

ADSORPSI Pb^{2+} (TIMBAL) MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI CANGKANG KERNEL KELAPA SAWIT PADA SINGLE BED COLUMN DAN DOUBLE BED COLUMN

Novi Sylvia¹, Anisma Fahmi², Meriatna³, Rozanna Dewi⁴, dan Wusnah⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh

Kampus Unimal Bukit Indah Lhokseumawe, Indonesia

¹nxsylvania@gmail.com

Abstrak— Peningkatan jumlah industri akan selalu diikuti oleh penambahan jumlah limbah. Limbah yang mengandung logam timbal Pb^{2+} merupakan salah satu limbah industri yang berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu keberadaan timbal (Pb^{2+}) dalam lingkungan seperti dalam air, harus dihilangkan. Salah satu metode yang digunakan untuk menyerap logam timbal (Pb^{2+}) secara adsorpsi. Adsorben yang digunakan berupa karbon aktif yang berasal dari cangkang kernel kelapa sawit yang diaktifasi secara kimia. Karbon aktif dimasukkan pada kolom adsorpsi dengan ukuran 50 mesh, lalu dialirkan limbah artifisial dengan konsentrasi timbal (Pb^{2+}) 20 ppm yang dijalankan pada single bed column dan double bed column. Variable proses pada penelitian ini yaitu tinggi unggun adsorben, laju alir, jumlah kolom dan waktu kontak terhadap kadar penyerapan. Limbah Pb dialirkan dengan laju alir 6 L/menit, 10 L/menit dan 14 L/menit ke dalam single bed column dan double bed column, dengan tinggi unggun adsorben 3 cm, 6 cm dan 9 cm dengan waktu kontak selama 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 16 jam. Mekanisme penyerapan timbal ditinjau melalui pendekatan isoterms Langmuir dan Freundlich. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar penyisihan logam maksimum diperoleh 98,42% pada waktu 16 jam pada laju alir 6 L/menit dengan tinggi unggun 9 cm pada double bed column. Mekanisme penyerapan yang terjadi mengacu kepada isothermal Langmuir.

Kata kunci— adsorpsi, single bed column, double bed column, dan karbon aktif.

Abstract— An increasing number of industries will always be followed by an increase in the amount of waste. Waste containing lead metal Pb^{2+} is one of industrial waste that is harmful to the environment. Therefore the presence of lead (Pb^{2+}) in an environment as in water, must be eliminated. One method used to absorb lead metal (Pb^{2+}) by adsorption. The adsorbent used is activated carbon derived from coconut oil activated kernel shell. Activated carbons were placed on a 50 mesh adsorption column, then artificially borne waste with lead concentration (Pb^{2+}) of 20 ppm run on single bed column and double bed column. Variable process in this research is high adsorbent bed, flow rate, number of columns and contact time to absorption level. Pb wastewater flows at 6 L / min, 10 L / min and 14 L / min into single bed column and double bed column, with adsorbent bed height 3 cm, 6 cm and 9 cm with contact time for 4 hours, 8 hour, 12 hours and 16 hours. The absorption mechanism of lead is reviewed through the Langmuir and Freundlich isotherm approaches. The results show that the maximum metal removal rate is 98.42% at 16 hours at a flow rate of 6 L / min with a bed height of 9 cm in double bed column. The absorption mechanism that occurs refers to Langmuir's isotherm.

Keywords - adsorption, single bed column, double bed column, and activated carbon.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah industri akan selalu diikuti oleh penambahan jumlah limbah, baik berupa limbah padat, cair maupun gas. Masalah utama yang ditimbulkan dari perkembangan industri saat ini masalah pencemaran lingkungan oleh limbah industri. Salah satu limbah industri yang berbahaya adalah logam berat. Logam berat banyak digunakan pada berbagai industri seperti industri kimia, semen, peleburan logam, pertambangan, baterai, cat dan industri lainnya. Masuknya limbah ini ke lingkungan telah menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Timbal merupakan salah satu logam berat yang terjadi secara alami yang tersedia dalam bentuk biji logam, dan juga dalam percikan gunung berapi, dan bisa juga diperoleh dari alam. Penggunaan Pb terbesar dalam industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Logam timbal dapat menyebabkan keracunan. Keracunan biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut dalam asam atau inhalasi uap timbal. Maka dari itu, perlu penanganan khusus untuk mengurangi limbah timbal yang terdapat di lingkungan. Salah satu penanganan [1].

Salah satu penanganan limbah timbal yang sangat ekonomis adalah secara adsorpsi. Pada proses adsorpsi ini

digunakan karbon aktif yang berasal dari cangkang kernel kelapa sawit yang merupakan biomassa dari pabrik sawit.

Pada penelitian yang sebelumnya telah banyak dilakukan secara batch namun memiliki kelemahan tidak bisa dilakukan pada limbah yang mengandung ion logam berat yang diproses secara kontinyu. Sejauh ini penelitian adsorpsi ion logam berat dengan sistem batch menggunakan biomassa telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan Maulidha [2], Julhim [3], Hasri [4], dan Wardalia [5].

Untuk itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji efektifitas cangkang kernel kelapa sawit sebagai adsorben pada penyerapan logam timbal secara kontinyu dengan menggunakan *single bed column* dan *double bed column*, menguji pengaruh tinggi unggun adsorben, laju alir, dan waktu kontak terhadap persentase penyerapan. mekanisme penyerapan ditinjau melalui pendekatan isoterms adsorpsi Langmuir dan isoterms adsorpsi Freundlich.

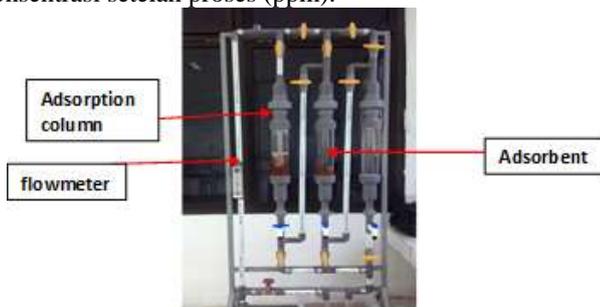
II. METODOLOGI PENELITIAN

Proses pembuatan karbon aktif dari Cangkang kernel sawit dengan proses karbonisasi pada suhu $400^{\circ}C$ selama waktu 3 jam kemudian direndam dalam larutan $ZnCl_2$ selama 24 jam, kemudian disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu $115^{\circ}C$ selama 2 jam, untuk menghilangkan kadar air yang terserap pada karbon aktif selama perendaman. Karbon aktif yang siap digunakan dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi

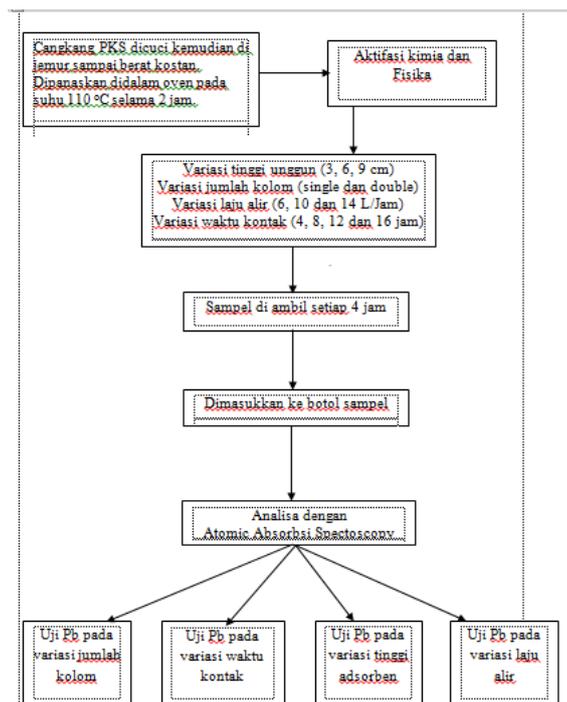
seperti yang ditunjukkan Gambar 1 dengan variasi tinggi unggun (3, 6, dan 9 cm). Limbah artifisial Pb²⁺ dibuat dari larutan PbNO₃ sebesar 20 ppm dialirkan pada variasi laju alir (6, 10, dan 14 L/menit) dengan berbagai waktu kontak (4, 8, 12 dan 16 jam) yang dijalankan pada *single bed column* dan *double bed column*. Perhitungan kadar penyerapan dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

$$kadarpenyerapan(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana C₀ adalah konsentrasi mula-mula (ppm), C_e adalah konsentrasi setelah proses (ppm).



Gambar 1. Alat Adsorpsi.



Gambar 2. Alur Penelitian

Analisa kandungan timbal dilakukan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) AA Shimadzu 7000.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Karbon Aktif

Penetapan kadar air bertujuan mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Tabel diatas menunjukkan bahwa kadar air arang aktif cangkang sawit telah memenuhi persyaratan SNI (2000), yaitu 10%. Dari tabel 1 dapat dilihat

kadar air pada aktivasi kimia, sebelum diaktivasi bernilai dibawah 10%.

Kadar air yang terkandung didalam arang aktif dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara serta lamanya proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan. Proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan arang aktif yang semakin lama dapat meningkatkan kadar air arang aktif. Kadar air yang tinggi dapat mengurangi daya adsorpsi karbon aktif.

TABEL 1
HASIL ANALISA KADAR AIR, KADAR ABU DAN ZAT TERBANG PADA KARBON AKTIF

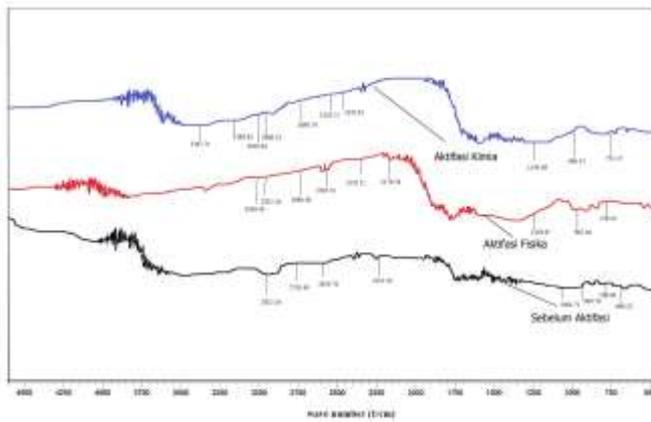
| Parameter | Aktivasi Kimia (%) | Sebelum Aktivasi (%) | Metode Uji |
|-------------|--------------------|----------------------|------------|
| Kadar Air | 5.89 | 7.64 | Gravimetri |
| Kadar Abu | 2.05 | 1.79 | Gravimetri |
| Zat Terbang | 28.02 | 75.39 | Gravimetri |

Selain kadar air, kadar abu juga sangat mempengaruhi kualitas arang aktif. Kadar abu menunjukkan kandungan oksida logam dalam arang aktif. Abu merupakan komponen organik yang tertinggal setelah proses karbonisasi dan terdiri dari kalium, natrium, magnesium, kalsium dan komponen lain dalam jumlah kecil. Kadar abu yang besar dapat mengurangi kemampuan arang aktif untuk mengadsorpsi gas atau larutan. Kandungan mineral yang terdapat dalam abu akan menyebar kedalam kisi-kisi arang aktif sehingga menutupi pori-porinya

Dari tabel 1 dapat kita lihat juga bahwa kadar abu dalam karbon aktif cangkang kelapa sawit pada aktivasi kimia yaitu 2.05%, dan pada saat belum diaktivasi yaitu 1.79%. Kadar abu pada aktivasi kimia dan sebelum diaktivasi telah sesuai dengan SNI (2000) yaitu sama dengan atau lebih kecil dari 2.5%. Penetapan kadar air bertujuan mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Kadar air yang terkandung didalam arang aktif dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara serta lamanya proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan. Kadar air yang tinggi pada karbon aktif dapat mengurangi daya adsorpsi [7]. Pengukuran kadar abu pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan mineral. Makin tinggi kandungan mineral, maka makin tinggi kadar abu. Selain itu, abu dapat mengganggu proses adsorpsi karena kandungan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga menurunkan kemampuan adsorpsi [6].

Zat mudah menguap adalah zat selain air, yaitu senyawa non karbon dan abu yang terdapat di dalam karbon aktif. Tingginya zat mudah menguap disebabkan karena tidak sepenuhnya penguraian senyawa non karbon seperti CO₂, CO dan H₂. Zat mudah menguap yang tinggi pada karbon aktif dapat mengurangi kemampuan adsorpsi.

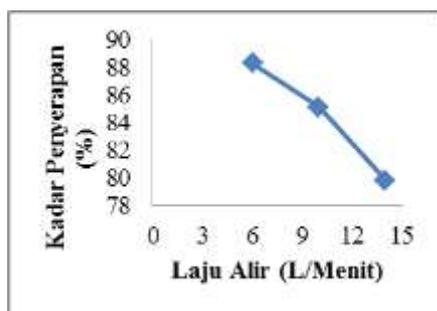
Gugus fungsi karbon aktif cangkang kernel kelapa sawit dianalisis menggunakan FTIR. Analisis gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang terjadi pada karbon aktif, sebelum diaktivasi, sesudah aktivasi kimia dan aktivasi fisika yang ditunjukkan gambar 3. Arang aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, dan C=C. Adanya ikatan O-H dan C-O menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar. Dengan demikian arang aktif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben.



Gambar 3. Hasil Analisa FTIR Karbon Aktif Cangkang kernel sawit sebelum diaktivasi, sesudah aktivasi kimia dan aktivasi fisika.

B. Pengaruh Laju Alir Terhadap Kadar Penyerapan

Laju alir adalah banyaknya zat yang mengalir dengan kecepatan tertentu per satuan waktu. Variasi laju alir yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 6 L/menit, 10 L/menit dan 14 L/menit. Hubungan antara laju alir liquid terhadap persentase timbal yang terserap dengan karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.



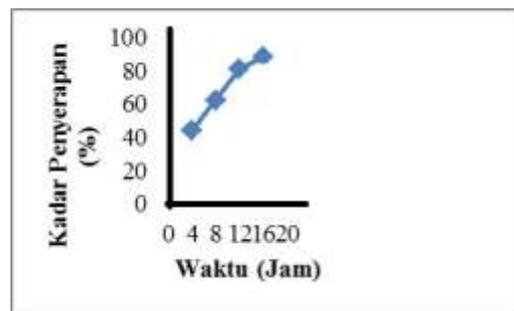
Gambar 2. Grafik hubungan antara laju alir dengan kadar penyerapan pada tinggi unggun 3 cm, waktu kontak 4 jam, *single bed column*

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada adsorpsi timbal dengan karbon aktif kenaikan laju air liquid menurunkan jumlah timbal yang terserap pada tinggi unggun yang sama. Hal ini dapat dilihat dari % timbal yang terserap. Pada laju alir 14 L/menit memberikan rata-rata persentase timbal yang terserap cukup rendah. Hal ini dikarenakan pada kecepatan aliran yang tinggi meminimalisasi waktu tinggal liquid di dalam kolom sehingga mempersulit proses penyerapan timbal didalam permukaan partikel adsorben. Hasil tertinggi persen penyerapan dicapai pada laju alir 6 L/menit yaitu sebesar 88,2755%, sedangkan penyerapan terendah pada laju alir 14 L/menit yaitu sebesar 79,8295%.

C. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kadar Penyerapan

Waktu kontak dan tumbukan merupakan faktor penting dalam adsorpsi. Menurut teori tumbukan, kecepatan reaksi bergantung pada jumlah tumbukan persatuan waktu. Makin banyak tumbukan yang terjadi maka reaksi makin cepat berlangsung sampai mencapai kesetimbangan. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi *berbeda-beda*. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi

antara adsorben dan adsorbat [6]. Pengaruh waktu kontak adsorben terhadap kadar penyerapan logam Pb menggunakan karbon aktif dapat dilihat pada gambar 3.

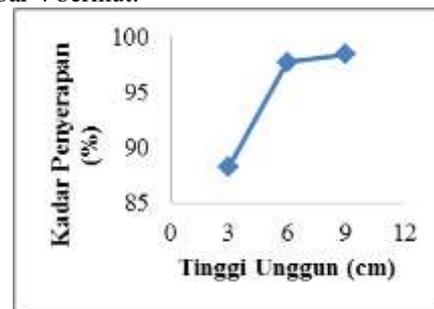


Gambar 3 Hubungan antara waktu kontak pada *single bed column* terhadap kadar penyerapan dengan laju alir 6 L/menit

Dari hasil semua run penelitian diperoleh kadar penyerapan tertinggi pada waktu kontak 16 jam yaitu sebesar 98,4% pada dan kadar terendah pada waktu kontak 4 jam sebesar 40 %

D. Pengaruh Tinggi Unggun Terhadap Kadar Penyerapan

Pengaruh tinggi unggun adsorben terhadap kadar penyerapan logam Pb menggunakan karbon aktif dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hubungan antara tinggi unggun terhadap kadar penyerapan pada laju alir 6 L/menit, waktu 16 jam pada *single bed column*.

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada adsorpsi limbah Pb menggunakan karbon aktif, untuk tinggi unggun adsorben 3, 6, dan 9 cm, semakin tinggi unggun adsorben didalam kolom meningkatkan jumlah Pb yang terserap. Kondisi optimal yaitu pada tinggi unggun 75% dari tinggi kolom. Dalam penelitian ini tinggi unggun yang digunakan dibawah tinggi unggun optimal. Tinggi unggun yang tinggi menyebabkan jumlah adsorben menjadi semakin banyak dan berat sehingga pada saat fluida melewatinya menyebabkan kontak antara limbah dan adsorben semakin banyak pula sehingga jumlah Pb yang terserap juga semakin besar.

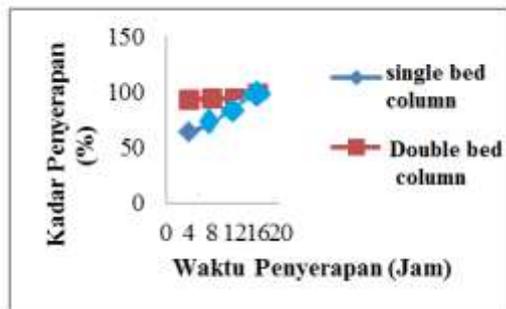
D. Pengaruh Jumlah Kolom Terhadap Kadar Penyerapan

Penelitian ini dilakukan pada dua jumlah kolom yang berbeda yaitu *single bed column* dan *double bed column*. Pengaruh jumlah kolom terhadap kadar penyerapan dapat dilihat pada gambar 5. Pada *single bed column*, tinggi unggun 9 cm diperoleh kadar penyerapan pada waktu terbaik yaitu sebesar 88,2755%. Sedangkan pada *double bed column*, dengan tinggi unggun 9 cm yaitu sebesar 98,42%.

Berdasarkan hasil diatas dapat disimpulkan bahwa kadar penyerapan pada *double bed column* lebih baik dari pada *single bed column*, hal ini dikarena pada *double bed column* tinggi unggun terbagi dua. Sehingga adsorben akan

terfluidisasi dengan baik dan membuat kontak dengan liquid menjadi lebih bagus. Sementara pada *single bed column* tumpukan adsorben menjadi lebih banyak, sehingga memungkinkan terjadi channelling yaitu liquid hanya melewati bagian-bagian tertentu saja pada adsorben dan menyebabkan menurunnya kadar penyerapan.

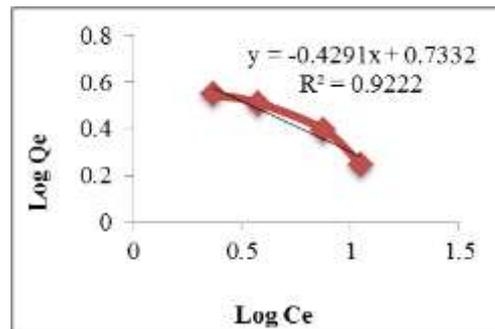
proses sorpsi pada permukaan yang heterogen atau permukaan dengan afinitas yang berbeda [6].



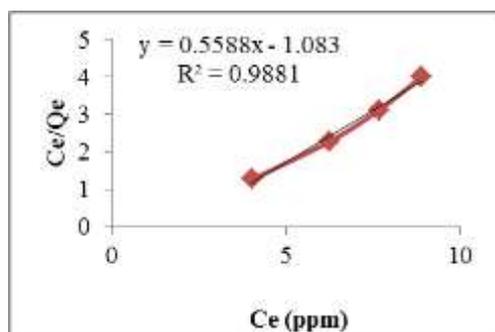
Gambar 5 Grafik hubungan antara jumlah kolom dengan kadar penyerapan pada tinggi unggun 9 cm *single* dan *double bed column* dan laju alir 6 L/menit.

F. Isothermal Adsorpsi

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada proses penyerapan ion logam Pb oleh oleh karbon aktif cangkang kernel kelapa sawit. Dari hasil penelitian, diperoleh data-data yang dapat diuji dengan melakukan pendekatan dengan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Penentuan isoterm adsorpsi bertujuan untuk melihat mekanisme penyerapan dari adsorben pada proses adsorpsi. Dari persamaan isotermal adsorpsi tersebut dapat dilihat karakteristik isoterm berupa kapasitas dan mekanisme proses adsorpsi [7].



Gambar 7. Isoterm Freundlich



Gambar 6. Isoterm Langmuir

Pada penelitian ini kesesuaian ikatan Pb dengan adsorben tersebut mengikuti model Langmuir mengindikasikan proses sorpsi berlangsung secara monolayer. Jadi, pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi R paling mendekati angka 1. Berdasarkan grafik, linieritas isoterm adsorpsi tipe Langmuir lebih tinggi dibandingkan isoterm Freundlich ditinjau dari Gambar 6 dan 7.

Isoterm Freundlich merupakan salah satu dari dua isoterm yang banyak digunakan dan diterima dari beberapa referensi dalam mengkuantifikasi kesetimbangan pada sistem adsorpsi. Isoterm Freundlich merupakan persamaan empirik, namun saat ini banyak digunakan untuk menginterpretasikan

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar penyisihan logam timbal maksimum diperoleh 98,42% pada waktu 16 jam pada laju alir 6 L/menit dengan tinggi unggun 9 cm pada *double bed column*. Mekanisme penyerapan yang terjadi mengacu kepada isothermal Langmuir.

REFERENSI

- [1] Ferraz, A.I., T. Tavares and J.A Teixeira, "Cr(III) Removal and Recovery from *Saccharomyces cerevisiae*," *Chemical Engineering Journal*, vol.105, pp. 11-20, 2004.
- [2] Wardalia, "Karakterisasi Pembuatan Adsorben Dari Sekam Padi Sebagai Pengadsorpsi Logam Timbal Pada Limbah Cair," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 6(2), pp. 83-88, 2016.
- [3] Julhim S. Tangio., "Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*)," *Jurnal Entropi*, vol.8(1), pp. 500-506, 2013.
- [4] Hasri, "Studi Adsorpsi Logam Pb(II) Menggunakan Adsorben biomassa *Aspergillus niger* Hasil Pemerangkapan," *Jurnal Sainsmat*, vol. 4(2), pp. 126-135, 2015.
- [5] Maulidha Kurnia Dini., Fida Rachmadiarti., Sunu Kuntjoro., "Potensi Jerami Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Industri Batik Sidokare Sidoarjo," *Jurnal LenteraBio*, vol. 5(3) 2016, pp.111-116, 2016.
- [6] Masitoh F.Y. dan Sianita B.M.M., "Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao L.*) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II) dalam Pelarut Air," *Unesa Journal of Chemistry*, vol. 2(2), pp. 23-27, 2013.
- [7] Yusuf A.M. & Tjahjani S., "Adsorpsi Ion Cr (IV) oleh Arang Aktif Sekam Padi," *Unesa Journal of Chemistry*, vol. 2(1), pp. 84-88, 2013.