

Kajian Adsorpsi Logam CU Dengan Adsorben Silika Gel

Wisnu Adi Prasajo, Srie Muljani

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur¹²

wisnualdi79@gmail.com

Abstract. Adsorption is a separation process on a particular substance based on the affinity of a compound to a solid. The adsorption process requires an adsorbent as an absorbent material and an adsorbate as an absorbed component. The adsorbent that is often used to absorb Cu^{2+} ions is silica gel. Silica gel is a rigid gel that is amorphous. In silica gel there are two main bonding groups, namely siloxane and silanol groups which cause silica gel to easily absorb polar molecules, especially water. The purpose of this research is to get the best mass of silica and the effect of the initial concentration of Cu ions on the final concentration of Cu metal. In this study, two operating conditions were varied, namely the mass of silica gel adsorbent 0.4 grams; 0.6 grams; 0.8 grams; 1 gram; 1.2 grams and the initial concentration of Cu metal 3 ppm; 4 ppm; 5 ppm; 6 ppm; 7 ppm. The results of this study showed that the silica content of bagasse ash was 70.97% with a surface area of 283.802 m^2/g . The best result of this study reduced the content of copper metal (Cu) by 88% in the condition of silica gel mass of 1.2 grams. The adsorption isotherm shows that the data is more in line with the Freundlich equation. The resulting equation is $y = 0.4268x + 0.4969$ with an R^2 value of 0.9837.

Keywords: adsorption, metal waste cu, bagasse, copper.

Abstrak. Adsorpsi adalah suatu proses pemisahan pada suatu zat tertentu berdasarkan afinitas suatu senyawa terhadap padatan. Proses adsorpsi dibutuhkan adanya adsorben sebagai bahan penyerap dan adsorbat sebagai komponen yang terserap. Adsorben yang sering digunakan untuk menyerap ion Cu^{2+} adalah silika gel. Silika gel adalah gel kaku yang bersifat amorf. Dalam silika gel terdapat dua gugus ikatan utama yaitu gugus siloksan dan silanol yang menyebabkan silika gel mudah menyerap molekul polar terutama air. Tujuan dari penelitian ini yakni memperoleh massa terbaik dari silika dan pengaruh konsentrasi awal ion Cu terhadap konsentrasi akhir Logam Cu. Pada penelitian ini dilakukan dengan dua kondisi operasi yang divariasikan yaitu Massa adsorben silika gel 0,4 gram ; 0,6 gram ; 0,8 gram ; 1 gram ; 1,2 gram dan Konsentrasi awal Logam Cu 3 ppm ; 4 ppm ; 5 ppm ; 6 ppm ; 7 ppm. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa kandungan silika dari abu ampas tebu sebesar 70,97% dengan luas permukaan sebesar 283,802 m^2/g . Hasil terbaik dari penelitian ini mengurangi kandungan Logam tembaga (Cu) sebesar 88% pada kondisi massa silika gel 1,2 gram. Isotherm adsorpsi menunjukkan bahwa data lebih sesuai dengan persamaan Freundlich. Persamaan yang diperoleh adalah $y = 0,4268x + 0,4969$ dengan nilai R^2 sebesar 0,983.

Kata Kunci: adsorpsi, silika gel, ampas tebu, tembaga.

LATAR BELAKANG

Beberapa dekade terakhir, pencemaran lingkungan oleh logam berat menjadi pusat perhatian seluruh dunia. Cu atau tembaga adalah jenis logam berat paling sering mencemari sumber air. Tembaga merupakan elemen esensial bagi kehidupan, tetapi pada konsentrasi tinggi dapat menjadi racun bagi manusia dan organisme lainnya. Pencemaran tembaga di air berasal dari beberapa sumber, misalnya limbah domestik, pertanian, dan industri. Dengan demikian, pengembangan metode yang efisien dan efektif untuk menghilangkan tembaga dari air sangat penting.

Cu atau logam tembaga merupakan bahan paling sering dipakai di berbagai industri, seperti arsitektur, mekanik, listrik, dan manufaktur (Wu et al., 2009), selain itu sering kali dipakai juga dalam industri pertambangan, tekstil, pipa, baterai, pupuk, dan elektroplating (Lee et al., 2015). Tembaga dilepaskan dilepaskan dalam wujud ion logam Cu(II) yang mempunyai berbagai konsentrasi. Adapun ion logam Cu(II) berkonsentrasi tinggi terhadap manusia menyebabkan anemia, masalah pencernaan, dan kerusakan ginjal (Andaka, 2008). Dengan demikian, diperlukan pengurangan ion logam Cu(II) pada lingkungan. Pengurangan ion logam Cu II pada lingkungan bisa dilakukan dengan melakukan adsorpsi ion logam Cu(II) dengan adsorben.

Penelitian ini menggunakan silika gel sebagai adsorben untuk menghilangkan ion Cu dari larutan air. Dengan berbagai eksperimen yang dilakukan, kami berharap dapat menentukan kondisi optimal untuk proses adsorpsi ini. Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan model isoterm dan kinetika yang relevan untuk memberikan wawasan lebih dalam tentang mekanisme adsorpsi. Hasil riset ini dapat menjadi acuan atau dasar pengembangan teknologi pengolahan air yang lebih efektif dan ramah lingkungan di masa depan.

Dalam kesimpulannya, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi praktis dan ekonomis dalam mengatasi masalah pencemaran logam berat di air, khususnya tembaga. Silika gel sebagai adsorben menunjukkan potensi yang besar dalam aplikasi ini, dan melalui penelitian ini, kami berharap dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan metode pengolahan air yang lebih baik (Yulianti, 2018). Adapun tujuan dilakukan riset ini, yakni untuk melihat massa optimum silika ketika mengadsorpsi tembaga (Cu).

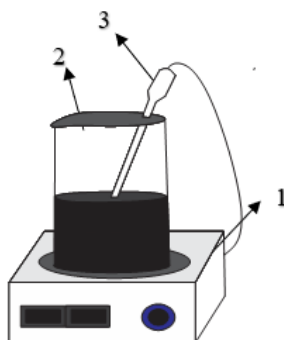
METODE PENELITIAN

Bahan

Adapun bahan yang dipakai pada riset ini mencakup silika gel, dimana bahan tersebut dibuat dari abu ampas tebu Pabrik Gula Candi, Sidoarjo Jawa Timur. Bahan pendukung yang dipakai pada riset berikut mencakup Tembaga (Cu), Hcl (Asam klorida), NaCl (Natrium klorida), dan Aquadest yang dibeli di toko bahan kimia di Surabaya, Jawa Timur

Alat

Adapun alat yang dipakai pada riset ini mencakup oven, neraca analitik, magnetik stirrer, erlenmeyer, ayakan ukuran 100 mesh, beaker glass, kertas saring Whatman, labu ukur, batang pengaduk, pH indicator, corong, Thermocouple, pipet, spektrofotometri serapan atom (SSA), dan Surface Area Analyzer (AAS)



Gambar 1. Rangkaian alat

Ket :

1. Magnetic stirrer
2. Beaker glass
3. Thermocouple

Prosedur

Preparasi abu ampas tebu

Ampas tebu yang berjumlah 1000 gram dipanaskan menggunakan oven dalam suhu 190°C. Proses tersebut dilakukan selama satu jam. Selanjutnya, melakukan kalsinasi menggunakan furnace dalam suhu 700°C, dimana proses ini membutuhkan waktu enam jam. Dengan demikian, dapat memperoleh abu ampas tebu yang dipakai untuk membuat larutan natrium silikat.

Pembuatan Natrium Silikat

Abu ampas tebu di ekstraksi dengan pelarut NaOH sehingga menghasilkan Natrium silikat. Dengan komposisi 50 gram, abu ampas tebu dilarutkan dengan memakai NaOH 2 N 1000 ml selama 90 menit dalam suhu 100°C.

Sintesis Silika Xerogel

Metode sol-gel merupakan metode yang dipakai untuk membuat Silika xerogel. Selanjutnya, setelah melakukan proses ekstraksi, maka natrium silikat ditambahi HCl 2 N 1000 ml, selanjutnya didiamkan sampai membentuk sebuah gel, langkah berikutnya mencuci gel tersebut, kemudian keringkan gel tersebut selama 1x24 jam dalam suhu 80°C. Kemudian, langkah berikutnya adalah melakukan analisis terhadap luas permukaan dengan memakai BET-SAA.

Proses Adsorpsi

Larutan Cu dimasukkan kedalam labu erlenmeyer 100 mL, selanjutnya masukkan silika, dengan massa gel 0,4 g; 0,6 g; 0,8 g; 1 g, dan 1,2 g dan dengan konsentrasi larutan Cu 3

; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ppm lalu diaduk memakai magnetic stirer, dimana kecepatan yang dipakai adalah 100 rpm pada erlenmeyer berbeda, campuran didiamkan selama 40 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Bahan Baku

Adapun bahan baku yang dipakai untuk membuat silika gel, yakni abu ampas tebu. Lebih lanjut, bahan baku tersebut dilakukan analisis dengan memakai analisis XRF dan berikut merupakan hasil analisis XRF:

Kandungan	Komposisi
SiO ₂	70,97%
AlO ₃	0,33%
FeO ₃	0,36%
K ₂ O	4,82%
Na ₂ O	0,43%
MgO	0,82%
C ₅ H ₈ O ₄	22,27%

Tabel 1. Hasil analisa bahan baku

Kandungan silika dari abu ampas tebu yang dihasilkan pada tabel diatas sebesar 70,97%. Hal tersebut ditambahkan oleh (Miratsi, 2021) ampas tebu adalah bahan yang mempunyai kandungan silika cukup tinggi, yakni sebanyak 55,5% - 70% berat abu ampas tebu. Dengan tingginya kandungan silika yang terdapat pada abu ampas tebu, sehingga mempunyai potensi menjadi bahan baku dalam membuat silika xerogel.

Hasil Surface Area Anayzer (AAS) Silika Xerogel Abu Ampas Tebu

Silika xerogel dari abu ampas tebu kemudian di uji menggunakan AAS untuk menentukan luas permukaannya dan diperoleh data sebagai berikut :

Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)
Silika Xerogel	283,802

Tabel 2. Hasil uji AAS Silika Xerogel Abu Ampas Tebu

Berdasarkan hasil uji menggunakan AAS, hasil luas permukaan yang didapat sebesar 283,802 m²/g. Menurut Megasari, 2019 silika xerogel memiliki luas permukaan yang tinggi yaitu 150-900 m²/g dan porositas yang tinggi yaitu 15-50%. Faktor yang mempengaruhi luas permukaan diantaranya yaitu waktu aging. Dimana terjadi penggabungan monomer atau

oligomer pada jaringan gel melalui ikatan siloksan. Proses pencucian juga mempengaruhi kemurnian pada silika.

Hasil Analisa Kadar Larutan Cu

Pembuatan larutan CuSO_4 sebagai larutan uji, dilakukan dengan membuat larutan CuSO_4 3,4,5,6,7 ppm. Merujuk hasil analisis kandungan larutan Cu (ppm) maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Massa Adsorben (g)	Kadar Cu yang tereduksi pada berbagai Konsentrasi (ppm)				
	3	4	5	6	7
0,4	1,53	2,71	3,68	4,55	6,2
0,6	1,05	2,17	3,4	4,28	5,79
0,8	0,73	2,02	3,01	3,85	5,43
1	0,58	1,81	2,28	3,33	5,31
1,2	0,36	1,59	1,8	2,89	4,82

Tabel 3. Pengaruh massa adsorben dan konsentrasi awal terhadap konsentrasi akhir logam berat Cu

Berdasarkan Tabel 3, Setelah dilakukan proses adsorpsi, diketahui terjadi penurunan pada kadar Cu dari larutan sampel CuSO_4 awal menggunakan Silika Xerogel dari abu ampas tebu. Setiap massa adsorben bertambah, maka massa konsentrasi Cu mengalami penurunan. Tetapi saat konsentrasi larutan mencapai nilai 7, maka terjadi penyerapan terkecil. Lebih lanjut, apabila konsentrasi mengalami kenaikan maka kemampuan adsorben menyerap larutan Cu mengalami penurunan.

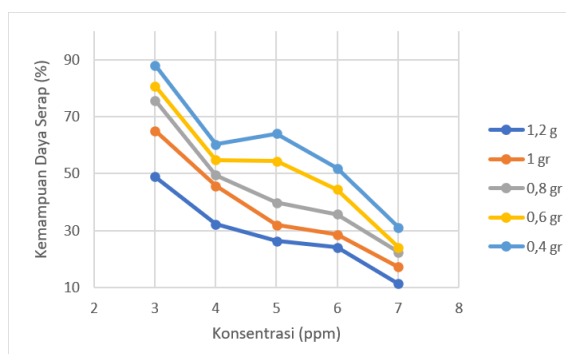
Kemampuan daya serap Silika terhadap Logam Cu

Konsentrasi merupakan faktor yang dapat memengaruhi kemampuan adsorben menyerap Logam Cu. Apabila konsentrasi semakin tinggi, maka presentase daya serap adsorben akan semakin berkurang.

Massa Adsorben (g)	Kadar Cu yang teradsorpsi (%) pada berbagai Konsentrasi (ppm)				
	3	4	5	6	7
0,4	49	32,25	26,4	24,2	11,4
0,6	65	45,75	32	28,7	17,3
0,8	75,67	49,5	39,8	35,8	22,4
1	80,67	54,75	54,4	44,5	24,1
1,2	88	60,25	64	51,8	31,1

Tabel 4. Daya serap silika terhadap Logam Cu

Berdasarkan hasil diatas bahwa massa adsorben mempunyai pengaruh yang krusial terhadap proses adsorpsi. Apabila massa adsorben semakin besar maka presentase logam Cu yang terserap juga semakin besar. Sebaliknya semakin tinggi konsentrasi logam Cu, maka semakin rendah presentase daya serapnya. Presentase terbaik kadar Cu yang terserap berdasarkan data diatas yaitu pada massa 1,2 g dengan konsentrasi 3 ppm yang memiliki efisiensi sebesar 88%. Hubungan antara konsentrasi larutan Cu daya serap logam berat Cu dengan massa adsorben yang beragam bisa dicermati dalam gambar berikut.

**Gambar 2.** Hubungan antara Konsentrasi dengan Daya Serap Logam Berat

Konsentrasi adsorbat merupakan faktor yang dapat memberikan pengaruh pada proses adsorpsi logam. Merujuk kurva yang terdapat dalam gambar.2, maka diketahui semakin bertambah konsentrasi adsorpsi menandakan semakin sedikit Cu yang dapat teradsorpsi oleh silika Massa adsorben juga berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Dimana massa silika setara dengan bertambahnya partikel dalam adsorben, dengan demikian sisi aktif adsorpsi semakin bertambah dan semakin meningkatnya efisiensi penyerapan. Hal tersebut diakibatkan karena proses adsorpsi mula-mula situs aktif pada silika gel, yakni (Si-OH) dan (Si-O-Si) yang menyerap ion logam Cu^{2+} .

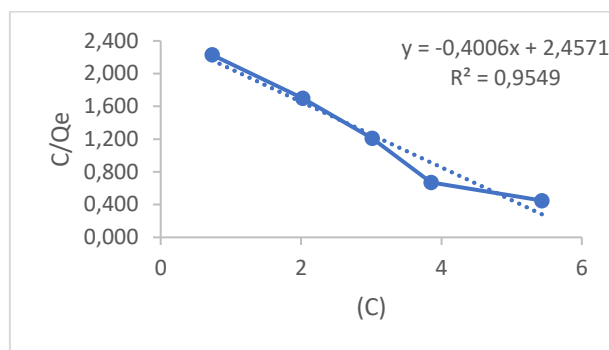
Merujuk pernyataan Nalini dan Nagarajan (2013), maka diketahui kemampuan adsorpsi mengalami peningkatan seiring meningkatnya adsorben, hal tersebut disebabkan karena situs aktif dalam adsorben mengalami peningkatan, sehingga memudahkan situs adsorpsi menyerap ion logam.

Isotherm Adsorpsi

Metode Langmuir

Untuk menentukan persamaan isotherm langmuir yaitu dengan cara massa tembaga sesudah adsorpsi (C), massa tembaga yang teradsorpsi (X), massa adsorben karbon silika (M)

selanjutnya membuat hubungan antara C dengan $\frac{c}{Q_e}$, dengan nilai Q_e merupakan nilai dari $\frac{x}{m}$ seperti yang tercantum pada gambar berikut:



Gambar 3. Grafik Langmuir massa 0,8 gram

Merujuk pernyataan Nalini dan Nagarajan (2013), maka diketahui apabila R^2 mendapatkan hasil $0 < R^2 < 1$, menandakan jenis isothermis dianggap baik. Grafik tersebut bisa dipakai untuk menetapkan K dan (Q_m) yang dapat dicermati dalam tabel 6. Dengan memakai persamaan isotherm adsorpsi langmuir :

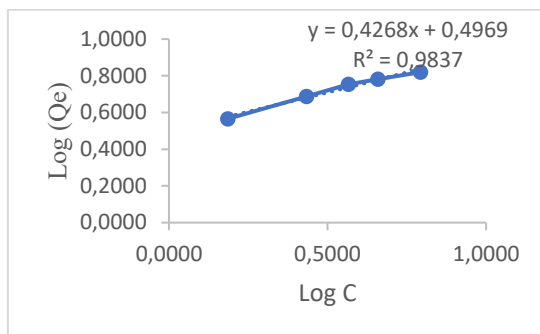
massa (gram)	(1/KQ _m)	(1/ Q _m)	Q _m	K
0,4	0,4572	-0,0737	-13,5685	-0,1612
0,6	1,2487	-0,1658	-6,03136	-0,1778
0,8	2,4571	-0,4006	-2,49626	-0,1830
1	3,189	-0,4772	-2,09556	-0,1883
1,2	8,2046	-1,3444	-0,74383	-0,1938

Tabel 5. Kapasitas isotherm adsorpsi langmuir

Berdasarkan tabel 5, diketahui seiring bertambahnya massa adsorben menandakan semakin naik pula nilai Q_m , hal tersebut menandakan kapasitas adsorpsi monolayer adsorben akan semakin besar jika semakin kecil massa adsorben. Selanjutnya, Aisyahlika dkk (2018) mengungkapkan bahwa hal tersebut terjadi karena berat adsorben yang bertambah akan meningkatkan partikel dan meningkatkan luas permukaan adsorben, dengan demikian semakin bertambahnya permukaan adsorben yang mengikat logam. Selanjutnya, apabila massa adsorben semakin tinggi, maka akan menyebabkan menurunnya kapasitas adsorpsi, hal tersebut terjadi karena terdapat sisi aktif adsorben yang masih belum berikatan dengan adsorbat. Nilai konstanta energi adsorpsi yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan seiring meningkatnya massa adsorpsi, menandakan penurunan pada nilai K , hal tersebut menandakan kapasitas energi adsorpsi semakin kecil apabila massa adsorben semakin besar.

Metode Freundlich

Untuk menentukan persamaan isotherm Freundlich yaitu massa tembaga sesudah adsorpsi (C), massa tembaga yang teradsorpsi (X), dan massa adsorben Silika xerogel (M) selanjutnya membuat hubungan antara log C dengan log Qe, dengan nilai Qe adalah nilai dari $\frac{x}{m}$ seperti yang tercantum pada gambar berikut:



Gambar 4. Grafik Freundlich massa 0,4 gram

Dalam metode isotherm freundlich, maka diperoleh kapasitas adsorpsi terbaik pada massa adsorpsi pada massa 0,4 gram dengan nilai R² sebesar 0,9837. Pada persamaan dari grafik diatas dapat digunakan untuk menetapkan faktor intensitas (n) dan nilai faktor kapasitas adsorpsi (K) yang ditunjukkan pada tabel berikut:

massa (gram)	(Log k)	(1/n)	K	n
0,4	0,497	0,427	3,140	2,343
0,6	0,338	0,356	2,176	2,807
0,8	0,235	0,444	1,718	2,255
1	0,214	0,356	1,636	2,807
1,2	-0,018	0,382	0,959	2,617

Tabel 6. Kapasitas isotherm adsorpsi freundlich

Merujuk tabel tersebut maka didapatkan nilai K dan n, dengan nilai n merupakan intensitas adsorpsi, sementara itu k merupakan kapasitas adsorpsi. Dalam metode isotherm adsorpsi freundlich didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa seiring massa adsorben bertambah, maka nilai k mengalami penurunan, seperti dalam isotherm Langmuir, kapasitas adsorpsi terjadi karena terdapat penggumpalan, dengan demikian hasil adsorpsi tidak mengalami perubahan signifikan. Dalam rangka melihat kekuatan interaksi yang terjalin antara adsorbat dan adsorben, maka bisa melihat nilai 1/n. Apabila nilai 1/n semakin kecil, menandakan interaksi yang terjalin antara adsorbat dengan adsorben semakin kuat (Situmorang, dkk. 2016). Lebih lanjut, nilai R² yang diperoleh memperlihatkan apabila konsentrasi larutan semakin kecil, maka nilai nilai R² akan mendekati angka 1, dengan

demikian metode isotherm adsorpsi freundlich menunjukkan kapasitas adsorpsi terbaik pada massa adsorben sebanyak 0,4 gram, dimana nilai R^2 adalah 0,9837.

Pembahasan Model Adsorpsi

Menurut Arif, 2014 sesudah dilakukan perhitungan dan pengeplotan data setiap isotherm, selanjutnya dipilih persamaan yang mampu menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan konstanta (R^2) terbesar. Merujuk data yang sudah didapatkan dari setiap persamaan, disimpulkan bahwa kesesuaian model adsorpsi bisa diketahui dengan cara melakukan perbandingan pada nilai koefisien setiap grafik. Selanjutnya, Yasim (2016) mengungkapkan koefisien korelasi dilakukan dengan maksud untuk menetapkan kesesuaian dua model isotherm. Lebih lanjut, studi yang diselenggarakan Renaldi (2018) mengungkapkan model Freundlich lebih berhasil menggambarkan adsorpsi dibandingkan dengan model Langmuir, diketahui bahwa nilai R^2 model Freundlich untuk seluruh logam berat Cu lebih mendekati angka 1 atau lebih tinggi jika dibandingkan model Freundlich. Hasil tersebut mendukung riset yang dilakukan peneliti, dimana adsorpsi Tembaga (logam Cu) oleh silika dari ampas tebu cenderung lebih mengikuti model isotherm Freundlich dibandingkan mengikuti isotherm Langmuir, hal tersebut dikarenakan nilai (R^2) kurva model isotherm Freundlich mempunyai nilai lebih baik, yakni sebesar 0,9837 dengan massa adsorben sebanyak 0,4 gram. Lebih lanjut, proses adsorpsi dalam riset ini menggunakan persamaan isotherm Freundlich.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Mampu menyerap logam berat Cu 88 % pada Konsentrasi 3 ppm dengan massa adsorben sebesar 1,2 gram. Pengaruh konsentrasi terhadap proses Adsorpsi adalah semakin bertambahnya konsentrasi maka semakin sedikit Cu yang teradsorb, dan semakin besar massa adsorben semakin banyak Cu yang teradsorb. Model persamaan yang cocok digunakan pada adsorpsi logam berat Cu dengan silika xerogel dari abu ampas tebu yaitu menggunakan Isotherm Freundlich. Persamaan yang diperoleh, yakni $y = 0,4268x + 0,4969$ dan nilai R^2 0,9837.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyahlika, S. Z., M. L. Firdaus Dan R. Elvia. 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(2): 148-155.
- Andaka, G. (2008). Penurunan Kadar Tembaga Pada Imbah Cair Industri Kerajinan Pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak Dengan Presipitasi Menggunakan Natrium Hidroksida
- Astuti, Widi. (2018). Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa (1st Ed.). Unnes Press.
- Brown, H. Douglas & Lee, Heekyeong. (2015). *Teaching By Principle: An Interactive Approach To Language Pedagogy*. New York: Pearson Education, Inc.
- Dada, A.O., Olalekan, A.P., & Olatunya, A.M. (2012). Langmuir, Freundlich, Temkin And Dubinin–Radushkevich Isotherms Studies Of Equilibrium Sorption Of Zn²⁺ Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *Iosr Journal Of Applied Chemistry*, Vol. 3, 40-41
- Ghozali, A. I., W. Sugiyo, Dan L. Latifah. 2012. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Red Menggunakan Katalis A-Fe₂O₃/Fe₃O₄ Core Shell Nanostruktur. *Indonesian Journal Of Chemical Science*. 1(1):79-84.
- Hartati, I., Riwayati, I. Dan Kurniasari, L. 2011. Potensi Xanthate Pulpa Kopi Sebagai Adsorben Pada Pemisahan Ion Timbal Dari Limbah Industri Batik. *Momentum*. 7(2): 25-30.
- Hayati,D,Pardoyo,Azmiyawati,C 2017,'Pengaruh Variasi Jenis Asam Terhadap Karakter Nanosilika Yang Disintesis Dari Abu Sekam Padi',*Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, Vol 20, No 1, Hh. 1-4.
- Liao, S. And Wu, C. (2009) The Relationship Among Knowledge Management, Organisational Learning, And Organisational Performance. *International Journal Of Business And Management*, 4, 64-76
- Nalini, T. And Nagarajan, P. (2013) 'The Removal Of Copper From Aqueous Solution Using Commercially Activated Carbon', *Der Chemica Sinica*, 4(2), Pp. 152–158.
- Pratama, D. Et Al. (2017) *Teknologi Budidaya Cabai Merah*. Badan Penerbit Universitas Riau.
- Ramadhani, F., L. Miratsi, Z.Humaeroh Dan F.Afriani.2021.'Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Pva/Alginat Mengandung Ekstrak Lada Sebagai Pembalut Luka Antibakteri". *Journal Of Physics*.Vol.2(2):54-59.
- Saputra, M. R 2014,'Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Kaca Termodifikasi Asam Stearat', *Jurnal Jkk*, Vol. 3, No. 3, Hh. 36

- Situmorang, R., Ma'ruf., Ari. 2016. Studi Kinetika Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. Universitas Mulawarman: Prosiding Seminar Nasional Industri Kmia Dan Sumber Daya Alam, Isbn 978-602-70195-1-5
- Syauqiah, I., Amalia, M., Kartini, H.A. 2011. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. Jurnal Info Teknik. Vol 12:1, Halaman 11-20. 2011
- Widowati, W., Sastiono, A., Jusuf, R. 2008. Efek Toksik Logam. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Yasim, N.S.E.M., Zitty S.I., Suhanom, M.Z., M. Fahmi A.A. 2016. "Adsorption Of Cu, As, Pb, And, Zn By Banana Trunk". University Teknologi Mara, Malaysia
- Yusuf, M, Dkk 2014. "Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintesis Dari Abu Ampas Tebu Dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida", *Jurnal Istek*, Vol. 7, No. 1
- Zulichatun,Siti, Dkk 2015. "Analisa Luas Permukan Dengan Surface Area Analyzer", Universitas Negeri Semarang