

ISSN : 1978-0419

Vol. 5, No. 1

September 2010

JURNAL

# TEKNIK KIMIA

**ADSORPSI DETERGEN DALAM AIR MENGGUNAKAN ADSORBEN  
KARBON AKTIF PADA KOLOM FLUIDISASI BED**

Kartika Udyani

**BAFFLE V DAN TEGAK PADA SIEVE PLATE DISTILASI  
TERHADAP PENCAMPURAN FLUIDA SISTEM UDARA - AIR**

Retno Dewati

**BIODISEL DARI BIJI ALPUKAT DENGAN PROSES  
TRANSESTERIFIKASI**

Sri Risnoyatiningsih

**KONSENTRASI BIOMASSA LIMBAH MSG PADA BIOREAKTOR  
MEMBRAN TERENDAM**

Yustia Wulandari M\*, Agung Rasmito, Jenny Caroline

**KESETIMBANGAN UAP-CAIR (VLE) ETHANOL-AIR DARI HASIL  
FERMENTASI RUMPUT GAJAH**

Ni Ketut Sari

**PENGURANGAN KONSENTRASI ION Pb DALAM LIMBAH AIR  
ELEKTROPLATING DENGAN PROSES BIOSORPSI DAN  
PENGADUKAN**

Erwan Adi S., Nana Dyah S.

**PEMURNIAN OLI BEKAS DENGAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI**

Sri Redjeki

Alamat Redaksi :

Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Industri

UPN "Veteran" Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya - Gunung Anyar

Surabaya 60295

Tlp. (031) 8782179



**JURNAL  
TEKNIK KIMIA**

ISSN : 1978-041X

**VOL. 5, No.1, SEPTEMBER 2010**

---

**Penanggung Jawab**

Ketua Jurusan Teknik Kimia  
Ir. Retno Dewati MT

**Pimpinan Redaksi**

Prof. Dr.Ir. Sri Redjeki, MT

**Anggota Redaksi**

Prof. Dr. Ir. Soemargono SU  
Dr. Ir. Edi Muljadi, SU  
Ir. Srie Muljani, MT  
Ir. C. Pujiastuti, MT

**Kesekretariatan**

Ir. Nur Hapsari , MT  
Erwan Adi Saputro, ST

---

**Alamat Redaksi**

Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Industri  
UPN "Veteran" Jawa Timur  
Jl. Raya Rungkut Madya - Gunung Anyar  
Surabaya 60295  
Telp. (031) 8782179

**Homepage**

[www.upnjatim.ac.id](http://www.upnjatim.ac.id)

**E-mail**

[tk\\_upn\\_jatim@yahoo.com](mailto:tk_upn_jatim@yahoo.com)  
[jur\\_tekim@upnjatim.ac.id](mailto:jur_tekim@upnjatim.ac.id)

**Penerbit**

Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Industri  
UPN "Veteran" Jawa Timur

Jurnal  
**TEKNIK KIMIA**

---

DAFTAR ISI

	Halaman
1. ADSORPSI DETERGEN DALAM AIR MENGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF PADA KOLOM FLUIDISASI BED <b>Kartika Udyani</b>	326 – 335
2. BAFFLE V DAN TEGAK PADA SIEVE PLATE DISTILASI TERHADAP PENCAMPURAN FLUIDA SISTEM UDARA - AIR <b>Retno Dewati</b>	336 – 344
3. BIODISEL DARI BIJI ALPUKAT DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI <b>Sri Risnoyatiningsih</b>	345 – 351
4. KONSENTRASI BIOMASSA LIMBAH MSG PADA BIOREAKTOR MEMBRAN TERENDAM <b>Yustia Wulandari M*, Agung Rasmito, Jenny Caroline</b>	352 – 362
5. KESETIMBANGAN UAP-CAIR (VLE) ETHANOL-AIR DARI HASIL FERMENTASI RUMPUT GAJAH <b>Ni Ketut Sari</b>	363 – 372
6. PENGURANGAN KONSENTRASI ION Pb DALAM LIMBAH AIR ELEKTROPLATING DENGAN PROSES BIOSORPSI DAN PENGADUKAN <b>Erwan Adi S., Nana Dyah S.</b>	373– 379
7. PEMURNIAN OLI BEKAS DENGAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI <b>Sri Redjeki</b>	380 – 388

## ADSORPSI DETERGEN DALAM AIR MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF PADA KOLOM FLUIDISASI BED

### ADSORPTION OF DETERGENT IN WATER USING ACTIVATED CARBON ADSORBENT IN THE FLUIDIZED BED COLUMN

**Kartika Udyani**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri ITATS Surabaya  
 Jl. Arief Rahman Hakim 100 Surabaya  
 Email: dyqa90@yahoo.com

#### ABSTRACT

*This research aims to study the effect of liquid flow rate and bed height on mass transfer coefficient in the adsorption of detergent in water using activated carbon adsorbent in the fluidized bed column. The experiment was preceded by an orifice meter calibration and manufacture of detergent solution in water at various concentrations. Detergent solution was then fed into the tank influen on fluidized bed column and flowed into the column at various flow rates and hight of bed. Effluent from each variation of measured concentrations and calculated % detergent absorbed and mass transfer coefficient.*

*The results showed that increasing the flow rate increases the amount of detergent liquid is absorbed and the mass transfer coefficient. For high-bed 10, 20 and 30 cm, the higher the bed the higher the amount of detergent to be absorbed and the mass transfer coefficient. % Detergent which absorbed the highest achieved at influent concentrations of MBAS concentration of 0.054 mg / l, and 30 cm bed height that is equal to 25.9%. The the highest mass transfer coefficient is 9,457.10-6cm / dt<sup>2</sup> on influent concentration MBAS concentration of 0.054 mg / l and 30 cm bed height.*

*Key word: detergent, activated carbon, % detergent adsorbed, fluidization, mass transfer coefficient*

#### PENDAHULUAN

Deterjen merupakan salah satu zat pembersih seperti halnya sabun dan air yang memiliki sifat dapat menurunkan tegangan permukaan sehingga digunakan sebagai bahan pembersih kotoran yang menempel pada benda, tidak mengendap bersama ion logam dalam air sadah dan memiliki toksisitas yang cukup tinggi. Seiring dengan laju partum-buhan penduduk, penggunaan deterjen sebagai pembersih peralatan industri dan rumah tangga pun semakin meningkat. Ketika limbah hasil cucian yang mengandung deterjen langsung dibuang ke badan air, maka muncul buih yang dapat mengganggu mutu air, mengganggu ekosistem yang ada dalam badan air, serta menimbulkan kerusakan air tanah. Peraturan Menteri Kesehatan RI No: 416 / MENKES / 1990 tanggal 9 september 1990 tentang persyaratan kualitas air minum di Indonesia menetapkan bahwa konsentrasi deter-

jen maksimum yang diperbolehkan pada air minum tidak boleh melebihi 0,05 mg/lit sebagai senyawa aktif biru metilen ( MBAS ). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menurunkan kadar deterjen dalam air. Metoda yang digunakan pada penelitian ini adalah adsorpsi dalam kolom unggun fluidisasi solid-liqu-id, dengan karbon aktif sebagai bahan partikel padat terfluidisasi.

Fluidisasi dua fase solid-liquid mempunyai beberapa keunggulan dimana partikel padat tertahan dalam keadaan tersuspensi oleh aliran liquid keatas dan partikel solid mengalami perlakuan secara kon-tinyu sehingga driving force rata-rata perpindahan massanya tinggi karena alirannya mendekati plug flow. Dalam sistem ini, perilaku disperse partikel memainkan peranan penting dimana secara keseluruhan menggambarkan interaksi antara fase solid fase liquid.

Perilaku hidrodinamika ini sangat menentukan kinerja kolom unggun fluidisasi.

Data-data kondisi operasi penyerapan deterjen dalam kolom unggun fluidisasi dan jenis penyerap yang sesuai belum tersedia. Karena itu penelitian ini layak dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir liquida dan tinggi bed terhadap % deterjen yang terserap dan koefisien perpindahan massa pada penyerapan deterjen menggunakan adsorben karbon aktif dalam kolom unggun fluidisasi.

Deterjen merupakan pembersih yang terbuat dari bahan turunan minyak bumi. Sifat deterjen yang terpenting adalah kemampuannya untuk mem-bersihkan zat pengotor yang ada pada permukaan material akibat adanya proses fisika – kimiawi dari unsur – unsur penyusun deterjen terhadap zat – zat pengotor tersebut. Secara garis besar proses pem-bersihan oleh deterjen dimulai dari proses pemba-sahan permukaan dan pengikatan zat – zat pengotor oleh bahan deterjen kemudian pelepasan zat pengotor bersama unsur deterjen tersebut dari material.

Pada umumnya deterjen mengandung bahan bahan antara lain: surfaktan, bahan pembentuk, bahan pengisi dan bahan tambahan. Surfaktan merupakan zat aktif permukaan yang berfungsi me-nurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Karakteristik utama surfaktan adalah memiliki gugus polar dan non polar pada molekul yang sama. Gugus non polar terdapat pada gugus alkyl yang merupakan rantai panjang hidrokarbon bersifat menolak air (hidrofobik), larut dalam minyak dan lemak serta merupakan bagian dari surfaktants yang mempunyai fungsi untuk mengikat zat pengotor (dirt) dalam proses pembersihan. Gugus polar bersifat hidrofiliknya merupakan bagian yang berfungsi sebagai bahan pembasah. Secara garis besar, terdapat empat kategori surfaktan yaitu anionik, kationik, non ionik, dan amphoterik. Bahan yang digunakan sebagai surfaktan anionik antara lain Alkyl Benzene Sulfonate (ABS), Linier Alkyl Benzene Sulfonate (LAS), dan Alpha Olein Sulfonate (AOS). Surfaktan kationik biasanya terbuat dari garam Ammonium. Surfaktan non ionik biasanya menggunakan Nonyl Phenol Polyethoxyle. Sedangkan surfaktan amphoterik menggunakan bahan Acyl Ethylene-dimines (Ullmann, 2007).

Bahan pembentuk (builder) dalam deterjen berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pencuci surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air. Bahan-bahan yang di-

gunakan sebagai bahan pembentuk antara lain adalah Sodium Tri Poly Phosphate (STPP), Nitril Tri Ace-tate (NTA), Ethylene Diamine Tetra Acetate, zeolit dan Asam Sitrat. Bahan pengisi merupakan bahan tambahan deterjen yang hanya berfungsi menambah kuantitas tanpa meningkatkan daya cucinya. Sedangkan bahan tambahan dalam deterjen berfungsi untuk membuat produk lebih menarik dan tidak berhubungan dengan daya cuci deterjen. Bahan pengisi yang ditambahkan dalam deterjen antara lain pewangi, pelarut, dan pemutih (Ullmann, 2007).

Berdasarkan surfaktan yang digunakan, terdapat dua jenis deterjen yaitu deterjen keras dan deterjen lunak. Deterjen jenis keras sulit dirusak oleh mikroorganisme, sehingga meskipun dibuang zat tersebut masih aktif. Jenis ini menyebabkan pencemaran air. Deterjen jenis keras menggunakan surfaktan Alkyl Benzene Sulfonate (ABS). Banyaknya percabangan pada struktur ABS me-nyebabkan deterjen jenis ini sulit dirusak mikroorganisme. Sedangkan deterjen jenis lunak merupakan deterjen yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Surfaktan yang digunakan pada deterjen jenis ini adalah Linier Alkyl Benzene Sul-fonate (LAS). Deterjen LAS mempunyai kemampuan berbusa 10-30% bahan organik aktif. Busa LAS dapat hilang secara berangsur- angsur sehingga tidak mengganggu lingkungan. Tetapi apabila keberadaan LAS melebihi kapasitas penguraian alami mikroorganisme akan tetap mencemari lingkungan dan menyebabkan kerusakan komponen ekosistem (Sudiana, 2004).

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam usaha untuk menurunkan kadar deterjen dalam air. Ward dkk, (1988) telah melakukan degradasi LAS dalam air menggunakan lumpur dari pertanian. Yazici dkk, (1999) telah menurunkan kandungan LAS dalam air 40-50% dengan menggunakan elek-trooksidasi dengan elektroda Pt. Menurut Chazanah (2002) biodegradasi LAS dalam deterjen dapat dilakukan dengan menggunakan kultur campuran bakteri *Bacillus laterosporus* dan *Pseudomonas aeroginsa* dengan efisiensi pengurangan LAS 84,3-97,7%, serta campuran bakteri yang berasal dari air buangan dengan efisiensi 71,9-98,2%. Komunitas kumpulan mikroba dalam lumpur aktif dapat juga digunakan untuk mendegradasi LAS dan ABS dalam air (Sudiana, 2004). Savitri (2007) melakukan usaha penurunan kandungan deterjen dalam air dengan menggunakan arang aktif dan *Sagittaria Montevicensis* dalam lahan basah buatan. Schouten dkk, telah melakukan peneli-



Adanya gaya tarik menarik molekul-molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan. Adsorpsi berkaitan dengan proses akumulasi atau pemusatan substansi adsorbat pada permukaan adsorben. Hal ini dapat terjadi melalui antarmuka dua fasa, misal fasa cair dengan cair, fasa gas dengan cair, fasa gas dengan padat atau fasa cair dengan padat. Molekul yang terjerap akan berada dibawah pengaruh medan listrik pada permukaan adsorben, sehingga molekul akan kehilangan kekuatan bergerak bebas. Proses ini digambarkan dengan meningkatnya suhu bila adsorbat berinteraksi dengan adsorben.

Gaya tarik menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu gaya fisika yang menghasilkan adsorpsi fisika dan gaya kimia yang menghasilkan adsorpsi kimia.

1. Adsorpsi fisika : melibatkan gaya antar molekul (gaya Van Der Waals atau ikatan hydrogen). Adsorpsi fisik biasanya berlangsung pada temperatur rendah, jumlah zat yang terjerap semakin kecil dengan naiknya temperatur. Entalpi proses ini tidak mencukupi untuk terjadinya penutupan ikatan, sehingga spesies yang teradsorpsi secara fisika umumnya tetap utuh. Adsorpsi fisika menghasilkan ikatan yang lemah pada permukaan adsorben dan bersifat reversible, sehingga substansi yang sudah terikat tersebut relative mudah dilepaskan kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Akibat lemahnya ikatan yang terbentuk, proses desorpsi dimungkinkan terjadi pada temperatur yang sama.

2. Adsorpsi kimia berlangsung dengan melibatkan ikatan koordinasi dari hasil penggunaan pasangan elektron secara bersama-sama oleh adsorben dan adsorbat. Pada adsorpsi jenis ini dihasilkan panas yang tinggi, yaitu mendekati harga untuk terjadinya ikatan kimia. Besarnya energi yang terlibat menyebabkan adsorbat sangat sukar dilepaskan kembali, dan banyaknya substansi yang teradsorpsi merupakan fungsi dari tekanan, konsentrasi serta temperatur.

Perilaku adsorpsi dari larutan pada permukaan padatan umumnya lebih kompleks daripada ad-

sorpsi gas, karena melibatkan kompetisi antara zat terlarut dan pelarut. Perubahan konsentrasi komponen dapat mengakibatkan pertukaran timbal balik pada permukaan. Hal ini merupakan gambaran yang sangat khas bagi adsorpsi dari larutan. Jika lapisan muka adsorben maupun dalam larutan sudah jenuh dengan molekul adsorbat, maka hanya substitusi molekul suatu komponen oleh komponen lain yang dapat terjadi. Interaksi yang kuat antara molekul dengan permukaan adsorben merupakan rintangan dan sering menurunkan adsorpsi bahan terlarut. Begitu pula interaksi yang kuat antara komponen larutan dalam fasanya sendiri umumnya mempunyai pengaruh negatif terhadap interaksinya permukaan adsorben.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain suhu, kecepatan fluida, konsentrasi adsorbat, fase dan luas permukaan spesifik. Suhu cukup berpengaruh dalam sistem tenaga adsorpsi. Pada temperatur normal, sebaiknya dilakukan dengan tenaga intermolekuler. Tenaga intermolekuler pada proses adsorpsi padat-cair biasa dilakukan untuk menghilangkan atau memindahkan komponen atau senyawa organik dari limbah cair, pemurnian warna dari larutan gula dan minyak tumbuhan serta pemisahan air dari larutan organik. Kecepatan aliran fluida yang lebih besar memerlukan zona kontak yang lebih panjang supaya menghasilkan waktu kontak yang sama. Driving force yang menyebabkan zat terjerap berpindah ke permukaan padatan adalah gradien konsentrasi pada fase fluida dengan yang di permukaan padatan. Adsorpsi dari sistem yang mengandung zat yang akan dijerap berkonsentrasi tinggi akan lebih cepat dibanding sistem yang sangat encer. Kecepatan adsorpsi pada fase cair lebih lambat 10 kali atau lebih daripada fase gas. Ini berarti bahwa panjang zona perpindahan massa sangat dipengaruhi oleh fase operasinya. Luas permukaan spesifik memegang peranan yang sangat penting pada adsorpsi padat-cair. Semakin besar luas permukaan spesifik yang dimiliki oleh suatu adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang dapat dijerap.

Perilaku adsorpsi larutan dapat diprediksikan secara kualitatif dari polaritas adsorben dan komponen larutan. Adsorben polar cenderung menjepit lebih kuat adsorbat polar, demikian pula sebaliknya. Kekuatan adsorpsi merupakan hasil kombinasi dari afinitas adsorbat terhadap pelarut dan afinitas adsorbat terhadap adsorben. Faktor utama yang menentukan proses adsorpsi adalah kelarutan adsorbat dalam pelarut. Pada umumnya substansi yang hidrofobik kurang

teradsorpsi dalam larutan encer. Proses adsorpsi fasa larutan umumnya lebih kompleks dibandingkan proses adsorpsi pada fasa gas atau cairan murni. Pada adsorpsi larutan melibatkan kompetisi antara zat terlarut dan pelarut atau antara komponen-komponen campuran dalam larutan dengan situs adsorpsi.

Padatan berpori dalam proses adsorpsi memegang peranan penting. Umumnya padatan berpori ini disebut penjerap atau adsorben. Syarat terpenting yang harus dimiliki adsorben adalah kapasitas (capacity), selektivitas (selectivity), luas permukaan (surface area), kemampuan diregenerasi (regenerability), kecocokan (compatibility) dan harga (cost). Kapasitas adsorpsi merupakan karakteristik yang paling penting dari suatu adsorben. Secara sederhana kapasitas dinyatakan sebagai jumlah adsorbat yang dapat dijerap oleh adsorben per satuan massa adsorben. Nilai kapasitas tergantung dari konsentrasi fasa fluida, temperatur dan kondisi lain (terutama keadaan awal adsorben). Data kapasitas adsorpsi suatu adsorben dihimpun pada temperatur tertentu dan berbagai konsentrasi adsorbat (atau tekanan parsial untuk uap atau gas). Dari data adsorpsi kemudian dibuat grafik isotherm yang menghubungkan antara beban adsorpsi terhadap konsentrasi pada temperatur konstan. Kapasitas adsorpsi suatu adsorben dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan adsorben pada proses penjerapan.

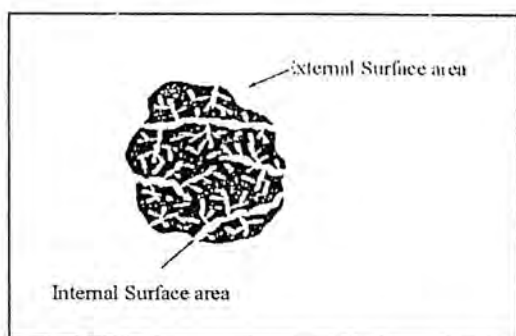
Selektivitas suatu adsorben merupakan rasio dari kapasitas satu komponen dalam adsorbat terhadap komponen yang lain pada konsentrasi tertentu. Rasio tersebut pada umumnya mendekati suatu nilai konstan dengan penurunan konsentrasi adsorbat sampai nilai nol. Tetapi nilai konsentrasi komponen tertentu dalam adsorbat tidak mungkin nol. Kemampuan adsorben untuk menyerap jenis komponen dalam suatu adsorbat dapat diketahui dari selektivitasnya. Kondisi ideal terjadi bila komponen utama dalam adsorbat tidak dijerap oleh adsorben, dimana keadaan ini menunjukkan selektivitas yang besar dari adsorben terhadap komponen dalam adsorbat yang ingin dihilangkan.

Kompatibilitas (compatibility) menunjukkan kecocokan adsorben terhadap komponen tertentu dalam adsorbat. Sebagai contoh mungkin tidak dapat menyerap suatu komponen tertentu dalam adsorbat karena tidak adanya kecocokan antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Luas permukaan suatu adsorben menunjukkan besarnya permukaan aktif dari suatu adsorben. Besarnya luas permukaan dipengaruhi oleh ukuran pori yang dimiliki oleh adsorben. Luas

permukaan dapat diukur dengan beberapa cara antara lain menggunakan peralatan gas sorption analyzer, metode Iodine Number dan Molasses Number.

Semua aplikasi adsorpsi siklis tergantung pada kemampuan adsorben diregenerasi, sehingga adsorben dapat digunakan secara berulang dengan kualitas yang sama. Hal ini berarti bahwa komponen dari suatu adsorbat yang dapat dijerap harus dijerap dalam jumlah yang relatif banyak oleh adsorben yang telah diregenerasi. Regenerasi dapat dilakukan melalui beberapa metode antara lain menggunakan panas, tekanan, bahan kimia atau gabungan antara cara-cara tersebut. Cara pemanasan dan pemberian tekanan dapat digunakan untuk mengeluarkan adsorbat yang dijerap dalam adsorben sehingga adsorben menjadi bebas adsorbat. Metode kimia dilakukan dengan memberikan bahan kimia pada adsorben yang akan diregenerasi, kemudian dilakukan pemisahan bahan kimia yang mengandung adsorbat dengan adsorben. Beberapa jenis adsorben yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi antara lain: karbon aktif, alumina, silica gel, zeolite, lempung dan molecular sieve.

Klasifikasi ukuran pori menurut IUPAC adalah mikropori dengan diameter pori lebih kecil dari 2 nm, mesopori dengan diameter pori lebih besar dari 2nm dan lebih kecil dari 50 nm serta makropori dengan diameter lebih besar dari 50 nm (Do, 1998). Klasifikasi ini dibuat berdasarkan penyerapan gas nitrogen pada titik didih normal oleh padatan berpori dengan batasan (range) ukuran pori yang lebar. Makropori berfungsi sebagai jalan masuknya adsorbat dari permukaan adsorben menuju ke mikropori. Luas permukaan adsorben dibedakan menjadi luas permukaan luar (external surface area) dan luas permukaan bagian dalam (internal surface area) yang menggambarkan luas permukaan dari seluruh pori pada adsorben. Penggambaran luas permukaan pada pori disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Luas permukaan pori pada partikel adsorben

Penggunaan karbon aktif sebagai suatu adsorben sudah dikenal sejak lama, selain dapat meng-hilangkan warna, rasa dan bau pada air yang ditimbulkan oleh mikroorganisme, karbon aktif juga dapat menghilangkan kandungan phenol dalam air.

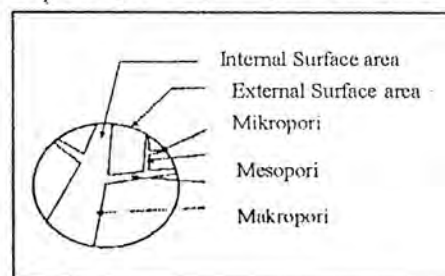
Karbon aktif merupakan karbon dalam bentuk amorf yang telah diaktifkan sehingga mempunyai luas permukaan yang besar dan daya serap yang tinggi. Luas permukaan merupakan sifat fisis yang paling penting dari karbon aktif, dan nilainya berkisar antara 300 - 3000 m<sup>2</sup>/gr sehingga memungkinkan dijadikan sebagai bahan adsorben.

Karbon aktif merupakan bahan yang multi-fungsi dimana hampir sebagian besar telah dipakai penggunaannya oleh berbagai macam jenis industri baik industri pangan maupun industri non pangan. Pada industri pangan, karbon aktif digunakan sebagai adsorben, misalnya menghilangkan warna dan bau pada makanan dan proses pemurnian, sedangkan penggunaan karbon aktif di industri kimia misalnya sebagai penghilang CS<sub>2</sub> dari udara, kon-taminasi dalam air atau larutan, pengolahan air dan limbah, dan lain sebagainya. Karbon aktif juga dapat digunakan sebagai penyangga katalis, contohnya karbon aktif digunakan sebagai penyangga untuk katalis besi (Fe) dan ruthenium (Rodriguez, 1995) dan penyangga untuk katalis tembaga yang digunakan untuk pengolahan limbah (Hu, 1999).

Karbon aktif dibuat dari pirolisis prekursor karbon organik, polimer alam maupun polimer sin-tetis yang kemudian diaktifkan untuk memperbesar surface areanya (Ying dkk, 2005). Pirolisis bertujuan untuk membuang material non karbon sehingga hanya meninggalkan karbon dan aktivasi bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya. Aktivasi dapat dilakukan secara kimia maupun fisika. Aktivasi

secara kimia dilakukan dengan cara mereaksikan karbon hasil pirolisis dengan bahan kimia tertentu atau yang disebut aktivator. Dalam penelitian ini digunakan KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan ZnCl<sub>2</sub>. Sedangkan aktivasi secara fisika dilakukan dengan cara mereaksikan karbon hasil pirolisis dengan steam atau uap air dan CO<sub>2</sub>.

Karakteristik karbon aktif pada dasar meliputi sifat adsorbansinya dan sifat fisiknya yang meliputi total surface area, partikel density, effective size, coefisien uniformity dll. Sedangkan sifat kimia dari permukaan (surface dan activated site) sangat menentukan terjadinya proses adsorpsi, yaitu cenderung untuk lebih mudah mengikat partikel yang mempunyai sifat yang sejenis, misalnya unsur yang kurang bersifat polar (non polar) akan lebih mudah terserap pada karbon non polar bila dibandingkan dengan yang bersifat polar. Jadi kecepatan adsorpsi untuk karbon aktif powder akan lebih cepat bila dibandingkan dengan karbon aktif tipe granular, total kapasitas adsorpsi dari karbon aktif tergantung pada total luas permukaan, ukuran diameter tidak begitu mempengaruhi terhadap total luas permukaan, karena sebagian besar luas permukaan terletak pada pori-porinya. Ukuran dari pori yang terbentuk dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu makropore dan mikropore. Makropore adalah pori yang mempunyai ukuran diameter rongga lebih dari 1000 Å, sedangkan mikropore merupakan pori yang mempunyai ukuran diameter rongga antara 10 - 1000 Å, struktur dari pori-pori baik makropore dan mikropore merupakan bagian terpenting selama proses adsorpsi, karena struktur atau ukuran dari ruang pori akan menentukan distribusi ukuran molekul-molekul zat yang terserap masuk kedalam pori-pori karbon aktif. Penggambaran skema struktur pori disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema struktur pori

Fluidisasi adalah suatu proses dimana partikel solid diubah kebentuk fluida dengan cara mengontakkannya dengan gas atau liquid. Fluida gas atau liquid tersebut dilewatkan kedalam



tabung vertical yang sebagian diisi butiran halus misalnya katalis untuk proses terjadinya perengkahan katalis. Tabung terbuka pada bagian atasnya dan mempunyai pelat berpori pada bagian bawah untuk menunjang katalis tersebut serta menye-barkan aliran secara merata dan seragam keseluruh penampang.

Didalam suatu bed , kualitas dari fluidisasi tidak hanya ditentukan oleh sifat sifat solid dan fluidisasinya saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti bentuk geometris bejana , tipe distributor, dari fluida aliran gas, adanya perlengkapan lain seperti baffle, atau heat exchanger. Terjadinya fluidisasi yang baik juga dipengaruhi oleh banyak faktor, pada kondisi tertentu proses fluidisasi akan mengalami beberapa gangguan mi-salnya ;

- Slagging yaitu timbulnya gelembung-gele-mbung udara yang melalui timbunan zat padat.
- Channelling yaitu peristiwa dimana fluida hanya melalui bagian tertentu dari tim-bunan zat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi karak-teristik fluidisasi antara lain :

1. Kecepatan aliran fluida
2. Ukuran partikel
3. Sifat fisik fluida dan partikel serta distribusi partikel
4. Porositas unggun
5. Distribusi aliran
6. Diameter kolom
7. Tinggi unggu

Ketika suatu fluida mengalir ke atas melalui suatu patikel packed bed pada kecepatan rendah, partikel tersebut tetap diam. Seiring dengan kenaikan kecepatan fluida yang mengalir, penurunan tekanan meningkat. Semakin lama peningkatan kecepatan berlangsung maka kondisi akhir akan terjadi akibat dari adanya penurunan tekanan dikalikan dengan luas permukaan setara dengan gaya gravitasi yang bekerja pada massa partikel. Partikel tersebut akan mulai bergerak dan merupakan awal dari proses fluidisasi atau fluidisasi minimum. Kecepatan liquid pada saat fluidisasi mulai terjadi adalah kecepatan fluidisasi minimum (vmf) dalam satuan m/s berdasar luas permukaan kosong dari menara (kecepatan superficial).

$$\Delta p = \frac{150 \mu v' \Delta L}{D_p^2 \varepsilon^3} + \frac{1,75 \rho (v')^2 \Delta L}{D_p \varepsilon^3} \dots \dots \dots (1)$$

Porositas dari bed ketika proses fluidisasi yang sebenarnya berlangsung adalah porositas minimum untuk fluidisasi (emf). Bed mengalami perubahan ke kondisi porositas atau voidage tersebut sebelum terjadinya gerakan dari partikel. Porositas minimum ini digunakan untuk meng-hitung ketinggian bed (Lmf) dalam satuan 'm.

Seperti telah disebutkan sebelumnya, penurunan tekanan akan meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan alir liquida yang berlangsung hingga kondisi fluidisasi minimum tercapai sehingga dengan semakin meningkatnya kecepatan, penurunan tekanan akan menurun dengan sangat kecil dan tidak akan berubah lagi seiring dengan meningkatnya porositas bed atau Bergeraknya partikel dengan adanya kenaikan kecepatan. Bed akan terlihat menyerupai liquid yang sedang mendidih. Saat bed bergerak dengan adanya peningkatan kecepatan, bed akan tetap mempertahankan permukaan horizontal atasnya. Dan ketika kecepatan semakin meningkat keluarnya partikel dari kondisi bed fluidisasi akan terjadi.

Hubungan antara ketinggian bed (l) dengan porositas (ε) untuk bed dengan luas permukaan yang sama yaitu A, dan karena volume L.A.(1-ε) adalah setara dengan volume total dari solid maka mereka merupakan satu kesatuan.

$$L_1 A(1-\varepsilon) = L_2 A(1-\varepsilon_2) \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{1-\varepsilon_2}{1-\varepsilon_1}$$

Dimana : L1 adalah ketinggian bed yang memiliki porositas ε1 dan L2 adalah ketinggian bed yang me-miliki porositas ε2.

Sebagai perkiraan awal, penurunan tekanan pada saat proses fluidisasi mulai terjadi dapat ditentukan secara berikut ini; gaya yang terjadi akibat penurunan tekanan dikalikan dengan luas permukaan harus setara dengan gaya gravitasi yang dihasilkan oleh massa dari partikel dikurangi dengan gaya buoyant dari fluid yang digunakan. Seringkali kita mempunyai partikel dengan bentuk yang tidak teratur didalam bed, sehingga akan lebih meyakinkan jika kita menggunakan ukuran parikel dan faktor bentuk didalam persamaan.

Besarnya koefisien laju perpindahan massa adsorsi k<sub>a</sub> didalam kolom unggun terfluidisasi di-dekati dengan persamaan analisa dimensi. Untuk partikel bergerak tunggal berbentuk bola tunggal dengan kecepatan relative u<sub>o</sub> yang melalui fluida adalah sebagai berikut.

$$S_h = \frac{K_d d_p y}{D} = 2,0 + 0,6 S_c^{1/3} R_{ep}^{1/2} \dots\dots\dots(3)$$

$$S_c = \frac{\mu}{\rho D}$$

$$R_{ep} = \frac{D_p u_o \rho}{\mu}$$

Dimana :

- y = nondifusing component
- D = koefisien difusi
- S<sub>h</sub> = bilangan sherwood
- S<sub>c</sub> = bilangan schmidt
- R<sub>ep</sub> = bilangan reynold
- K<sub>d</sub> = koefisien perpindahan massa
- u<sub>o</sub> = koefisien difusi

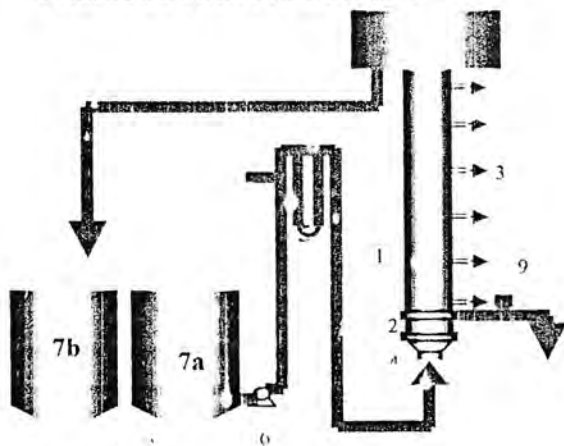
Untuk proses liquid dalam fluidized bed pergerakan partikel dihitung dengan memperhitungkan poro-sitas bed yang terekspansi.

$$S_h = 2,0 + 0,6 S_c^{1/3} [(1-\epsilon) R_{ep}]^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

ε = void fraction

**PELAKSANAAN PENELITIAN**



**Gambar 3.** Rangkaian Peralatan Penelitian

**Keterangan gambar:**

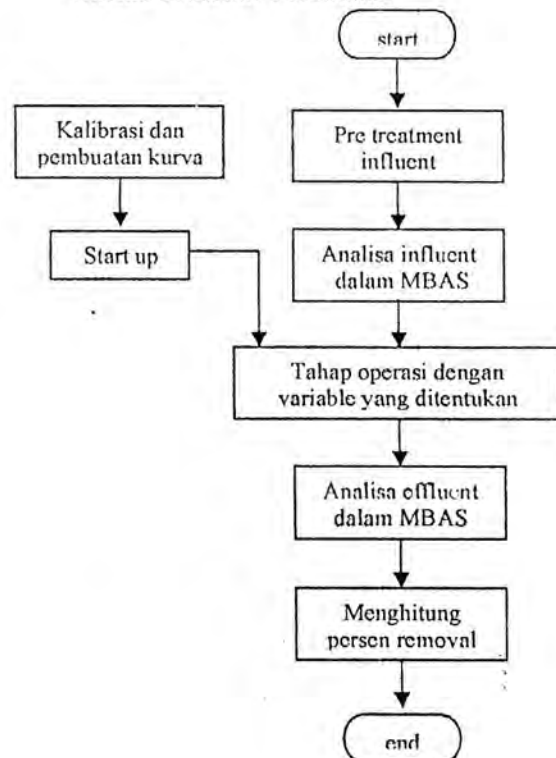
- 1 Kolom kaca
- 2 Saringan
- 3 Pressure tap
- 4 Distributor

- 5 Orifice meter
- 6 Pompa
- 7 A. Bak penampung influent
- B Bak penampung effluent
- 8 Bak penampung overflow
- 9 Kran buangan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah deterjen, aquadest dan karbon aktif. Adapun peralatan penelitian adalah seperangkat kolom unggun fluidisasi.

Penurunan kadar deterjen dalam air dilakukan dengan mengalirkan larutan deterjen ke dalam karbon kolom unggun fluidisasi yang berisi karbon aktif sebagai partikel penyerap deterjen. Penelitian diawali dengan membuat larutan deterjen dengan konsentrasi 0,5 ppm kemudian menganalisis larutan tsb sehingga diperoleh konstnasi dalam mg MBAS/lit dan diketahui konsentrasi awal larutan adalah 0,054 mg MBAS/lit. Kemudian larutan deterjen dialirkan kedalam kolom unggun fluidisasi untuk diserap kandungan deterjennya dengan menggunakan variabel berubah tinggi bed, laju alir liquida. Effluen pada masing-masing variabel ditampung dan dianalisis konsentrasinya dalam mg MBAS-/lt. Dari hasil analisis dihitung % deterjen yang terserap dan koefisien perpindahan massa, kemudian dibuat grafik antara hasil perhitungan tersebut terhadap variabel berubah lalu dibuat kesimpulan pengaruh masing-masing variabel terhadap % deterjen yang terserap dan koefisen perpindahan massa.

**Skema Prosedur Percobaan**



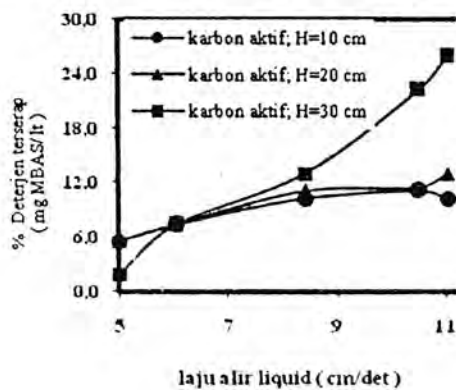


**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan dengan Mengalirkan larutan deterjen kedalam kolom unggun fluidisasi system dua fase solid – liquid. Kolom terbuat dari tabung kaca dan mempunyai diameter dalam 4,6 cm dan panjang 100 cm. Laju alir liquida di variasikan un uk masing-masing ketinggian bed 10 cm, 20 cm, 30 cm, dan dipelajari berbagai pengaruh yang terjadi terhadap % deterjen yang terserap dan koefisien perpindahan massa.

**Pengaruh laju alir liquida terhadap jumlah deterjen yang terserap dengan adsorben karbon aktif**

Hubungan antara laju alir liquida terhadap % deterjen yang terserap dengan adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.

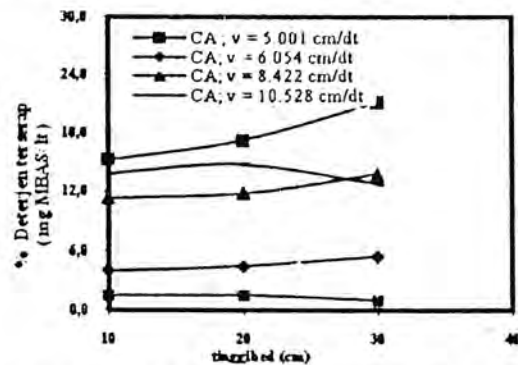


Gambar 2. Hubungan antara laju alir terhadap % deterjen yang terserap dengan adsorben karbon aktif pada konsentrasi influen 0,054 mg MBAS/lt

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada adsorpsi deterjen dengan karbon aktif kenaikan laju alir liquida meningkatkan jumlah deterjen yang terserap untuk masing-masing tinggi bed. Hal ini dapat dilihat dari % deterjen yang terserap. Pada kecepatan 11,054 cm/det memberikan rata-rata persentase deterjen yang terserap cukup tinggi. Hal ini dikarenakan pada kecepatan tinggi meminimalisasi terjadinya chennelling sehingga dapat meningkatkan daya penetrasi antara liquida dengan solid didalam bed, memudahkan proses penyerapan deterjen didalam permukaan partikel solid, hasil tertinggi dicapai pada konsentrasi influen 0,054 mg MBAS/lt, dan tinggi bed 30 cm

yaitu sebesar 25,9% , sedangkan penyerapan terendah pada kecepatan 5,001 cm/det, konsentrasi influen 0,512 mg MBAS/lt dengan tinggi bed 30 cm yaitu sebesar 0,4 % , hal ini terjadi karena pada kecepatan rendah fluida belum cukup mampu mengangkat partikel solid secara sempurna ( terfluidisasi ) sehingga fluida hanya lewat tanpa terjadinya penyerapan yang cukup.

**Pengaruh tinggi bed terhadap jumlah deterjen yang terserap dengan adsorben karbon aktif**

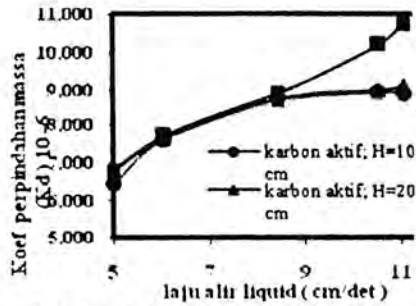


Gambar 3. Hubungan antara tinggi bed terhadap % deterjen yang terserap dengan adsorben karbon aktif pada konsentrasi influen 0,054 mg MBAS/lt

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada adsorpsi deterjen menggunakan adsorben karbon aktif, untuk tinggi bed 10, 20 dan 30 cm, semakin tinggi bed didalam kolom meningkatkan jumlah deterjen yang terserap. Bed yang tinggi menyebabkan jumlah partikel solid menjadi semakin banyak dan berat sehingga pada saat fluida melewatinya terjadi kontak antara solid dan liquid semakin banyak pula sehingga jumlah deterjen yang terserap juga semakin besar.

**Pengaruh laju alir liquida terhadap koefisien perpindahan massa dengan adsorben karbon aktif**

Pengaruh laju alir liquida terhadap koefisien perpindahan massa dengan adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.

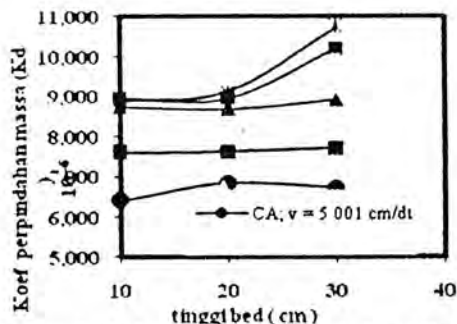


Gambar 4. Hubungan antara laju alir terhadap koefisien perpindahan massa dengan adsorben karbon aktif pada konsentrasi influen 0,054 mg MBAS/ lt

Gambar 4. menunjukkan bahwa pada adsorpsi deterjen menggunakan adsorben karbon aktif semakin tinggi laju alir harga koefisien perpindahan massa semakin meningkat. Hal ini terjadi karena semakin tinggi laju alir maka liquida semakin mampu mengangkat partikel di dalam kolom sehingga partikel akan terfluidisasi. Pada kondisi terfluidisasi luas kontak antara adsorben dengan liquida menjadi besar sehingga harga koefisien perpindahan massa semakin be-sar. Nilai tertinggi diperoleh pada kecepatan 11,054 cm/dt, tinggi bed 30 cm dan konsentrasi deterjen masuk 0,054 mg MBAS/lt dengan koefisien perpindahan massa 10,731, 10<sup>-6</sup> cm/dt<sup>2</sup>

**Pengaruh tinggi bed terhadap koefisien perpindahan massa dengan adsorben karbon aktif**

Pengaruh tinggi bed terhadap koefisien perpindahan massa menggunakan adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara tinggi bed terhadap koefisien perpindahan massa dengan adsorben karbon aktif pada konsentrasi influen 0,054 mg MBAS/ lt

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada adsorpsi deterjen menggunakan adsorben karbon aktif semakin tinggi bed harga koefisien perpindahan massa semakin meningkat. Hal ini terjadi karena semakin tinggi bed maka jumlah partikel semakin banyak sehingga rongga yang terjadi semakin banyak pula. Harga fraksi rongga yang besar inilah yang menyebabkan besarnya harga koefisien perpindahan massa.

**KESIMPULAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

- Meningkatnya laju alir liquida meningkatkan jumlah deterjen yang diserap dan koefisien perpindahan massa.
- Untuk tinggi bed 10, 20 dan 30 cm, semakin tinggi bed semakin tinggi jumlah deterjen yang diserap dan koefisien perpindahan massa.
- % deterjen yang terserap tertinggi dicapai pada konsentrasi influen 0,054 mg MBAS/lt, dan tinggi bed 30 cm yaitu sebesar 25,9%
- Harga koefisien perpindahan massa tertinggi adalah 9,457.1<sup>0-6</sup> cm/dt<sup>2</sup> pada konsentrasi influen 0,054 mg MBAS/lt tinggi bed 30 cm

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjen Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui PHK A2.

**DAFTAR NOTASI**

- y = nondifusing component
- D = koefisien diffusi
- S<sub>h</sub> = bilangan sherwood
- S<sub>o</sub> = bilangan schmidt
- R<sub>ep</sub> = bilangan reynold
- K<sub>d</sub> = koefisien perpindahan massa
- u<sub>o</sub> = koefisien diffuse
- ε = void fraction

**DAFTAR PUSTAKA**

Chazanah,N.,2002, Biodegradasi Surfaktan Linier Alkilbenzene Sulfonat (LAS) yang terkandung Dalam Deterjen Pada Reaktor Batch Aerob, Tesis S2 Teknik Lingkungan, ITB, Bandung.

Geankoplis,ChristieJ. 1997. *Transport Processes and Unit Operations*. 3rd Ed. Prentice – Hall of India. Hal 123.

Muharto, 2003. *Koefisien Mass Transfer Penyerapan Kadar Detergen dari Air dengan*



- Menggunakan Biji Moringa Olievera*, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia.
- Rubiyatadji R. *Penurunan Kadar Deterjen (Alkyl Benzene Sulphonate) Dalam Air Dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif*. Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Sudiana, I.M., 2004, Peran Komunitas Mikroba Lumpur Aktif Dalam Perombakan Deterjen Alkil Sulfonat Linear dan Benzena Alkil Sulfonat, Berk. Penelitian Hayati, 10, 75-80.
- Ward, T.E. and Larson, R.J., 1989, Biodegradation Kinetics of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Sludge-Amended Agriculture Soils, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 17, 119-130.
- Yazici, B., 1999, Electrooxidation of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) on Pt Electrodes, *Turkey Journal Chemistry*, 23, 73-81.
- Ying, J., Y., Martinez, J., G., Lancaster, T., 2005, "Porous Carbon Structures and Methods", US Patent, 0214539, September 29