

SKRIPSI

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA (*COCOS
NUCIFERA*) SEBAGAI ADSORBEN CO₂ PADA GAS PROPYLENE**



**Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Sarjana Strata Satu (1) Program Studi Teknik Kimia Universitas
Muhammadiyah Palembang**

DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD VITTO RAMADHANI (122019003)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMANFAATAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA (*COCOS NUCIFERA*) SEBAGAI ADSORBEN CO₂ PADA GAS PROPYLENE

Oleh :

MUHAMMAD VITTO RAMADHANI

(122019003)

Disetujui oleh :

Pembimbing I



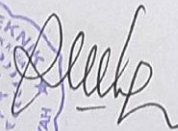
Atikah, S.T.,M.T
NIDN : 0023127401

Pembimbing II



Dr. Ir. Marhaini, M. T.
NIDN : 0005096804

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia FT UMP



Ir. Robiah, M.T.
NBM/NIDN : 1060755/0008066401

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA (*COCOS NUCIFERA*) SEBAGAI ADSORBEN CO₂ PADA GAS PROPYLENE

Disusun Oleh :

MUHAMMAD VITTO RAMADHANI

(122019003)

Telah diuji dihadapan tim penguji pada tanggal 23 Januari 2023

Di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Palembang

Tim Pneguji :

Ketua : Atikah, S.T.,M.T./0023127401
Anggota : Dr. Ir. Marhaini, M.T./0005096804
Anggota : Netty Herawati, S.T.,M.T./0225017601
Anggota : Heni Juniar, S.T.,M.T./00202067101



Menyetujui,

Dekan Fakultas Teknik UMP



Prof. Dr. Ir. Kgs. Ai Roni, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NBM/NIDN : 763049/0227077004

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Kimia



Ir. Robiah, M.T.

NBM/NIDN : 1060755/0008066401



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang 30623, Telp (0711) 518764 Fax
(0711) 519408

Terakreditasi B dengan SK No. 396/SK/BAN-PT/Akred/S/X/2014

Nama : Muhammad Vitto Ramadhani

NRP : 122019003

Judul Tugas : **PEMANFAATAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA
(COCOS NUCIFERA) SEBAGAI ADSORBEN CO₂ PADA GAS PROPYLENE**

Telah Mengikuti Ujian Sidang Sarjana Teknik Kimia Pada Tanggal 23 Agustus 2023

Dinyatakan Lulus Dengan Nilai : A

Ketua Penguji

Atikah, S.T., M.T.
NIDN: 0023127401

Palembang, 23 Agustus 2023
Ketua Panitia Ujian Tugas Akhir
Prodi Teknik Kimia

Ir. Robiah, M.T.
NBM/NIDN:1060755/0008066401

Menyetujui

Pembimbing I

Atikah, S.T., M.T.
NIDN: 0023127401

Pembimbing II

Dr. Ir. Marhaini, MT
NIDN: 0005096804

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UMP

Prof. Dr. Ir. Kgs. A. Rani, ST., MT., IPM., ASEAN.Eng
NBM/NIDN: 763049/0227077004

Ketua Prodi Teknik Kimia UMP

Ir. Robiah, M.T.
NIDN: 0008066401

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangann dibawah ini :

Nama : Muhammad Vitto Ramadhani
Tempat / Tanggal Lahir : Palembang, 06 Desember 2000
NIM : 122019003
Program Studi : Teknik Kimia
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah hasil karya saya dan disusun sendiri dengan sungguh-sungguh serta bukan merupakan penjiplakan karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi berupa pembatalan skripsi ini dan segala konsekuensinya.
2. Saya bersedia untuk menanggung segala bentuk tuntutan hukam yang mungkin timbul jika terdapat pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
3. Memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan/mempublikasikannya di media secara full teks untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

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

Palembang, September 2023



Muhammad Vitto Ramadhani

ABSTRAK

PEMANFAATAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA (COCOS NUCIFERA) SEBAGAI ADSORBEN CO₂ PADA GAS PROPYLENE

**(Muhammad Vitto Ramadhani, 2023, Halaman 28, 3 Tabel, 15
Gambar, 2 Lampiran)**

Gas Propylene merupakan umpan masuk pada Unit Petrokimia yang berasal dari secondary process. Gas propylene tersebut memiliki beragam impuritis yang terbawa. Salah satu impuritis yang sering ditemui yaitu komponen karbon dioksida (CO₂). Ada beragam macam metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan CO₂ yaitu Adsorpsi, Absorpsi, dan Physical Separation. Pada penelitian ini memfokuskan upaya pengurangan CO₂ dari Gas Propylene dengan metode adsorpsi menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan variasi tinggi kolom 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, dan 35 cm. Selain itu dilakukan juga pengamatan laju alir gas propylene pada Flow Gas sebesar 100 ml/menit, 200 ml/menit, 300 ml/menit, 400 ml/menit, dan 500 ml/menit. Adsorben yang berasal dari tempurung kelapa sudah memenuhi parameter SNI 06-3730-1995. Gas propylene di analisis menggunakan gas chromatography saat sebelum proses adsorpsi dan setelah proses adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi berlangsung optimal pada laju alir 100 ml/menit dengan tinggi kolom 25 cm yaitu reduksi gas CO₂ pada gas propylene sebesar 99.99% dan terkecil sebesar 31.10%.

Kata kunci : Gas Propylene, Adsorpsi, Adsorben, Karbon Aktif

ABSTRACT

UTILIZATION OF COCONUT SHELL ACTIVATED CARBON (COCOS NUCIFERA) AS CO₂ ADSORBENT IN PROPYLENE GAS

(Muhammad Vitto Ramadhani, 2023, 37 Pages 37, 9 Tables, 29 Figures,
3 Appendix)

Propylene gas is an incoming feed in the Petrochemical Unit which comes from the secondary process. The propylene gas has a variety of impurities that are carried. One of the impurities that is often encountered is the carbon dioxide (CO₂) component. There are various methods that can be used to remove CO₂, i.e. Adsorption, Absorption, and Physical Separation. This research focuses on reducing CO₂ from Propylene Gas by adsorption method using Coconut Shell Activated Carbon with column height variations of 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, and 35 cm. In addition, the propylene gas flow rate was also observed at 100 ml/min, 200 ml/min, 300 ml/min, 400 ml/min, and 500 ml/min. Adsorbents derived from coconut shells have met the parameters of SNI 06-3730-1995. Propylene gas was analyzed using gas chromatography before the adsorption process and after the adsorption process. The results showed that adsorption took place optimally at a flow rate of 100 ml/min with a column height of 25 cm, that is the reduction of CO₂ gas in propylene gas by 99.99% and the smallest by 31.10%.

Keywords : Propylene Gas, Adsorption, Adsorbent, Activated Carbon

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyusun Hasil Penelitian yang berjudul **“PEMANFAATAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA (COCOS NUCIFERA) SEBAGAI ADSORBEN CO₂ PADA GAS PROPYLENE”**. Tujuan dari penyusunan hasil penelitian ini adalah sebagai salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ibu Ir. Robiah M.T, selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
3. Ibu Dr. Mardwita, S.T, M.T, sebagai Sekretaris Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Ibu Atikah, S.T., M.T. sebagai Pembimbing I.
5. Ibu Dr. Ir. Marhaini, M.T. sebagai Pembimbing II.
6. Staf Pengajar dan Karyawan di Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Rekan- rekan Mahasiswa di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
8. Kedua Orang Tua, serta saudara laki-laki saya yang selalu mendukung pengerjaan skripsi ini.

Palembang, April 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN KUNING	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gas Propylene	4
2.1.1 Impuritis Propylene	5
2.1.2 Dampak Impuritis	5
2.2 Acid Gas Removal	6
2.2.1 Proses Absorpsi	7
2.2.2 Proses Adsorpsi	8
2.2.3 Physical Separation	11
2.3 Karbon Aktif	13
2.4 Penelitian Terdahulu	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	16

3.2.1	Bahan yang Digunakan	16
3.2.2	Alat yang Digunakan	16
3.3	Rancangan Penelitian	17
3.3.1	Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa	18
3.4	Adsorben Karbon Aktif	19
3.4.1	Penetapan Variabel	19
3.4.2	Metode yang Digunakan	19
3.5	Rangkaian Alat.....	19
3.6	Prosedur Percobaan.....	20
3.6.1	Proses Aktivasi Karbon Aktif	20
3.6.2	Proses Kerja Kolom Adsorben CO ₂	20
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN	20
4.1	Karakteristik Karbon Aktif	21
4.2	Hasil Penelitian	23
4.3	Pembahasan	24
4.3.1	Pada Laju Alir 100 ml/menit	25
4.3.2	Pada Laju Alir 200 ml/menit	26
4.3.3	Pada Laju Alir 300 ml/menit	27
4.3.4	Pada Laju Alir 400 ml/menit	28
4.3.5	Pada Laju Alir 500 ml/menit	29
4.3.6	Pembahasan Hasil Pengujian	29
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Proses Unit Purifikasi Petrokimia	4
Gambar 2.2 Proses adsorption fisik dengan proses Pressure Swing Adsorption (PSA).....	7
Gambar 2.3 Skema Pemisahan dengan Menggunakan Membran	12
Gambar 2.4 Karbon Aktif Tempurung Kelapa	14
Gambar 3.1 Skema Rancangan Penelitian	17
Gambar 3.2 Skema Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	18
Gambar 3.3 Rangkain Adsorben CO ₂	19
Gambar 4.1 Hasil Uji SEM pada Karbon Tempurung Kelapa pada 10 μ m..	21
Gambar 4.2 Hasil Uji SEM pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa.....	22
Gambar 4.2 Hasil Uji SEM pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Setelah Proses adsorpsi	23
Gambar 4.3 Grafik Kadar CO ₂ pada Gas Propylene dengan Laju Alir 100 ml/menit	25
Gambar 4.4 Grafik Kadar CO ₂ pada Gas Propylene dengan Laju Alir 200 ml/menit	26
Gambar 4.5 Grafik Kadar CO ₂ pada Gas Propylene dengan Laju Alir 300 ml/menit	27
Gambar 4.6 Grafik Kadar CO ₂ pada Gas Propylene dengan Laju Alir 400 ml/menit	28
Gambar 4.7 Grafik Kadar CO ₂ pada Gas Propylene dengan Laju Alir 500 ml/menit	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Jenis Adsorben	7
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Karbon Aktif	22
Tabel 4.2 Hasil Uji Kadar CO₂ pada Gas Propylene.....	24
Tabel 4.3 Presntase Penurunan Kadar CO₂ pada Gas Propylene	24

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	34
LAMPIRAN II	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gas propylene merupakan salah satu produk setengah jadi petrokimia PT. Kilang Pertamina Internasional RU III. Pabrik petrokimia memiliki umpan masuk yang berasal dari pabrik *secondary process* yang disebut dengan Raw Propane Propylene (Raw PP). Gas tersebut diproses pada pabrik petrokimia dimana Raw Propane Propylene dimurnikan pada unit purifikasi.

Impuritis merupakan zat pengotor yang terbawa dalam unit proses pabrik. Pada proses pengolahan *Raw Propane Propylene (Raw PP)*, Unit proses menjaga kualitas gas dengan memurnikan gas tersebut dari impuritis yang masih terbawa agar didapatkan Propylene dengan kemurnian $\geq 99,6$ %mol. Adapun beberapa impuritis pada Raw PP yaitu *Carbonyl Sulfide*, *Carbon Monoxide*, *Carbon Dioxide*, Air, Oksigen, *Total Sulfur*, dan *Hydrogen*.

Salah satu impuritis Raw PP yang sering terbawa yaitu Karbon Dioksida (CO_2). Gas tersebut adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen terikat kovalen dengan atom karbon. CO_2 berbentuk gas pada temperatur dan tekanan standar dan berada di atmosfer. Gas CO_2 harus dimurnikan dari Raw PP sebelum memasuki kolom depropanizer. Oleh sebab itu gas propylene dimurnikan hingga memenuhi spesifikasi $\text{CO}_2 < 4$ molppm.

Adsorpsi adalah proses menempelnya molekul gas atau cair pada permukaan bahan padat dan sebagian dari molekul itu akan mengembun pada permukaan padatan tersebut. Proses adsorpsi akan terjadi jika permukaan suatu padatan dikontakkan dengan molekul gas atau cair, maka ketika terjadi adsorpsi terdapat gaya kohesif dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara permukaan padatan dan molekul tersebut. Gaya-gaya yang terjadi akan menyebabkan perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Padatan berpori yang mengadsorpsi dan mendesorpsi suatu

molekul disebut adsorben. Sedangkan yang terakumulasi atau melekat disebut adsorbat (Faishal, 2020).

Keuntungan adsorpsi adalah memperbesar harga koefisien transfer massa. Hal ini karena keefektifan interfacial area yang lebih besar, dimana dapat menggantikan bagian yang stagnant (kusnarjo, dkk. 2009). Tujuan dari proses absorpsi dalam penelitian ini adalah untuk memisahkan komponen dari campuran gas atau untuk menghasilkan suatu produk reaksi, dan salah satu komponen dari campuran gas yang sering dipisahkan adalah gas karbon dioksida (CO₂).

Menurut (Kirk Othmer, 1992 dalam Rully, 2017) Karbon aktif merupakan suatu padatan yang berpori yang mengandung 85 - 95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi sehingga diperoleh luas permukaan yang sangat besar, dimana ukurannya berkisar antara 300 - 2000 m²/gr. Luas permukaan yang besar dari struktur dalam pori-pori karbon aktif dapat terus dikembangkan, struktur ini memberikan kemampuan karbon aktif menyerap (adsorb) gas-gas dan uap-uap dari gas dan juga dapat menguraikan zat-zat dari liquidida.

Karbon aktif yang digunakan adalah tempurung kelapa yang sudah diaktivasi. Kandungan kimia tempurung kelapa adalah 26,60% Selulosa, 29,40% Lignin, 27,7-% Pentosan, 4,20% Solvent ekstraktif, 3,50% Uronat anhidrid, 0,62% Abu, 0,11 Nitrogen, dan 8,01% Air. Karbon atau arang dapat terbuat dari bahan-bahan yang mengandung selulosa menggunakan proses yang disebut prolisis, yaitu menghancurkan bahan menjadi lebih kecil dan dibakar sehingga menjadi karbon (Bellani dkk, 2020). Oleh karena itu, karbon aktif tempurung kelapa memiliki potensi menjadi adsorben CO₂ pada gas propylene.

Beberapa penelitian tentang penggunaan karbon aktif pada pemurnian gas telah dilakukan. Alwathan et.al.(2013) melakukan pemurnian biogas dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif untuk

mengurangi kadar H₂S dari biogas limbah cair rumah sakit. Proses adsorpsi H₂S optimal ditunjukkan pada penggunaan karbon aktif berukuran 12 *mesh*.

Maka dari itu diperlukan penelitian untuk melakukan uji coba dengan membuat media adsorben gas CO₂ yang bertujuan untuk mengurangi kuantitas gas CO₂ pada gas propylene namun tidak mengubah senyawa hidrokarbon tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh laju alir gas propylene pada proses adsorpsi gas CO₂ dengan karbon aktif ?
2. Bagaimana pengaruh tinggi kolom terhadap proses adsorpsi gas CO₂ pada gas propylene dengan karbon aktif ?
3. Bagaimana perubahan kuantitas gas CO₂ pada gas propylene setelah melewati proses adsorpsi

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh laju alir gas propylene pada proses adsorpsi gas CO₂ dengan karbon aktif
2. Mempelajari pengaruh tinggi kolom terhadap proses adsorpsi gas CO₂ pada gas propylene dengan karbon aktif
3. Mendapatkan data perubahan kuantitas gas CO₂ pada gas propylene setelah melewati proses adsorpsi

1.4. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai penggunaan karbon aktif pada proses adsorpsi gas propylene
2. Menambah pengetahuan dalam metode penurunan gas CO₂ sebagai impuritis pada gas propylene

DAFTAR PUSTAKA

- Alwathan, A., Mustafa, M., & Thahir, R. (2013). Pengurangan kadar H₂S dari biogas limbah cair rumah sakit dengan metode adsorpsi. *Konversi*, 2(1), 1-6.
- Arief, A. R. (2014). *Adsorpsi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak terhadap Penurunan Fenol* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Aryani, F. (2019). Aplikasi metode aktivasi fisika dan aktivasi kimia pada pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa (*Cocos nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 16-20.
- Astuti, W., & Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb²⁺ Dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom Dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk dan Granular. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), 27-33.
- Bledzki, A. K., Mamun, A. A., & Volk, J. (2010). Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: the effect of fibre physical, chemical and surface properties. *Composites Science and Technology*, 70(5), 840-846.
- Cheremisinoff, P. N., & Ellerbusch, F. (1978). *Carbon adsorption handbook*. Ann Arbor Science Publishers.
- Elma, M. (2017). Proses pemisahan menggunakan teknologi membran.
- Iriani, P., & Heryadi, A. (2014). Pemurnian Biogas Melalui Kolom Beradsorben Karbon Aktif. *Sigma-Mu*, 6(2), 36-42.
- Kusnarjo, K., Kuswandi, K., Susianto, S., & Altway, A. (2009). Pengaruh model aliran terhadap recovery CO₂ pada absorpsi gas CO₂ oleh larutan K₂CO₃ didalam packed column dengan kondisi non-Isothermal. *Reaktor*, 12(3), 154-160
- Maron, S.H. and Lando, J., (1988). *Fundamentals of Physical Chemistry*, New York: Macmillan Publishing Co. Inc.
- Mokhatab, S., Poe, W. A., & Mak, J. (2018). *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing: Natural Gas Sweetening*, 253-290.
- Muhammad Asif Hanif, Farwa, N., Umer Rashid, Rida, T. (2022). *Renewable and Alternative Energy Resources: Future energy options: an overview*, 113-169.
- Murti, S. (2008). Skripsi: Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom. *Depok: Universitas Indonesia*.
- Prabowo, A. L. (2009). Pembuatan Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung Serta Aplikasinya Untuk Adsorpsi Cu, Pb, Dan Amonia. *Depok: Universitas Indonesia*.
- Rademann, K. (1990). PW Atkins: Physical Chemistry, Oxford University Press, Oxford, ISBN 0-19-855284-X, 1990. 995 Seiten, Preis:£ 19.50 (Paperback).
- Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang aktif (pengenalan dan proses pembuatannya).

- Silbey, R. J., Alberty, R. A., Papadantonakis, G. A., & Bawendi, M. G. (2022). *Physical chemistry*. John Wiley & Sons.
- Takeya, G. (1952). Absorption of carbon dioxide by water under pressure in a packed tower. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido University*, 9(1), 1-7.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*, Department of Chemical and Petroleum Engineering University of Kansas. *Yaws, CL*.
- Yustinah, Y., Hudzaifah, H., Aprilia, M., & Ab, S. (2020). Kesetimbangan adsorpsi logam berat (Pb) dengan adsorben tanah diatomit secara batch. *Jurnal Konversi*, 9(1), 12.
- Mistar, E. M., Sara, T., & Alfatah, T. (2017). Pengaruh Laju Alir Terhadap Kinetika Adsorpsi Methylene Blue dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi NaOH. *Jurnal Serambi Engineering*, 1(2).
- Apriyanti, E. (2012). Adsorpsi CO₂ menggunakan zeolit: aplikasi pada pemurnian biogas. *Dinamika Sains*, 10(22).