

**PENGARUH SUHU PIROLISIS PADA PEMBUATAN ADSORBEN
DAUN NANAS TERHADAP ADSORPSI METHYLENE BLUE
MENGUNAKAN AKTIVATOR NaCl**

SKRIPSI

Diajukan untuk penulisan sebuah skripsi untuk memenuhi salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika



Oleh
Mochamad Rois Nabhan
1908585

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2025

PENGARUH SUHU PIROLISIS PADA PEMBUATAN ADSORBEN
DAUN NANAS TERHADAP ADSORPSI METHYLENE BLUE
MENGUNAKAN AKTIVATOR NaCl

Oleh
Mochamad Rois Nabhan

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika
Konsentrasi Fisika Material
FPMIPA UPI

© Mochamad Rois Nabhan
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
difotokopi atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

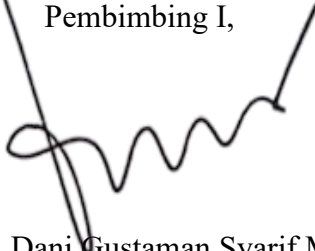
MOCHAMAD ROIS NABHAN

PENGARUH SUHU PIROLISIS PADA PEMBUATAN ADSORBEN

DAUN NANAS TERHADAP ADSORPSI METHYLENE BLUE

MENGGUNAKAN AKTIVATOR NaCl

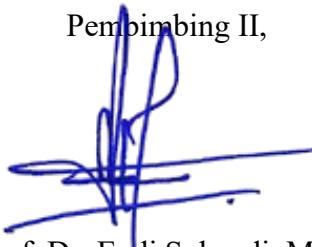
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:
Pembimbing I,



Prof. Dr. Dani Gustaman Syarif M.Eng.

NIP. 196105221984031002

Pembimbing II,

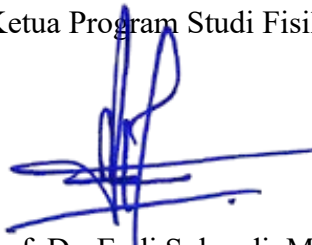


Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

Mengetahui

Ketua Program Studi Fisika,



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“PENGARUH SUHU PIROLISIS PADA PEMBUATAN ADSORBEN DAUN NANAS TERHADAP ADSORPSI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN AKTIVATOR NaCl”** ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 30 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Mochamad Rois Nabhan

NIM. 1908585

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Kuasa, karena hanya dengan izin dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “PENGARUH SUHU PIROLISIS PADA PEMBUATAN ADSORBEN DAUN NANAS TERHADAP ADSORPSI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN AKTIVATOR NaCl”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains program Sarjana-1 di Jurusan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, dan masih banyak mengandung kesalahan di dalamnya. Akhir kata penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan, serta menjadi sumbangan yang cukup berarti bagi dunia ilmu pengetahuan. Semoga semua pihak yang terlibat dalam penyusunan proposal skripsi ini mendapat balasan yang terbaik dari Allah SWT. Aamiin.

Bandung, 30 Juli 2025

Penulis,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan dukungan berupa moril maupun materil, membimbing dan mengarahkan, meluangkan waktu, berbagi pemikiran, serta tenaganya kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, izinkan penulis mengucapkan terima kasih, khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dani Gustaman Syarif M.Eng, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan kesabaran bimbingan, arahan, fasilitas, motivasi, dan dedikasinya kepada penulis selama proses penyusunan skripsi selama hampir setahun penuh ini.
2. Bapak Prof. Dr. Endi Suhensdi, M.Si., selaku ketua program studi fisika FPMIPA UPI dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi.
3. Alm. Bapak dr. Chanif Indragiri dan Ibu Siti Nurjannah selaku kedua orang tua penulis, serta Raisyah Nurhanifah selaku adik penulis yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan doa untuk setiap langkah penulis.
4. Ibu Prof. Dr. Lilik Hasanah, M.Si., selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Andhy Setiawan, M.Si., selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Teman-teman riset dan Arsa Ananta Fisika C 2019, terkhusus Annisa Turrahmah yang telah berjuang bersama, bertukar pikiran dan tidak gentar dalam menghadapi semua halangan dan rintangan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dan tugas akhir di perkuliahan ini.
7. Sahabat-sahabat perjuangan terkhusus Muhammad Daffa Andhika Putra, Muhammad Alvan Mulya, Raqqi Ihsani Pujatmiko, dan Iqbal Bayeqi yang telah membantu penulis dalam proses penelitian berlangsung.

ABSTRAK

PENGARUH SUHU PIROLISIS PADA PEMBUATAN ADSORBEN DAUN NANAS TERHADAP ADSORPSI METHYLENE BLUE MENGUNAKAN AKTIVATOR NaCl

Oleh

Mochamad Rois Nabhan

NIM 1908585

(Program Studi Fisika)

Penggunaan biosorben telah menjadi solusi potensial dalam pengolahan limbah cair, khususnya untuk mengatasi pencemaran akibat logam berat, zat warna, dan senyawa organik. Namun, tantangan utama yang masih dihadapi adalah kapasitas adsorpsi biosorben yang relatif rendah dibandingkan adsorben sintesis, yang dipengaruhi oleh struktur pori dari material biosorben tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan adsorpsi karbon aktif berbasis daun nanas melalui metode aktivasi menggunakan NaCl dan pirolisis pada variasi suhu 500°C, 600°C, dan 700°C, serta menganalisis pengaruhnya terhadap kristalinitas, morfologi, serta efisiensi dan kapasitas adsorpsi terhadap zat pewarna Methylene Blue (MB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan tertinggi diperoleh pada suhu pirolisis 700°C dengan efisiensi sebesar 87,07% dengan 20 ml Methylene Blue, sedangkan kapasitas adsorpsi 42,27 mg/g dengan 60 ml Methlylene Blue. Sebaliknya, efisiensi terendah terjadi pada suhu 500°C dengan volume MB sebanyak 60ml yaitu sebanyak 30,15% dan kapasitas adsorpsi sebesar 18,09 mg/g. Sejalan dengan itu, karakterisasi struktur morfologis menunjukkan bahwa ketebalan rata-rata rongga pori biosorben juga meningkat seiring suhu aktivasi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu pirolisis, semakin besar efisiensi dan kapasitas adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan.

Kata Kunci : Biosorben, Karbon aktif, Daun nanas , Methylene Blue, Adsorpsi

ABSTRACT

THE EFFECT OF PYROLYSIS TEMPERATURE IN PINEAPPLE LEAF ADSORBENT PREPARATION ON METHYLENE BLUE ADSORPTION USING NaCl ACTIVATOR

By

Mochamad Rois Nabhan

NIM 1908585

(Physics Study Program)

The use of biosorbents is a potential wastewater treatment solution for heavy metals, dyes, and organic compounds, though their adsorption capacity is often limited by pore structure compared to synthetic adsorbents. This study aimed to optimize pineapple leaf-based activated carbon adsorption using NaCl activation and pyrolysis at 500°C, 600°C, and 700°C, analyzing its impact on crystallinity, morphology, and Methylene Blue (MB) adsorption efficiency and capacity. Results showed the highest removal efficiency of 87.07% at 700°C (with 20 ml MB), yielding an adsorption capacity of 42.27 mg/g (with 60 ml MB). Conversely, the lowest efficiency was 30.15% at 500°C (with 60 ml MB), with a capacity of 18.09 mg/g. Morphological analysis confirmed that the average pore cavity thickness of the biosorbent increased with higher activation temperatures. Thus, the study concluded that increased pyrolysis temperature leads to greater efficiency and adsorption capacity of the resulting activated carbon.

Keywords: Biosorbent, Activated carbon, Pineapple leaves, Methylene Blue, Adsorption

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah Penelitian	5
1. 3 Batasan Masalah.....	6
1. 4 Tujuan Penelitian.....	6
1. 5 Manfaat Penelitian.....	6
1. 6 Sistematika Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2. 1 Limbah Industri Tekstil	8
2. 2 Biosorben Daun Nanas	10
2. 3 Adsorbat (Methylene Blue)	13
2. 4 Pengolahan Limbah Adsorpsi	15
2.4.1. Mekanisme Biosorpsi Methylene Blue	15
2.4.2. Karakteristik Mekanisme Adsorpsi.....	19
2.4.3. Faktor yang mempengaruhi Proses Adsorpsi.....	20

2.4.4.	Isotherm Adsorpsi Biosorben.....	23
2. 5	Metode Aktivasi Biosorben.....	27
2. 5.1	Metode Delignifikasi Biosorben (Hidrolisis Alkalin)	28
2. 5.2	Aktivasi Biosorben dengan NaCl.....	32
2. 6	Karakterisasi Lignoselulosa Daun Nanas	33
2.6.1	Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)	34
2.6.2	Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)	36
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	39
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	39
3.3	Tahapan Penelitian	41
3.4	Prosedur Penelitian.....	42
3.4.1	Preparasi Sampel Daun Nanas	42
3.4.2	Proses Dehidrasi.....	43
3.4.3	Proses Karbonisasi	44
3.4.4	Pembuatan Karbon Aktif.....	45
3.4.5	Karakterisasi UV-Vis	49
3.4.6	Karakterisasi XRD	51
3.4.7	Karakterisasi SEM	52
3.5	Analisis Data	52
3.5.1	Analisis Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Efisiensi Penyisihan (%).....	52
3.5.2	Analisis Suhu Pirolisis Terhadap Kristalinitas dan Morfologi	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4. 1	Proses <i>Drying - Heating</i> Daun Nanas Sampai Dengan Biosorben	60

4. 2	Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi.....	65
4. 3	Kristalinitas Biosorben Daun Nanas	82
4. 4	Karakterisasi Struktur Morfologi Biosorben Daun Nanas	93
4. 5	Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Dengan Penelitian Sebelumnya	96
BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN		98
5.1	Kesimpulan.....	98
5.2	Implikasi	99
5.3	Rekomendasi	97
DAFTAR PUSTAKA		100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Industri Berdasarkan Beberapa Proses Industri	9
Tabel 2.2 Komposisi kimia dari serat tumbuhan pilihan (Selulosa, Lignin, dan Pectin)	11
Tabel 2. 3 Komposisi Kimia Serat Daun Nanas pada Metode Pemisahan Serat	12
Tabel 2. 4 Komposisi residu kimia padat dengan perlakuan berbeda.....	30
Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	39
Tabel 3.2 Bahan Penelitian	40
Tabel 4.1 Perubahan Konsentrasi MB pada Setiap Sampel.....	54
Tabel 4.1 Perubahan Konsentrasi MB pada Setiap Sampel.....	55
Tabel 4.2 Fase Degradasi pembuatan Biosoben	60
Tabel 4.3 Fase-1 Pembentukan Biosorben.....	61
Tabel 4.4 Fase-2 Pembentukan Biosorben.....	62
Tabel 4.5 Fase-3 Pembentukan Biosorben.....	62
Tabel 4.6 Fase-4 Pembentukan Biosorben.....	63
Tabel 4.7 Fase-5 Pembentukan Biosorben.....	63
Tabel 4.8 Hasil Uji Penyisihan Adsorpsi	65
Tabel 4.9 Hasil Uji Penyisihan MB Pada Suhu 700°C	66
Tabel 4.10 Perhitungan Isotherm Freundlich dan Langmuir	70
Tabel 4.11 Perbandingan Nilai Persamaan Isotherm pada Suhu 700°C	73
Tabel 4.12 Kinetika Adsorpsi pada Suhu 500°C 600°C 700°C	74
Tabel 4.13 Pseudo 1 st Order pada Suhu 500°C 600°C 700°C	77
Tabel 4.14 R ² Pseudo 1 st Order Kinetika Isotherm pada Suhu 500°C 600°C 700°C.....	78
Tabel 4.15 Pseudo 2 nd Order Kinetika Isotherm pada Suhu 500°C 600°C 700°C.....	79

Tabel 4.16 R^2 Pseudo 2 nd Order Kinetika Isotherm pada Suhu 500°C 600°C 700°C	81
Tabel 4.17 Kristalinitas Suhu 500 °C.....	84
Tabel 4.18 Rata-Rata Ukuran Kristal Sampel Suhu 500 °C	85
Tabel 4.19 Rata-Rata Ukuran Kristal Karbon Aktif “C” Sampel Suhu 500 °C.....	85
Tabel 4.20 Kristalinitas Suhu 600 °C.....	87
Tabel 4.21 Rata-Rata Ukuran Kristal Sampel Suhu 600 °C	88
Tabel 4.22 Rata-Rata Ukuran Kristal Karbon Aktif “C” Sampel Suhu 600 °C.....	89
Tabel 4.23 Kristalinitas Suhu 700 °C.....	91
Tabel 4.24 Rata-Rata Ukuran Kristal Sampel Suhu 700 °C	92
Tabel 4.25 Rata-Rata Ukuran Kristal Karbon Aktif “C” Sampel Suhu 700 °C.....	92
Tabel 4.26 Hasil ketebalan rongga pori Biosorben (µm).....	95
Tabel 4.27 Kapasitas Adsorpsi Sampel suhu 700 °C 20 dan 60 mL	96
Tabel 4.28 Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Adsorben Daun Nanas Terhadap Kontaminan	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Molekular Selulosa (Eichorn dkk., 2009)	12
Gambar 2.2 Struktur Kimia Methylene Blue 2D dan 3D (Weng & Pan, 2006)	14
Gambar 2.3 Delignifikasi Ikatan antara Selulosa dan Lignin dengan NaOH (Zhang dkk., 2016)	17
Gambar 2.4 Sistem peralatan eksperimen adsorpsi fixed bed ; 1 : Tank MB ; 2 : <i>Pump</i> ; 3 : Katup ; 4 : Flow-meter ; 5 : Gelas Kolom ; 6 : Lapisan <i>Glass fiber</i> ; 7: GAC Bed ; 8 : Gelas Filter (<i>sintered</i>) ; 9 : <i>Effluent Collector</i> (Benzekri dkk., 2018) 18	
Gambar 2.5 Diagram skematik prosedur eksperimental kesetimbangan biosorpsi batch (Vijayaraghavan & Yun, 2008)	26
Gambar 2.6 ^(a) Mikrofibril selulosa terbentuk dari rosette enzim dan dibatasi oleh mikrotubulus di dalam dinding sel, ^(b) Hemiselulosa β -1, 4-d-xylan, dan ^(c) Model Polimer Lignin (Vincent, 1999 ; Eichorn dkk., 2009)	29
Gambar 2.7 Representasi kolektif dari kategori <i>pretreatment</i> bahan kimia (Crini & Lichtfouse, 2018)	31
Gambar 2.8 Fokus geometris dan <i>essential points</i> XRD (Waseda dkk., 2011)	34
Gambar 2.9 ^(a) Skema kolom SEM yang menunjukkan pistol elektron, lensa, sistem defleksi, dan detektor <i>electron</i> . ^(b) Sinyal dihasilkan oleh interaksi berkas elektron dan sampel dengan daerah dari mana berbagai sinyal terdeteksi (Goldstein dkk., 2018 dan Zhou dkk., 2006)	36
Gambar 2.10 JSM-5410 (Zhou dkk., 2006)	37
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian Adsorben Daun Nanas	41
Gambar 3.2 Proses <i>chopping leaf</i> (a) Daun ditempatkan ke dalam wadah kaca atau cawan keramik (b) Massa daun nanas yang telah diukur dalam ketiga wadah gelas beaker	42
Gambar 3.3 Proses Pengeringan 24 jam (a) Furnace yang telah stagnan <i>setting</i> dalam	

suhu optimal 150°C selama 24 jam (b) Hasil pengeringan atau <i>dried leaf</i>	43
Gambar 3.4 Proses pembuatan karbon (a) Pembakaran 350°C pada furnace (b) Hasil pembakaran sebelum digerus (c) Kondisi karbon setelah digerus	44
Gambar 3.5 Tahap perendaman larutan garam (a) aktivasi karbon dengan kadar garam 3 : 1 dengan air (b) Pengeringan karbon aktif dengan suhu 120°C dalam waktu 24 jam (c) Garam direndam selama 3 hari dalam larutan NaCl.....	45
Gambar 3.6 Variasi kalsinasi (a) Pembakaran karbon aktif suhu 500°C (b) Pembakaran karbon aktif suhu 600°C (c) Pembakaran karbon aktif suhu 700°C	46
Gambar 3.7 Preparasi <i>Stirring</i> karbon (a) Karbon aktif dengan variasi suhu (b) Karbon aktif ditimbang masing-masing suhu sebanyak 20 mg	47
Gambar 3.8 Proses <i>stirring</i> MB dengan Biosorben (a) Methylene Blue dengan konsentrasi awal 20 ppm (b) MB <i>stirring</i> 20 mL (c) MB <i>stirring</i> 30 mL (d) MB <i>stirring</i> 40 mL (e) MB <i>stirring</i> 50 mL (f) MB <i>stirring</i> 60 mL	48
Gambar 3.9 Methylene Blue pada proses centrifuge (a) MB <i>spinning</i> pada mesin centrifuge (b) Centrifuge Tube MB dan air (aquades) sebagai penyeimbang	49
Gambar 3.10 Karakterisasi UV-Vis (a) MB dalam kuvet UV-Vis (b) Pengukuran absorbansi dengan UV-Vis manual (c) Multimeter menunjukkan angka Resistansi (Ω) (d) Perbandingan kejernihan larutan Methylene Blue setelah melalui tahap <i>stirrer</i> dengan air (aquades)	50
Gambar 4.1 Tahap Degradasi Menjadi Karbon Aktif.....	61
Gambar 4.2 Degradasi Masa Konversi Biomassa s.d. Biosorben (a) sampel 500°C (b) sampel 600°C (c) sampel 700°C (d) keseluruhan sampel.....	64
Gambar 4.3 (a) Kapasitas Adsorpsi Terhadap Volume MB 500°C (b) Kapasitas Adsorpsi Terhadap Volume MB 600°C (c) Kapasitas Adsorpsi Terhadap Volume MB 700°C (d) Grafik Efisiensi terhadap volume MB 500°C (e) Grafik Efisiensi terhadap volume MB 600°C (f) Grafik Efisiensi terhadap volume MB 700°C (g) Grafik Ketiga Sampel Efisiensi terhadap volume MB (h) Grafik Ketiga Sampel Kapasitas Adsorpsi	

Terhadap Volume MB.....	68
Gambar 4.4 Grafik Isotherm Freundlich (a) 500°C, (b) 600°C, (c) 700°C	71
Gambar 4.5 Grafik Isotherm Langmuir (a) 500°C, (b) 600°C, (c) 700°C	72
Gambar 4.6 Grafik Kinetika Adsorpsi (<i>Pseudo 1st Order</i>) pada Sampel Adsorben(a) 500°C, (b) 600°C, (c) 700°C, (d) Grafik Ketiga Sampel	76
Gambar 4.7 Grafik Kinetika Adsorpsi (<i>Pseudo 2nd Order</i>) pada Sampel Adsorben(a) 500°C, (b) 600°C, (c) 700°C, (d) Grafik Ketiga Sampel	80
Gambar 4.8 Grafik Difraksi Kristalinitas pada Biosorben 500 °C (a) Pola difraksi nanokristalin Biosorben 500 °C (b) Pola difraksi pada peak nanokristalin 500 °C	83
Gambar 4.9 Grafik Difraksi Kristalinitas pada Biosorben 600 °C (a) Pola difraksi nanokristalin Biosorben 600°C, (b) Pola difraksi pada peak nanokristalin 600°C	86
Gambar 4.10 Grafik Difraksi Kristalinitas pada Biosorben 700 °C (a) Pola difraksi nanokristalin Biosorben 700 °C, (b) Pola difraksi pada peak nanokristalin 700 °C ...	90
Gambar 4.11 Sturuktur Morfologis Biosorben Daun Nanas dengan Perbesaran SEM 1000x dan 5000x (a) Sample 500 °C 1000x, (b) Sample 500 °C 5000x, (c) Sample 600 °C 1000x, (d) Sample 600 °C 5000x, (e.) Sample 700 °C 1000x, (f) Sample 700 °C 5000x	94

DAFTAR PUSTAKA

- Ahamed, M., Siddiqui, M. A., Akhtar, M. J., Ahmad, I., Pant, A. B., & Alhadlaq, H. A. (2010). Biochemical and Biophysical Research Communications Genotoxic potential of copper oxide nanoparticles in human lung epithelial cells. *Biochemical and biophysical research communications*, 396(2), 578–583. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2010.04.156>
- Aksu, Z., & Çağatay, S. Sen. (2006). Investigation of biosorption of Gemazol Turquoise Blue-G reactive dye by dried *Rhizopus arrhizus* in batch and continuous systems. *Sep Purif Technol*, 48, 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2005.07.017>
- Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A.-G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., & Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113160. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>
- Ali, I. (2012). New generation adsorbents for water treatment. *Chemical reviews*, 112(10), 5073–5091.
- Allo, D. T. P., Zakir, M., & Nafie, N. La. (2021). *Pemanfaatan serbuk kayu meranti merah* (. <https://doi.org/10.37250/newkiki.v5i2.108>
- Amaliya Athifah, T., Abrar, & Gustaman Syarif, D. (2021). SINTESIS NANOPARTIKEL ZrO₂ DARI PASIR ZIRKON DENGAN METODE PRESIPITASI UNTUK ADSORBEN METILEN BIRU SYNTHESIS OF ZrO₂ NANOPARTICLES FROM ZIRCON SAND WITH USING PRECIPITATION

METHOD FOR ADSORBENT OF METHYLENE BLUE. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 8, 459.

Aprilyanti, S. (2018). Pengaruh konsentrasi NaOH dan waktu hidrolisis terhadap kadar selulosa pada daun nanas. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1), 28–31. <https://doi.org/10.36706/jtk.v24i1.187>

Astari, M. A., & Utami, B. (2018). Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash untuk Menjerap Logam Cu pada Sistem Batch. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 766–774.

Astuti, W., Junaedi, A., Suryani, E., & Rachman Ismail. (2006). PENURUNAN KADAR ASAM LEMAK BEBAS MINYAK KELAPA SAWIT (CPO) MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM LAMPUNG. *Balai, U P T Mineral, Pengolahan Lipi, Lampung, Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Iptek Solusi Kemandirian Bangsa, August*, 2–3.

Atta, D., Wahab, H. A., Ibrahim, M. A., & Battisha, I. K. (2024). Photocatalytic degradation of methylene blue dye by ZnO nanoparticle thin films, using Sol–gel technique and UV laser irradiation. *Scientific Reports*, 14(1), 26961.

Aulia, W. D., Permana, A. T., Dimawarnita, F., Aulia, W. D., Permana, A. T., Dimawarnita, F., & Faramitha, Y. (2024). DELIGNIFIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN NaOH TERHADAP KUALITAS PUPUK ORGANIK CAIR. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 34(1), 47–54. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2024.34.1.47>

Benzekri, M. B., Benderdouche, N., Bestani, B., Douara, N., & Duclaux, L. (2018). *Valorization of olive stones into a granular activated carbon for the removal of Methylene blue in batch and fixed bed modes*. 9(1), 272–284.

Budiono, A., & Suhartana, G. (2006). Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol, Laboratorium Kimia

Anorganik, Laboratorium Kimia Analitik. *Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro*.

Bragg, W. L. (1913). The structure of some crystals as indicated by their diffraction of X-rays. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, 89(610), 248–277.

Chong, M. N., Jin, B., & Saint, C. P. (2011). Bacterial inactivation kinetics of a photo-disinfection system using novel titania-impregnated kaolinite photocatalyst. *Chemical Engineering Journal*, 171(1), 16–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.03.024>

Cooper, R. L., Goldman, J. M., & Georgia, L. (1986). Pituitary Function Following Treatment with Reproductive Toxins. *Environmental Health Perspectives*, 70(10), 177–184. <https://doi.org/10.1289/ehp.8670177>

Crini, G., & Lichtfouse, E. (2018). *Adsorbents for Pollutant Removal* (Environmen). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-92162-4>

Datta, R. (1981). Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion of Components. In *Biotechnol: Vol. 23(9)* (Biotechnol, hal. 2167–2170). Bioeng.

Desa, N. S. M., Ghani, Z. A., Talib, S. A., & Tay, C. C. (2016). Performance of Spent Mushroom Farming Waste (SMFW) Activated Carbon for Ni (II) Removal. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 136(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/136/1/012059>

Dubinin, M. M. (1960). The potential theory of adsorption of gases and vapors for adsorbents with energetically non-uniform surface. *Chem Rev*, 60(13), 235–266.

Effendi, F., Tresnaningsih, E., Sulistomo, A. W., Wibowo, S., & Hudoyo, K. S. (2012). Penyakit Akibat Kerja Karena Paparan Logam Berat. *Jakarta: Direktorat Bina*

Kesehatan Kerja dan Olahraga Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

- Eichorn, S., Hearle, J. W. S., Jaffe, M., & Kikutani, T. (2009). *Handbook of Textile Fibre Structure, Volume 2: Natural, Regenerated, Inorganic, and Specialist Fibres* (Woodhead p). Woodhead Publishing Ltd.,
- Esposito, A., Pagnanelli, F., Lodi, A., Solisio, C., & Veglio, F. (2002). Biosorption of heavy metals by *Sphaerotilus natans* : an equilibrium study at different pH and biomass concentrations. . . . *Hydrometallurgy*, 60, 129–141. [https://doi.org/10.1016/S0304-386X\(00\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0304-386X(00)00195-X)
- Faisal, M., Kelana, S. P., & Nanda, D. E. (2018). Adsorpsi Ion Logam Cu (II) Menggunakan Karbon Aktif Nanopartikel Dari Cangkang Sawit Hasil Pirolisis. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, 1(1), 23–27.
- Fauziah, S. H., Izzati, M. N., & Agamuthu, P. (2013). Toxicity on *Anabas Testudineus*: A Case Study of Sanitary Landfill Leachate. *Procedia Environmental Sciences*, 18, 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.04.003>
- Fengel, D., & Wegener, G. (1983). Book Reviews. In *Wood: Chemistry, ultrastructure and reaction*. (hal. 1984–1985). Walter de Gruyter & Co. <https://doi.org/10.1002/pol.1985.130231112>
- Fengel, D., Wegener, G., Jojo, H. S., & Prawirohatmodjo, S. (1989). *Kayu: kimia, ultrastruktur, reaksi-reaksi*. Gajah Madah Universiti Press.
- Ferm, V. H., & Hanlon, D. P. (1974). Toxidity of Copper Salts in Hamster embryonic Development. *Biology of Reproduction*, 11(1), 97–101. <https://doi.org/10.1095/biolreprod11.1.97>
- Fisli, A., Safitri, R. D., Nurhasni, N., & Deswita, D. (2018). Analisis struktur dan porositas komposit Fe₃O₄-karbon aktif dari limbah kertas sebagai adsorben magnetik. *Indonesian Journal of Materials Science*, 19(4), 179–187.

- Fomina, M., & Gadd, G. M. (2014). Biosorption: Current perspectives on concept, definition and application. *Bioresource Technology*, 160, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.102>
- Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2011). Microwave assisted preparation of activated carbon from pomelo skin for the removal of anionic and cationic dyes. *Chemical Engineering Journal*, 173(2), 385–390. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.07.073>
- Freundlich, H. (1906). Adsorption in solution, *Phys. Chem. Soc*, 40, 1361–1368. <https://doi.org/Not Found>
- Gadd, G. M. (2009). Biosorption : critical review of scientific rationale , environmental importance and significance for pollution treatment. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 84(July 2008), 13–28. <https://doi.org/10.1002/jctb.1999>
- Gadd, M. G. (1988). Heavy metal and radionuclide uptake by fungi and yeasts. *Biohydrometallurgy*.
- Gardea-Torresdey, J. L., Hernandez, A., Tiemann, K. J., Bibb, J., & Rodriguez, O. (1998). Adsorption of Toxic Metal Ions From Solution by Inactivated Cells of *Larrea Tridentata* Creosote Bush. *Journal of Hazardous Substance Research*, 1(1). <https://doi.org/10.4148/1090-7025.1002>
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W. M., Scott, J. H. J., & David C. Joy. (2018). Scanning Electron Microscope (SEM) Instrumentation. In *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis* (hal. 65–91). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6676-9_5
- Grassi, M., Kaykioglu, G., & Belgiorno, V. (2012). Removal of Emerging Contaminants from Water and Wastewater by Adsorption Process. *Emerging compounds removal from wastewater: natural and solar based treatments*, 15–

37. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-3916-1>

- Hadi, R. (2011). Sosialisasi teknik pembuatan arang tempurung kelapa dengan pembakaran sistem suplai udara terkendali. *Buletin teknik pertanian*, 16(2), 77–80.
- Han, M., Moon, S., Kim, Y., Kim, Y., Chung, B., & Choi, G. (2009). Bioethanol Production from Ammonia Percolated Wheat Straw. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 14, 606–611. <https://doi.org/10.1007/s12257-008-0320-0>
- Hardian, A., Rosidah, R., Budiman, S., & Syarif, D. G. (2021). Preparation of Composite Derived from Banana Peel Activated Carbon and MgFe_2O_4 as Magnetic Adsorbent for Methylene Blue Removal. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 23(12), 440–448. <https://doi.org/10.14710/jksa.23.12.440-448>
- Hidayat, P., & Santoso. (2008). Teknologi pemanfaatan serat daun nanas sebagai alternatif bahan baku tekstil. *Teknoin*, 13, 31–35.
- Huda, T., & Yulitaningtyas, T. K. (2018). *Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari*. 01(01), 9–19. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol1.iss1.art2>
- Ibbett, R. N., Phillips, D. A. S., & Kaenthong, S. (2006). Evaluation of a dye isotherm method for characterisation of the wet-state structure and properties of lyocell fibre. *Lenzinger Berichte*, 71, 168–177. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2005.06.010>
- Imamoglu, M., & Tekir, O. (2008). *Removal of copper (II) and lead (II) ions from aqueous solutions by adsorption on activated carbon from a new precursor hazelnut husks*. 228, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.08.011>
- Jeong, J. S., & Kim, B. J. (2023). Preparation of Cellulose-Based Activated Carbon

- Fibers with Improved Yield and Their Methylene Chloride Adsorption Evaluation. *Molecules*, 28(19). <https://doi.org/10.3390/molecules28196997>
- Job, G., & Rüffler, R. (2016). *Physical Chemistry from a Different Angle: Introducing Chemical equilibrium, Kinetics and Electrochemistry by Numerous Experiments* (1 (ed.)). Springer.
- K. Oura, Katayama, M., A. V. Zotov, V. G. L., & Saranin, A. A. (2003). 9 . Atomic Structure of Surfaces with Adsorbates. *Surface Science: An Introduction*, 195–227.
- Kasman, M., Suzana, A., & Hakim, A. N. (2022). ADSORPSI LIMBAH METHYLENE BLUE TERHADAP LIMBAH BIOMASSA NANAS Adsorpsi Limbah Methylene Blue terhadap Limbah Biomassa Nanas. *Jurnal Daur Lingkungan*, 5(1), 5–10.
- Khan, M. A., Ngo, T. H. T., Kim, W. J., Chung, W. J., Padervala, V. V. T., Kim, B. S., & Park, J. H. (2021). Fabrication of pineapple leaf-derived biochar for the removal of Cu (II) ions from aqueous solutions. *Bioresource Technology*, 333, 125134. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125134>
- Kratochvil, D., & Volesky, B. (1998). Advances in the biosorption of heavy metals. *Trends in biotechnology*, 16(July), 291–300. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(98\)01218-9](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(98)01218-9)
- Langmuir, I. (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J Am Chem Soc*, 345(1914), :1361–1403. <https://doi.org/10.1021/ja02242a004>
- Li, C., Knierim, B., Manisseri, C., Arora, R., Scheller, H. V., Auer, M., Vogel, K. P., Simmons, B. A., & Singh, S. (2010). Comparison of dilute acid and ionic liquid pretreatment of switchgrass: Biomass recalcitrance, delignification and enzymatic saccharification. *Bioresource Technology*, 101(13), 4900–4906.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.066>

- Li, Z., Sellaoui, L., Gueddida, S., Dotto, G. L., Ben Lamine, A., Bonilla-Petriciolet, A., & Badawi, M. (2020). Adsorption of methylene blue on silica nanoparticles: Modelling analysis of the adsorption mechanism via a double layer model. *Journal of Molecular Liquids*, 319, 114348. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114348>
- Mayangsari, N. E., Apriani, M., & Veptiyan, D. (2019). PEMANFAATAN LIMBAH DAUN NANAS (ANANAS COSMOSUS) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT Cu. *Journal of Research and Technology*, 5(2).
- Memon, J. R., Memon, S. Q., Bhanger, M. I., El-Turki, A., Allen, G. C., & Saleh, Z. A. (2008). Characterization of banana peel by scanning electron microscopy and FT-IR spectroscopy and its use for chromium removal. *Journal of Hazardous Materials*, 157(2–3), 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.081>
- McMillan, J. D. (1994). Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. In *Enzymatic Conversion of Biomass for Fuels Production: Vol. Chapter 15* (Symposium). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-1994-0566.ch015>
- Michalak, I., Chojnacka, K., & Witek-Krowiak, A. (2013). State of the art for the biosorption process - A review. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 170(6), 1389–1416. <https://doi.org/10.1007/s12010-013-0269-0>
- Michaluk, A., & Kochman, K. (2007). Involvement of copper in female reproduction. *Reprod Biol*, 7(3), 193–205.
- Mikami, A., Erande, N., Matsuda, S., Kel'in, A., Woods, L. B., Chickering, T., Pallan, P. S., Schlegel, M. K., Zlatev, I., Egli, M., & Manoharan, M. (2020). Synthesis, chirality-dependent conformational and biological properties of siRNAs containing 5'-(R)- and 5'-(S)-C-methyl-guanosine. *Nucleic Acids Research*, 48(18), 10101–10124. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa750>

- Mohammed, A. A., Al-Amiery, H. A., Isahak, W. N. R. W., & Al-Zujaji, Z. T. (2020). Lead removal from aqueous solution by using a new eco-friendly adsorbent from pineapple leaves. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 32675–32686. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09755-1>
- Mondal, M. I. H. (2015). *CELLULOSE AND CELLULOSE COMPOSITES MODIFICATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS* (M. I. H. Mondal (ed.)). Nova Science Publishers.
- Mounes, H., & Abdelhay, R. (2021). Comparison between traditional and low cost material to remove residues of Methylene Blue dye from aqueous solutions. *Egyptian Journal for Aquaculture*, 0(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/eja.2021.48543.1040>
- Munira, M., Arman, M., Syarif, T., Gusnawati, G., & Darnengsih, D. (2022). Karakterisasi Dan Modifikasi Karbon Aktif Dari Mahkota Nanas Sebagai Bioadsorben. *Journal of Chemical Process Engineering*, 7(2), 123–129. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v7i2.1410>
- Mutia, E., Lydia, E. N., & Fahriana, N. (2020). Teknik penjernihan air menggunakan limbah cangkang kerang sebagai pengikat ion logam berbahaya pada air. *Global Science Society : Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 389–397.
- Nisa Nurhidayanti , Mindriany Syafila, Agus Jatnika Effendi, D. W. P. (2023). Mekanisme Biosorpsi Senyawa Polutan Organik Persisten (POPs) dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi: Suatu Review Nisa. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 408–419. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.408-419>
- Nizam, N. U. M., Hanafiah, M. M., Mahmoudi, E., Halim, A. A., & Mohammad, A. W. (2021). The removal of anionic and cationic dyes from an aqueous solution using biomass-based activated carbon. *Scientific Reports*, 11(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88084-z>

- Patterson, A. L. (1939). The Scherrer Formula for X-Ray Particle Size Determination. *Physical Review*, 56(10), 978–982. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.56.978>
- Pratiwi, Y. (2010). Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil Berdasarkan Nutrition Value Bioindikator. *Jurnal Teknologi*, 3(2), 129–137.
- Priyatmojo, D. (2017). *Pengaruh Suhu Aktivasi Fisika Pada Proses Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Serat Sisal (Agave Sisalana) Sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor Tipe Electric Double Layer Capacitor (EDLC)* [Universitas Brawijaya]. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/155148/>
- Ramdja, A. F., Halim, M., & Handi, J. (2008). PEMBUATAN KARBON AKTIF. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2).
- Rápó, E., Aradi, L. E., Szabó, Á., Posta, K., Szép, R., & Tonk, S. (2020). Adsorption of Remazol Brilliant Violet-5R Textile Dye from Aqueous Solutions by Using Eggshell Waste Biosorbent. *Scientific Reports*, 10(1), 8385. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65334-0>
- Ravindran, K. B. S. S., Dev, A. K. G. B. G. J. B., Chandar, S. K. A. G. C. J., Kumar, G. S., & Sekaran, G. (2018). Adsorption of chromium by novel adsorbent from pineapple leaf. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(1), 647–657. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.12.016>
- Reddy, L. H., Arias, J. L., Nicolas, J., & Couvreur, P. (2012). Magnetic nanoparticles: design and characterization, toxicity and biocompatibility, pharmaceutical and biomedical applications. *Chemical Reviews*, 112(11), 5818–5878. <https://doi.org/10.1021/cr300068p>
- Redlich, & Peterson, O. (1958). hydrochloric acid was then filtered through the fritted glass. Following this a 9.3. *J Phys Chem*, 63(1955), 1958. <https://doi.org/10.1021/j150576a611>

- Roychoudhury, S., Stawarz, R., Nath, S., Massanyi, P., Stawarz, R., Kacaniova, M., & Kolesarova, A. (2016). Copper-Induced Changes in Reproductive Functions : In Vivo and In Vitro Copper-Induced Changes in Reproductive Functions : In Vivo and In Vitro Effects. *Physiological research*, 65(1)(March 2020), 10–22. <https://doi.org/10.33549/physiolres.933063>
- Rusdianto, A. S., Amilia, W., Julie, V., & Sinta, D. (2021). The Optimization Of Cellulose Content In Tobacco Stems (*Nicotiana tabaccum* L .) With Acid Extraction Method And Alkaline Extraction Method. *International Journal of Food, Agriculture, and Natural Resources*, 02(02), 13–19. <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v2i2.28>
- Ruthven, D. M. (1984). *Principles of adsorption and adsorption processes* (hal. 455 pages). John Wiley & Sons.
- Sari, I. K., Limantara, L. M., & Priyantoro, D. (2012). Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada DAS Sampean. *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(1), 29–41.
- Setiawan, A. A., Shofiyani, A., & Syahbanu, I. (2017). PEMANFAATAN LIMBAH DAUN NANAS (*Ananas comosus*) SEBAGAI BAHAN DASAR ARANG AKTIF UNTUK ADSORPSI Fe (II). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(3)., 6(3), 66–74.
- Sips, R. (1948). On the Structure of a Catalyst Surface. : : *J. Chem. Phys*, 16(December), 490. <https://doi.org/10.1063/1.1746922>
- Singh, P., Singh, A., & Quraishi, M. A. (2016). Thiopyrimidine derivatives as new and effective corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid: Electrochemical and quantum chemical studies. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60, 588–601. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.10.033>

- Sharma, G., Kumar, A., Al-Anazy, Z. M., Naushad, M., Al-Muhtaseb, A. H., Al-Badarin, A. M. H., Al-Saeed, S. S., & Al-Saeedi, A. K. (2018). Pineapple leaf fiber reinforced-poly(methylmethacrylate)/-graphene oxide nanocomposite for methylene blue adsorption. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(4), 1471–1479. <https://doi.org/10.1002/ep.12727>
- Siringo-Ringo, E. P. (2019). *Pengaruh Waktu Kontak, pH dan Dosis Adsorben dalam Penurunan Kadar Pb dan Cd Menggunakan Adsorben dari Kulit Pisang*. Universitas Sumatera Utara.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Tandy, E., Hasibuan, I. F., Harahap, H., Kimia, D. T., Teknik, F., & Utara, U. S. (2012). KEMAMPUAN ADSORBEN LIMBAH LATEKS KARET ALAM TERHADAP MINYAK PELUMAS DALAM AIR. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2), 34–38. <https://doi.org/10.32734/jtk.v1i2.1416>
- Tangaromsuk, J., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., & Upatham, E. S. (2002). Cadmium biosorption by *Sphingomonas paucimobilis* biomass. *Biores Technology*, 85, 103–105. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00066-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00066-4)
- Tarigan, I. L., Susanti, D., Iqbal, M., & Silaban, R. (2021). PEMANFAATAN KITOSAN CANGKANG BEKICOT SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TEMBAGA (Cu) PENCEMARAN LINGKUNGAN Utilization of Snail Shell Chitosan as an Adsorbent for Copper (Cu) Environmental Pollution (Achatina terdapat pada kelompok hewan seperti , yang sering di. *Khazanah Intelektual*, 5(2)(1128–1141), 1–14.
- Temkin, M. (1934). Die gas adsorption und der nernstsche wärmesatz. *Acta Physicochim URSS*, 1, 36–52.

- Treeboobpha, S., Wongkasemjit, S., Chaisuwan, T., & Luengnaruemitchai, A. (2012). Two-stage microwave/chemical pretreatment process of Napier Grass for ethanol production. *ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY*, 243.
- Trisanti, P. N., H.P., S. S., Sumarno, & Nura'ini, E. (2018). GERGAJI KAYU SENGON MELALUI PROSES DELIGNIFIKASI ALKALI ULTRASONIK Bahan dan Alat. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 30, 113–119.
- Yang, Z., Zhang, Y., Li, J., Chen, Y., Zhou, S., & Li, Y. (2023). Utilization of pineapple leaf waste to prepare porous carbon for Cr(VI) adsorption. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(3), 109699. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109699>
- Utubira, Y., Wijaya, K., Triyono, T., & Sugiharto, E. (2010). PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF TiO₂-ZEOLITE AND ITS APPLICATION TO DEGRADE TEXTILE WASTEWATER BY PHOTOCATALYTIC METHOD. *Indonesian Journal of Chemistry*, 6(3), 231–237. <https://doi.org/10.22146/ijc.21724>
- Vasić, V., Kukić, D., Šćiban, M., Đurišić-Mladenović, N., Velić, N., Pajin, B., Crespo, J., Farre, M., & Šereš, Z. (2023). Lignocellulose-Based Biosorbents for the Removal of Contaminants of Emerging Concern (CECs) from Water: A Review. In *Water* (Vol. 15, Nomor 10). <https://doi.org/10.3390/w15101853>
- Vijayaraghavan, K., & Yun, Y. (2008). Bacterial biosorbents and biosorption. *Biotechnology Advances*, 26, 266–291. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.02.002>
- Vincent, J. F. V. (1999). FROM CELLULOSE TO CELL. *The Journal of Experimental Biology*, 202(23), 3263–3268. Printed in Great Britain

- Vivo-Vilches, J. F., Pérez-Cadenas, A. F., Carrasco-Marín, F., & Maldonado-Hódar, F. J. (2015). About the control of VOC's emissions from blended fuels by developing specific adsorbents using agricultural residues. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(4, Part A), 2662–2669. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.09.027>
- Walker, D., Verma, P. K., Cranswick, L. M. D., Jones, R. L., Clark, S. M., & Buhre, S. (2004). Halite-sylvite thermoelasticity. *American Mineralogist*, 89(1), 204–210.
- Wani, H. A., Shaikh, V. R., More, D. H., & Patil, K. J. (2023). Studies of monomer–dimer equilibria of methylene blue as a probe to investigate the solute–solvent and hydrophobic interactions in aqueous solutions of polyethylene glycols at 298 K. *Chemical Physics Impact*, 7, 100288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chphi.2023.100288>
- Wardani, A. Y., Nirmala, W., Fmipa, M., & Negeri, U. (2012). PEMANFAATAN DAUN NANAS (ANANAS COMOSUS) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Ag DAN Cu PADA LIMBAH INDUSTRI PERAK DI KOTAGEDE YOGYAKARTA. *Pelita - Jurnal Penelitian Mahasiswa UNY, Volume VII*, 89–96. <https://journal.uny.ac.id/index.php/pelita/article/view/4245/3670>
- Waseda, Y., Matsubara, E., & Shinoda, K. (2011). *X-ray Diffraction Crystallography: introduction, examples and solved problems*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007%2F978-3-642-16635-8>
- Weng, C. H., & Pan, Y. F. (2006). Adsorption characteristics of methylene blue from aqueous solution by sludge ash. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 274(1–3), 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.08.044>

- Wetipo, Y. S., Mangimbulude, J. C., & Rondonuwu, F. S. (2013). Produksi ROS akibat akumulasi ion logam berat dan mekanisme penangkal dengan antioksidan. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning, Cd*, 1–7.
- Wyman, C. E., Dale, B. E., Elander, R. T., Holtzapple, M., Ladisch, M. R., & Lee, Y. Y. (2005). Comparative sugar recovery data from laboratory scale application of leading pretreatment technologies to corn stover. *Bioresource Technology*, 96, 2026–2032. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.01.018>
- Yulianto, B., Ario, R., & Triono, A. (2006). *Daya Serap Rumput Laut (Gracilaria sp) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter*. 11(2), 72–78.
- Yurdakal, S., Garlisi, C., Ozcan, L., Bellardita, M., & Palmisano, G. (2019). *(Photo)catalyst Characterization Techniques: Adsorption Isotherms and BET, SEM, FTIR, UV Vis, Photoluminescence, and Electrochemical Characterizations* (Vol. 4). University of Palermo. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64015-4.00004-3>
- Zhang, M. F., Qin, Y. H., Ma, J. Y., Yang, L., Wu, Z. K., Wang, T. L., Wang, W. G., & Wang, C. W. (2016). Depolymerization of microcrystalline cellulose by the combination of ultrasound and Fenton reagent. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 404–408. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.027>
- Zhou, W., Apkarian, R. P., & Wang, Z. L. (2006). Fundamentals of Scanning Electron Microscopy (SEM). In *Scanning Microscopy for Nanotechnology* (hal. 1–40). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-39620-0_1