan dan pencelupan inilah yang akan mengakibatkan terjadinya permasalahan lingkungan (Rahmayanti, dkk., 2020). Zat warna sintetis yang sering digunakan dalam proses pewarnaan dan pencelupan adalah zat warna reaktif azo yang memiliki struktur cincin benzena enam sampai sepuluh, sehingga sangat stabil dan sulit untuk didegradasi secara biologi (Aisyahlika, dkk., 2018), antara lain seperti indigosol (Cristiany, dkk., 2017), *naphthol*, dan *remazol red* (RR) (Fatimah, dkk., 2018 dalam Pembayun dan Rahmayanti, 2020).

Pengolahan zat warna *indigosol*, *naphthol*, dan *remazol red* telah dilaporkan menggunakan berbagai macam metode. Metode adsorpsi telah dilakukan dengan menggunakan adsorben asam humat hasil isolasi dari tanah gambut Kalimantan untuk zat warna *indigosol blue* (Santi dan Rahmayanti, 2019), dan *naphthol blue black* (Prandini dan Rahmayanti, 2020), serta studi aplikasinya pada kedua zat warna tersebut (Rahmayanti, dkk., 2020). Metode adsorpsi juga dilakukan dengan

menggunakan adsorben humin hasil isolasi tanah gambut Riau untuk zat warna *naphthol blue black* dan *indigosol blue* (Rahmayanti, dkk., 2021).

Metode desorpsi zat warna *indigosol blue* dilakukan oleh Latifah dan Rahmayanti (2020) menggunakan asam humat yang berlapis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HA}$. Metode kombinasi adsorpsi-desorpsi dilakukan dengan menggunakan adsorben asam humat yang dimodifikasi magnetit dengan agen desorpsi HCl (Rahmayanti, dkk., 2020) dan NaOH (Putri dan Rahmayanti, 2020) untuk zat warna *naphthol blue black*. Metode adsorpsi maupun kombinasi antara adsorpsi-desorpsi merupakan metode yang sulit diterapkan pada industri batik skala besar. Metode desorpsi tidak mampu melepaskan zat warna yang teradsorpsi pada adsorben secara maksimal, sehingga adsorben tidak dapat dilakukan regenerasi (Rahmayanti, dkk., 2020).

Metode koagulasi dengan menggunakan koagulan biji asam jawa oleh (Pembayun dan Rahmayanti, 2020) dan kitosan oleh (Safitri dan Rahmayanti, 2020) untuk zat warna *remazol red*. Akan tetapi, metode koagulasi memiliki kelemahan yaitu menghasilkan limbah samping berupa lumpur dalam jumlah yang relatif besar. Metode adsorpsi, filtrasi, dan aplikasinya dilakukan oleh Fitriana dan Rahmayanti (2020) untuk zat warna *remazol red* menunjukkan bahwa metode filtrasi lebih efektif dalam menurunkan kadar *remazol red* pada limbah cair batik. Selain itu, metode pengolahan zat warna sintetik lain yang telah dilaporkan oleh beberapa peneliti antara lain elektrokimia, flokulasi, fotokatalis, oksidasi, ozonasi, serta penggunaan bakteri secara biologi (Rahmayanti, dkk., 2020). Berdasarkan permasalahan pada metode diatas, penelitian ini akan menggunakan metode yang

lebih ramah lingkungan dan mudah diterapkan pada industri batik skala rumah tangga yaitu metode filtrasi.

Metode filtrasi termasuk metode pengolahan limbah secara fisika. Metode filtrasi dalam penelitian ini berperan untuk menurunkan kadar *remazol red* dan nilai COD limbah cair batik. *Remazol red* merupakan jenis pewarna tekstil yang sering digunakan karena sifatnya yang dapat larut dalam air, sehingga cukup mudah ketika diaplikasikan (Fatimah, dkk., 2018 dalam Pembayun dan Rahmayanti, 2020). Zat warna *remazol red* merupakan zat warna reaktif yang mengandung gugus kromofor azo $-N=N-$ yang sifatnya sangat berbahaya (mutagenik dan karsinogenik) (Ara, dkk., 2013 dalam Pembayun dan Rahmayanti, 2020). Senyawa azo akan sulit terdegradasi dalam kondisi aerobik dan akan tereduksi menjadi senyawa berbahaya dalam kondisi anaerobik (Wardhana, 2004 dalam Pembayun dan Rahmayanti, 2020).

Limbah cair batik yang mengandung zat warna *remazol red* mengandung unsur berbahaya seperti logam berat kadmium (Cd) (Sari, dkk., 2012). Zat warna *remazol red* dapat mengabsorb sinar matahari dengan kuat, sehingga menurunkan intensitas sinar matahari yang dapat diadsorb oleh organisme seperti tanaman air dan fitoplankton dalam proses fotosintesis. Semakin meningkatnya kontaminan zat warna *remazol red* dan senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair batik, akan mengakibatkan turunnya *dissolve oxygen* (DO) karena jumlah oksigen yang cukup banyak dibutuhkan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam limbah cair batik dalam ekosistem perairan, sehingga berakibat pada peningkatan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Sharma, dkk., 2012). Dengan

demikian, limbah cair batik yang mengandung zat warna *remazol red* jika tidak dilakukan proses penghilangan warna (dekolorisasi), maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penurunan kadar *remazol red* dan nilai COD limbah cair batik menggunakan metode filtrasi yang diharapkan mampu mengolah limbah zat warna batik yang dihasilkan oleh industri batik skala rumah tangga, sehingga limbah cair batik yang dibuang telah melewati proses pengolahan dan limbah akhir telah memenuhi baku mutu serta tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan maupun makhluk hidup.

Metode filtrasi dinilai lebih efisien menggunakan media filter berupa membran keramik. Membran keramik berfungsi sebagai pemisah material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, sebagai penahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran, dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil, serta sebagai sarana pemekatan dan pemurnian suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut (Joko, 2010). Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termal yang baik, memiliki ketahanan terhadap senyawa kimia dan degradasi biologis ataupun mikroba, relatif mudah untuk dibersihkan menggunakan *cleaning agent* (Sari dan Sutrisno, 2018), tidak memerlukan zat bantu kimia, sehingga tidak akan ada tambahan produk buangan serta tidak melibatkan perubahan fasa dengan pemakaian energi yang relatif rendah (Ramadhanur dan Sari, 2015). Membran keramik juga memiliki kekurangan yaitu mampu mengalami *fouling* (penyumbatan) pada daerah pori membran keramik yang menghambat proses filtrasi dan mengurangi performa dari membran keramik (Saifuddin, dkk., 2018).

Membran keramik lebih efektif diaplikasikan pada industri batik skala rumah tangga karena mampu berperan sebagai media penahan zat warna *remazol red* dan senyawa organik limbah cair batik yang memiliki ukuran lebih besar dari pori-pori membran (Agmalini, dkk., 2013 dalam Fitriana dan Rahmayanti, 2020). Regenerasi membran keramik dapat dilakukan dengan cara membersihkan membran keramik (menghilangkan endapan yang terdapat pada permukaan membran keramik) (Redjeki, 2011). Pembersihan dilakukan dengan cara mencuci membran keramik dengan menggunakan akuades maupun NaOH (jika fluks permeat turun 10-15%) (Wenten, dkk., 2013). Apabila kemampuan membran keramik telah mengalami penurunan (tidak efektif lagi dalam proses filtrasi), maka membran keramik dapat dimanfaatkan sebagai hiasan rumah tangga seperti dijadikan asbak (tempat abu rokok), pot bunga, kandil (tempat lilin), dan karya seni lukis. Sifat *remazol red* yang larut sempurna dalam air akan sulit jika dilakukan pemisahan menggunakan media filter biasa (kertas saring), sehingga diperlukan media filter yang mampu mengurangi kadar *remazol red* dengan penambahan komposisi tertentu. Komposisi yang dapat ditambahkan berupa karbon teraktivasi yang berfungsi sebagai adsorben.

Komposisi bahan penyusun membran keramik yang sering digunakan yaitu tanah liat dan adsorben alami. Tanah liat berperan sebagai bahan pokok pembuatan membran keramik, sedangkan adsorben alami berperan sebagai bahan aditif yang memiliki kemampuan menyerap. Tujuan penambahan karbon teraktivasi ke dalam membran keramik adalah untuk menunjang kinerja membran keramik sebagai media filter khususnya dalam menurunkan kadar zat warna yang terkandung dalam

limbah cair batik. Telah banyak penelitian yang membuat membran keramik sebagai media filter menggunakan berbagai macam bahan seperti tanah liat, abu batubara, dan serbuk besi (Agmalini, dkk., 2013); tanah liat, serbuk besi, dan sekam padi (Nasir, dkk., 2014); tanah liat dan sekam padi (Febrina dan Ayuna, 2015); tanah liat dan zeolit alam (Saifuddin, dkk., 2018); tanah liat, sekam padi, dan zeolit (Sari dan Sutrisno, 2018); tanah liat, serbuk gergaji, dan zeolit (Anggraini dan Sugito, 2019); tanah liat, pasir silika, dan serbuk gergaji (Fitriana dan Rahmayanti, 2020). Penelitian ini menggunakan tanah liat jenis kaolin yang tersusun dari mineral utama yaitu kaolinit dan adsorben alami yang digunakan adalah tempurung kelapa.

Tempurung kelapa cenderung berpotensi sebagai limbah organik yang berasal dari limbah pertanian, limbah rumah tangga, dan industri usaha yang belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga diperlukan upaya untuk memaksimalkan pemanfaatannya. Pada saat ini tempurung kelapa memiliki peluang untuk dijadikan sebagai produk bernilai ekonomis tinggi, seperti bahan bakar, karbon teraktivasi, briket, asap cair, fenol, tepung tempurung, dan bahan sediaan farmasi serta kosmetik yang kebutuhannya semakin meningkat. Sumber karbon teraktivasi di Indonesia dapat berasal dari tempurung kelapa, tempurung kemiri, limbah sawit, bahan tambang, kayu atau limbah kayu, gambut, hasil pertanian, limbah peternakan (Arsad dan Hamdi, 2010 dalam Suryono, dkk., 2018), sekam padi, tulang binatang, kulit biji kopi, bagase, dan lainnya, namun bahan dasar yang paling banyak digunakan sebagai karbon teraktivasi adalah tempurung kelapa (Hendra, 2006).

Tempurung kelapa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon teraktivasi karena tempurung kelapa memiliki sifat difusi termal yang baik yang

diakibatkan oleh tingginya kandungan selulosa dan lignin yang terdapat di dalam tempurung kelapa (Tumbel, dkk., 2019) dan juga mempunyai daya serap tinggi karena karbon tempurung kelapa teraktivasi memiliki pori dengan diameter kecil, sehingga memiliki internal yang luas di atas 1500 m²/g (Kurniawan, dkk., 2014). Menurut Hoque, karbon teraktivasi dari tempurung kelapa memiliki keunggulan daripada bahan lain, seperti tingkat kekerasan yang lebih tinggi, sehingga mempermudah karakteristik penanganannya, jumlah abu yang lebih sedikit, dan tingkat kemurnian yang tinggi (Setiawati dan Suroto, 2010).

Tempurung kelapa mengandung selulosa (34%), hemiselulosa (21%), dan lignin (27%), sedangkan kandungan unsur terdiri atas karbon (74,3%), oksigen (21,9%), silika (0,2%), kalium (1,4%), sulfur (0,5%), dan fosfor (1,7%) (Bledzki, dkk., 2010). Jika dibandingkan dengan karbon bahan alami lain, seperti karbon batang buah jagung, gabah padi, dan tempurung buah cokelat dengan kandungan karbon sebesar 12-20% (Budi, dkk., 2012), karbon tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi mencapai 82,92% (Budi, dkk., 2012), sehingga berpotensi menjadi karbon teraktivasi (Syamsiro dan Saptoadi, 2007). Semakin banyak karbon tempurung kelapa teraktivasi yang ditambahkan ke dalam komposisi membran keramik, maka porositas yang dihasilkan akan semakin meningkat. Penelitian ini menggunakan adsorben alami tempurung kelapa yang telah diaktivasi terlebih dahulu.

Aktivasi terhadap karbon dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan unsur pengotor (*impurities*) yang menutupi pori-pori permukaan karbon. Unsur pengotor yang dimiliki oleh karbon tempurung kelapa seperti Na, K, Ca, dan Mg

yang berasal dari unsur hara di dalam tanah, dimana selanjutnya unsur hara tersebut diserap oleh pembuluh *xylem* pada pohon kelapa dan didistribusikan ke seluruh bagian pohon kelapa termasuk buah kelapa (Prades, dkk., 2012). Bahan dasar karbon dan karbon tempurung kelapa teraktivasi mengandung lignin yang merupakan penyebab pembentukan senyawa tar (Puspita dan Tjahjani, 2018). Senyawa tar juga termasuk ke dalam senyawa pengotor yang terbentuk akibat pecahan material selulosa, hemiselulosa, dan polimer lignin yang telah keluar dari lingkungan proses karbonisasi (Hermaw, dkk., 2019).

Senyawa pengotor tersebut dapat diminimalkan dengan proses pemanasan dan bantuan zat aktivator, sehingga dapat memperluas bidang penyerapan karbon teraktivasi itu sendiri dan mutu dari karbon teraktivasi tersebut semakin baik (Fauzi, 2010). Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Aktivasi secara fisika menggunakan suhu tinggi dalam prosesnya, sehingga energi listrik yang diperlukan cukup besar. Oleh karena itu, aktivasi fisika tidak ekonomis apabila diterapkan khususnya untuk industri batik skala rumah tangga. Aktivasi secara kimia memiliki kelebihan antara lain waktu aktivasi yang relatif singkat, hasil karbon yang lebih tinggi, dan efek agen dehidrasi mampu memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon, sehingga diperoleh luas permukaan karbon teraktivasi yang lebih luas dan meningkatkan daya serap (Anggraeni dan Yuliana, 2015). Proses aktivasi kimia merujuk pada penggunaan bahan-bahan kimia sebagai agen pengaktif (Lestari, dkk., 2016). Menurut Kirk dan Othmer (1940), bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif antara lain CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, dan H_3PO_4 (Ramdja, dkk., 2008).

Penelitian ini menggunakan metode aktivasi tempurung kelapa secara kimia dengan menggunakan zat aktivator asam fosfat (H_3PO_4).

Beberapa penelitian telah menggunakan berbagai zat aktivator, seperti aktivator $ZnCl_2$ digunakan pada karbon tempurung kelapa teraktivasi untuk penjernihan asap cair (Jamilatun dan Setyawan, 2014). Aktivator H_2SO_4 digunakan pada karbon kulit siwalan teraktivasi untuk adsorpsi limbah cair batik (Indihani, dkk., 2017). Aktivator KOH digunakan pada karbon tempurung kelapa teraktivasi untuk adsorpsi logam Pb dalam sampel air (Nurfitria, dkk., 2019). Zat aktivator yang paling banyak digunakan yaitu asam fosfat. Zat aktivator asam fosfat digunakan untuk karakterisasi karbon tempurung kelapa teraktivasi (Kurniawan, dkk., 2014; Lestari, dkk., 2016; Verayana, dkk., 2018, dan Diharyo, dkk., 2020), dan digunakan untuk mengukur pengaruhnya terhadap uji adsorpsi pada logam timbal (Verayana, dkk., 2018). Kelebihan asam fosfat sebagai zat aktivator tempurung kelapa antara lain mudah diperoleh, tidak bersifat polutan, dan menghasilkan karbon teraktivasi dengan daya serap yang baik. Selain itu, aktivasi dengan asam mampu mempertahankan kandungan silika, sedangkan aktivasi dengan basa akan menghilangkan kandungan silika (Esterlita dan Herlina, 2015).

Aktivasi dengan asam fosfat mampu melarutkan tar dan zat pengotor yang berasal dari bahan aditif tempurung kelapa yang terikat kuat dan tidak lepas pada saat proses karbonisasi (Jankowska, 1991 dalam Dewi, dkk., 2009), seperti Na, K, Ca, dan Mg yang bersifat basa, sehingga akan membentuk garam-garam mineral anorganik. Hilangnya zat-zat tersebut dari permukaan karbon teraktivasi akan menyebabkan pori-pori karbon menjadi lebih terbuka, sehingga mampu

meningkatkan kemampuan adsorpsi dari karbon teraktivasi. Aksi dari zat aktivator menyebabkan material selulosa mengalami perenggangan ikatan antara tiap-tiap atom C nya yang selanjutnya membantu dekomposisi senyawa organik oleh panas dan mengurangi pembentukan tar (Aisyah, dkk., 2010). Agen pengaktif yang bersifat asam lebih baik digunakan untuk material selulosa. Hal ini dikarenakan material selulosa pada tempurung kelapa mengandung banyak oksigen. Asam akan bereaksi baik dengan oksigen pada material selulosa, memiliki stabilitas termal yang baik, dan karakter kovalen yang tinggi, sehingga diharapkan asam fosfat mampu memaksimalkan potensi karbon tempurung kelapa teraktivasi sebagai adsorben alami.

Sepanjang pengetahuan penulis, pembuatan membran keramik dengan bahan aditif tempurung kelapa untuk mengolah limbah cair batik belum ada yang meneliti. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terkait pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan aditif membran keramik untuk menurunkan kadar *remazol red* dan nilai COD limbah cair batik.

B. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas, maka dalam penelitian ini penulis menekankan bahwa:

1. Limbah cair batik yang digunakan merupakan limbah tahap pertama hasil proses pewarnaan dan pencelupan yang mengandung zat warna *remazol red* dan berasal dari pengrajin “Batik Banyu Sabrang” di Kulon Progo, Yogyakarta.
2. Limbah tempurung kelapa yang digunakan berasal dari Desa Ngipik, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta.

3. Jenis tanah liat yang digunakan yaitu tanah liat kaolin.
4. Media filter yang digunakan yaitu terbuat dari bahan keramik dengan komposisi tanah liat dan variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi berukuran 50 *mesh* sebanyak 0; 5; 10; 15; 20; dan 25 gram.
5. Parameter uji yang digunakan yaitu uji kadar abu karbon tempurung kelapa teraktivasi, uji porositas membran keramik, uji kadar *remazol red*, uji nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) limbah cair batik, dan karakterisasi membran keramik menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray*).

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja asam fosfat sebagai zat aktivator karbon tempurung kelapa?
2. Bagaimana hubungan variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi sebagai bahan aditif terhadap porositas membran keramik?
3. Bagaimana kemampuan porositas membran keramik dalam menurunkan kadar *remazol red* pada limbah cair batik?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kemampuan asam fosfat sebagai zat aktivator karbon tempurung kelapa.
2. Mengkorelasikan variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi sebagai bahan aditif terhadap porositas membran keramik?

3. Menganalisis kemampuan porositas membran keramik dalam menurunkan kadar *remazol red* pada limbah cair batik.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Sebagai sumber informasi dan edukasi kepada masyarakat secara umum mengenai pengolahan limbah cair batik hasil proses pewarnaan dan pencelupan yang mengandung zat warna *remazol red*.
2. Sebagai sumber informasi dan edukasi bahwa limbah tempurung kelapa dapat dimanfaatkan kembali dan digunakan sebagai bahan aditif pembuatan membran keramik.
3. Sebagai sumber informasi dan edukasi mengenai pentingnya menjaga lingkungan sekitar terhadap limbah cair batik yang banyak mengandung senyawa-senyawa kimia berbahaya dan beracun.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Asam fosfat sebagai zat aktivator dapat menyebabkan logam dalam karbon mengalami korosi dan menurunkan kadar abu karbon tempurung kelapa teraktivasi dengan nilai lebih rendah dibandingkan dengan kadar abu karbon tempurung kelapa tidak teraktivasi. Nilai rata-rata kadar abu karbon tempurung kelapa teraktivasi telah memenuhi syarat mutu SNI 06-3730-1995 yaitu lebih rendah dari 10%.
2. Variasi massa karbon tempurung kelapa teraktivasi memiliki hubungan yang sempurna dengan porositas membran keramik, dimana semakin banyak massa aditif karbon tempurung kelapa teraktivasi yang ditambahkan ke dalam membran keramik, maka porositas membran keramik akan semakin besar.
3. Penambahan karbon tempurung kelapa teraktivasi ke dalam membran keramik mampu meningkatkan porositas membran keramik dan luas permukaan yang semakin besar, serta cenderung mampu menurunkan kadar *remazol red* dengan daya serap yang lebih baik dibandingkan dengan membran keramik tanpa penambahan karbon tempurung kelapa teraktivasi. Komposisi optimum membran keramik ditunjukkan pada membran keramik dengan bahan aditif 5 gram karbon tempurung kelapa teraktivasi yang mampu menurunkan kadar *remazol red* sebesar 83,34% dan nilai COD limbah cair batik sebesar 99,83%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini antara lain:

1. Perlu dilakukan pengukuran pH limbah cair batik yang akan digunakan dan proses filtrasi pengulangan regenerasi membran keramik.
2. Perlu diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan bahan karbon tempurung kelapa teraktivasi sebagai campuran membran keramik terhadap pengolahan limbah cair lainnya.
3. Perlu diharapkan adanya pengembangan membran keramik agar dapat dengan mudah dan cepat dalam pemakaiannya, sehingga tidak memerlukan waktu filtrasi yang lama untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Afrianty, C., Gustin, L., dan Dewi, T. K. (2012). Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Menggunakan Teknologi Membran Keramik. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 18.
- Agmalini, S., Lingga, N. N., dan Nasir, S. (2013). Peningkatan Kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat Alam dan Abu Terbang Batubara. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 19, No. 2.
- Aisyah, S., Yulianti, E., Fasya, A. G. (2010). Penurunan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas (FFA) pada Proses *Bleaching* Minyak Goreng Bekas oleh Karbon Aktif Polong Buah Kelor (*Moringa Oliefera*. Lamk) dengan Aktivasi NaCl. *ALCHEMY*, Vol. 1, No. 2, 53-103.
- Aisyahluka, D. Z., Firdaus, M. L., dan Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap Zat Warna Sintetis Reactive Red-120 dan Reactive Blue-198. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, Vol. 2, No. 2, 148-155, ISSN: 2252-8075.
- Akbar, T. dan Prastawa, W. (2018). Karakteristik dan Implementasi Tanah Liat di Lubuk Alung sebagai Bahan Baku Pembuatan Keramik Hias. *Journal of Art, Design, Art Education and Culture Studies (JADECS)*, Vol. 3, No. 2.
- Aksu, Z., dan Tezer, S. (2000). Equilibrium and Kinetic Modelling of Biosorption of Remazol Black B by *Rhizopus Arrhizus* in a Batch System: Effect of Temperature. *Process Biochemistry*, Vol. 36, No. 5, 431-439.
- Alaerts, G., dan Santika, S. (1987). *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Amalia, R., dan Akhtamimi, I. (2016). Studi Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Zat Fiksasi Terhadap Kualitas Warna Kain Batik dengan Pewarna Alam Limbah Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*). *Jurnal Dinamika Kerajinan dan Batik*, Vol. 33, No. 2.
- Anggraeni, I. S., dan Yuliana, L. E. (2015). Skripsi: *Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan menggunakan Aktivator Seng Klorida ($ZnCl_2$) dan Natrium Karbonat (Na_2CO_3)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anggraini, A. N., dan Sugito. (2019). Peningkatan Kualitas Olahan Air Limbah Kawasan Industri Menggunakan Dual Filtrasi Membran Keramik. *Jurnal Teknik Waktu*, Vol. 17, No. 2, ISSN: 1412-1867.

- Apha. 1989. *Standard Methods for The Examination of Waters and Wastewater, 17th Edition*. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation.
- Ara, J. N., Hasan, Md. Abu, R. A. M., Salam, Md. Abdus, S., dan Alam, A. M. S. (2013). Removal of Remazol Red from Textile Waste Water using Treated Sawdust An Effective Way of Effluent Treatment. *Bangladesh Pharmaceutical Journal*, Vol. 16, No. 1.
- Arsad, E. dan Hamdi, S. (2010). Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, Vol. 2, No. 2, 43-51.
- Azas, Q. S. (2013). Skripsi: *Analisis Kadar Boraks pada Kurma yang Beredar di Pasar Tanah Abang dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Bernad, C., Yenie, E., dan Heltina, D. (2012). Ekstraksi Zat Warna dari Kulit Manggis. *Jurnal*.
- Bledzki, A. K., Mamun, A. A., and Volk, J. (2010). Barley Husk and Coconut Shell Reinforced Polypropylene Composites: The Effect of Fibre Physical, Chemical, and Surface Properties. *Composites Science and Technology*.
- Budi, E., Nasbey, H., Budi, S., dan Handoko, E. (2012) Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Vol. 1, 62-66.
- Budiono, A., Suhartana, dan Gunawan. (2009). Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol. *Jurnal*.
- Budiyanto, Gatot. (2003). *Mengenal Tanah Liat*. Yogyakarta: Pusat Pengembangan dan Penataran Guru Kesenian.
- Can, O. T., Bayramoglu, M., dan Kobya, M. (2003). Decolorization of Reactive Dye Solutions by Electrocoagulation using Aluminum Electrodes. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 42, No. 14, 3391-3396.
- Cheryan, M. (1998). *Ultrafiltration and Microfiltration*. Technomic Publishing. New Holland Avenue.
- Cristiany, A., Rezagama, A., dan Nur, M. (2017). Perbandingan Efisiensi Pengolahan Air Zat Warna Sintetis *Indigosol Yellow* sebagai Hasil Produksi

- Batik dengan Metode Fenton dan Ozonasi Katalitik Terhadap Parameter Warna. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6, No. 3.
- Dahlan, M. H., Handayani, L., dan Setiono, E. (2011). Pengaruh Penggunaan Membran Keramik Berbasis Zeolit, Silika, dan Karbon Aktif terhadap Kadar CO dan CO₂ pada Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 17, No. 8, 19-28.
- Dahlan, M. H., Pratama, E. J., dan Odina, M. (2016). Pengaruh Penggunaan Membran Keramik Berbasis Zeolit dan Gypsum Terhadap Emisi Gas CO, NO_x Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 22, No. 2.
- Darmawan. (2008). *Sifat Arang Aktif Tempurung Kemiri dan Pemanfaatannya sebagai Penyerap Emisi Formaldehida Papan Serat Berkerapatan Sedang*. Bogor: ITB.
- Dewi, T. K., Nurrahman, A., dan Permana, E. (2009). Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Ubi Kayu (*Mannihot esculenta*). *Jurnal Teknik Kimia*, Vol 16, No. 1, 24-30.
- Diharyo, Salampak, Damanik, Z., dan Gumin, S. (2020). Pengaruh Lama Aktivasi dengan H₃PO₄ dan Ukuran Butir Arang Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Ukuran Pori dan Luas Permukaan Butir Arang Aktif. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Hidup Lahan Basah*, Vol. 5, No, 1, 48-54.
- Djarmiko. (1985). *Pengolahan Arang dan Kegunaannya*. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Eriatna, A.W. (2017). Skripsi: *Aktivitas Antibakteri Sabun Tanah Bentonit dan Kaolin Terhadap Bakteri Air Liur Anjing*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Erlina, Umiatin, dan Budi, E. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Vol. 4, p-ISSN 2339-0654, e-ISSN 2476-9398.
- Eskani, I. N., Carlo, I. D., dan Sulaeman. (2016). Efektivitas Pengolahan Air Limbah Batik dengan Cara Kimia dan Biologi. *Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah*.
- Esmar, B., Hadi, N., Setia, B. (2012). Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *Seminar Nasional Fisika*. Jakarta, 2302-1829.

- Esterlita, M. O., dan Herlina, N. (2015). Pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH , dan H_3PO_4 dalam Limbah Batik dengan Elektrokoagulasi Menggunakan $NaCl$. *Jurnal Atomi*, Vol. 3, No. 1, 1-14.
- Fatimah, N., Alimuddin, dan Gunawan, R. (2018). Penurunan Intensitas Warna Remazol Red 133 dalam Limbah Batik dengan Elektrokoagulasi Menggunakan $NaCl$. *Jurnal Atomik*, Vol. 03, No. 1, 39-46.
- Fauzi, Maris A. (2010). Disertasi: *Pembuatan Karbon Aktif dari Sekam Padi dengan Aktivator H_3PO_4* . Semarang: Universitas Diponegoro.
- Febrina, L., dan Ayuna, A. (2015). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*, Vol. 7, No. 1, ISSN: 2085-1669, e-ISSN: 2460-0288.
- Fitriana, N. (2020). Skripsi: *Aplikasi Membran Filter Keramik untuk Menurunkan Konsentrasi Zat Warna Remazol Red dan Nilai COD Limbah Cair Batik*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Fitriana, N., dan Rahmayanti, M. (2020). Aplikasi Membran Filter Keramik untuk Menurunkan Konsentrasi Zat Warna Remazol Red dan Nilai COD Limbah Cair Batik. *Al-Kimia*, Vol. 8, No. 2, 159-167.
- Ganesh, K., Soumen, R., Ravichandran, Y., dan Janarthanan. (2016). Dynamic Approach To Predict pH Profile of Biologically Relevant Buffers. *Biochem Biophys*.
- Ghafarunnisa, D., Rauf, A., dan Rukmana, B. T. S. (2017). Pemanfaatan Batubara menjadi Karbon Aktif dengan Proses Karbonisasi dan Aktivasi menggunakan Reagen Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Ammonium Bikarbonat (NH_4HCO_3). *Prosiding Seminar Nasional XII*, Vol. 1, No. 1, 36-41.
- Gunadi, N. (2008). Skripsi: *Degradasi Fotokatalik Zat Warna Remazol Red RB 133 dalam Sistem TiO_2 Suspensi*. Jakarta: UI.
- Gunawan, dkk. (1979). *Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer Poly Ethilen Glicol (PEG)*. Surabaya: ITS.
- Halaudin, dan Suhendra. (2011). Pengaruh Penambahan Polimer Emulsi Vinyl Acecate CO Acrylic pada Tanah Lempung terhadap Uji Permeabilitas melalui Constant Head Permeability Test. *Berkala Fisika*, Vol. 14, No. 2, 55-62, ISSN 1410-9662.

- Hamid, T. F. Z. (2008). Tesis: *Pengaruh Modifikasi Kimia terhadap Sifat-Sifat Komposit Polietilena Densitas Rendah (LDPE) Terisi Tempurung Kelapa*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Hanafiah, K. A. (2005). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Harahap, V., dan Harahap, M. H. (2013). Pengaruh Karakteristik Pasir Merah Labuhan Batu Selatan Terhadap Sifat Mekanik (Uji SEM Difraksi Sinar X, Uji Nampak) dari Beton. *Journal Einstein*, Vol. 1, No. 2.
- Hargianintya, A., Susasanto, H., dan Oktiawan, W. (2014). Pengolahan Limbah Cair Pencucian Mobil Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Berpori 10 dan 25 KDA.
- Hariyanti, Fiki. (2016). Skripsi: *efektifitas Subsurface Flow-Wetlands dengan Tanaman Eceng Gondok dan Kayu Apu dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Pabrik Saus*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Hartanto, S., dan Ratnawati. (2010). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 12, No. 1, 12-16, ISSN: 1411-1098.
- Haryono, Faizal, M., Liamita, C., dan Rostika, A. (2018). Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi. *EduChemia: Jurnal Kimia dan Pendidikan*, Vol. 3, No. 1, e-ISSN: 2502-4787.
- Hasna, Nadya. (2021). Skripsi: *Pemanfaatan Daun Ketapang (Terminalia sp.) sebagai Bioadsorben Zat Warna Sintesis Rhodamin B Teraktivasi Asam Fosfat (H₃PO₄)*. Surabaya: UIN Sunan Ampel.
- Hendayana, Sumar. (1994). *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: Semarang Press.
- Hendra, Djeni. (2011). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) untuk Bahan Baku Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Vol. 29, No. 2.
- Herfiani, Z. H., Rezagama, A., dan Nur, M. (2017). Pengolahan Limbah Cair Zat Warna Jenis Indigosol Blue (C.I Vat Blue 4) sebagai Hasil Produksi Kain Batik menggunakan Metode Ozonasi dan Adsorpsi Arang Aktif Batok Kelapa terhadap Parameter COD dan Warna. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6, No. 3.

- Hermaw, D., Hardianto, A., Suwandon, P., dan Rahmandiato, F. (2019). Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Energi Aktivasi pada Tar Limbah Plastik. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, ISSN 2085-4218.
- Hidayati, P., Ulfin, I., dan Juwono. (2016). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R menggunakan Nata de Coco: Optimasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 5, No. 2, 134-136.
- Indiani, E., dan Umiati, N. A. K. (2009). Keramik Porselen Berbasis Feldspar sebagai Bahan Isolator Listrik. *Telkomnika*, Vol. 7, No. 2, 83-92, ISSN: 1693-6930.
- Indihani, R. R., Nugroho, W. A., dan Luthfi, M. (2017) Pengaruh Konsentrasi Aktivator Arang Aktif dan Waktu Kontak Limbah Terhadap Kandungan TDS dan Zat Warna Limbah Cair Batik. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 5, No. 3, 281-288.
- Indrayani, L. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik di Yogyakarta. *Ecotrophic*, Vol. 12, No. 2, 173-184, p-ISSN: 1907-5626, e-ISSN: 2503-3395.
- Isminingsih, dan Djufri, R. (1976). *Pengantar Kimia Zat Warna*. Bandung: Institut Teknologi Tekstil.
- Jalaluddin, dan Jamaluddin, T. (2005). Pemanfaatan Kaolin sebagai Bahan Baku Pembuatan Aluminium Sulfat dengan Metode Adsorpsi. *jurnal Sistem Teknik Industri*, Vol. 6, No. 5, 71-74.
- Jamilatun, S., Isparulita, I. D., dan Putri, E. N. (2014). Karakteristik Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Pengaktivasi H_3PO_4 Variasi Suhu dan Waktu. *Simposium Nasional Teknologi Terapan*.
- Jamilatun, S., dan setyawan, M. (2014). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*, Vol. 12, No. 1, 1-112.
- Jamilatun, S., Setyawan, M., Salamah, S., Purnama, D. A. A., dan Putri, R. U. M. (2015). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, ISSN: 2407-1846, e-ISSN: 2460-8416.
- Jankowski, H., Swiatkowski, A., dan Choma, J. (1991). *Active Carbon*, 1st ed, London: Ellis Horwood, 75-77.

- Jiminez, J., Bru, S., Ribeiro, M. P. C., dan Clotet, J. (2016). Phosphate: From Stardust to Eukaryotic Cell Cycle Control. *International Microbiology: The Official Journal of The Spanish Society for Microbiology*.
- Joko, Tri. (2010). *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kasiyan, dan Zuhdi, M. (2011). Pengembangan Model Pemanfaatan Lumpur Lapindo dan Abu Gunung Merapi sebagai Bahan Baku Pembuatan Keramik Seni Multiteknik Berbasis Earthware dan Stoneware. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing Bidang Seni*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Khuluk, R. H. (2016). Skripsi: *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocous nucifera L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru*. Bandar Lampung: Universitas Bandar Lampung.
- Kosting, P. R., dan Conrad, H. (1931). Corrosion of Metals by Phosporic Acid, Industrial and Engineering Chemistry. *Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 23, No. 2, 140-150.
- Krik dan Othmer. (1964). *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 4, Second Edition. USA.
- Kroschwitz, Jacqueline, I. (1990). *Polymer Characterization and Analysis*. USA: John Wiley and Sons Inc.
- Kurniawan, R., Luthfi, M., N, W. A., dan BET, K. L. P. (2014). Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, Vol. 2, No. 1, 15-20.
- Kurniawati, D., Harmiwati, S. S., Chaidir, Z., Munaf, E., Zein, R., dan Aziz, H. (2015). Biosorption of Pb(II) From Aqueous Solutions Using Column Method By Lengkeng (Euphoria Logan Lour) Seed and Shell. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Jilid 7.
- Kyzas, G. Z. (2012). *A Decolorization Technique with Spent "Greek Coffee" Grounds as Zero-Cost Adsorbents for Industrial Textile Wastewaters*. Department of Petroleum and Natural Gas Technology: Technological Educational Institute of Kavala.
- Laos, L. E., Masturi, dan Yulianti, I. (2016). Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Vol. 5, p-ISSN: 2339-0654, e-ISSN: 2476-9398.

- Laos, L. E., Aji, M. P., dan Sulhadi. (2016). Pengaruh Konsentrasi Karbon Aktif Kulit Kemiri dan Aplikasinya Terhadap Penjernihan Limbah Cair Methylene Blue. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Vol. 5, 141-145, p-ISSN 2339-0654, e-ISSN 2476-9398.
- Latifah, W. N., dan Rahmayanti, M. (2020). Desorption of Indigosol Blue from Humic Acid Coated Fe₃O₄ Particles. *Proc. Internat. Conf. Sci. Engin*, Vol. 3, 169-170, ISSN: 2597-5250, e-ISSN: 2598-232X.
- Lestari, N. D., dan Agung. (2014). Penurunan TSS dan Warna Limbah Industri Batik Secara Elektro Koagulasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 6, No. 1, 37-44.
- Lestari, R. S. D., dkk. (2016). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Aktivator Asam Fosfat Serta Aplikasinya Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknik*, Vol. 12, No. 3, ISSN: 1693-024X.
- Mahfuzin, A. N., Respati, S. M. B., dan Dzulfikar, M. (2019). Analisis Filter Keramik Berpori Berbasis Zeolit Alam dan Arang Sekam Padi dalam Menurunkan Kandungan Partikel Air Sumur Galian. *Journal of Chemical Information and Modeling*, Vol. 53, No. 9, 1689-1699.
- Mahmoud, S., Li, H., McBrayer, T. R., Bassit, L., Hammad, S. F., Coats, S. J., Amblard, F., and Schinazi, R. F. (2017). Synthesis and Antiviral Evaluation of Flourinated Acyclo-nucleosides and Their Phosphoramidates. *Nucleosides, Nucleotides, and Nucleic Acids*.
- Malekpour, A., Samadi-maybodi, A., dan Sadati, M. T. (2011). Desalination of Aqueous Solutions by LTA and MFI Zeolite Membranes using Pervaporation Method, Brazilian. *Journal of Chemical Engineering*, Vol. 28, 999-677.
- Masduqi, A., dan Slamet, A. (2002). *Satuan Proses*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mashadi, A., Surendro, B., Rakhmawati, A., dan Amin, M. (2018). Peningkatan Kualitas p H, Fe dan Kekeruhan dari Air Sumur Galian dengan Metode Filtrasi. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, Vol. 1, No. 2.
- Meilianti. (2017) Karakterisasi Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H₃PO₄. *Jurnal Distilasi*, Vol. 2, No. 2, 1-9.
- Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology 2n Edition*. Netherland: University of Twente, Enschede, The Netherlands.

- Mulja, M, dan Suharman, S. (1995). *Analisis Instrumental*. Bandung: ITB.
- Muslimah, S., Kuswytasari, N. D. (2013). Potensi Basidiomycetes Koleksi Biologi ITS sebagai Agen Biodekolorisasi Zat Warna RBBR. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol. 2, No. 1, 234-239.
- Nasir, S., Budi, T, dan Silviaty, I. (2013). Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Alam dan Zeolit pada Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry. *Jurnal Bumi Lestari*, Vol. 13, No. 1.
- Nasir, S., Putri, Y. E., dan Elita, I., (2014). Penyisihan Ion Kadmium pada Limbah Cair Pabrik Pulp dan Paper dengan Menggunakan Membran Keramik. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 2, No. 20.
- Nasution, Jefri Haryadi, dan Iriani. (2015). Pembuatan Adsorben dari Cangkang Kerang Bulu yang Diaktivasi Secara Termal Sebagai Pengadsorpsi Fenol. *Jurnal Teknik Kimia USU*.
- Nasution, Z. A., dan Rambe, S. M. (2011). Pengaruh Temperatur terhadap Pembentukan Pori Arang Cangkang Sawit sebagai Adsorbansi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, Vol. 22, No. 1, 48-53.
- Ndruru, Riang, E., Situmorang, dan Tarigan. (2014). Analisa Faktor yang Mempengaruhi Hasil Produksi Padi di Deli Serdang. *Jurnal Saintia Matematika*, Vol. 2, No. 1, 71-83.
- Ningseh, F. N. H. (2017). Skripsi: *Formulasi Deterjen Serbuk sebagai Penyuci Najis Mughalladzah dengan Variasi Tanah Kaolin-Nano Bentonit*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Nitsae, M., Karpada, E., Banamtuan, A., S, M. E., Mauboy, R. S., dan Sabuna, A. C. (2017). Uji Ketahanan Luntur dan Karakterisasi Serbuk Tinta Cumi-Cumi (*Loligo sp.*) sebagai Dasar Pewarna Hitam untuk Kain Tenun Ikat Asal Nusa Tenggara Timur. *Biota*, Vol. 2, No. 3, 89-96, ISSN: 2527-323X.
- Nurdalia, I. (2006). Tesis: *Kajian dan Analisis Peluang Penerapan Produksi Bersih pada Usaha Kecil Batik Cap (Studi Kasus pada Tiga Usaha Industri Kecil Batik Cap di Pekalongan)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nurdiansah, H. dan Susanti, D. (2013). Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Akitvasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC). *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2, No. 1.

- Nurfitria, N., Febriyantiningrum, K., Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Pangastuti, D. D., Maulida, H., dan Ariyanti, F. N. (2019). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) pada Karbon Aktif dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Akta Kimia Indonesia*, Vol. 4, No. 1, 75-85.
- Nurhayati, C. dan Susanto, T. (2015). Pemanfaatan Fly Ash Batubara sebagai bahan Membran Keramik pada Unit Pengolah Air Gambut. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, Vol. 26, No. 2.
- Oxtoby, D. W. (2001). *Kimia Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Paradise, M., Nursanto, E., dan Nurkhamim. (2020). Limbah Tempurung Kelapa sebagai Alternatif Penyerap Logam Berat yang Ramah Lingkungan dan Ekonomis. *Jurnal Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XV*, 235-238, ISSN 1907-5995.
- Parkin, G. F., Sawyer, C. N., McCarty, P. L. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science, 5th Edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Patmawati, Y., dan Kurniawan, A. (2017). Pemanfaatan Batubara Lignit Kalimantan Timur menjadi Karbon Aktif. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, 235-238, ISSN: 1907-5995.
- Pelliza, L. A., Smal, C., Ithuralde, R. E., Turjanski, A. G., Cicero, D. O., and Aran, M. (2016). Structural And Functional Characterization of A Cold-Adapted Stand-Alone Tpm Domain Reveals A Relationship Between Dynamics and Phosphatase Activity. *The Febs Journal*.
- Pembayun, S. W. R., dan Rahmayanti, M. (2020). Efektivitas Biji Asam Jawa sebagai Koagulan Alami. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 9, No. 2, 162-169.
- Pertiwi, P. K., Leny, A., Yusro, K., dan Prajitno, G. (2015). Uji Densitas dan Porositas pada Batuan dengan menggunakan Neraca O Houss dan Neraca Pegas. *Fisika Laboratorium-Lab. Material*.
- Pinalia, Anita. (2011). Kajian Metode Filtrasi Gravitasi dan Filtrasi Sistem Vakum untuk Proses Penyempurnaan Rekristalisasi Amonium Perklorat. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, Vol. 6, No. 3, 113-121.

- Prades, A., Dornier, M., Diop, N., dan Pain, J.P. (2012). Coconut Water uses, Composition and Properties: A Review. *Fruits*, Vol. 67, No. 2, 87-107.
- Prameswari, Tania. (2013). *Sintesis Membran Kitosan-Silika Abu Sekam Padi untuk Dekolorisasi Zat Warna Congo Red*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Pranata, J. (2007). *Pemanfaatan Sabut dan Tempurung Kelapa serta Cangkang Sawit untuk Pembuatan Asap Cair*. Lhoukseumawe: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Prandini, M. N., dan Rahmayanti, M. (2020). Effect pH Adsorption of Naphthol Dye Using Humic Acid Adsorbent Resul of Peat Isolation from Kalimantan. *Proc. Internat. Conf. SCI. Engin*, Vol. 3, 147-151, ISSN: 2597-5250, e-ISSN: 2598-232X.
- Prasetyo, Y. (2011). *Scanning Electron Microscope dan Optical Emission Spectroscopie*. Bandung: Wordpress.
- Priadi, C. R., Anita, Sari, P. N., dan Moersidik, S. S. (2014). Adsorpsi Logam Seng dan Timbal pada Limbah Cair Industri Keramik oleh Limbah Tanah Liat. *Jurnal Reaktor*, Vol. 15, No. 1.
- Prihatmaji, Y. P. (2016). Pendampingan Penyusunan Masterplan Sentra Batik di Dusun Palangan Pendowoharjo Sleman. *AJIE-Asian Journal of Innovation and Enterpreneurship*, Vol. 01, No. 02, e-ISSN: 2477-0574, p-ISSN: 2477-3824.
- Proklamasiningsih, E. (2004). *Fitoremediasi Limbah Cair Batik menggunakan Kayu Api sebagai Paya untuk Memperbaiki Kualitas Air (Pistia Stratiotes L.)*. urwokerto.
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe dengan Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah*, ISSN: 1410-6086.
- Puspita, K. C., dan Tjahjani, S. (2018). Aplikasi Karbon Aktif Tempurung Keluwak (*Pangium edule*) sebagai Adsorben untuk Pemurnian Jelantah. *Jurnal of Chemistry*, Vol. 7, No. 1, 1-7.
- Putri, A. S. dan Soewondo, P. (2010). Optimasi Penurunan Warna pada Limbah Tekstil melalui Pengolahan Koagulasi Dua Tahap. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 16, No. 1.

- Putri, N. F. Y., dan Rahmayanti, M. (2020). Desorption of Naphthol Blue-Black from Humic Acid Modified Magnetite Using NaOH as Desorption Agent. *Proc.Internat.Conf.Sci.Engi*, Vol. 3, 157-158.
- Rahayu, I. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Membran Keramik dengan Variasi Tepung Beras sebagai Aditif untuk Proses Mikrofiltrasi. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, Vol. 11, No. 2, 52-60.
- Rahayu, L. H. (2014). Potensi Sabut dan Tempurung Kelapa sebagai Adsorben untuk Meregenerasi Minyak Jelantah. *Jurnal Momentum*, Vol. 10, No. 1, 47-53, ISSN 0216-7395.
- Rahayuan, B., Kurniasih, Y., dan Nufida, B. A. (2010) Aktivasi Tanah Liat secara Asam dan Penggunaannya sebagai Adsorben untuk Menurunkan Bilangan Peroksida Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Pendidikan Kimia*.
- Rahmayanti, M., Nurhikmah, I., dan Larasati, F. (2021). Isolation Characterization and Application of Humin from Riau, Sumatera Peat Soils as Adsorbent for Naphthol Blue Black and Indigosol Blue Dyes. *Molekul*, Vol. 16, No. 1, 68-74.
- Rahmayanti, M., Prandini, M. N., dan Santi, G. C. (2020). Aplikasi Asam Humat Hasil Isolasi Tanah Gambut Kalimantan sebagai Adsorben Zat Warna Naphthol Blue Black dan Indogosl Blue: Studi Perbandingan Model Kinetika dan Isoterm Adsorpsi. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, Vol. 6, No. 2, 90-98.
- Ramadhanur, S., dan Sari, A. M. (2015). Pengaruh Konsentrasi Khitosan dan Waktu Filtrasi Membran Khitosan terhadap Penurunan Kadar Fosfat dalam Limbah Deterjen. *Konversi*, Vol. 4, No. 1, 40-52.
- Ramdja, A. F., Halim, M., dan Handi, J. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepeh Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 15, No. 2, 1-8.
- Redjeki, S. (2011). Proses Desalinasi dengan Membran. *Porses Desalinasi dengan Membran*. Jakarta: DP2M.
- Rianita, Y., Widodo, C. S., dan Masruroh, M. (2014). Studi Identifikasi Komposisi Obat dan Limbah Balur Benzoquinon (Bq) Hasil Terapi Pembaluran dengan Scanning Electron Microscopy (SEM). *Brawijaya Physics Student Journal*, Vol. 2, No. 1.
- Robinson, T. P., Lo, S. K., Rosa, D. D., Aldridge, S., and Goicoechea, J. M. (2016). On The Ambiphilic Reactivity of Geometrically Constrained Phosphorus (III)

and Arsenic (III) Compounds: Insights into Their Interaction with Ionic Substrates. *Chemistry*.

- Rohmah, P. M., dan Redjeki, A. S. (2014). Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH. *Jurnal Konversi*, Vol. 3, No. 1, 19-27.
- Safitri, R. A., dan Rahmayanti, M. (2020). Characterization and Application of Chitosan as a Natural Coagulant in Reducing Remazol Red Dyestuff Concentration and COD Value of Batik Liquid Waste. *Jurnal Kimia dan Sains dan Aplikasi*, Vol. 23, No. 9, 333-337, ISSN: 1410-8917, e-ISSN: 2597-9914.
- Sahara, E., Dahliani, N. K., dan Manuaba, I. B. P. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Arag Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta L.*) dengan Aktivator H₃PO₄. *Jurnal Kimia*, Vol. 11, No. 1, 1-9.
- Saifuddin, S., Elisa, E., dan Sami, M. (2018). Efisiensi Kinerja Membran Keramik Tanah Liat dan Zeolit Aktif sebagai Media Filter untuk Filtrasi Air Sungai. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, Vol. 2, No. 1, ISSN: 2598-3954.
- Samon, I. (2013). Pengaruh Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Air Sumur.
- Samsuri, T. dan Fitriani, H. (2013). Pembuatan Teh dari Daun Gaharu Jenis *Gyrinops versteegii*. *Jurnal Ilmiah Biologi "Bioscientist"*, Vol. 1, No. 2.
- Santi, G. C. (2018). Skripsi: *Adsorpsi Zat Warna Indigosol Blue pada Asam Humat Hasil Isolasi Tanah Gambut Kalimantan*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Santi, G. C., dan Rahmayanti, M. (2019). Effect of Slutin p H t Inigosol Blue Adsrtin on Humic Acid Islated frm Kalimantan Peat Oil. *Proc. Interant. Cf. SCI. Engin*, Vol. 2, 193-195.
- Sapuan, S. M., Harimi, M., dan Maleque, M. A. (2005). Mechanical Properties of Epoxy/Coconut Shell Filler Particle Composites. *The Arabian J Sci Eng*, Vol. 28, No. 2B, 173-181.
- Saratale, R. G., Gandhi, S. S., Purankar, M. V., Kurade, M. B., Gvidwar, S. P. H, Sang Eun, Ganesh D. (2013). Decolorizatin and Detxification of Sulfonated Azo Dye C.I. Remazol Red and Textile Effluent by Isolated Lysinibacillus sp. RGS. *Journal of Bioscience and Bioengineerig*, Vol. 115, No. 6, 658-667.

- Sari, R. R., Haris, A., dan Prasetya, N. B. A. (2012). Kajian Metode Elektrofotokatalisis, Elektrolisis dan Fotokatalisis pada Dekolorisasi Larutan Zat Warna Remazol Red RB yang Mengandung Ion Logam Cd^{2+} . *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, Vol. 15, No. 2, 58-61.
- Sari, S. F., dan Sutrisno, J. (2018). Penurunan Total Coliform pada Air Tanah menggunakan Membran Keramik. *Jurnal Teknik Waktu*, Vol. 16, No. 01, ISSN: 1412-1867.
- Selintung, M., dan Syahrir, S. (2012). Studi Pengolahan Air Melalui Media Filter Pasir Kuarsa (Studi Kasus Sungai Malimpung). *Hasil Penelitian Fakultas Teknik*, Vol. 6, No. 1, 978-979.
- Sembiring, M. T. dan Sinaga, T. S. (2003). *Arang Aktif Pengenalan dan Proses Pembuatannya*. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.
- Setianingrum, N. P. (2016). Pengaruh Tegangan dan Jarak Antar Elektroda terhadap Pewarna. *Inovasi Teknik Kimia*, Vol. 1, No. 2, 93-97.
- Setianingrum, N. P., Prasetya, A., dan Sarto. (2017). Pengurangan Zat Warna Remazol Red Menggunakan Metode Elektrokoagulasi secara Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 11, No. 2, 78-85.
- Setiawati, E. dan Suroto. (2010). Pengaruh Bahan Aktivator pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, Vol. 2, No. 1.
- Sharma, N., Tiwari, D. P., dan Singh, S. K. (2012). Decolorization of Synthetic Dyes by Agricultural Waste-A review. *IJSER*, Vol. 3, No. 2.
- Sihite, D. R. (2008). Tesis: *Pembuatan dan Karakterisasi Bahan Keramik Berpori dengan Aditif Sekam Padi yang Digunakan sebagai Filter Gas Buang*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Subadra, I., Bambang, S., dan Iqmal, T. (2005). Skripsi: *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator $(NH_4)HCO_3$ sebagai Adsorben untuk Permukiman Virgin Coconut Oil*. Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA UGM.
- Sudirjo, E. (2006). *Penentuan Distribusi Benzema-Toluena pada Kolom Absorpsi Fixed-Bed Karbon Aktif*. UI: Fakultas Teknik.
- Sudrajat dan Soleh, S. (1994). *Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif. Puslitbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan*. Bogor.

- Sugiyana, D. (2003). *Pencemaran Logam Berat pada Limbah Industri Tekstil dan Alternatif Material Penyerap Ekonomis*. Bandung: Balai Besar Tekstil.
- Suhartati, Tati. (2017). *Dasar-dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bandar Lampung: AURA, CV. Anugrah Utama Raharja.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, dan Dimiyati, A. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*, Vol. 9, No. 2, 44-50.
- Sulistiyani, E. dan Fitrianingtyas, M. (2010). Undergraduate Thesis: *Pengendalian Fouling Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Backwash dan Pencucian Membran*. UNDIP: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik.
- Sumantri, I., Sumarno, Nugroho, A., Istadi, Buchori, L. (2006) Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil Batik dengan Bak Anaerobik Bersekat (Anaerobic Baffled Reaktor). *Laporan Penelitian*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Suminar, D. R., dan Saksono, N. (2018). Pengaruh Kedalaman Anoda pada Metode Contact Glow Discharge Electrolysis (CGDE) dalam Degradasi Pewarna Tekstil Remazol Red. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, Vol. 2, No. 2, p-ISSN: 2579-8537, e-ISSN: 2579-9746.
- Sunardi, Irawati, U., dan Wianto, T. (2011). Karakterisasi Kaolin Lokal Kalimantan Selatan Hasil Kalsinasi. *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 8, No. 1, 59-65.
- Suryono, C. A., Irwani, Suryono, Susilo, E. S., Subagiyo, dan Widada, S. (2018). Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Peningkatan Kualitas Air Tambak. *Jurnal Kelautan Tropis*, Vol. 21, No. 1, 71-74.
- Susanto, Heru. (2011). *Teknologi Membran*. Semarang: UPT Universitas Diponegoro Press.
- Susmanto, P., Yandriani, Dila, A. P., dan Pratiwi, D. R. (2020). Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumputan menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa pada Kolom Adsorpsi. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, Vol. 4, No. 2, 77-87, e-ISSN: 2549-9750, p-ISSN: 2579-9118.
- Suteu, D., dan Bilba, D. (2005). Equilibrium and Kinetic Study of Reactive Dye Brilliant Red HE-3B Adsorption by Activated Charcoal. *Acta Chim. Slov*, Vol. 52, No. 1, 73-79.

- Syamsiro, M., dan Saptoadi, H. (2007). Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat. *Seminar Nasional Teknologi*. Vol. 10.
- Syarifah, U., S. R. M., Muthmaiah, dan Mulyono, A. (2015). Analisis Fisis Membran Biofilter Rokok dengan Variasi Daun, Biji, dan Kulit Delima. *Jurnal Neutrino*, Vol. 7, No. 2, 112-118.
- Tolba, G. M. K., Bastaweesy, A. M., Ashour, E. A., Abdelmezz, W., Khalil, K. A., dan Barakat, N. A. M. (2016). Effective and Highly Recyclable Ceramic Membrane Based On Amorphous Nanosilica for Dye Removal from The Aqueous Solutions. *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 9, No. 2, 287-296.
- Triono, A. (2006). Skripsi: *Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajia Kayu Afrika (Maesopsis eminii Engl) dan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L.)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tumbel, N., Makalalag A. K., dan Manurung, S. (2019). Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, Vol. 11, No. 2, 83-92.
- Urabe, M. (1986). Interaction of Metal Ion With Clays: I. A Case Study With Cu(II) *Applied Clay Science*, 30, 199-208.
- Utomo, S. (2014). Effect of Activation Time and Particle Size n Absorption of Active Carbon from Cassava Skin with NaOH Activator. *Prosiding SEMNASTEK Fakultas Teknik Univeristas Muhammadiyah Jakarta*, November, Vol. 6, No. 1, 1-4.
- Utomo, W. P., Santoso, E., Yuhaneka, G., Triantini, A. I., Fatqi, M. R., Huda, M. F., dan Nurfitriana, N. (2019). Studi Adsorpsi Zat Warna Naphthol Yellow S pada Limbah Cair menggunakan Karbon Aktif dari Ampas Tebu. *Jurnal Kimia*, Vol. 13, No. 1, 104.
- Verayana, Paputungan, M., dan Iyabu, H. (2018). Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi Volume*, Vol. 13, No. 1.
- Wahono, dkk. (2004). *Gaya Ragam Hias Batik, Tinjauan Makna, dan Simbol*. Jawa Tengah: Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Museum Jawa Tengah Ronggowarsito.

- Wahyudi, M., Asfani, D. A., Negara, I. M. Y., Fahmi, D., dan Hernanda, I. G. N. S. (2019). Evaluasi Degradasi Isolasi Motor Akibat Multi-Factor Aging Berdasarkan Indeks Polarisasi dan SEM-EDX. *JNTETI*, Vol. 8, No. 1.
- Wahyuningsih, A. W. K., Ulfin, I., dan Suprpto, S. (2019). Pengaruh pH dan Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R menggunakan Adsorben Ampas Singkong. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 7, No. 2, 7-9.
- Walewangko, Y., Bujung, C. A. N., dan Rende, J. C. (2021). Analisis Komposisi Unsur dan Jenis Mineral Batuan Gunung Api Soputan Menggunakan SEM-EDX dan FTIR. *Jurnal Fista: Fisika dan Terapannya*, Vol. 2, No. 1, e-ISSN: 2747-1691.
- Wardhana, W. A. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: C. V. Andi Offset.
- Weilbeer, C., Sickert, M., Naumov, S., and Schneider, C. (2017). The Bronsted Acid Catalyzed, Enantioselective Aza-Diels-Alder Reaction For The Direct Synthesis of Chiral Piperidones. *Chemistry*.
- Wenten, I. G. (1999). *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wenten, I. G., Hakim, Khoirudin, dan Aryanti. (2013). *Polarisasi Konsentrasi dan Fouling pada Membran*. Bandung: Institut Teknik Bandung.
- Widyastuti, A., Sitorus, B., dan Jayuska, A. (2013). Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Sawit sebagai Adsorpsi Gas dalam Biogas Hasil Fermentasi Anaerob Sampah Organik. *Jurnal Kimia*, Vol. 2, No. 1, 30-33.
- Yasthopi, A. (2015). Photoelectrospitting Water For Hydrogen Production Using Illumination of Indoor Lights. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*.
- Yuliasuti, R, dan Cahyono, H. B. (2018). Penggunaan Karbon Aktif yang Teraktivasi Asam Phosphat pada Limbah Cair Industri Krisotil. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, Vol. 3, No. 1.
- Yurugi, T., Ito S., Numata, Y., Sykes K. (2001). *SEM/EDX-Integrated Analysis System, SEM-EDX Series, Hitachi Science System, Ltd.* Oxford: Instruments plc.
- Zainul, R., Alif, A., Aziz, H., Arief, S. (2015). Desain Geometri Reaktor Fotosel Cahaya Ruang. *Jurnal Riset Kimia*, Vol. 8, No. 131.

Zainul, R., Alif, A., Aziz, H., Arief, S., dan Darajat, S. (2015). Modifikasi dan Karakteristik IV Sel Fotovoltatik $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$ -Gel Na_2SO_4 melalui Iluminasi Lampu Neon. *Eksakta*, Vol. 2, No. 50.

Zurriatina, Sari, R., dan Nahar. (2019). Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Natrium Silikat. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, Vol. 17, No. 01, 1-7, ISSN: 1693-248X.

