

**KEMAMPUAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA DAN ZEOLIT
SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR DI PT
ARTHAWENASAKTI GEMILANG MALANG**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

OLEH :

AININ NURI ALMIRA

NIM. 125080100111068



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

**KEMAMPUAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA DAN ZEOLIT
SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR DI PT
ARTHAWENASAKTI GEMILANG MALANG**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan**

Universitas Brawijaya

OLEH :

AININ NURI ALMIRA

NIM. 125080100111068



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

SKRIPSI

KEMAMPUAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA DAN ZEOLIT
SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR DI PT
ARTAWENASAKTI GEMILANG MALANG

Oleh :

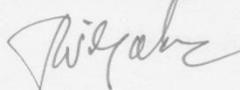
AININ NURI ALMIRA
NIM. 125080100111068

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 5 Agustus 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I


Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si
NIP. 19730404 200212 2 001
Tanggal: 18 AUG 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I


Ir. Putut Widjanarko, MP
NIP. 19540101 198303 1 006
Tanggal: 18 AUG 2016

Dosen Pembimbing II


Ir. Herwati Umi S. MS
NIP. 19520402 198003 2 001
Tanggal: 18 AUG 2016



Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal: 18 AUG 2016



PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi) saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, Juli 2016

Ainin Nuri Almira

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan hidayah-Nya sehingga penulisan laporan penelitian Skripsi ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terma kasih banyak kepada:

1. Kedua orang tua saya yang tidak kenal lelah memberikan dorongan moril maupun materil dan senantiasa mendoakan setiap langkah saya.
2. Bapak Ir. Putut Widjanarko, MP dan Ibu Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, masukan, kritik dan saran sehingga saya dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si selaku dosen penguji yang telah membantu dalam memberikan masukan, dan kritika yang sangat bermanfaat.
4. Pihak dari PT Arthawenasakti Gemilang Malang khususnya bu istiqomah (sering disebut Bu Nana ☺) yang telah mendukung berjalannya penelitian skripsi ini dan memberikan ilmu baru yang bermanfaat bagi saya.
5. Mbak Hawa selaku laboran laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan FPIK yang selalu sabar membimbing dan membantu saya dalam proses pengukuran kualitas air di laboratorium.
6. Segenap dosen dan karyawan program studi manajemen sumberdaya perairan yang telah memberikan bantuan moril maupun materil.
7. Teman-teman tercinta saya Melyana Adisha, Akyun, Lely, Rimba, Dewi urifah, Anik Yuliati, Heru, Candriko, dan semua teman MSP 2012 yang tidak sempat disebutkan, kalian semua penyemangat saya.
8. Satu orang lagi yang belum disebut, ☺ Robby Fitrah Masquri. Your presence for the author has carved a in itself story that the author will not forget it.

Malang, 2016

Penulis

RINGKASAN

AININ NURI ALMIRA. Skripsi tentang Kemampuan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Zeolit sebagai Adsorben terhadap Bahan Organik Limbah Cair di PT Arthawenasakti Gemilang Malang (dibawah bimbingan **Ir. Putut Widjanarko, MP dan Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS**).

Air merupakan kebutuhan utama bagi setiap kehidupan di bumi. Kualitas air yang bersih sangat penting peranannya. Pencemaran dapat terjadi salah satunya karena adanya limbah, baik itu limbah domestik maupun limbah industri yang dapat mengkontaminasi tanah, sungai, serta laut. PT Arthawenasakti Gemilang merupakan perusahaan yang cukup besar yang bergerak dibidang industri kemasan kaleng. Pada proses produksi pembuatan kaleng ini menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan organik yang tinggi. Kandungan bahan organik yang melebihi baku mutu, perlu dilakukan suatu pengolahan yang salah satunya yaitu menggunakan adsorben. Adsorben tersebut bisa menggunakan karbon aktif maupun zeolit.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan dari karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit yang digunakan sebagai adsorben dalam pengelolaan limbah cair di PT Arthawenasakti Gemilang dalam upaya mencegah pencemaran perairan sebagai akibat buangan limbah. Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini yaitu di laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian dilakukan selama lima hari dengan memberikan konsentrasi karbon aktif dan zeolit yang berbeda dalam limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang sebanyak tiga liter pada masing-masing toples percobaan. Konsentrasi yang diberikan yaitu 10 g, 20 g, 30 g, dan 40 g. Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak dua kali. Penelitian ini terdiri dari dua tahap yakni penelitian pendahuluan dengan melakukan pengukuran beberapa parameter-parameter meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan Ammonium. Kemudian untuk penelitian utama dengan melakukan pengaktifan zeolit dan pemberian karbon aktif serta zeolit pada toples-toples percobaan yang berisi air limbah. Untuk mengetahui daya adsorpsi bahan organik oleh karbon aktif dan zeolit pada penelitian ini menggunakan rumus isoterm Langmuir. Kemudian dalam pembuatan grafik menggunakan software *Microsoft Excel 2010*. Untuk menguji kesamaan dua rata-rata pada penelitian ini menggunakan uji t.

Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa perbandingan daya adsorpsi COD dan ammonia oleh karbon aktif serta zeolit setelah dilakukan uji dua rata-rata diperoleh hasil yang tidak berbeda (sama). Meskipun secara statistik tidak terdapat perbedaan akan tetapi berdasarkan nilai yang ada, Daya adsorpsi karbon aktif terhadap COD adalah 42,6797 mg/g lebih tinggi 20,6614 mg/g dibandingkan zeolit. Kemudian daya adsorpsi zeolit terhadap ammonia adalah 0,3446 mg/g lebih tinggi 0,1020 mg/g dibandingkan karbon aktif. Pada pengukuran kualitas air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif maupun dengan zeolit, secara keseluruhan untuk suhu berkisar antara 26,4⁰-28,2 °C, untuk pH diperoleh kisaran antara 7,26-7,70, untuk kisaran oksigen terlarut yang diperoleh 1,19 – 2,71 mg/l. Parameter-parameter tersebut cukup mendukung dalam proses adsorpsi.

Kesimpulan dalam penelitian ini karbon aktif dari tempurung kelapa dan zeolit mampu dijadikan sebagai adsorben untuk menyerap bahan pencemar pada limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang. Karbon aktif memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dalam menyerap COD jika dibandingkan dengan zeolit. Sedangkan zeolit memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dalam menyerap ammonium. Kemampuan karbon aktif tempurung kelapa untuk menyerap COD rata-rata selama lima hari yaitu 42,6797 mg/g dan kemampuan zeolit untuk menyerap ammonium yaitu sebesar 0,3446 mg/g.

Berdasarkan penelitian ini disarankan untuk dilakukannya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan karbon aktif dan zeolit sebagai adsorben untuk penyerapan jenis adsorbat lain misalkan logam berat atau jenis bahan pencemar lainnya. Selain itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perhitungan efisiensi dan mengetahui daya jenuh dari karbon aktif tempurung kelapa maupun zeolit dalam mengadsorpsi COD dan ammonium. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pH terhadap daya adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit dalam menyerap bahan pencemar limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “Kemampuan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Zeolit sebagai Adsorben teradap Bahan Organik Limbah Cair di PT Arthawenasakti Gemilang Malang” dengan baik. Laporan Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih Gelar Sarjana Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Atas bantuan semua pihak, penulis menyampaikan terima kasih khususnya kepada :

- Bapak Ir. Putut Widjanarko, MP selaku dosen pembimbing I dan Ibu Ir. Herwati Umi S., MS selaku dosen pembimbing II.
- Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si selaku dosen penguji I dan Ibu Nanik Retno Buwono, S.Pi, MP selaku dosen penguji II.

Penulis menyadari dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki, laporan ini masih jauh dari kesempurnaan walaupun telah dicurahkan segala kemampuan untuk lebih teliti dalam proses pengerjaannya. Untuk itu, perlu penyempurnaan di masa yang akan datang dengan harapan memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat dan selalu diperbarui dari waktu ke waktu. Dengan demikian, saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca dengan senang hati diterima oleh penulis demi perbaikan kearah kesempurnaan.

Malang, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan	4
1.4 Hipotesis	4
1.5 Kegunaan.....	4
1.6 Tempat dan Waktu	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah Cair.....	6
2.2 Bahan Organik	7
2.3 PT Arthawenasakti Gemilang	7
2.4 Adsorben.....	8
2.4.1 Karbon aktif tempurung kelapa	9
2.4.2 Zeolit	11
2.5 Teori Adsorpsi	13
2.5.1 Pengertian adsorpsi.....	13
2.5.2 Jenis-jenis adsorpsi	15
2.5.3 Persamaan Isoterm Langmuir	16
2.6 Pengukuran Parameter Kualitas Air	17
2.6.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	17
2.6.2 Ammonium (NH_4^+)	18
2.6.3 Suhu.....	19
2.6.4 Derajat Keasaman (pH).....	19
2.6.5 Oksigen Terlarut (DO)	20
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	
3.1 Materi Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Sumber Data	22
3.4.1 Data Primer	22
3.4.1 Data Sekunder	22
3.5 Tahapan Penelitian	22
3.5.1 Penelitian Pendahuluan.....	23
3.5.2 Penelitian Utama	23
3.6 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air.....	25
3.6.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	25
3.6.2 Ammonium (NH_4^+)	26

3.6.3 Suhu.....	26
3.6.4 Derajat Keasaman (pH).....	26
3.6.5 Oksigen Terlarut (DO)	27
3.7 Analisa Data.....	27
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang.....	33
4.2 Kondisi Karbon aktif dan Zeolit.....	33
4.3 Adsorpsi COD dengan menggunakan Karbon Aktif.....	34
4.4 Adsorpsi COD dengan menggunakan Zeolit.....	38
4.5 Adsorpsi Ammonium dengan menggunakan Karbon Aktif.....	42
4.6 Adsorpsi Ammonium dengan menggunakan Zeolit.....	46
4.7 Perbandingan daya adsorpsi COD dan Ammonium oleh Karbon Aktif dan zeolit.....	51
4.7.1 Perbandingan daya adsorpsi COD oleh karbon aktif dan zeolit ..	51
4.7.2 Perbandingan daya adsorpsi Ammonium oleh karbon aktif dan zeolit.....	53
4.8 Hasil Analisa Parameter Kualitas Air	54
4.8.1 Parameter kualitas air pada perlakuan dengan menggunakan karbon aktif.....	54
4.8.2 Parameter kualitas air pada perlakuan dengan menggunakan zeolit.....	58
4.9 Faktor Internal Setelah Proses Adsorpsi	62
5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	70



DAFTAR GAMBAR

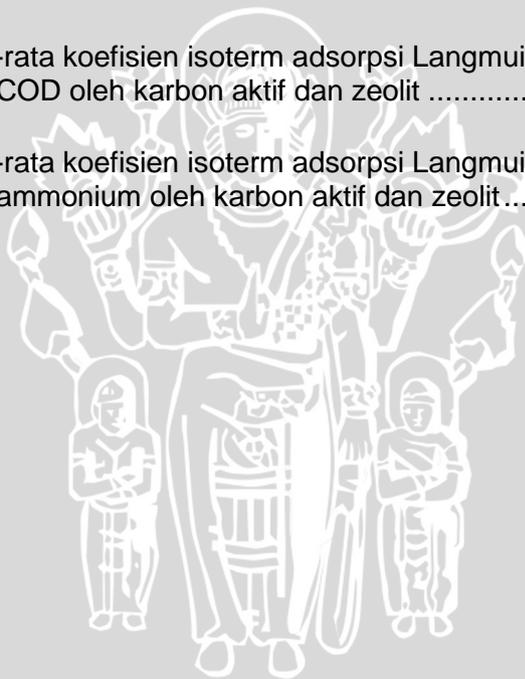
Gambar	Halaman
1. Ilustrasi proses adsorpsi.....	14
2. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh karbon aktif pada hari pertama	35
3. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh karbon aktif pada hari kedua	35
4. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh karbon aktif pada hari ketiga.....	36
5. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh karbon aktif pada hari keempat	36
6. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh karbon aktif pada hari kelima.....	37
7. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh zeolit pada hari pertama	39
8. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh zeolit pada hari kedua	39
9. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh zeolit pada hari ketiga	40
10. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh zeolit pada hari keempat	40
11. Model adsorpsi isoterm langmuir COD oleh zeolit pada hari kelima	41
12. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh karbon aktif pada hari pertama	43
13. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh karbon aktif pada hari kedua	43
14. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh karbon aktif pada hari ketiga.....	44
15. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh karbon aktif pada hari keempat	44
16. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh karbon aktif pada hari kelima.....	45



17. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh zeolit pada hari pertama.....	47
18. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh zeolit pada hari kedua.....	47
19. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh zeolit pada hari ketiga.....	48
20. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh zeolit pada hari keempat.....	48
21. Model adsorpsi isoterm langmuir Ammonium oleh zeolit pada hari kelima.....	49
22. Grafik pengukuran suhu pada air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif.....	55
23. Grafik pengukuran pH pada air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif.....	56
24. Grafik pengukuran oksigen terlarut pada air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif.....	57
25. Grafik pengukuran suhu pada air limbah yang dikontakkan dengan zeolit.....	59
26. Grafik pengukuran pH pada air limbah yang dikontakkan dengan zeolit.....	60
27. Grafik pengukuran oksigen terlarut pada air limbah yang dikontakkan dengan zeolit.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Contoh tabel analisa data	28
2. Rata-rata koefisien adsorpsi Langmuir dalam penjerapan COD oleh karbon aktif.....	37
3. Rata-rata koefisien adsorpsi Langmuir dalam penjerapan COD oleh zeolit.....	41
4. Rata-rata koefisien adsorpsi Langmuir dalam penjerapan Ammonium oleh karbon aktif.....	45
5. Rata-rata koefisien adsorpsi Langmuir dalam penjerapan Ammonium oleh zeolit.....	49
6. Perbandingan rata-rata koefisien isoterm adsorpsi Langmuir dalam penjerapan COD oleh karbon aktif dan zeolit	51
7. Perbandingan rata-rata koefisien isoterm adsorpsi Langmuir dalam penjerapan ammonium oleh karbon aktif dan zeolit.....	53



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian	70
2. Dokumentasi Penelitian.....	72
3. Perhitungan adsorpsi isoterm Langmuir COD oleh karbon aktif	73
4. Perhitungan adsorpsi isoterm Langmuir COD oleh zeolit	75
5. Perhitungan adsorpsi isoterm Langmuir Ammonium oleh karbon aktif	77
6. Perhitungan adsorpsi isoterm Langmuir Ammonium oleh zeolit	79
7. Uji kesamaan dua rata-rata (uji t) pada adsorpsi COD oleh karbon aktif dan zeolit	81
8. Uji kesamaan dua rata-rata (uji t) pada adsorpsi Ammonium oleh karbon aktif dan zeolit.....	83
9. Hasil pengukuran kualitas air limbah pada perlakuan dengan menggunakan karbon aktif	85
10. Hasil pengukuran kualitas air limbah pada perlakuan dengan menggunakan zeolit	86



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan utama bagi setiap kehidupan di bumi. Kualitas air yang bersih sangat penting peranannya untuk keperluan manusia sehari-hari. Air adalah senyawa yang sangat mudah tercemar. Pencemaran dapat terjadi salah satunya karena adanya limbah, baik itu limbah domestik maupun limbah industri. Menurut Supriyatno (2000), pencemaran limbah industri diperkirakan memberi kontribusi rata-rata 25-50%. Sampai saat sekarang tingkat pelayanan air limbah tidak sebanding dengan pertumbuhan penduduk, sehingga masih banyak air limbah yang dibuang ke sungai atau badan air dengan proses yang kurang sempurna.

Pertumbuhan industri manufaktur yang melanda seluruh dunia, menyebabkan terjadinya peningkatan pada limbah industri yang kemudian dapat mengkontaminasi tanah, sungai, serta laut. Menurut Ratman dan Syafrudin (2010), pada saat ini, industri berkembang pesat dalam hal ragam maupun jumlahnya di Indonesia. Akibat industri yang meningkat itu maka akan menghasilkan limbah yang diperoleh dari hasil proses industri. Limbah yang dihasilkan itu diantaranya ada yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang apabila dibuang langsung ke lingkungan maka akan dapat membahayakan kesehatan manusia, makhluk hidup serta lingkungan. Kemudian menurut pendapat Zakaria (2011), permasalahan limbah industri semakin berkembang menjadi permasalahan global yang serius. Hal ini mengakibatkan perlakuan dalam pengolahan limbah industri menjadi topik global karena limbah dari berbagai sumber dapat terakumulasi di tanah atau masuk ke dalam sistem perairan.

PT Arthawenasakti Gemilang yang terletak di jalan Kertanegara Nomor 85 Karangploso Malang ini merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri kemasan kaleng dengan sistem job order yang sudah mencapai skala internasional. Pada proses produksi pembuatan kaleng ini tidak terlepas dari pemanfaatan air sebagai bahan dalam melarutkan lateks dan juga dalam proses pencucian alat-alat setelah proses produksi. Lateks ini digunakan sebagai pelapisan penutup (*Top*) dan alas/bagian bawah (*Buttom*) pada komponen kaleng. Lateks dalam hal ini merupakan bahan yang dibuat dari campuran karet, ammonia, air, dan detergen. Perusahaan ini menghasilkan limbah sebanyak \pm 200 liter per hari.

Keberadaan kandungan bahan organik yang melebihi baku mutu limbah cair perlu dilakukan suatu pengolahan sebelum dilakukan pembuangan, sehingga tidak membahayakan organisme yang hidup di perairan penerima buangan limbah tersebut. Penanganan limbah cair salah satunya dapat dilakukan dengan adsorpsi. Adsorpsi merupakan penyerapan bahan pencemar dalam suatu perairan dengan menggunakan adsorben. Adsorpsi telah dikenal sejak lama kaitannya dengan penyerapan limbah.

Tempurung kelapa biasanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar oleh masyarakat, kemudian juga dapat dijadikan sebagai karbon aktif yang dapat memperbaiki kualitas air. Karbon aktif dari tempurung kelapa digunakan sebagai adsorben dalam penelitian ini karena dapat digunakan sebagai bahan filter limbah cair baik untuk limbah organik maupun anorganik. Menurut Suhartana (2006), limbah tempurung kelapa yang ada di masyarakat sering hanya digunakan sebagai bahan bakar atau kayu bakar. Beberapa industri meubel kecil ada yang sudah dimanfaatkan sebagai alat peraga edukatif ataupun cinderamata. Manfaat lain yang bisa diambil dari tempurung kelapa ini adalah untuk bahan baku pembuatan arang aktif. Kandungan kimia arang aktif adalah

senyawa karbon, yang sangat berguna untuk proses penjernihan material cair, baik material organik maupun anorganik.

Zeolit merupakan bahan aktif yang memiliki luas permukaan yang besar dan sangat baik untuk digunakan sebagai adsorben. Menurut Panayotova (2001) dalam Zakaria (2011), zeolit merupakan salah satu adsorben alternatif yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena memiliki pori yang banyak dan mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi, sehingga sangat cocok digunakan sebagai adsorben.

Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian menggunakan dua jenis adsorben yang memiliki kemampuan adsorpsi yang sama-sama tinggi dan berasal dari bahan alami. Untuk itu dilakukan penelitian ini kaitannya dengan upaya pengurangan bahan pencemar lingkungan perairan. Dengan demikian pencemaran disuatu perairan harapannya dapat diminimalisir dan terjaga kelestariannya.

1.2 Rumusan Masalah

Keberadaan PT Arthawenasakti Gemilang selain memberikan keuntungan bagi masyarakat akan tetapi disisi lain juga menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan perairan. Pencemaran limbah cair yang dihasilkan dari PT Arthawenasakti Gemilang tersebut apabila tidak dilakukan pengelolaan akan berdampak buruk bagi kesehatan perairan juga terhadap kesehatan warga yang tinggal disekitar perairan yang tercemar limbah. Pengelolaan limbah cair dengan menggunakan adsorben merupakan cara yang mudah dan cukup efektif untuk dilakukan. Adsorben tersebut diantaranya karbon aktif dari tempurung kelapa dan zeolit. Karbon aktif dari tempurung kelapa dan zeolit memiliki kemampuan dalam merespon yang cukup tinggi terhadap penjerapan limbah industri di suatu perairan.

Berdasarkan uraian diatas dapat ditarik suatu rumusan permasalahan sebagai berikut:

- Apakah ada perbedaan adsorpsi dari perlakuan pemberian karbon aktif tempurung kelapa maupun zeolit terhadap limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang?

1.3 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan penyisihan parameter pencemar limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang sebelum dan sesudah pemberian kontak dengan dua jenis adsorben, karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit. Tujuan penelitian untuk mengetahui kemampuan dari karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit yang digunakan sebagai adsorben dalam pengelolaan limbah cair di PT Arthawenasakti Gemilang dalam upaya mencegah pencemaran perairan sebagai akibat buangan limbah.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- H_0 : tidak terdapat perbedaan adsorpsi dari perlakuan karbon aktif maupun zeolit terhadap bahan organik limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang.
- H_1 : terdapat perbedaan adsorpsi dari perlakuan karbon aktif maupun zeolit terhadap bahan organik limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang.

1.5 Kegunaan

Adapun kegunaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mahasiswa

Mempelajari, mengetahui, dan menambah pengetahuan atau wawasan tentang kemampuan karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit sebagai adsorben dalam pengelolaan limbah cair di PT Arthawenasakti Gemilang.

b. Perguruan Tinggi (Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan)

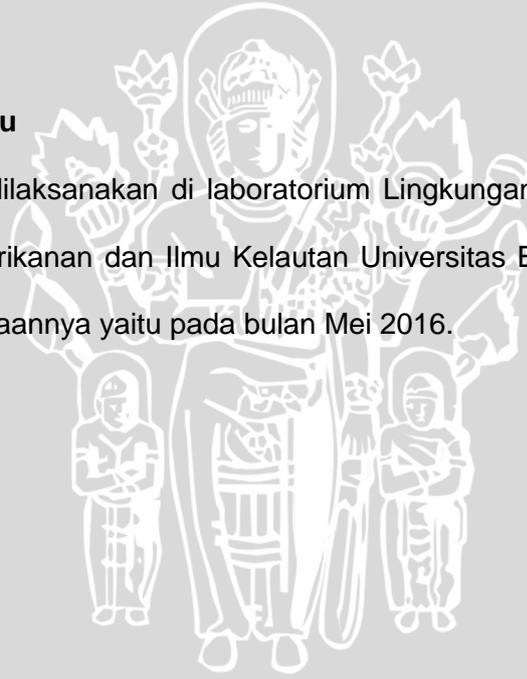
Memberikan informasi dalam pengembangan keilmuan dan mendukung kesempurnaan ilmu pengetahuan yang sedang berkembang saat ini mengenai kemampuan karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit sebagai adsorben dalam pengelolaan limbah cair di PT Arthawenasakti Gemilang.

c. Peneliti dan pihak-pihak yang berkepentingan

Memberikan sumber informasi dan dasar untuk penulisan ataupun penelitian lebih lanjut, serta sebagai bahan pertimbangan dan rujukan dalam menentukan kebijakan bagi pengelolaan sumberdaya perairan secara terpadu dan bijaksana.

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang. Untuk waktu pelaksanaannya yaitu pada bulan Mei 2016.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat atau konsentrasinya dan jumlahnya baik secara langsung atau tidak langsung akan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk lain. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri yang dimaksud dengan limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Pengertian air limbah adalah air yang telah digunakan manusia dalam berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut dapat berasal dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat-tempat lain. Atau, air limbah adalah air bekas yang tidak terpakai yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia dalam memanfaatkan air bersih (Supriyatno, 2000). Menurut Tjokrokusumo (1998), air limbah atau air buangan dapat diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke air yang bersifat endapan atau padatan, padat tersuspensi, terlarut koloid dan emulsi yang menyebabkan air tersebut harus dibuang atau dipisahkan. Menurut Suharto (2011), karakteristik limbah cair industri diantaranya memiliki konsentrasi senyawa organik sangat tinggi dan memiliki nilai COD yang sangat tinggi.

2.2 Bahan Organik

Kandungan bahan kimia yang ada pada air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun (Sugiharto, 1987).

Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen. Komposisi air limbah pada umumnya 99,9% air dan 0,1% padatan (Sugiharto, 1987). Padatan yang terdapat dalam limbah cair terdiri dari 70% padatan organik dan 30% padatan non-organik (Suligundi, 2013). Padatan organik dari limbah cair dapat berupa protein (65%), karbohidrat (25%) dan lemak (10%), sedangkan padatan anorganik berupa butiran garam dan logam (Sugiharto, 1987).

2.3 PT Arthawenasakti Gemilang

PT Arthawenasakti Gemilang adalah sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang industri kemasan kaleng dengan sistem Job Order, yang mensuplai ke perusahaan industri cat, thinner, politur, dempul, oli, dsb. (Hasanah, 2007). PT Arthawenasakti Gemilang (ASG) adalah perusahaan yang bergerak di sektor industri manufaktur dengan jenis produk kemasan kaleng, disamping mengandalkan mesin dan peralatan yang digunakan, juga mengandalkan kemampuan dan prestasi tenaga kerja manusia untuk mencapai hasil produksi sesuai dengan yang ditetapkan baik secara kualitas maupun kuantitas. (Kutanggas , 2012).

PT Arthawenasakti Gemilang mempunyai visi untuk menjadi yang terbaik dalam industri kemasan logam di Indonesia dengan misi memberikan peningkatan secara berkesinambungan terhadap produk dan layanan yang

dihasilkan untuk memberikan yang terbaik bagi pelanggan dan bagi pihak-pihak yang berkepentingan. PT Arthawenasakti Gemilang berawal dari sebuah industri pengolahan makanan dalam kaleng, didirikan pada tahun 1975 dengan nama CV Benteng Mas. Pada tahun 1991, jenis usaha dan nama perusahaan dari semula berubah menjadi perseroan terbatas dengan nama PT Arthawenasakti Gemilang kemudian di tahun 1995 PT Arthawenasakti Gemilang berubah status usaha menjadi penanaman modal dalam negeri (PMDN) dimana jika sebelumnya Arthawenasakti masih berstatus perusahaan yang permodalannya masih disokong oleh pihak asing (CV) saat menjadi perusahaan yang bisa dikatakan mandiri (Kutanggas, 2012).

Dalam tingkat persaingan antar perusahaan pesaing, Arthawenasakti adalah perusahaan yang mampu menerapkan strategi perusahaan dengan meningkatkan penjualan melalui modifikasi produk atau jasa yang ada. Usaha meningkatkan penjualan melalui pengembangan daerah pemasaran yang baru dan menambah produk atau jasa yang baru, yang masih ada kaitannya dengan produk yang ada untuk pelanggan yang bersifat umum dan mungkin menerapkan beberapa strategi lain yang sekiranya perlu untuk dimantapkan tujuan perusahaan untuk menjadi yang terdepan, antara lain dengan penganeke-ragaman usaha selain hasil produksi dan peningkatan usaha-usaha pemasaran (Kutanggas, 2012).

2.4 Adsorben

Adsorben merupakan bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Karena pori-pori itu biasanya sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dari permukaan luar, dan bisa sampai $2.000 \text{ m}^2/\text{gr}$. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau

karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian besar molekul melekat pada permukaan itu lebih erat daripada molekul-molekul lainnya. Dalam kebanyakan hal, komponen yang diadsorpsi melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kemudian mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni (Mc Cabe, Warren L, 1999 *dalam* Tandy *et al.*, 2012). Adsorbat adalah zat yang dijerap dari suatu larutan di permukaan bahan penyerap. Adsorben merupakan benda padat, cair, maupun gas yang mengumpulkan adsorbat (Metcalf dan Eddy, 2003).

Menurut Kurniasari (2010), beberapa adsorben yang secara komersial telah dipakai diantaranya adalah karbon aktif, silika gel dan zeolit. Silika gel, alumina dan karbon aktif termasuk dalam kelompok adsorben amorp (*amorphous adsorbent*), sementara zeolit merupakan adsorben kristal (*Crystalline adsorbent*). Kelompok adsorben amorp mempunyai kisaran luas area yang cukup besar, antara 200-1000 m²/gr. Luas area yang terlalu besar ini akan menyebabkan berkurangnya kekuatan fisik bahan, sehingga membatasi pemanfaatannya. Luas area yang besar juga menyebabkan banyaknya mikropori, dimana mikropori ini akan menghambat adsorpsi molekul-molekul berukuran besar. Distribusi ukuran pori kelompok adsorben ini juga sangat luas, dari ukuran nanometer hingga mikrometer. Sementara pada kelompok adsorben kristal, dimensi dan ukuran pori ditentukan oleh kerangka kristal, sehingga distribusi ukuran pori tidak terlalu luas.

2.4.1 Karbon aktif tempurung kelapa

Industri pembuatan karbon aktif di Indonesia telah mengalami kemajuan yang cukup pesat. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya permintaan pasar, baik di dalam negeri maupun untuk diekspor ke luar negeri. Peningkatan

kebutuhan akan karbon aktif ini diakibatkan oleh semakin banyaknya aplikasi karbon aktif untuk industri dan berbagai peralatan bantu manusia. Karbon aktif dapat dipergunakan untuk berbagai industri, antara lain yaitu industri obat-obatan, makanan, minuman, pengolahan air (penjernihan air) dan lain-lain. Hampir 70% produk karbon aktif digunakan untuk pemurnian dalam sektor minyak kelapa, farmasi dan kimia. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang ataupun barang tambang. Bahan-bahan tersebut adalah berbagai jenis kayu, sekam padi, batu-bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi. Bila bahan-bahan tersebut dibandingkan, tempurung kelapa merupakan bahan terbaik yang dapat dibuat menjadi karbon aktif karena karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air yang tinggi dan reaktivitas yang tinggi (Pambayun *et al.*, 2013).

Menurut Suhartana (2006), tempurung kelapa bisa dipakai sebagai bahan pembuatan souvenir. Tempurung kelapa disamping dipergunakan untuk pembuatan arang, juga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan arang aktif, yang dapat berfungsi untuk mengadsorpsi gas dan uap. Arang aktif dapat pula digunakan untuk menurunkan kadar kesadahan, kadar besi, dan kadar NaCl dalam air sumur.

Arang aktif atau yang biasa disebut karbon aktif merupakan sejenis adsorben (penjerap) yang berwarna hitam, berbentuk granula, bulat, pelet atau bubuk (Kusnaedi, 2010). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Chereminisoff (1978) dalam Suhartana (2006), komposisi kimia tempurung kelapa adalah seperti berikut: Sellulosa 26,60 %, Lignin 29,40 %, Pentosan 27,70 %, Solvent ekstraktif 4,20 %, Uronat anhidrid 3,50 %, Abu 0,62 %, Nitrogen 0,11 %, dan Air 8,01 % . Menurut Perpamsi (2002), karbon aktif bersifat sangat

aktif dan akan menjerap apa saja yang dikontakkan dengan karbon tersebut. Tetapi dalam waktu 60 jam, biasanya karbon aktif tersebut akan menjadi jenuh dan tidak aktif lagi.

2.4.2 Zeolit

Zeolit pertama kali ditemukan pada tahun 1756 oleh Baron Cronstedt, seorang ahli mineral berkebangsaan Swedia. Kata zeolit berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu “zeo” yang berarti mendidih, dan “litos” yang berarti batuan. Karena pada saat dipanaskan zeolit akan mengeluarkan banyak gelembung sehingga disebut sebagai “batuan mendidih” (Yuliusman 1993 dalam Yanuarta, 2012).

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal. Unit pembentuk utama yang membangun struktur mineral zeolit adalah SiO_2 dan Al_2O_3 yang membentuk tetrahedral dimana setiap atom oksigen berada pada keempat sudutnya. Struktur rangka utama zeolit ditempati oleh atom silikon atau aluminium dengan empat atom oksigen di setiap sudutnya. Struktur seperti ini merupakan sisi aktif zeolit yang menyebabkan zeolit memiliki kemampuan sebagai adsorben (Kundari, 2008 dalam Kristiyani *et al.* 2012).

Zeolit merupakan mineral dari golongan silikat. Berbeda dengan mineral golongan silikat lain seperti feldspar, kuarsa, dan lain-lainnya yang berstruktur masif, struktur mineral zeolit berongga. Struktur ini menyebabkan zeolit mempunyai bobot isi lebih rendah dari mineral silikat lainnya. Dalam proses pembentukannya, unsur silikon yang bervalensi 4 sebagian digantikan oleh unsur aluminium yang bervalensi 3 sehingga terjadi kelebihan muatan negatif. Dengan adanya substitusi tersebut kerangka dasar dalam mineral zeolit adalah aluminium-silikat. Jumlah muatan negatif tersebut dikenal dengan kapasitas tukar kation (KTK). Kelebihan muatan negatif ini kemudian dinetralkan oleh adanya

kation-kation yang umumnya didominasi oleh kalium (K), natrium (Na), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) (Suwardi, 2002).

Zeolit banyak ditemukan dalam batuan Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4^{2-} dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur, Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} . Ikatan Al-O-Si membentuk struktur kristal sedangkan logam alkali atau alkali tanah merupakan sumber kation yang dapat dipertukarkan (Sutarti, 1994 dalam Lestari, 2010). Kerangka struktur tiga dimensi senyawa alumina silikat terdiri atas dua bagian, yaitu bagian netral dan bagian bermuatan. Bagian netral semata-mata dibangun oleh silikon dan oksigen dan jenisnya bervariasi antara SiO_4^{4-} sampai SiO_2 dengan perbandingan Si:O dari 1:4 sampai 1:2. Bagian bermuatan dibangun oleh ion aluminium yang kecil dan oksigen. Dalam bagian ini terjadi penggantian ion pusat silikon bervalensi empat dengan kation aluminium yang bervalensi tiga, sehingga setiap penggantian ion silikon dan ion aluminium memerlukan satu ion logam alkali atau alkali tanah yang monovalen atau setengah ion logam divalen, seperti : Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , dan lain-lain untuk menetralkan muatan listriknya (Lestari, 2010).

Jika dilihat dari asalnya, zeolit terbagi menjadi dua kelompok, yaitu zeolit sintesis dan zeolit alam. Zeolit sintesis dapat dihasilkan dari kristalisasi hidrotermal alkali reaktif berbasis aluminosilikat pada suhu rendah ($<100^\circ\text{C}$) dan akan menghasilkan zeolit dengan rasio Si/Al rendah. Jika ingin mendapatkan zeolit dengan kadar silika tinggi, maka ditambahkan suatu zat organik pada suhu diatas 100°C (Kurniasari, 2010).

Mengingat struktur zeolit alam yang bervariasi serta besarnya kemungkinan impuritas yang ada, maka sebelum digunakan zeolit alam membutuhkan suatu perlakuan awal yang sering disebut sebagai proses aktivasi. Proses aktivasi ini diperlukan untuk meningkatkan sifat khusus zeolit sebagai

adsorben dan menghilangkan unsur pengotor (Rosita dkk., 2004 dalam Kurniasari, 2010). Secara umum, ada tiga proses aktivasi yang bisa dilakukan terhadap zeolit alam, yaitu aktivasi secara fisis dengan pemanasan, aktivasi secara kimia dengan asam dan aktivasi secara kimia dengan basa.

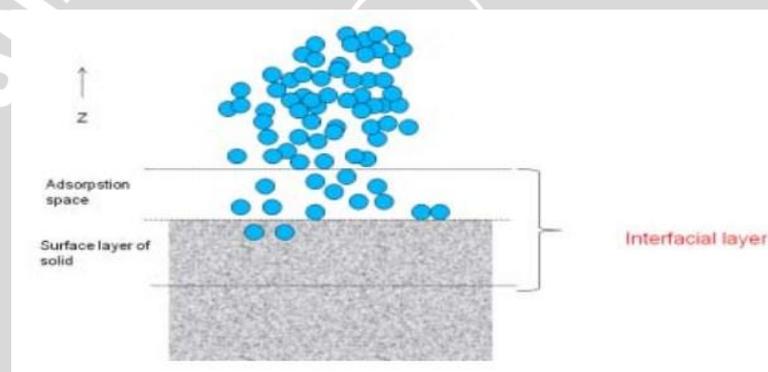
Proses aktivasi dengan panas dapat dilakukan pada suhu antara 200 hingga 400 °C selama beberapa jam (Rosita dkk., 2004 dalam Kurniasari, 2010). Sementara aktivasi dengan basa dapat dilakukan dengan larutan NaOH, dimana penurunan rasio Si/Al akan terjadi pada aktivasi dengan pH tinggi (Jozefaciuk dan Bowanko, 2002 dalam Kurniasari, 2010). Aktivasi zeolit alam Turki dengan menggunakan larutan HCl pada berbagai konsentrasi dan suhu memberikan hasil bahwa aktivasi dengan HCl menyebabkan terjadinya proses dealuminasi zeolit (Ozkan dan Ulku, 2005 dalam Kurniasari, 2010). Dari proses aktivasi zeolit baik secara asam maupun basa, diperoleh hasil bahwa zeolit yang diaktivasi dengan basa akan menjadi lebih polar bila dibandingkan dengan zeolit yang diaktivasi dengan asam (Jozefaciuk dan Bowanko, 2002 dalam Kurniasari, 2010). Perlakuan dengan asam terhadap zeolit juga terbukti akan menyebabkan zeolit menjadi lebih hidrofob sehingga daya adsorpsinya terhadap air akan berkurang (Sumin dkk., 2009 dalam Kurniasari, 2010). Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan maka daya adsorpsi zeolit terhadap uap air menjadi semakin kecil (Ozkan dan Ulku, 2005 dalam Kurniasari, 2010).

2.5 Teori Adsorpsi

2.5.1 Pengertian adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penjerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau

molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan. Adsorpsi dapat terjadi pada antarfasa padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antarmuka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menjerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben. Pada adsorpsi, interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Noviati, 2011). Untuk ilustrasi proses adsorpsi disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Proses Adsorpsi (Asyhar, 2014)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah luas permukaan, jenis adsorbat, konsentrasi adsorbat, suhu, pH, kecepatan pengadukan dan waktu kontak adsorpsi (Noviati, 2011). Adsorpsi diketahui merupakan metode yang paling efisien untuk menghilangkan warna, bau, minyak, dan organik dari air limbah. Karbon aktif menjadi adsorben yang paling banyak dipakai karena kemampuan adsorpsinya yang sangat bagus, tetapi kelemahannya adalah harganya yang mahal (Murti, *et al.*, 2013).

Mekanisme peristiwa adsorpsi dapat diterangkan sebagai berikut. Molekul adsorbat berdifusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben, disebut difusi eksternal. Sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar, tetapi

sebagian besar berdifusi lebih lanjut ke dalam pori-pori adsorben (difusi internal). Jika kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar adsorbat akan teradsorpsi dan terikat pada permukaan. Namun, jika permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh oleh adsorbat, dapat terjadi dua hal, yaitu terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan. Gejala ini disebut adsorpsi multilapisan. Sedangkan gejala yang kedua tidak terbentuk lapisan sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali pada arus fluida (Sihombing 2007, dalam Suligundi 2013).

2.5.2 Jenis-Jenis Adsorpsi

Adsorpsi dibedakan atas adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Suharto, 2011).

1) Adsorpsi fisika

Adsorpsi Fisika terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (Intermolekuler) lebih kecil dari pada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori (Asyhar, 2014).

2) Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan

kovalen/ion. Ikatan yang terbentuk kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditentukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi (Shofa, 2012 *dalam* Asyhar, 2014).

2.5.3 Persamaan isoterm Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben (Mulyana *et al.*, 2003).

Berdasarkan pertimbangan secara rasional, isoterm Langmuir dirumuskan seperti dibawah ini (Metcalf dan Eddy, 2003):

$$\frac{x}{m} = \frac{abCe}{1+bCe} \quad (1)$$

Dimana

- x/m = banyaknya adsorbat yang diadsorb per unit berat dari adsorben, mg adsorbat / g karbon aktif
- a, b = konstanta empiris
- Ce = konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi, mg/l.

Isoterm adsorpsi Langmuir telah dikembangkan dengan asumsi bahwa:

(1) sejumlah bagian adsorbat tetap tersedia pada permukaan adsorben, bagian permukaan tersebut memiliki energi yang sama, dan (2) adsorpsi yang terjadi *reversible* (dua arah). Kesetimbangan terjadi ketika laju adsorpsi molekul-molekul yang masuk ke permukaan sama seperti laju desorpsi molekul-molekul dari permukaan tersebut. Kecepatan proses adsorpsi sebanding dengan daya penggerak, yang merupakan selisih antara banyaknya adsorbat pada konsentrasi tertentu dan jumlah yang dapat diadsorb. Pada konsentrasi

setimbang, selisihnya adalah nol (Metcalf dan Eddy, 2003). Desorpsi adalah proses terlepasnya zat dari karbon aktif karena media telah jenuh (Wardhani *et al.* 2013). Konstanta pada isoterm Langmuir dapat ditentukan dengan memplotkan antara $C_e/(x/m)$ dengan C_e dan menggunakan persamaan (1), ditulis ulang sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 2003) :

$$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$$

Dimana x/m = banyaknya adsorbat yang diadsorb per unit berat dari adsorben, mg adsorbat / g karbon aktif
 a, b = konstanta empiris
 C_e = konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi, mg/l.

2.6 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengukuran terhadap parameter kualitas air ini meliputi parameter utama dan parameter pendukung. Untuk parameter utama yaitu *Chemical Oxygen Demand* (COD) Amonium. Sedangkan parameter pendukungnya meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO).

2.6.1 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam air limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisis BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis. Untuk mengatasinya lebih tepat menggunakan analisis COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-

zat anorganik dan organik. Pemeriksaan COD lebih cepat dibandingkan dengan BOD (Ayuningtyas, 2009). COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990 dalam Hariyadi, 2004). BOD merupakan jumlah oksigen atau gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan (Hariyadi, 2004).

2.6.2 Ammonium (NH_4^+)

Ion ammonium adalah bentuk transisi dari ammonia. Ammonia banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia, serta industri bubur kertas dan kertas (*pulp* dan *paper*). Sumber ammonia diperairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat didalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur (Effendi, 2003).

Limbah cair mengalami proses penguraian bahan-bahan organik yang dilakukan oleh bakteri, dimana dalam prosesnya tersebut akan terbentuk senyawa-senyawa, salah satunya adalah ammonia (NH_3) yang juga turut menyumbangkan bau menyengat pada limbah cair (Roesiani, 2015). Menurut Ginting (2007), ammonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 . Biasanya senyawa ini didapati berupa gas dengan bau tajam yang khas. Walaupun ammonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, ammonia sendiri adalah senyawa yang dapat mengganggu kesehatan. Ammonia dalam air permukaan selain berasal dari air seni dan tinja, juga berasal dari oksidasi zat organik secara mikrobiologi di alam atau air buangan industri dan penduduk.

2.6.3 Suhu

Tingkat adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan adsorpsi akan menurun dengan menurunnya suhu. Tapi jika reaksi-reaksi adsorpsi yang terjadi adalah eksoterm, maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat sejalan dengan menurunnya suhu (Kasam *et. al.*, 2005).

Limbah yang mempunyai suhu panas akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Suhu yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan suhu alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktivitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar daripada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah (Ayuningtyas, 2009).

2.6.4 Derajat keasaman (pH)

Menurut Sugiharto (1987), konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun air limbah. Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. Derajat keasaman (pH) yang baik bagi air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka akan menyebabkan air tersebut asam.

Penjerapan biasanya di pengaruhi oleh konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut berkurang. Bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan penambahan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam (Cookson, 1978).

2.6.5 Oksigen terlarut (DO)

Beban masukan limbah terutama bahan organik apabila masuk kedalam perairan secara terus menerus akan meningkatkan pemakaian oksigen terlarut sehingga daya larut oksigen atau ketersediaan oksigen terlarut dalam air akan menurun (Boyd, 1982).

Keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Kemampuan air untuk mengadakan pemulihan secara alami banyak tergantung pada tersedianya oksigen terlarut. Angka oksigen yang tinggi menunjukkan keadaan air semakin baik. Pada suhu dan tekanan udara alami kandungan oksigen dalam air alami bisa mencapai 8 mg/liter (Ayuningtyas, 2009).



3 MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini berupa karbon aktif tempurung kelapa, zeolit, dan limbah cair dari PT Arthawenasakti Gemilang. Kemudian untuk parameter yang dianalisa yakni parameter fisika dan kimia. Untuk parameter fisika yaitu suhu, dan parameter kimia yaitu derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan Ammonium (NH_4^+).

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran parameter pada penelitian ini dapat di lihat pada lampiran 1.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Menurut Arifin (2006), jika penelitian itu menggunakan metode percobaan di lapangan atau pengujian di laboratorium, metode tersebut dapat dikatakan metode eksperimen. Kemudian menurut Arikunto (2006), eksperimen didefinisikan sebagai suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu.

Penelitian ini dilaksanakan selama 5 hari, menggunakan 2 jenis adsorben (karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit), masing-masing adsorben ada 4 perlakuan dan 1 kontrol. Setiap perlakuan dilakukan 2 kali ulangan. Percobaan ini menggunakan air limbah sebanyak 3 liter setiap toples. Untuk konsentrasi adsorben dari masing-masing perlakuan dibuat berbeda, yakni perlakuan pada

karbon aktif tempurung kelapa 0 g ; 10 g ; 20 g ; 30 g ; dan 40 g, sama halnya untuk perlakuan yang diberikan pada zeolit.

3.4 Sumber Data

3.4.1 Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung pada penelitian. Data primer dalam penelitian ini yakni pengukuran parameter kualitas air limbah meliputi *Chemichal Oxygen Demand* (COD), Ammonium, suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO). Menurut Aedi (2010), data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari sumber data utama. Data primer disebut juga sebagai data asli atau data baru yang memiliki sifat *up to date*. Untuk mendapatkan data primer, peneliti harus mengumpulkannya secara langsung.

3.4.2 Data sekunder

Menurut Aedi (2010), data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti dari berbagai sumber yang telah ada (peneliti sebagai tangan kedua). Data sekunder dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti Biro Pusat Statistik (BPS), buku, laporan, jurnal, dan lain-lain.

Data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh secara langsung. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari jurnal-jurnal yang terkait dengan kualitas air limbah. Selain itu juga diperoleh dari laporan dan buku yang berhubungan dengan adsorpsi.

3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini meliputi dua tahapan, yakni penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan dengan melakukan pengambilan limbah secara langsung pada bak penampungan limbah cair dari PT

Arthawenasakti Gemilang di jalan Kertanegara nomor 85 Karangploso Malang, untuk kemudian diuji karakteristiknya. Penelitian utama, yakni memberikan perlakuan dengan memasukkan karbon aktif tempurung kelapa pada toples-toples percobaan yang telah disiapkan, begitu pula dilakukan pada zeolit aktif. Hal ini dengan menggunakan konsentrasi yang berbeda-beda.

3.5.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini dengan melakukan pengukuran beberapa parameter sesuai karakteristik dari limbah cair yang ada pada PT Arthawenasakti Gemilang. Pengukuran parameter-parameter tersebut meliputi *Chemical Oxygen Demand* (COD), Ammonium, suhu, pH, dan oksigen terlarut.

3.5.2 Penelitian utama

1. Pengaktifan zeolit

Pada penelitian ini menggunakan zeolit alam ukuran 1 cm. Untuk meningkatkan daya adsorp dari zeolit alam tersebut, maka perlu dilakukan aktivasi terlebih dahulu. Pengaktifasian zeolit dalam penelitian ini dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu 200 °C dengan menggunakan oven. Setelah dilakukan pemanasan selama 5 jam maka zeolit pun bisa digunakan untuk penelitian. Menurut Rosita dkk., 2004 dalam Kurniasari (2010), proses aktivasi dengan panas dapat dilakukan pada suhu antara 200° hingga 400° C selama beberapa jam.

Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit pada suhu dan waktu tertentu dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Untuk penelitian yang dipilih adalah perlakuan secara fisis, yaitu zeolit dipanaskan pada suhu 300°C selama 4 – 5 jam (Isyuniarto *et al.*, 2005). Menurut Sutarti (1994) dalam Wahistina *et al.* (2013), air yang terkandung dalam pori zeolit dapat dilepas

dengan pemanasan pada suhu 300° hingga 400° C. Pemanasan pada suhu tersebut air dapat keluar dari pori-pori zeolit sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penjerap gas atau cairan.

Proses aktivasi zeolit dilakukan untuk menghasilkan zeolit dengan sifat-sifat yang diinginkan sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Secara fisika, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-400 °C dengan udara panas atau dengan sistem vakum untuk melepaskan molekul air sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan dengan pencucian zeolit dengan larutan Na₂EDTA atau asam-asam anorganik seperti HF, HCL, dan H₂SO₄ untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori (Zulfa, 2011).

Kemudian untuk karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa berbentuk granular. Karbon aktif ini di peroleh dari salah satu toko bahan-bahan laboratorium di Malang. Begitu pula zeolit alam yang digunakan diperoleh dari toko yang sama.

2. Pemberian karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit

Pada penelitian ini, menyiapkan 20 toples percobaan dan masing-masing di isi dengan air limbah dari PT Arthawenasakti Gemilang sebanyak 3 liter. 8 toples untuk perlakuan dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa dan 8 toples lainnya untuk perlakuan menggunakan zeolit, kemudian 4 toples untuk kontrol yakni tanpa pemberian karbon aktif maupun zeolit. Setelah air limbah siap, karbon aktif dari tempurung kelapa dan zeolit aktif di timbang dengan menggunakan timbangan analitik. Karbon aktif dan zeolit aktif di timbang dengan variasi berat 10 gram, 20 gram, 30 gram, dan 40 gram. Setelah itu di masukkan pada toples-toples percobaan dan dilakukan pengamatan setiap hari. Variasi berat dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Halim *et al*, (2010)

yaitu tentang studi perbandingan adsorpsi zeolit, karbon aktif, dan kombinasi zeolit dengan karbon aktif dalam menyerap ammonia dan COD.

3.6 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini meliputi COD (Chemical Oxygen Demand), ammonium (NH_4^+), suhu, Ph, dan Oksigen terlarut (*Disolved Oxygen*).

3.6.1 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Menurut Blom (1987) prosedur dalam pengukuran COD menggunakan spektrofotometer yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan pemanasan terlebih dahulu pada COD reaktor selama 30 menit.
2. Mengambil 2,5 ml sampel dan dimasukkan kedalam masing-masing tabung COD.
3. Menambahkan 1,5 ml digestion solution (DS) kedalam masing-masing tabung COD.
4. Menambakan 3,5 ml sulfuric acid (SA) dan digerak-gerakkan dengan hati-hati sampai masuk ke dasar dan bercampur dengan sampel maupun digestion solution.
5. Meletakkan tabung dengan hati-hati dan melindungi tangan anda dengan menggunakan sarung tangan, kemudian tutup tabung dengan rapat-rapat serta sambil dibalik-balikan setiap tabung agar larutan tercampur secara sempurna.
6. Diletakkan tabung-tabung tersebut pada blok pemanas dan dibiarkan mendidih sampai 2 jam.
7. Setelah 2 jam diambil tabung-tabung dari blok pemanas dan didinginkan.
8. Membalikkan tabung beberapa kali dan dibiarkan padatan-padatan turun sebelum dilakukan pengukuran dengan absorbansi 600 nm.

3.6.2 Ammonium (NH_4^+)

Menurut SNI (1990), cara menguji kadar ammonium adalah sebagai berikut:

1. Pipet 50 ml benda uji kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 ml.
2. Tambahkan 1 ml larutan Nessler, kocok dan biarkan larutan tersebut bereaksi selama ≥ 10 menit.
3. Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, dibaca dan dicatat serapan masuknya. (panjang gelombang 425 nm).

3.6.3 Suhu

Prosedur pengukuran suhu menurut Kordi dan Tancung (2007) adalah :

1. Mencilupkan thermometer digital ke dalam media penelitian
2. Membiarkan 1-2 menit agar keadaan konstan
3. Mengangkat dan membaca besarnya suhu pada skala thermometer tersebut
4. Hasil

3.6.4 Derajat keasaman (pH)

Menurut Kamco (2015), cara mengukur keasaman suatu perairan dengan menggunakan pH meter tipe *Eco Testr pH 1* yaitu sebagai berikut:

- Mengambil sampel kurang lebih 100 cc dari perairan yang akan di uji ke dalam sebuah gelas, dari kedalaman 5 cm.
- Melepaskan tutup bening pH meter
- Menekan tombol ON/OFF pada pH meter
- Bagian sensor pH meter di masukkan ke dalam air kurang lebih 2 cm air yang di ukur kadar pH nya
- Digerak-gerakkan dan membiarkan nilai yang ditunjukkan stabil. Catat pH yang terbaca.

- Setelah membaca nilai pH, pindahkan pH meter dari air sampel dan membilas dengan air bersih sebelum disimpan.

3.6.5 Oksigen terlarut (DO)

Menurut Lind (1997), oksigen terlarut (DO) dapat diukur dengan menggunakan Oksigen Meter atau DO meter. Adapun cara kerjanya adalah sebagai berikut:

1. mengkalibrasi ujung DO meter dengan aquades
2. menyalakan tombol "ON" pada DO meter dan tekan tombol "MODE"
3. dimasukkan ke air sampel sampai angka pada DO meter stabil
4. hasil pengukuran dicatat dalam satuan mg/l
5. dikalibrasi ujung DO meter dengan aquades sebelum di kembalikan ke tempat semula.

3.7 Analisa Data

Pada penelitian ini untuk mengetahui daya adsorpsi oleh karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit menggunakan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir. Persamaan isoterm Langmuir dirumuskan seperti dibawah ini (Metcalf dan Eddy, 2003):

$$\frac{x}{m} = \frac{abCe}{1+bCe} \quad (1)$$

dimana x/m = banyaknya adsorbat yang diadsorb per unit berat dari adsorben, mg adsorbat / g karbon aktif

a, b = konstanta empiris

C_e = konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi, mg/l

Konstanta pada isoterm Langmuir dapat ditentukan dengan memplotkan antara $C_e/(x/m)$ dengan C_e dan menggunakan persamaan (1), apabila ditulis ulang sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 2003) :

$$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$$

- Dimana :
- C_e = konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi, mg/l
 - x/m = banyaknya adsorbat yang diadsorb per unit berat dari adsorben mg adsorbat / g karbon aktif
 - a, b = konstanta empiris

Pada penelitian ini dalam menganalisa data yakni dengan menghitung harga x/m dan $C_e/(x/m)$ diambil dari penjerapan bahan organik oleh karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit mulai dari hari pertama sampai hari kelima. Dengan diketahuinya C_0 dan C_e maka C_0-C_e dapat dihitung, begitu pula x/m dan $C_e/(x/m)$. Dengan membuat tabel data pengamatan seperti pada tabel 1 maka dapat dilakukan pemetaan grafik menggunakan excel dengan memplotkan harga $C_e/(x/m)$ versus C_e .

Tabel 1. Contoh tabel analisa data (Metcalf dan Eddy, 2003)

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)			m (g)	x/m (mg/g)	Ce/(x/m)
C ₀	C _e	C ₀ – C _e			

$$x/m = \frac{(C_0 - C_e) V}{m}$$

- dimana :
- C_0 = kadar organik mula-mula, mg/l
 - C_e = konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat dalam larutan

setelah adsorpsi, mg/l

$C_0 - C_e$ = residu organik, mg/l

m = berat dari adsorben, g

x/m = banyaknya adsorbat yang diadsorb per unit berat dari adsorben, mg adsorbat / g karbon aktif

V = volume air limbah yang digunakan (l)

Pembuatan grafik dalam penelitian ini menggunakan software *Microsoft Excel* 2010. Menurut Sembodo (2005) dalam Anita *et al.* (2015) untuk menentukan daya jerap optimum diperoleh dari persamaan isoterm Langmuir dihitung dengan mengetahui harga x/m dan $C_e/(x/m)$. Selanjutnya dilakukan pemetaan grafik menggunakan *Microsoft Excel* dengan memplotkan harga $C_e/(x/m)$ versus C_e untuk mendapatkan persamaan Langmuir. Untuk persamaan Isoterm Langmuir didapat dari hasil plot antara C_e (konsentrasi akhir larutan sampel) sebagai sumbu x dan $C_e/(x/m)$ sebagai sumbu y.

Setelah memplotkan C_e dan $C_e/(x/m)$ dan diperoleh grafik beserta persamaan Langmuir, maka daya adsorpsi dari karbon aktif maupun zeolit dapat diketahui. Menurut Handayani dan Eko (2009) dengan membuat grafik $C_e/(x/m)$ terhadap C_e akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/ab$ dan kemiringan $(1/a)$, sehingga nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorpsi. Menurut Halim *et al.* (2010) koefisien a menggambarkan kapasitas adsorpsi secara maksimum dalam mg/g, dan b adalah konstanta Langmuir dalam l/mg.

Pembuatan grafik dilakukan yaitu di hari pertama sampai dengan hari kelima. Hal ini untuk mengetahui besarnya penjerapan dari kedua adsorben setiap hari selama 5 hari. Setelah diketahui koefisien a dan b selama 5 hari, kemudian di rata-rata. Nilai rata-rata dari koefisien a dan b yang diperoleh

menunjukkan daya jerap dari adsorben terhadap adsorbat dalam larutan. Setelah diketahuinya nilai rata-rata dari koefisien a , dilanjutkan dengan uji t untuk mengetahui perbedaan daya adsorpsi dari karbon aktif tempurung kelapa maupun zeolit.

Sebelum melakukan uji t, dilakukan uji f terlebih dahulu dengan rumus s^2_1/s^2_2 , dimana s^2_1 adalah varians dari data 1 dan s^2_2 adalah varians dari data 2.

Rumus untuk menghitung S^2 (varians) yaitu sebagai berikut (Sudjana, 2001) :

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

dimana : s^2 = varians sampel

n = jumlah sampel

x_i = data ke- i

\bar{x} = rata-rata dari populasi

dari rumus tersebut, varians s^2 dihitung sebagai berikut:

1. dihitung rata-rata \bar{x}
2. menentukan selisih $x_1 - \bar{x}$, $x_2 - \bar{x}$, ..., $x_n - \bar{x}$
3. menentukan kuadrat selisih tersebut, yakni $(x_1 - \bar{x})^2$, $(x_2 - \bar{x})^2$, ..., $(x_n - \bar{x})^2$,
4. kemudian kuadrat-kuadrat tersebut dijumlahkan
jumlah dari kuadrat tersebut dibagi oleh $(n-1)$.

Setelah diketahui nilai s^2 (varians) dari karbon aktif dan zeolit, dilanjutkan dengan uji kesamaan dua rata-rata (uji dua arah). Sudjana (2001) menyatakan, misalkan terdapat dua populasi normal masing-masing dengan rata-rata μ_1 dan μ_2 sedangkan simpangan bakunya σ_1 dan σ_2 . Pada populasi kesatu diambil sebuah sampel acak berukuran n_1 sedangkan pada populasi kedua sebuah sampel acak berukuran n_2 . Dari kedua sampel ini berturut-turut didapat \bar{x}_1 dan

\bar{x}_2 s_2 . Akan diuji tentang rata-rata μ_1 dan μ_2 . Pasangan hipotesis nol dan tandingannya yang akan di uji adalah:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \\ H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \end{array} \right\}$$

Untuk itu dibedakan hal-hal berikut:

- 1) $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ tetapi σ tidak diketahui

Jika H_0 benar dan $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ sedangkan σ tidak diketahui harganya, statistik yang digunakan adalah:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s^2 \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

dimana : s^2 =varians sampel
 n = jumlah sampel
 \bar{x} = rata-rata dari populasi

Menurut teori distribusi sampling statistik t diatas berdistribusi Student dengan $dk = n_1 + n_2 - 2$. Kriteria pengujian adalah:

terima H_0 jika $-t_{1-\frac{1}{2}\alpha} < t < t_{1-\frac{1}{2}\alpha}$, dimana $t_{1-\frac{1}{2}\alpha}$ didapat dari daftar distribusi t

dengan derajat kebebasan (dk) = $n_1 + n_2 - 2$ dan peluang $1 - \frac{1}{2}\alpha$.

- 2) $\sigma_1 \neq \sigma_2$ dan kedua-duanya tidak diketahui

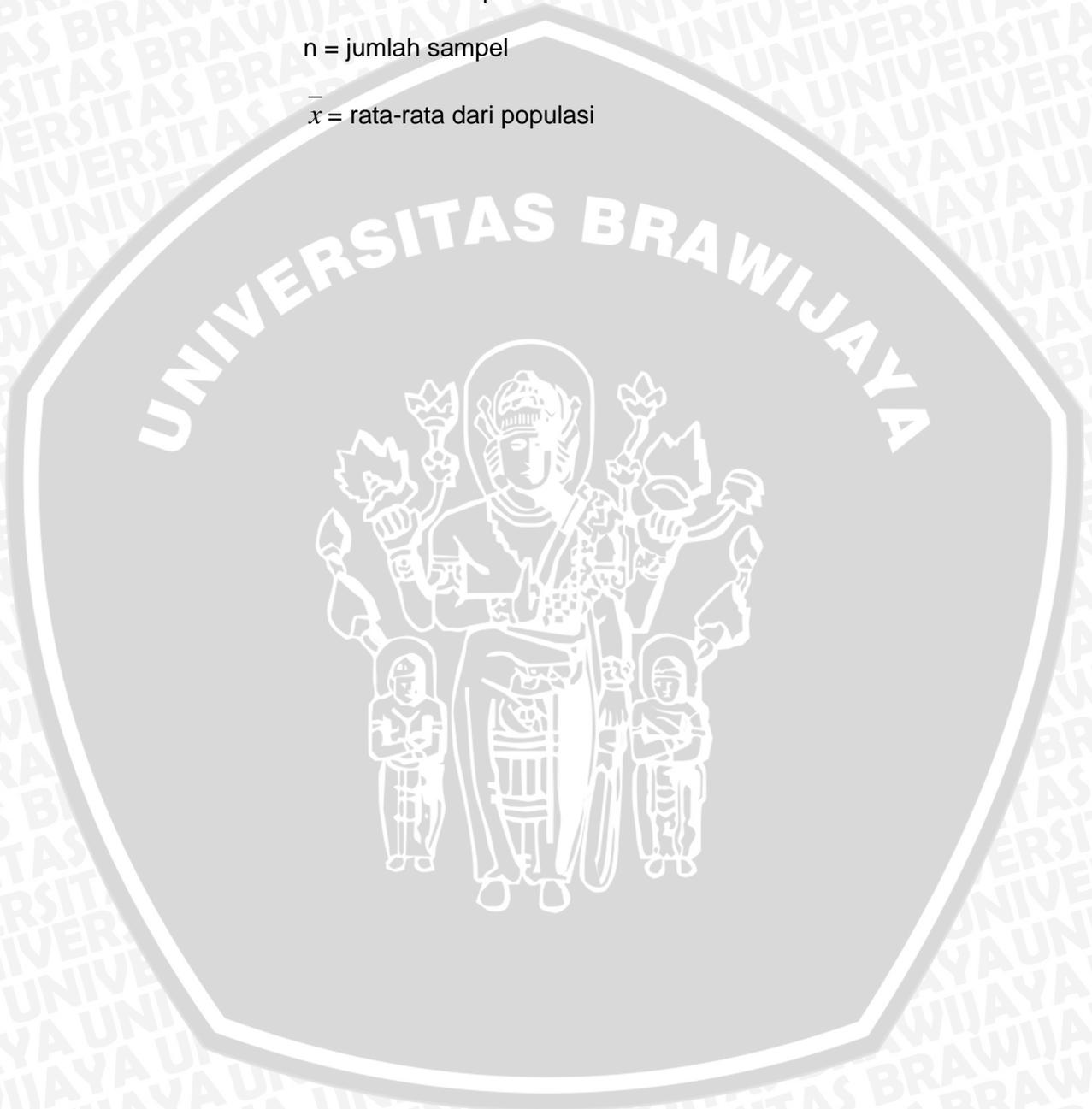
Jika kedua simpangan baku tidak sama tetapi kedua populasi berdistribusi normal, yaitu dengan menggunakan statistik t sebagai berikut:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

dimana : s^2 = varians sampel

n = jumlah sampel

\bar{x} = rata-rata dari populasi



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang sebelum dan sesudah digunakan penelitian

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini yakni diambil dari bak penampungan limbah di IPAL PT Arthawenasakti Gemilang, Jalan Kertanegara nomor 10 Karangploso Malang. Limbah cair tersebut merupakan hasil dari buangan lateks dan buangan printing dalam produksi pembuatan kaleng. Untuk pengukuran parameter kualitas air sebelum penelitian (uji pendahuluan) diperoleh hasil untuk suhu 27,5 °C, derajat keasaman (pH) 7,41, oksigen terlarut (DO) 1,89 mg/l. Hasil uji parameter kualitas air utama pada limbah PT Arthawenasakti Gemilang yaitu sebagai berikut:

Chemical Oxygen Demand (COD) : 776 mg/l

Ammonium : 3,31 mg/l

Secara fisik limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang berwarna coklat keputih-putihan serta berbau (lampiran 2). Kemudian setelah penelitian selama 5 hari terjadi pengendapan partikel di bagian dasar toples dan filtrat dari limbah tersebut berwarna putih agak bening, baik pada perlakuan zeolit maupun karbon aktif. Selain itu bau yang dikeluarkan dari limbah cair tersebut tidak seberapa menyengat dibandingkan hari sebelumnya.

4.2 Kondisi Karbon aktif dan Zeolit sebelum dan sesudah digunakan penelitian

Sebelum penelitian keadaan karbon aktif berwarna hitam cerah dan masih kering. Kemudian setelah dikontakkan dengan limbah selama 5 hari masih tetap berwarna hitam dan lembab. Untuk keadaan zeolit sebelum penelitian berwarna putih, dan setelah dilakukan pengaktifan, warna dari zeolit lebih cerah (lampiran 2) dan beratnya lebih ringan dibandingkan sebelum dilakukan pengaktifan.

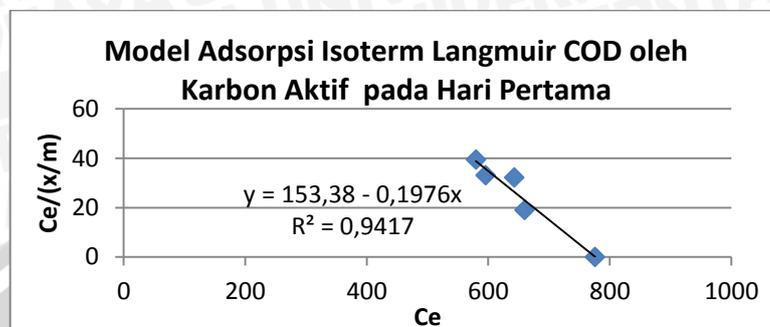
Kemudian setelah dikontakkan dengan limbah selama 5 hari, warna zeolit menjadi coklat pucat.

4.3 Adsorpsi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan menggunakan Karbon Aktif

Setelah diberikan perlakuan karbon aktif selama 5 hari, kemudian dilakukan pengujian parameter utama. Parameter tersebut adalah COD dan Ammonium. Untuk mengetahui karakteristik adsorpsi COD oleh karbon aktif tempurung kelapa dapat dibuat grafik dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir. Setelah di plotkan antara C_e dengan $C_e/(x/m)$ maka di peroleh sebuah grafik. Pembuatan grafik dalam penelitian ini menggunakan software *Microsoft Excel* 2010. Menurut Sembodo (2005) dalam Anita *et al.* (2015) untuk menentukan daya jerap optimum diperoleh dari persamaan isoterm Langmuir dihitung dengan mengetahui harga x/m dan $C_e/(x/m)$. Selanjutnya dilakukan pemetaan grafik menggunakan *Microsoft Excel* dengan memplotkan harga $C_e/(x/m)$ versus C_e untuk mendapatkan persamaan Langmuir. Untuk persamaan Isoterm Langmuir didapat dari hasil plot antara C_e (konsentrasi akhir larutan sampel) sebagai sumbu x dan $C_e/(x/m)$ sebagai sumbu y.

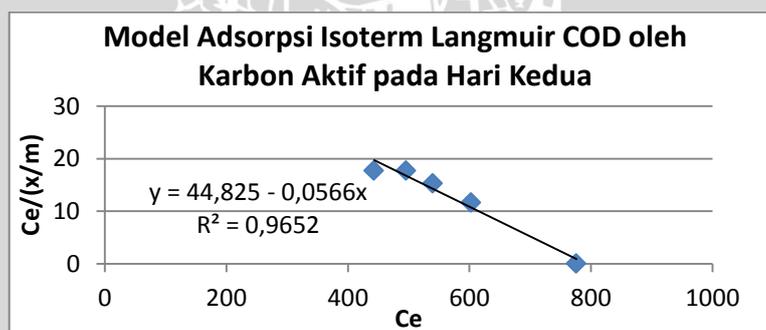
Setelah dilakukan regresi dengan memplotkan C_e terhadap $C_e/(x/m)$ dapat ditarik garis lurus, sehingga diperoleh koefisien a dan b . Koefisien a dan b ini ditentukan dari *intercept* dan *slope* pada persamaan Langmuir. Menurut Halim *et al.* (2010) koefisien a menggambarkan kapasitas adsorpsi secara maksimum dalam mg/g, dan b adalah konstanta Langmuir dalam l/mg. Menurut Abuzar *et al.* (2014) nilai konstanta a merupakan kapasitas COD yang teradsorpsi secara maksimum pada adsorben, dan b merupakan konstanta yang berkaitan dengan kemampuan penjerapan.

Grafik adsorpsi isoterm COD oleh karbon aktif tempurung kelapa selama 5 hari dapat dilihat pada gambar 2 sampai gambar 6. Kemudian untuk perhitungan lengkapnya terdapat pada lampiran 3.



Gambar 2. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Karbon Aktif pada Hari Pertama

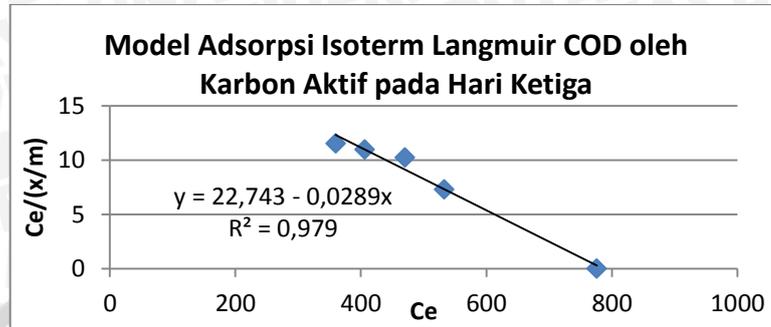
Berdasarkan gambar 2 diatas telah diketahui nilai intercept (a) 153,38 dan slope (b) (-0,1976). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 5,0607, koefisien b diketahui sebesar 0,0013. Kemudian untuk grafik pada hari kedua disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Karbon Aktif pada Hari Kedua

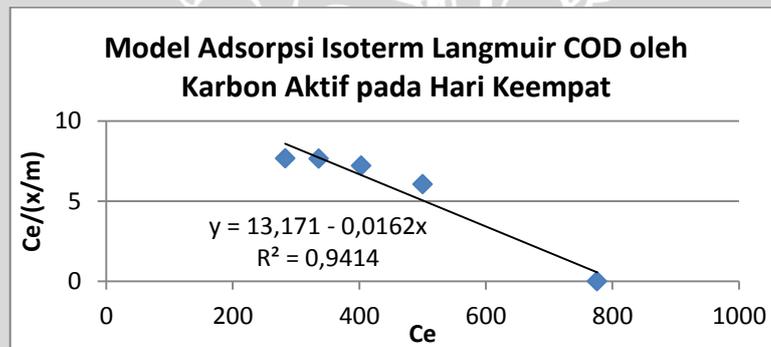
Berdasarkan gambar 3 diatas telah diketahui nilai intercept (a) 44,825 dan slope (b) (-0,0566). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar

17,6678, koefisien b diketahui sebesar 0,0013. Kemudian untuk grafik pada hari ketiga disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Karbon Aktif pada Hari Ketiga

Berdasarkan gambar 4 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 22,743 dan *slope* (b) (-0,0289). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 34,6021, koefisien b diketahui sebesar 0,0013. Kemudian untuk grafik pada hari keempat disajikan pada gambar 5.

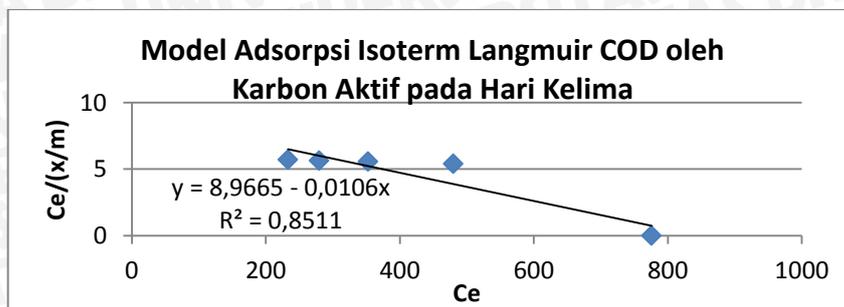


Gambar 5. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Karbon Aktif pada Hari Keempat

Berdasarkan gambar 5 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 13,171 dan *slope* (b) (-0,0162). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir

$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar

61,7284 dan koefisien b diketahui sebesar 0.0012. Kemudian untuk grafik pada hari kelima disajikan pada gambar 6.



Gambar 6. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Karbon Aktif pada Hari Kelima

Berdasarkan gambar 6 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 8,9665 dan *slope* (b) (-0,0106). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 94,3396 dan koefisien b diketahui sebesar 0,0012. Secara keseluruhan mulai hari pertama sampai hari kelima rata-rata koefisien a dan b disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Koefisien Isoterm Adsorpsi Langmuir dalam penjerapan COD oleh karbon aktif

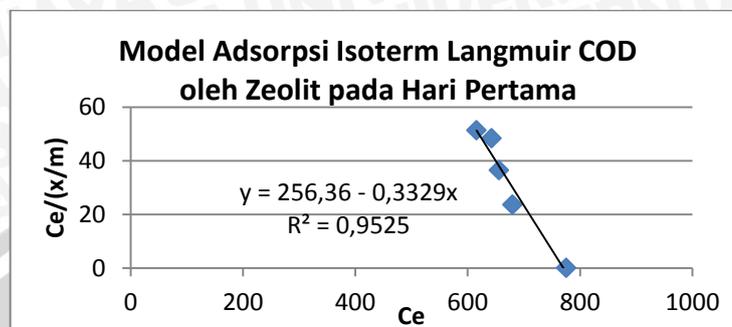
Hari	Koefisien isoterm	
	a (daya adsorpsi maksimum, mg/g)	b (konstanta Langmuir, l/mg)
1	5,0607	0,0013
2	17,6678	0,0013
3	34,6021	0,0013
4	61,7284	0,0012
5	94,3396	0,0012
Rata-rata	42,6797	0,0013

Berdasarkan tabel 2 di atas diketahui bahwa selama 5 hari rata-rata koefisien a sebesar 42,6797 mg/g dan nilai konstanta b yaitu 0,0013 l/mg. Pada penelitian Halim *et al.* (2010) diperoleh hasil bahwa daya adsorpsi (a) pada karbon aktif tempurung kelapa dalam penjerapan COD air lindi yaitu sebesar 37,88 mg/g. Nilai koefisien a pada penelitian ini tergolong cukup tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Halim *et al.* Hal ini disebabkan karbon aktif tempurung kelapa memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap bahan organik. Menurut Halim *et al.* (2010), karbon aktif sangat efektif untuk penghilangan COD. Tingkat kelebaran ukuran pori dan luas permukaan yang hidrofobik mempunyai keunggulan untuk karbon aktif dalam mengadsorpsi polutan organik. Menurut Weber (1981) dalam Rosyida (2011), karbon aktif yang sudah diaktifkan maka pori-porinya akan terbuka dan permukaannya bertambah luas (sekitar 300-2000 m²/g). Permukaan karbon aktif yang luas ini, daya adsorpsinya terhadap cairan dan gas semakin tinggi. Molekul yang berukuran kecil mudah terjepit pada karbon aktif.

4.4 Adsorpsi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan menggunakan Zeolit

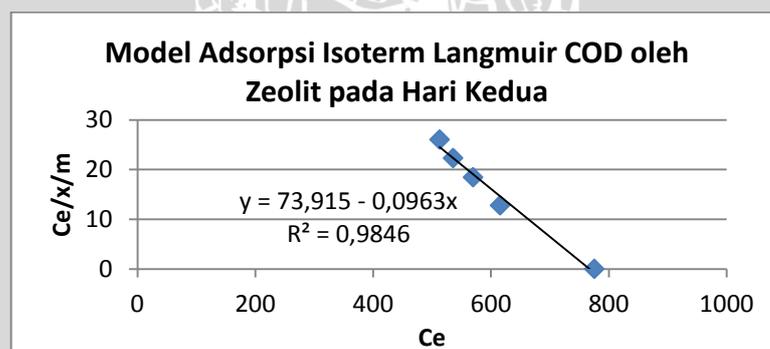
Untuk mengetahui karakteristik adsorpsi COD oleh zeolit sama halnya pada karbon aktif tempurung kelapa. Grafik dibuat dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir. Dengan melakukan regresi yaitu dengan memplotkan C_e terhadap $C_e/(x/m)$ menggunakan software *Microsoft Excel* 2010 lalu dapat ditarik garis lurus, sehingga diperoleh koefisien a dan b . Koefisien a dan b ini ditentukan dari *intercept* dan *slope* pada persamaan Langmuir. Menurut Halim *et al.* (2010) koefisien a menggambarkan kapasitas adsorpsi secara maksimum dalam mg/g, dan b adalah konstanta Langmuir dalam l/mg.

Grafik adsorpsi isoterm COD oleh zeolit selama 5 hari dapat dilihat pada gambar 7 sampai gambar 11. Kemudian untuk perhitungan lengkapnya terdapat pada lampiran 4. Berikut grafik adsorpsi isoterm COD oleh zeolit.



Gambar 7. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Zeolit pada Hari Pertama

Berdasarkan gambar 7 di atas telah diketahui nilai *intercept* (a) (256,36) dan *slope* (b) (-0,3329). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 3,0039 dan koefisien b diketahui sebesar 0,0013. Kemudian untuk grafik pada hari kedua disajikan pada gambar 8.

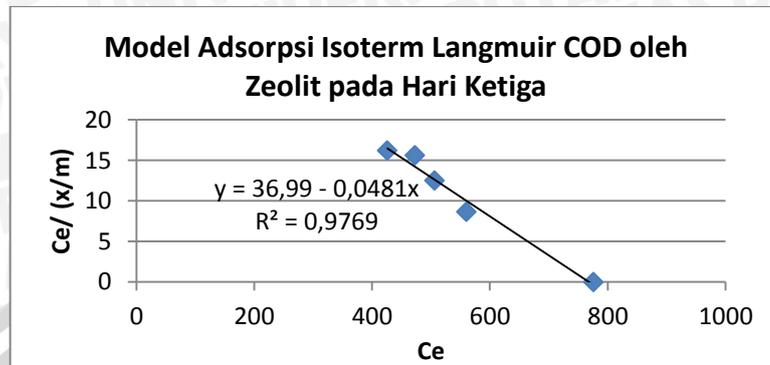


Gambar 8. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Zeolit pada Hari Kedua

Berdasarkan gambar 8 di atas telah diketahui nilai *intercept* (a) 73,915 dan *slope* (b) (-0,0963). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir

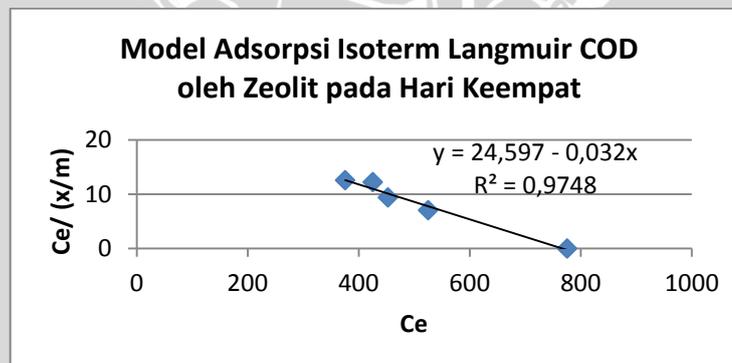
$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar

10,3842 dan koefisien b diketahui sebesar 0.0013. Kemudian untuk grafik pada hari ketiga disajikan pada gambar 9.



Gambar 9. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Zeolit pada Hari Ketiga

Berdasarkan gambar 9 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 36,99 dan *slope* (b) (-0.0481). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 20,79 dan koefisien b diketahui sebesar 0.0013. Kemudian untuk grafik pada hari keempat disajikan pada gambar 10.

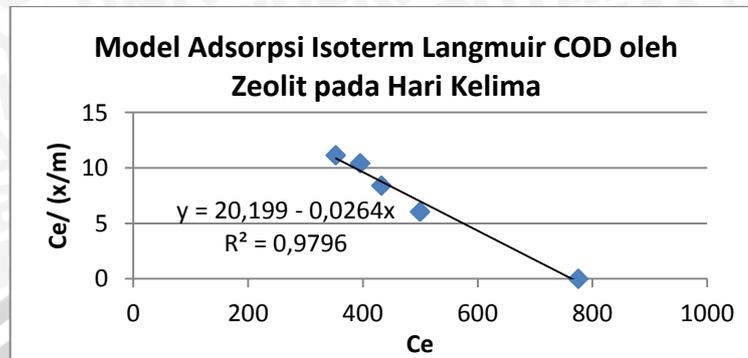


Gambar 10. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Zeolit pada Hari Keempat

Berdasarkan gambar 9 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 24,597 dan *slope* (b) (-0.032). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir

$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar

31,25 dan koefisien b diketahui sebesar 0.0013. Kemudian untuk grafik pada hari kelima disajikan pada gambar 11.



Gambar 11. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Zeolit hari Kelima

Berdasarkan gambar 11 di atas telah diketahui nilai *intercept* (a) 20,199 dan *slope* (b) (-0,0264). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 37,8788 dan koefisien b diketahui sebesar 0,0013. Secara keseluruhan, mulai hari pertama sampai hari kelima rata-rata koefisien a dan b disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata koefisien isoterm adsorpsi Langmuir dalam penjerapan COD oleh zeolit

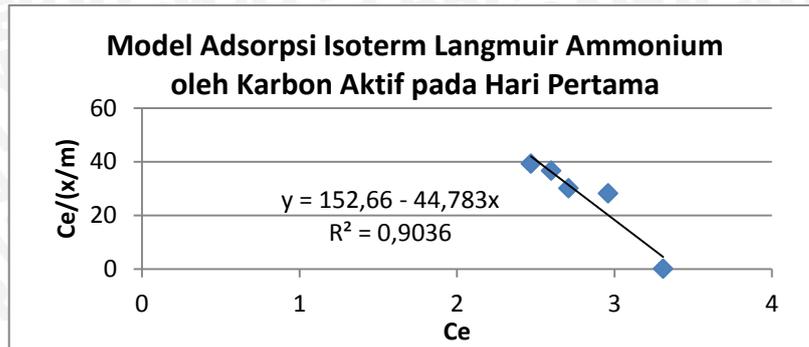
Hari	Koefisien isoterm	
	Langmuir	Langmuir
	a (daya adsorpsi maksimum, mg/g)	b (konstanta Langmuir, l/mg)
1	3,0039	0,0013
2	10,3842	0,0013
3	20,79	0,0013
4	31,25	0,0013
5	37,8788	0,0013
Rata-rata	20,6614	0,0013

Berdasarkan tabel 3 diatas diketahui bahwa selama 5 hari rata-rata adsorpsi COD oleh zeolit memiliki koefisien a sebesar 20,6614 mg/g dan nilai konstanta b yaitu 0,0013 l/mg. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Halim *et al.*, zeolit memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 2,3458 mg/g untuk menyerap COD, dalam penelitian ini diperoleh hasil yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penelitian ini terjadi penyerapan COD oleh zeolit yang lebih besar. Penyerapan zeolit ini tidak lepas dari sifat zeolit yang memiliki kemampuan dalam pertukaran ion. Menurut Silaban *et al.*, (2012) dalam Lestari *et al.* (2015), ion yang menempel pada permukaan zeolit ditukar dengan ion lain yang berada dalam air, sehingga terjadinya tarik menarik antara permukaan zeolit bermuatan dengan molekul-molekul bersifat polar.

4.5 Adsorpsi Ammonium dengan menggunakan Karbon Aktif

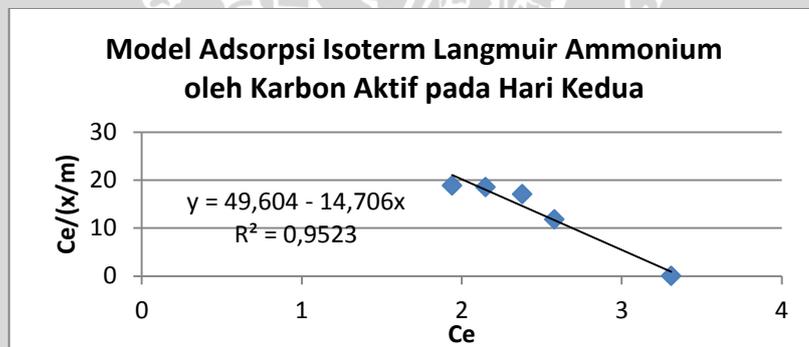
Untuk mengetahui karakteristik adsorpsi ammonium oleh karbon aktif tempurung kelapa sama halnya pada adsorpsi COD menggunakan zeolit maupun karbon aktif. Grafik dibuat dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir. Dengan melakukan regresi yaitu dengan memplotkan C_e terhadap $C_e/(x/m)$ menggunakan software *Microsoft Excel* 2010 lalu dapat ditarik garis lurus, sehingga diperoleh koefisien a dan b . Koefisien a dan b ini ditentukan dari *intercept* dan *slope* pada persamaan Langmuir. Menurut Halim *et al.* (2010) koefisien a menggambarkan kapasitas adsorpsi secara maksimum dalam mg/g, dan b adalah konstanta Langmuir dalam l/mg.

Grafik adsorpsi isoterm ammonium oleh karbon aktif selama 5 hari dapat dilihat pada gambar 12 sampai gambar 16. Kemudian untuk perhitungan lengkapnya terdapat pada lampiran 5. Berikut grafik adsorpsi isoterm ammonium oleh karbon aktif tempurung kelapa.



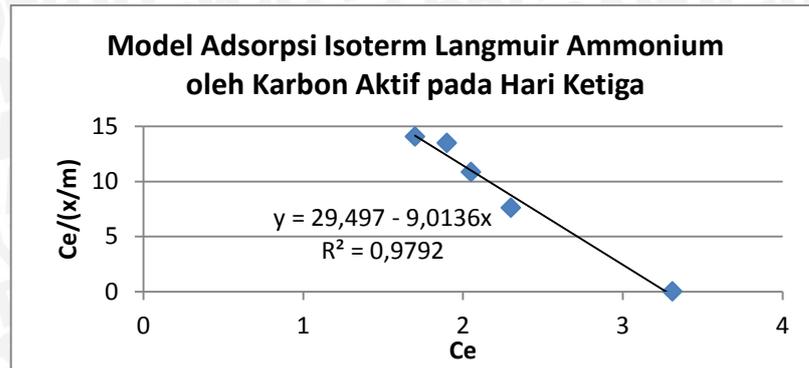
Gambar 12. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Karbon Aktif pada Hari Pertama

Berdasarkan gambar 12 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 152,66 dan *slope* (b) (-44,783). Kemudian untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien *a* diketahui sebesar 0,0223 dan koefisien *b* diketahui sebesar 0,2937. Kemudian untuk grafik pada hari kedua disajikan pada gambar 13.



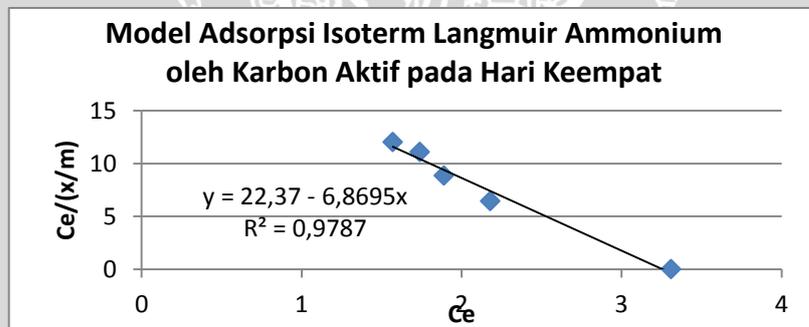
Gambar 13. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Karbon Aktif pada Hari Kedua

Berdasarkan gambar 13 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 49,604 dan *slope* (b) (-14,706). Kemudian untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien *a* diketahui sebesar 0,0680 dan koefisien *b* diketahui sebesar 0,2965. Kemudian untuk grafik pada hari ketiga disajikan pada gambar 14.



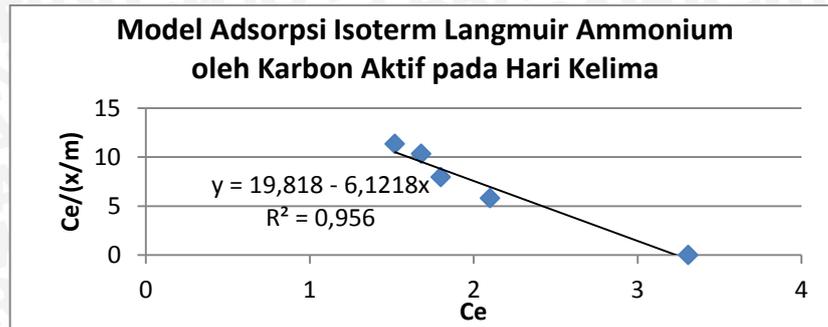
Gambar 14. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Karbon Aktif pada Hari Ketiga

Berdasarkan gambar 14 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 29,497 dan *slope* (b) (-9,0136). Kemudian untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien *a* diketahui sebesar 0,1109 dan koefisien *b* diketahui sebesar 0,3056. Kemudian untuk grafik pada hari keempat disajikan pada gambar 15.



Gambar 15. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Karbon Aktif pada Hari Keempat

Berdasarkan gambar 15 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 22,37 dan *slope* (b) (-6,8695). Kemudian untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien *a* diketahui sebesar 0,1456 dan koefisien *b* diketahui sebesar 0,3071. Kemudian untuk grafik pada hari kelima disajikan pada gambar 16.



Gambar 16. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Karbon Aktif pada Hari Kelima

Berdasarkan gambar 16 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 19,818 dan *slope* (b) (-6,1218). Kemudian untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien *a* diketahui sebesar 0,1634 dan koefisien *b* diketahui sebesar 0.3089. Secara keseluruhan, mulai hari pertama sampai hari kelima rata-rata koefisien *a* dan *b* disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata koefisien isoterm adsorpsi Langmuir dalam penjerapan Ammonium oleh karbon aktif

Hari	Koefisien isoterm	
	<i>a</i> Langmuir (daya adsorpsi maksimum, mg/g)	<i>b</i> (konstanta Langmuir, l/mg)
1	0,0223	0,2937
2	0,0680	0,2965
3	0,1109	0,3056
4	0,1456	0,3071
5	0,1634	0,3089
Rata-rata	0,1020	0,3023

Berdasarkan tabel 4 diatas diketahui bahwa selama 5 hari rata-rata adsorpsi ammonium oleh karbon aktif memiliki koefisien *a* sebesar 0,1020 mg/g dan nilai konstanta *b* yaitu 0,3023 l/mg. Menurut Halim *et al.* (2010), karbon aktif

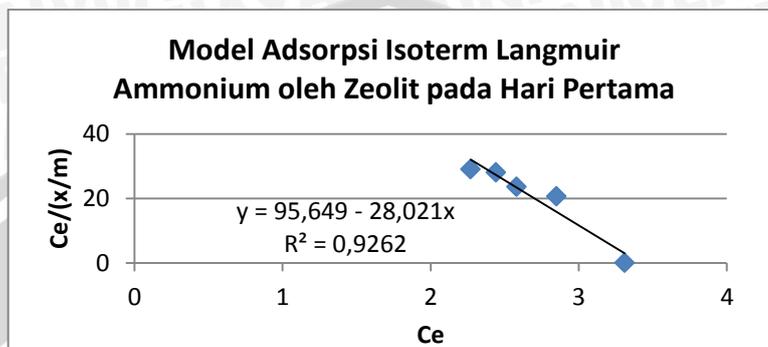
tidak memiliki kapasitas adsorpsi yang cukup baik untuk menyerap ammonium, karena pada umumnya karbon aktif memiliki permukaan non polar, kekurangan dari penggunaan karbon aktif dalam proses adsorpsi yaitu memiliki interaksi yang lemah dengan adsorbat polar.

Rendahnya daya adsorpsi pada karbon aktif ini mengindikasikan bahwa karbon aktif memiliki kemampuan yang lemah dalam menyerap ammonium, maka sebaiknya diperlukan suatu pengolahan tambahan sebelum proses pengolahan dengan karbon aktif, yaitu pengolahan secara biologis. Menurut Metcalf dan Eddy (2003), pengolahan limbah dengan menggunakan karbon aktif biasanya dilakukan pada air limbah yang sudah menerima pengolahan secara biologis. Menurut Sugiharto (1987), pengolahan air limbah dengan menggunakan karbon aktif biasanya dipergunakan untuk mengurangi kadar dari benda-benda organik terlarut yang ada. Disamping ini dari pengontakan karbon dengan air maka benda-benda partikel juga bisa ikut dihilangkan, proses ini biasanya dipergunakan untuk melengkapi proses pengolahan secara biologis dari limbah industri yang mana proses biologisnya tidak lengkap.

4.6 Adsorpsi Ammonium dengan menggunakan Zeolit

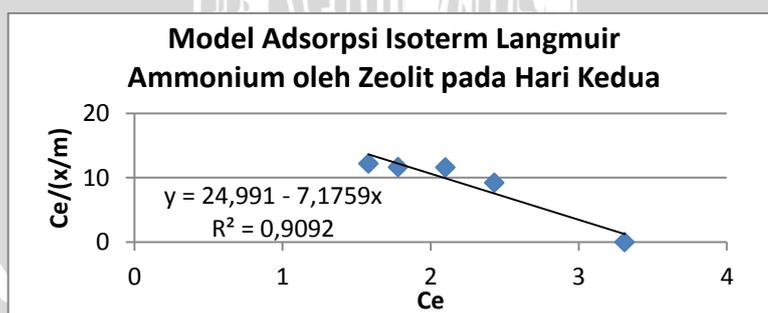
Untuk mengetahui karakteristik adsorpsi ammonium oleh Zeolit sama halnya pada adsorpsi ammonium menggunakan karbon aktif. Grafik dibuat dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir. Dengan melakukan regresi yaitu dengan memplotkan C_e terhadap $C_e/(x/m)$ menggunakan software *Microsoft Excel* 2010 lalu dapat ditarik garis lurus, sehingga diperoleh koefisien a dan b . Koefisien a dan b ini ditentukan dari *intercept* dan *slope* pada persamaan Langmuir. Menurut Halim *et al.* (2010) koefisien a menggambarkan kapasitas adsorpsi secara maksimum dalam mg/g, dan b adalah konstanta Langmuir dalam l/mg.

Grafik adsorpsi isoterm ammonium oleh karbon aktif selama 5 hari dapat dilihat pada gambar 17 sampai gambar 21. Kemudian untuk perhitungan lengkapnya terdapat pada lampiran 6. Berikut grafik adsorpsi isoterm ammonium oleh zeolit.



Gambar 17. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Zeolit pada Hari Pertama

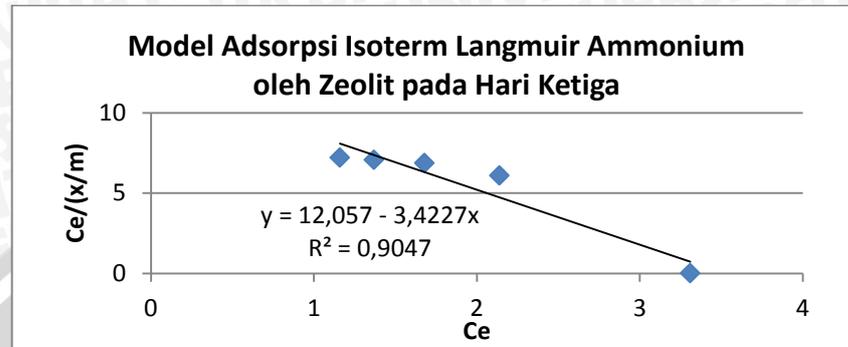
Berdasarkan gambar 17 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 95,649 dan *slope* (b) (-28,021). Kemudian untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien *a* diketahui sebesar 0,0357 dan koefisien *b* diketahui sebesar 0,2927. Kemudian untuk grafik pada hari kelima disajikan pada gambar 18.



Gambar 18. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Zeolit pada Hari Kedua

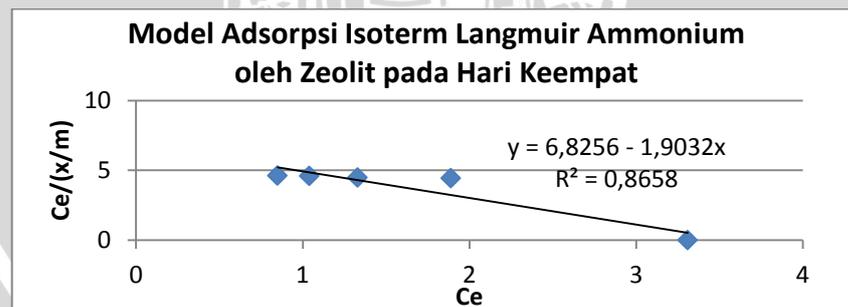
Berdasarkan gambar 18 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 24,991 dan *slope* (b) (-7,1759). Kemudian untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$,

yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 0,1394 dan koefisien b diketahui sebesar 0,2871. Kemudian untuk grafik pada hari ketiga disajikan pada gambar 19.



Gambar 19. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Zeolit pada Hari Ketiga

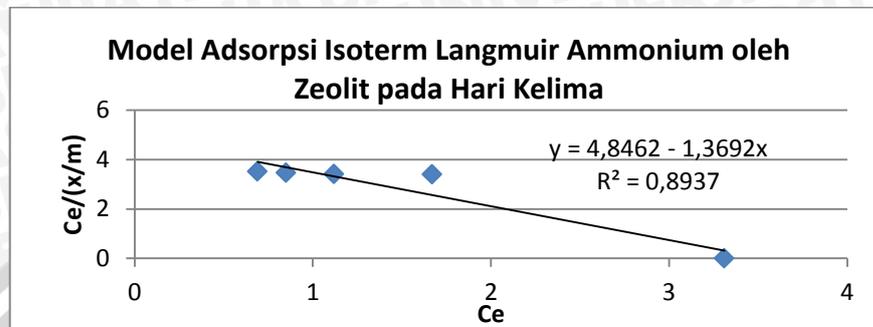
Berdasarkan gambar 19 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 12,057 dan *slope* (b) (-3,4227). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 0,2922 dan koefisien b diketahui sebesar 0,2839. Kemudian untuk grafik pada hari keempat disajikan pada gambar 20.



Gambar 20. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Zeolit pada Hari Keempat

Berdasarkan gambar 20 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 6,8256 dan *slope* (b) (-1,9032). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}Ce$,

yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 0,5254 dan koefisien b diketahui sebesar 0,2788. Kemudian untuk grafik pada hari kelima disajikan pada gambar 21.



Gambar 21. Model Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Zeolit pada Hari Kelima

Berdasarkan gambar 21 diatas telah diketahui nilai *intercept* (a) 4,8462 dan *slope* (b) (-1,3692). Kemudian untuk mengetahui koefisien a dan b dimasukkan terlebih dahulu dalam persamaan rumus Langmuir $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e$, yakni untuk $b = \frac{1}{a}$; $a = \frac{1}{ab}$. Untuk koefisien a diketahui sebesar 0,7304 dan koefisien b diketahui sebesar 0,2829. Secara keseluruhan, mulai hari pertama sampai hari kelima rata-rata koefisien a dan b disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata koefisien isoterm adsorpsi Langmuir dalam penjerapan Ammonium oleh zeolit

Hari	Koefisien isoterm	
	a Langmuir (daya adsorpsi maksimum, mg/g)	b (konstanta Langmuir, l/mg)
1	0,0357	0,2927
2	0,1394	0,2871
3	0,2922	0,2839
4	0,5254	0,2788
5	0,7304	0,2829
Rata-rata	0,3446	0,2851

Berdasarkan tabel 5 di atas diketahui bahwa selama 5 hari, rata-rata adsorpsi ammonium oleh zeolit memiliki koefisien a sebesar 0,3446 mg/g dan nilai konstanta b yaitu 0,2851 l/mg. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa zeolit mampu menyerap ammonium rata-rata sebesar 0,3446 mg/g selama 5 hari penelitian. Hal ini tidak lepas dari sifat zeolit yang mampu mempertukarkan ion-ion yang ada dalam rongga zeolit dengan ion yang ada di luar zeolit (air limbah). Zeolit yang berlebihan muatan negatif memerlukan muatan positif untuk menetralkan. Ammonium (NH_4^+) memiliki muatan positif (kation) kemudian dinetralkan oleh zeolit yang kelebihan muatan negatif, sehingga terjadi penyerapan NH_4^+ oleh zeolit dalam air limbah. Menurut Suwardi (2002), dalam proses pembentukannya, unsur silikon yang bervalensi 4 sebagian digantikan oleh unsur aluminium yang bervalensi 3 sehingga terjadi kelebihan muatan negatif. Kelebihan muatan negatif ini kemudian dinetralkan oleh adanya kation-kation.

Mekanisme penghilangan amonium menggunakan zeolit termasuk reaksi pertukaran ion dimana zeolit mempunyai muatan negatif akibat adanya perbedaan muatan antara Si^{4+} dengan Al^{3+} . Muatan negatif ini muncul karena atom Al yang bervalensi 3 harus mengikat 4 atom oksigen yang lebih elektronegatif dalam kerangka zeolit. Dengan adanya muatan negatif ini maka zeolit mampu mengikat kation dengan ikatan yang lemah seperti kation Na dan Ca. Karena lemahnya ikatan inilah maka zeolit bersifat sebagai penukar kation yaitu kation Na atau Ca akan tergantikan posisinya dengan ion amonium (NH_4^+). Adsorpsi kation amonium ini terjadi pada permukaan dengan gugus hidroksil pada zeolit dan kombinasi muatan positif dari kation amonium dan muatan negatif pada permukaan zeolit (Gates, 1992 dalam Handayani dan Nurul, 2010).

4.7 Perbandingan daya adsorpsi COD dan Ammonium oleh Karbon Aktif dan Zeolit

Setelah diketahui nilai rata-rata a (kapasitas adsorpsi maksimum) baik itu pada karbon aktif dan zeolit, kemudian dilanjutkan dengan uji t untuk mengetahui adanya perbedaan atau kesamaan dari penyerapan yang dilakukan oleh karbon aktif maupun zeolit. Pada penelitian ini Karbon aktif memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dalam menyerap COD jika dibandingkan dengan zeolit. Sedangkan zeolit memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dalam menyerap ammonium.

4.7.1 Perbandingan daya adsorpsi COD oleh karbon aktif dan zeolit

Untuk perbandingan daya adsorpsi COD oleh karbon aktif dan zeolit disajikan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Perbandingan rata-rata koefisien isoterm adsorpsi Langmuir dalam penyerapan COD oleh karbon aktif dan zeolit

Hari	Koefisien isoterm Langmuir	
	a (daya adsorpsi maksimum karbon aktif, mg/g)	a (daya adsorpsi maksimum zeolit, mg/g)
1	5,0607	3,0039
2	17,6678	10,3842
3	34,6021	20,79
4	61,7284	31,25
5	94,3396	37,8788
Rata-rata	42,6797	20,6614

Setelah dilakukan uji kesamaan dua rata-rata antara penjerapan COD oleh karbon aktif dan penjerapan COD oleh zeolit diperoleh hasil yang tidak berbeda (sama), dimana t hitung (0,05) lebih kecil daripada t tabel (2,31) (lampiran 7). Meskipun secara statistik tidak terdapat perbedaan akan tetapi berdasarkan nilai yang ada, kemampuan adsorpsi COD oleh karbon aktif lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit. Hal ini ditunjukkan dari nilai koefisien a atau kapasitas maksimum penjerapan COD oleh karbon aktif (sebesar 42,6797 mg/g) memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kapasitas COD yang teradsorpsi oleh zeolit (20,6614 mg/g). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif lebih efektif untuk menyerap COD dibandingkan dengan menggunakan zeolit. Karbon aktif lebih efektif untuk menyerap COD dalam penelitian ini disebabkan adanya gaya *Van Der Waals*, yakni adanya interaksi antara molekul terlarut dengan adsorben yang lebih tinggi dibandingkan interaksi antara molekul terlarut dengan pelarut. Menurut Halim *et al.*, (2010) secara umum penggunaan karbon aktif (GAC atau PAC) untuk adsorpsi lebih efektif dalam penghilangan senyawa *non-biodegradable*, tapi tidak untuk ammonium. Karbon aktif lebih efektif dibandingkan zeolit untuk penghilangan COD.

Pada penelitian ini, COD terjerap oleh karbon aktif melalui tiga tahap, yakni masuk ke lapisan karbon aktif bagian luar, kemudian menuju pori-pori karbon aktif. Setelah itu masuk ke bagian lebih dalam dan terjerap pada bagian dinding karbon aktif. Menurut Sihombing (2007) dalam Suligundi (2013), proses adsorpsi pada *activated carbon* terjadi melalui tiga tahap dasar. Pertama-tama, zat terjerap pada *activated carbon* bagian luar, lalu bergerak menuju pori-pori *activated carbon*, selanjutnya terjerap ke dinding bagian dalam dari *activated carbon*.

4.7.2 Perbandingan daya adsorpsi Ammonium oleh Karbon Aktif dan Zeolit

Untuk perbandingan daya adsorpsi COD oleh karbon aktif dan zeolit disajikan pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Perbandingan rata-rata koefisien isoterm adsorpsi Langmuir dalam penjerapan ammonium oleh karbon aktif dan zeolit

Hari	Koefisien isoterm	
	Langmuir	a
	(daya adsorpsi maksimum karbon aktif, mg/g)	(daya adsorpsi maksimum zeolit, mg/g)
1	0,0223	0,0357
2	0,0680	0,1394
3	0,1109	0,2922
4	0,1456	0,5254
5	0,1634	0,7304
Rata-rata	0,1020	0,3446

Pada penelitian ini, setelah dilakukan uji kesamaan dua rata-rata antara penjerapan ammonium oleh karbon aktif dan penjerapan ammonium oleh zeolit diperoleh hasil yang tidak berbeda (sama), dimana t hitung (1,92) lebih kecil daripada t tabel (2,78) (lampiran 8). Meskipun secara statistik tidak terdapat perbedaan akan tetapi berdasarkan nilai yang ada kemampuan adsorpsi ammonium oleh zeolit lebih tinggi dibandingkan dengan karbon aktif.

Koefisien a pada adsorpsi ammonium dengan menggunakan zeolit (0,3446 mg/g) menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan karbon aktif (0,1020 mg/g). Hal ini menandakan bahwa zeolit memiliki daya jerap yang lebih besar dalam menyerap ammonium dibandingkan dengan karbon aktif. Menurut Halim *et al.* (2010), zeolit lebih memiliki efisiensi

yang tinggi dalam penghilangan ammonium dibandingkan karbon aktif. Permukaan zeolit merupakan hidrofilik dan memiliki afinitas yang lebih tinggi dalam menjerap ammonium dibandingkan dengan permukaan hidrofobik pada karbon aktif.

Selain itu, besarnya penjerapan ammonium oleh zeolit dibandingkan dengan karbon aktif pada limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang ini tidak lepas dari sifat zeolit sendiri yaitu sebagai penukar ion dan struktur molekul dari zeolit yang kelebihan muatan negatif kemudian dinetralkan dengan kation dari ammonium (NH_4^+). Menurut Suwardi (2002), dalam proses pembentukannya, unsur silikon yang bervalensi 4 sebagian digantikan oleh unsur aluminum yang bervalensi 3 sehingga terjadi kelebihan muatan negatif. Kelebihan muatan negatif ini kemudian dinetralkan oleh adanya kation-kation.

Selain itu, struktur pori zeolit yang berupa kristal menyebabkan ukuran pori zeolit spesifik dan lebih berongga, jika dibandingkan dengan struktur pori karbon aktif yang berupa amorfus yang memiliki banyak mikropori sehingga dapat menghambat molekulmolekul dalam proses adsorpsi. Selain itu karbon aktif memiliki sifat adsorben yang dapat mengadsorpsi secara selektif (Nugroho dan Setyo, 2013).

4.8 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air

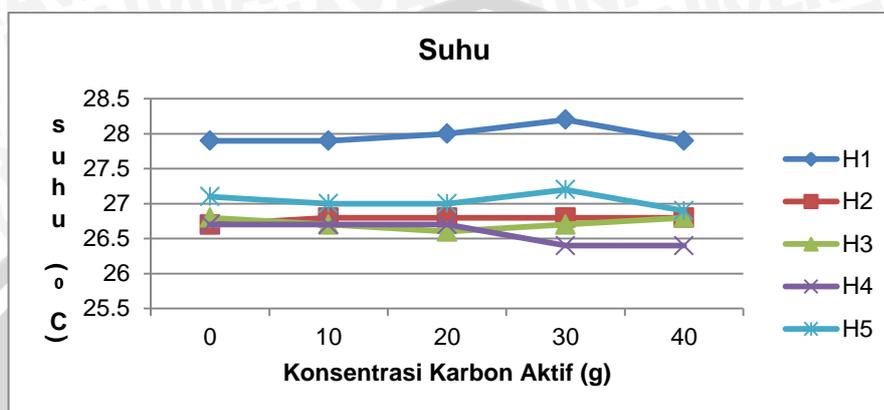
Pengukuran parameter kualitas air pada penelitian ini adalah parameter kualitas air yang mendukung proses adsorpsi yaitu suhu, derajat keasaman (pH), dan oksigen terlarut (DO). Data-data kualitas air limbah selama penelitian disajikan pada lampiran 9 dan lampiran 10.

4.8.1 Parameter kualitas air pada perlakuan dengan menggunakan karbon aktif

Untuk hasil pengukuran parameter kualitas air limbah setelah di kontakkan dengan karbon aktif dapat dilihat pada lampiran 9.

1. Suhu

Suhu merupakan salah satu paramater yang mempengaruhi proses adsorpsi. Pada penelitian ini suhu air limbah masih tergolong normal. Untuk hasil pengukuran suhu selama penelitian dapat dilihat pada gambar 22.

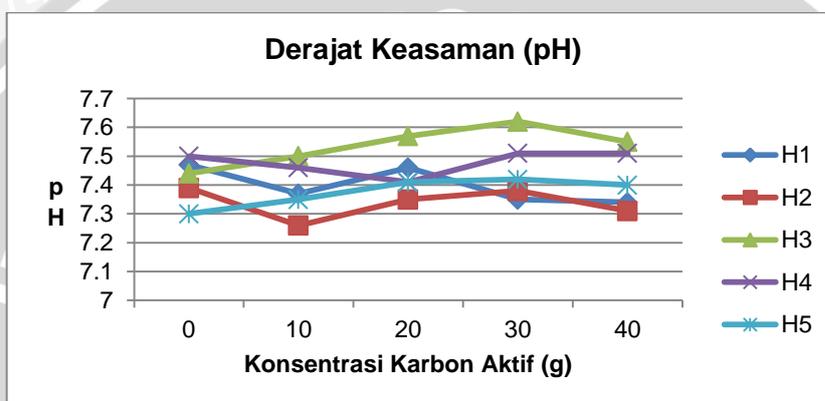


Gambar 22. Grafik pengukuran suhu pada air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif

Hasil pengamatan suhu diketahui bahwa selama pengamatan 5 hari kisaran suhu air limbah antara 26,4-28,2 °C. Hal ini diketahui terjadi fluktuasi suhu hampir setiap hari pengamatan, akan tetapi tidak terlalu signifikan. Fluktuasi ini di pengaruhi oleh cuaca yang setiap harinya tidak sama sehingga berpengaruh pula pada suhu air limbah yang digunakan sebagai objek dalam penelitian ini. Penelitian ini dilakukan dalam ruang laboratorium sehingga sangat mendukung proses adsorpsi. Menurut Kundari dan Slamet (2008) dalam Nurhasni *et al.* (2014) proses adsorpsi di lakukan pada suhu ruang, yaitu 26 °C. Pemilihan suhu ruang ini karena proses adsorpsi pada suhu yang semakin tinggi menyebabkan ion ataupun bahan organik yang terjerap oleh adsorben semakin sedikit. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, maka penggerak ion semakin cepat sehingga ion yang terjerap oleh adsorben semakin berkurang.

2. Derajat keasaman (pH)

Pada proses adsorpsi jumlah zat yang dapat dijerap oleh adsorben mempunyai perbandingan tertentu bergantung pada sifat zat yang dijerap, jenis adsorben dan faktor-faktor yang memengaruhi proses adsorpsi salah satunya pH. Semakin rendah pH dalam suatu larutan, maka semakin banyak jumlah zat terlarut yang dapat diadsorpsi (Endrastuti, 2015). Hasil pengukuran pH selama penelitian dapat di lihat pada gambar 23.

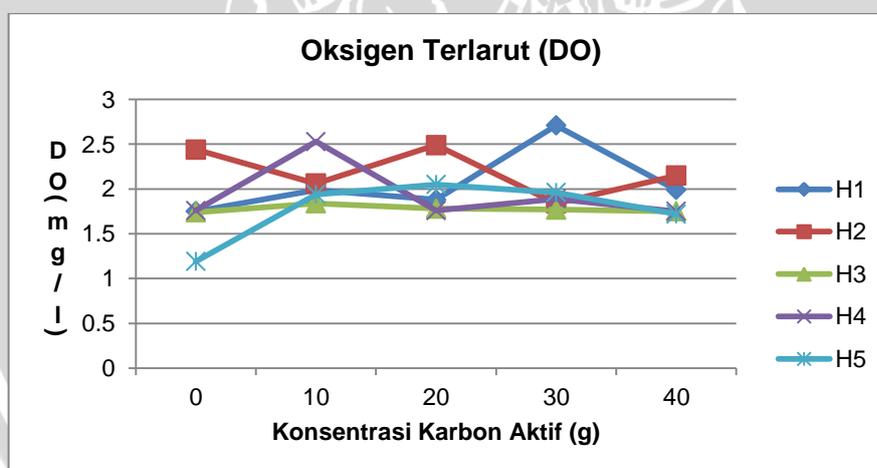


Gambar 23. Grafik pengukuran pH pada air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif

Hasil pengukuran pH selama 5 hari diketahui bahwa terjadi fluktuasi setiap harinya. Kisaran pH yang diperoleh yaitu antara 7,26-7,62. Meskipun terjadi fluktuasi dari hari ke hari akan tetapi nilai pH tersebut masih tergolong netral. Menurut Riapanitra (2006) dalam Nurhasni *et al.* (2014), pH akan memengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi dan spesi apa saja yang dapat terjerap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat memengaruhi kesetimbangan kimia baik pada adsorbat maupun pada adsorben. Menurut Getzen dan Ward (1969) dalam Rosyida (2011) penjerapan molekul asam dan basa oleh karbon aktif yang bersifat non polar sangat bergantung pada pH larutan, karena adanya kekuatan tarik menarik elektrostatis. Ini berarti bahwa adsorpsi pada suasana netral umumnya lebih kuat.

3. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen adalah salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat anorganik oleh mikroorganisme (Nybakken, 1988). Banyaknya limbah organik yang dibawa sungai dapat mempengaruhi ekosistem perairan. Terganggunya suatu ekosistem perairan dapat diketahui dari tingkat kesuburan yang semakin rendah. Salah satu indikator kesuburan perairan adalah oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya limbah organik di perairan. Hal ini disebabkan oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik semakin banyak (Simanjuntak, 2007). Hasil pengukuran oksigen terlarut selama penelitian dapat dilihat pada gambar 24.



Gambar 24. Grafik pengukuran oksigen terlarut pada air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif

Pada pengamatan oksigen terlarut, di ketahui bahwa setiap pengamatan terjadi fluktuasi. Kisaran oksigen terlarut selama 5 hari pengamatan yaitu antara 1,19-2,71 mg/l. Sampai pada akhir penelitian, oksigen terlarut air limbah cair PT Artawenasakti Gemilang masih dalam kisaran <5 mg/l, untuk itu perlu adanya proses pengolahan berkelanjutan (setelah pengolahan dengan karbon aktif) yaitu

dengan menggunakan aerasi. Menurut Mahadi (1993), dengan adanya penambahan oksigen (aerasi) akan ikut berperan dalam menurunkan bahan organik pada air limbah, karena penambahan oksigen (aerasi) dapat mempercepat proses degradasi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri.

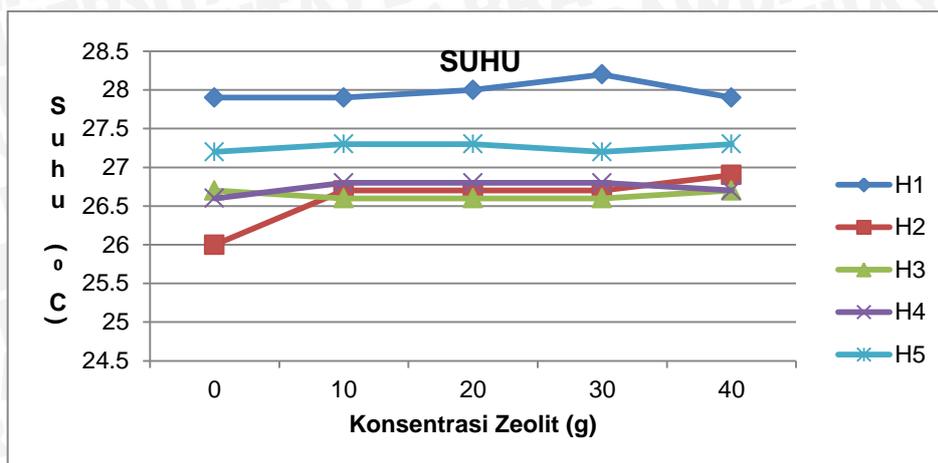
Fluktuasi oksigen terlarut di pengaruhi oleh suhu, apabila suhu meningkat maka oksigen terlarut menjadi rendah dan sebaliknya jika suhu rendah maka oksigen terlarut menjadi tinggi. Oksigen berperan mengubah senyawa yang beracun menjadi senyawa tidak beracun. Menurut Salmin (2005), oksigen berperan sebagai pengoksidasi dan pereduksi bahan kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrien yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri.

4.8.2 Parameter kualitas air pada perlakuan dengan menggunakan zeolit

Untuk hasil pengukuran parameter kualitas air limbah setelah di kontakkan dengan zeolit dapat dilihat pada lampiran 10.

1. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter kualitas air yang memengaruhi proses adsorpsi. Pada pengukuran suhu selama 5 hari, diketahui bahwa terjadi fluktuasi yang tidak terlalu drastis. Hasil pengukuran suhu yang dikontakkan dengan zeolit selama penelitian disajikan pada gambar 25.

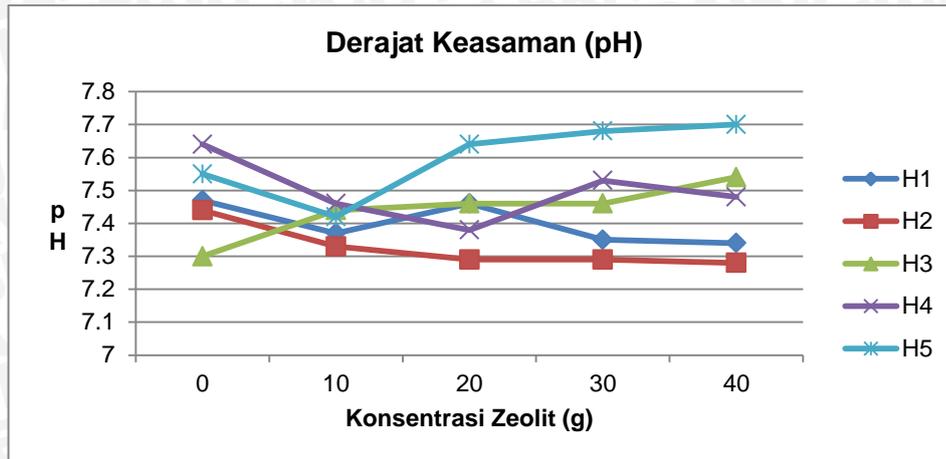


Gambar 25. Grafik pengukuran suhu pada air limbah yang dikontakkan dengan zeolit

Berdasarkan gambar 25 diatas untuk suhu pada air limbah yang dikontakkan dengan zeolit selama 5 hari memiliki kisaran antara 26° - $28,2^{\circ}$ C. Hasil tersebut tidak jauh beda dengan hasil pada pengukuran suhu pada air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif. Menurut Kundari dan Slamet (2008) dalam Nurhasni *et al.* (2014). Proses adsorpsi di lakukan pada suhu ruang, yaitu 26° C. Pemilihan suhu ruang ini karena proses adsorpsi pada suhu yang semakin tinggi menyebabkan ion ataupun bahan organik yang terjerap oleh adsorben semakin sedikit. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, maka penggerak ion semakin cepat sehingga ion yang terjerap oleh adsorben semakin berkurang.

2. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) air limbah yang dikontakkan dengan zeolit selama 5 hari diketahui mengalami fluktuasi. Derajat keasaman merupakan salah satu parameter yang juga berpengaruh pada proses adsorpsi. Untuk hasil pengukuran pH selama penelitian disajikan pada gambar 36.

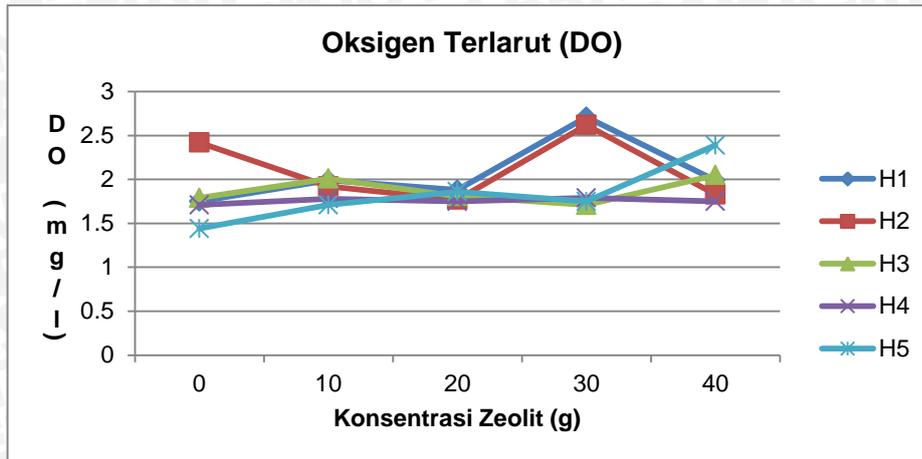


Gambar 26. Grafik pengukuran pH pada air limbah yang dikontakkan dengan zeolit

Berdasarkan gambar 26 diatas diketahui bahwa derajat keasaman berkisar antara 7,29-7,70. Kisaran pH tersebut masih tergolong netral dan terjadi penyerapan yang cukup kuat. Hal ini didukung pendapat Getzen dan Ward (1969) dalam Rosyida (2011) penyerapan molekul asam dan basa oleh karbon aktif yang bersifat non polar sangat tergantung pada pH larutan, karena adanya kekuatan tarik menarik elektrostatis. Ini berarti bahwa adsorpsi pada suasana netral umumnya lebih kuat.

3. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara (Salmin, 2000 dalam Salmin 2005). Hasil pengukuran oksigen terlarut yang dikontakkan dengan zeolit dapat dilihat pada gambar 27.



Gambar 27. Grafik pengukuran oksigen terlarut pada air limbah yang dikontakkan dengan zeolit

Berdasarkan gambar 27 diatas dapat diketahui bahwa terjadi fluktuasi oksigen terlarut selama pengamatan 5 hari. Oksigen terlarut yang ada pada air limbah setelah dikontakkan dengan zeolit yaitu berkisar antara 1,44-2,39 mg/l. Hasil oksigen terlarut ini masih <5 mg/l, sama halnya pada oksigen terlarut yang dikontakkan dengan karbon aktif. Menurut Rifa'i dan Pertagunawan (1983), pada umumnya kandungan oksigen sebesar 5 mg/l dengan suhu air berkisar antara 20⁰ - 30⁰ C relatif masih baik untuk kehidupan ikan, bahkan apabila dalam perairan tidak terdapat senyawa-senyawa yang bersifat toksik (tidak tercemar) kandungan oksigen sebesar 2 mg/l sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan.

Pada penelitian ini nilai oksigen terlarut (DO) tergolong rendah. Baik itu perlakuan pada karbon aktif maupun zeolit, keduanya memiliki kisaran nilai DO yang <5 mg/l. Rendahnya DO dikarenakan dalam penelitian tidak menggunakan aerasi. Untuk itu setelah pengolahan dengan karbon aktif maupun zeolit perlu adanya pengolahan lebih lanjut pada limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang agar tidak membahayakan organisme air. Menurut Efendi (2011), penggunaan karbon aktif tidak memengaruhi oksigen terlarut dalam limbah cair atau nilai konsentrasi oksigen terlarut turun karena adanya faktor intern. Menurut Fardiaz

(1992) dalam Efendi (2011) penyebab utama berkurangnya oksigen terlarut dalam air adalah adanya mikroorganisme yang mengkonsumsi oksigen. Dengan demikian dapat menurunkan oksigen terlarut didalam air dengan cepat.

4.9 Faktor Internal setelah Proses Adsorpsi

Pada penelitian ini faktor internal yang dimaksud ialah faktor yang berpengaruh pada adsorben maupun limbah cair setelah proses adsorpsi berlangsung. Setelah dilakukan adsorpsi oleh karbon aktif maupun zeolit, masih terdapat residu atau sisa bahan pencemar baik pada limbah cair maupun pada kedua adsorben. Dengan demikian, diperlukan perlakuan lanjutan pada karbon aktif dan zeolit, setelah kedua adsorben tersebut mengalami penurunan daya adsorpsi. Begitu pula limbah cair setelah dikontakkan dengan adsorben perlu penanganan lebih lanjut agar limbah yang di olah tersebut telah memenuhi baku mutu yang berlaku sehingga ketika dilakukan pembuangan air limbah tidak membahayakan biota yang ada pada lingkungan perairan.

Untuk karbon aktif dan zeolit yang telah jenuh (tidak mampu lagi untuk menyerap bahan pencemar) setelah digunakan sebagai adsorben limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang, dapat dilakukan aktivasi agar bisa digunakan kembali fungsinya sebagai adsorben yang dapat menyerap bahan pencemar. Pengaktifan adsorben bisa menggunakan larutan yang mengandung basa-basa kuat maupun dengan pemanasan. Kemudian untuk limbah cair yang masih terdapat residu bahan pencemar setelah melalui proses adsorpsi, perlu adanya pengolahan lebih lanjut pada limbah cair tersebut. Pengolahan lebih lanjut yang dimaksud yakni berdasarkan rangkaian-rangkaian pengolahan limbah yang ada. Dengan adanya pengolahan lebih lanjut tersebut, dapat menyempurnakan hasil pengolahan limbah setelah proses adsorpsi. Adsorpsi menggunakan karbon aktif dan zeolit termasuk dalam pengolahan air limbah yang ketiga (*tertiary treatment*). Untuk

memperoleh pengolahan limbah yang sempurna setelah melalui proses adsorpsi sebaiknya dilakukan pengolahan limbah dengan pembunuhan kuman. Menurut Sugiharto (1987), kegiatan pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi enam bagian antara lain:

1. pengolahan pendahuluan (*pre treatment*)
2. pengolahan pertama (*primary treatment*)
3. pengolahan kedua (*secondary treatment*)
4. pengolahan ketiga (*tertiary treatment*)
5. pembunuhan kuman (*desinfeksi*)
6. pembuangan lanjutan (*ultimate disposal*).

Pengolahan air limbah dengan menggunakan adsorben termasuk pada pengolahan ketiga, biasanya dipergunakan sebagai proses kelanjutan dari pengolahan secara biologis. Karbon pada kejadian ini dipergunakan untuk mengurangi kadar dari benda-benda organik terlarut yang ada. Proses adsorpsi biasanya dipergunakan untuk melengkapi proses pengolahan secara biologi dari limbah industri yang mana proses biologisnya tidak lengkap, sehingga masih terdapat masalah pada air limbah (Sugiharto, 1987).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, penyerapan COD dan ammonium oleh karbon aktif maupun zeolit memiliki hasil yang berbeda. Karbon aktif memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dalam menyerap COD jika dibandingkan dengan zeolit. Sedangkan zeolit memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dalam menyerap ammonium. Kemampuan karbon aktif tempurung kelapa untuk menyerap COD rata-rata selama lima hari yaitu 42,6797 mg/g dan kemampuan zeolit untuk menyerap ammonium yaitu sebesar 0,3446 mg/g.

Berdasarkan pengukuran kualitas air limbah yang dikontakkan dengan karbon aktif maupun dengan zeolit secara keseluruhan memiliki kisaran nilai yang tidak berbeda jauh. Secara keseluruhan suhu yang digunakan dalam penelitian adsorpsi ini berkisar antara 26,4^o-28,2 °C, untuk pH diperoleh kisaran antara 7,26-7,70, untuk kisaran oksigen terlarut yang diperoleh 1,19 – 2,71 mg/l. Pada suhu, pH, dan oksigen terlarut yang diperoleh menunjukkan kisaran yang cukup mendukung untuk proses adsorpsi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, disarankan untuk dilakukannya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan karbon aktif dan zeolit sebagai adsorben untuk penyerapan jenis adsorbat lain misalkan logam berat atau jenis bahan pencemar lainnya. Selain itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perhitungan efisiensi dan mengetahui daya jenuh dari karbon aktif tempurung kelapa maupun zeolit dalam mengadsorpsi COD dan ammonium. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pH terhadap daya adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit dalam menyerap bahan pencemar limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuzar, S.S., Y. Dewilda, dan W. Stefani. 2014. Analisis penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah cair Hotel Menggunakan Serbuk Kulit Jagung. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. 11 (1) : 18-27.
- Anita S. F., A. Indah H., dan Inayati. 2015. Model Matematis Jerapan Kadmium dalam Air pada Adosrben Kulit Nangka.
- Arifin, Z. 2006. Dasar-dasar penulisan karya ilmiah. Grasindo : Jakarta.
- Arikunto, S. 2006. Prosedur Penelitian Suatu pendekatan praktik. Rineka Cipta: Jakarta.
- Asyhar, M. A. 2014. Pengaru Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Penurunan Bilangan Peroksida pada Minyak Goreng Bekas oleh Arang Aktif Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*)
- Atastina. 2003. Penghilangan Kesadahan Air yang Mengandung Ion Ca^{2+} dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung sebagai Penukar Kation. Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Ayuningtyas, R. D. 2009. Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD dr Moewardi Surakarta. Laporan Khusus. 1 : 48.
- Blom. 1987. Chemical and physical water quality analysis a report on practical training at the faculty of fisheries Brawijaya University Malang Indonesia. Working Paper No. 7. Universitas Brawijaya Malang.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality fir Pound Fish Culture. Dept. Of Fisheries and applied aquaculture. Elsevier Scientific Publishing Company. New york.
- Cookson, JT.1978. Carbon Adsorption Hand Book. JTC Environmental consultants, inc. Maryland.
- Efendi, I. 2011. Pengaruh Penggunaan Karbon Aktif dengan Dosis Yang Berbeda terhadap Penurunan Kandungan Bahan Organik pada Limbah Cair Pabrik Tahu. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan
- Endrastuti, O. 2015. Pengaruh pH terhadap daya adsorpsi logam berat Fe^{2+} (Besi) dengan menggunakan Karbon aktif batubara. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Fardiaz, 2008. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

- Ginting P. 2007. *Sistem Pengolahan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung: Yrama Widya.
- Halim, A. A., H. A. Aziz, M. A. M. Johari, dan K. S. Ariffin. 2010. Comparison study of ammonia and COD adsorption on zeolite, activated carbon and composite materials in landfill leachate treatment. *Desalination* : 31-35.
- Handayani, M. dan E. Sulistiyono. 2009. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. 130-136.
- Handayani, N. dan N. Widiastuti. 2010. Adsorpsi Ammonium (NH_4^+) pada Zeolit Berkarbon dan Zeolit yang Disintesis dari Abu Dasar Batu Bara PT. Ipmomi Paiton dengan Metode Batch. *Prosiding Kimia FMIPA*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Hariyadi, S. 2004. BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu Air Limbah. *Makalah Individu Pengantar Falsafah Sains*. Sekolah Pascasarjana/S3. Institut Pertanian Bogor.
- Hasanah. 2007. Perencanaan produksi dan pengadaan bahan baku produk rectangular candi PT Arthawenasakti Gemilang Malang. *Thesis*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Isyuniarto, W. Usada, A. Purwadi, dan Suryadi. 2005. Kajian Pengaruh Zeolit dan Ozon pada nilai COD, BOD, dan Kandungan Cr dalam Limbah Cair Industri Kulit. *Prosiding PPI – PDIPTN Puslitbang Teknologi Maju – BATAN* Jogjakarta.
- Kasam, Yulianto, A. dan Sukma T. 2005. Penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dalam limbah cair laboratorium menggunakan filter karbon aktif arang tempurung kelapa. 2 (2) : 1-15.
- Kordi K. dan Tancung A. B. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. PT Rhineka Cipta. Jakarta.
- Kristiyani, D., E. B. Susatyo, dan A.T. Prasetya. 2012. Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb^{2+} pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 1 (1): 13-19.
- Kurniasari, L. 2010. Potensi Zeolit Alam sebagai Adsorben Air pada Alat Pengereng. *Momentum*. 6 (1) : 15-17.
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya: Bekasi.
- Kutanggas, 2012. Pengaruh Kompetensi Terhadap Kinerja Karyawan Bagian Produksi pada PT. Arthawenasakti Gemilang Karangploso Malang. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Malang
- Lestari, D. Y. 2010. Kajian modifikasi dan Karakteristik Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. Yogyakarta.

- Lestari, N. A. A., R. Diantari, dan E. Efendi. 2015. Penurunan Fosfat pada Sistem Resirkulasi dengan Penambahan Filter yang Berbeda. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 3 (2) : 367-374.
- Laksono, E. W., J. Ikhsan dan AK. Prodjosantoso (2006) , Efek pH terhadap Kemampuan Adsorpsi KITOSAN dengan Logam, *Prosiding Seminar Nasional Kimia*: 243-247.
- Lind, Q.T. 1997. *Handbook of Common Methods in Liimnology*. McGraw Hill. New York.
- Mahadi, U. N. 1993. *Pencemaran air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. PT. Rajawali Grafindo Persada : Jakarta.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Perubahan atas keputusan menteri negara lingkungan hidup tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*. Jakarta
- Metcalf dan Eddy, *Inc*. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc: USA.
- Mulyana, I., Pradiko, H. dan Nasution, K., .2003. Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isotherm pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6, Infomatek Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik – Universitas Pasundan.131-143.
- Murti, R.S., C. M. H. Purwanti, dan Suyatini. 2013. Adsorpsi Ammonia dari Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Abu Terbang Bagas. *Majalah kulit, karet, dan Plastik*. 29 (2) : 85-90.
- Noviati, R. 2011. *Perbandingan Daya Absorpsi Ion Cr³⁺ Pada Serbuk Gergaji Kayu Albizia Dengan Zeolit Ditinjau Dari Teori HSAB*. FMIPA Universitas Brawijaya Malang.
- Nugroho, W. dan S. Purwoto. 2013. Removal Klorida, TDS dan Besi pada Air Payau melalui penukar ion dan filtrasi campuran zeolit aktif dengan karbon aktif. *Jurnal Teknik WAKTU*. 11 (11) : 47-59.
- Nurhasni, Hendrawati, dan N. Saniyyah. 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *Valensi*. 4 (1) : 36-44.
- Nybakken, J. W. 1988. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi*. Alih bahasa oleh M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukarjo. Gramedia: Jakarta.
- Pambayun, G.S., R. Y. E. Yulianto, M. Rachimoellah, dan E. M. M. Putri. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. 2 (1) : 116 – 120.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.

- Perpamsi, F. 2002. Peraturan Teknis Instalasi Pengolahan Air Minum. Jakarta : Tirta Dharma
- Ratman, C. R. dan Syafrudin. 2010. Penerapan Pengelolaan Limbah B3 di PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia. *Jurnal Presipitasi*. 7 (2): 62-70.
- Rifa'i R.S. dan K. Pertagunawan. 1983. Biologi Perikanan 1. CV Kayago: Jakarta.
- Roesiani, L. 2015. Keefektifan Lama Kontak Karbon Aktif terhadap Penurunan Kadar Ammonia Limbah Cair Industri Tahu di Desa Teguhan Sragen Wetan Sragen. Naskah Publikasi. Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rosyida, A. 2011. Bottom ash limbah batubara sebagai media filter yang efektif pada pengolahan limbah cair tekstil. *Jurnal rekayasa proses*. 5 (2) : 56-61.
- Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Oseana*. 30 (3) : 21-26.
- Simanjuntak, M. 2007. Oksigen terlarut dan Apparent oxygen utilization di perairan teluk klabat, pulau bangka. *Ilmu kelautan*. 12 (2) : 59-66.
- SNI. 2004. Air dan air limbah – bagian 15 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka dengan Refluks Terbuka Secara Titrimetri. Badan Standardisasi Nasional. SNI 06-6989.15-2004.
- SNI. 1990. Metode Pengujian Kadar Ammonium dalam Air dengan Alat Spektrofotometer secara Nessler. SK SNI M – 48 – 1990- 03.
- Sudjana. 2001. Metoda Statistika. Tarsito: Bandung.
- Sugiharto. 1987. Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah. Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta.
- Suhartana. 2006. Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngarangan Kabupaten Grobogan. *Berkala fisika*. 151-156.
- Suharta. 2011. Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air. Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Suligundi, B. T. 2013. Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) pada Limba Cair Karet dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter yang Dilanjutkan dengan Reaktor Aktivated Carbon. *Jurnal Teknik Sipil Untan*. 13 (1) : 29-44.
- Supardi, B. Masduki, H. Poernomo, dan P. Pujiono. 2003. Penjerapan Merkuri pada Limbah Cair dengan Zeolit Alam dan Arang Tempurung Kelapa secara Bergantian dengan Cara Catu. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN Yogyakarta*.

- Supriyatno, B. 2000. Pengelolaan Air Limbah yang Berwawasan Lingkungan Suatu Strategi dan Langkah Penanganannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 1 (1) : 17 – 26.
- Suwardi. 2002. Prospek Pemanfaatan Mineral Zeolit di Bidang Pertanian. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 1 (1) : 5-12.
- Tandy, E., I. F. Hasibuan, dan H. Harahap. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah lateks karet alam terhadap minyak pelumas dalam air. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1 (2) : 34-38.
- Tjokrokusumo. 1998. Pengantar Teknik Lingkungan. STTL : Yogyakarta.
- Wahistina, R., Ellyke, dan R. S. Pujati. 2013. Analisis Perbedaan Penurunan Kadar BOD dan COD pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Zeolit (Studi di Pabrik Tahu di Desa Kraton Kecamatan Kencong Kabupaten Jember). Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa.
- Wardhani, E., M. Dirgawati, dan I. F. Alvina. 2013. Kombinasi Proses Presipitasi dan adsorpsi karbon aktif dalam pengolahan air limbah industri penyamakan kulit. *Lingkungan Tropis*. 7 (1) : 39-52.
- Yanuarda, F. K. 2012. Sigfikansi penggunaan zeolit alam pada proses ozonasi untuk disinfeksi hama bakteri *Xanthomonas oryzae pv. Oryzae* pada tanaman padi. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- Zakaria. 2011. Adsorpsi Cu (II) Menggunakan Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Zulfa, A. 2011. Uji Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) menggunakan Zeolit Alam Malang dan Lampung. *Skripsi*. Fakultas Teknik Program studi Teknik kimia Depok.

LAMPIRAN 1

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian

- Alat penelitian beserta fungsinya

No.	Alat	Kegunaan
1	pH meter	Untuk mengukur pH
2	DO meter	Untuk mengukur oksigen terlarut dan suhu
3	Timbangan analitik	Untuk menimbang karbon aktif dan zeolit
4	Spektrofotometer	Menganalisis amonium dan COD
5	Toples percobaan 10 liter	Sebagai tempat air sampel limbah yang diamati parameter kualitas airnya
6	Cuvet	Wadah larutan untuk pengukuran ammonium
7	COD Reaktor	Untuk pengukuran COD
8	Oven	Untuk mengoven zeolit
9	Pipet volum	Pengambilan larutan
10	Gelas ukur 25 ml dan 15 ml	Untuk mengukur banyaknya air limbah setelah pengenceran
11	Bola hisap	Untuk membantu menghisap dan mengeluarkan larutan
12	Tabung ulir	Sebagai wadah sampel air limbah saat pengukuran COD

13	Beaker glass 50 ml	Sebagai wadah sampel air limbah saat pengukuran ammonium
14	Pinset	Untuk membantu pengambilan kertas saring saat mengoven dan menimbang
15	Nampan	Sebagai wadah alat dan bahan yang digunakan selama penelitian

- Bahan penelitian beserta fungsinya

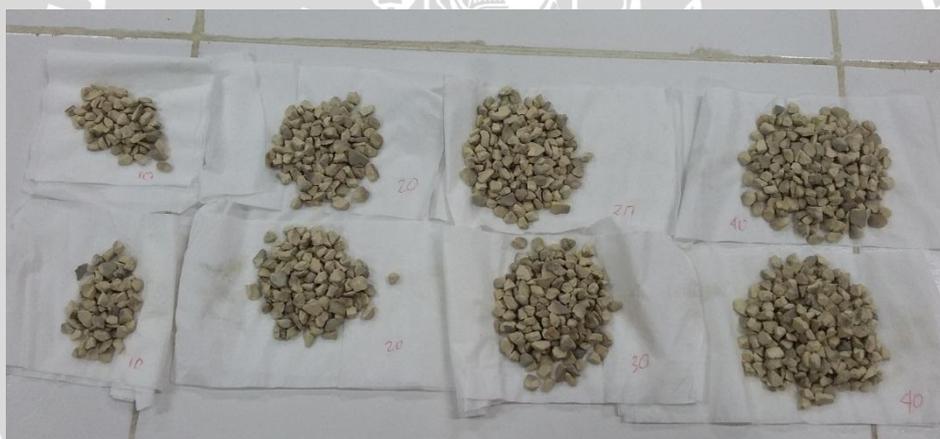
No.	Bahan	Kegunaan
1	Air limbah	Sebagai sampel yang di ukur kualitasnya
2	Karbon aktif dari tempurung kelapa	Sebagai adsorben (agen penjerapan)
3	Zeolit	Sebagai adsorben (agen penjerapan)
4	Larutan SA	Pengukuran COD
5	Larutan DS	Pengukuran COD
6	Larutan Pereaksi Nessler	Pengukuran ammonium
7	Kertas Label	Untuk menandai toples percobaan
8	Kertas saring Wattman 41	Sebagai bahan untuk menyaring air sampel

LAMPIRAN 2

Dokumentasi Penelitian



Limbah cair PT Arthawenasakti Gemilang



Zeolit setelah di aktivasi



Karbon aktif

LAMPIRAN 3

Perhitungan Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Karbon Aktif

1. Hari Pertama

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	660	116	10	34.8	18.9655
776	643	133	20	19.95	32.2306
776	596	180	30	18	33.1111
776	580	196	40	14.7	39.4558

2. Hari Kedua

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	603	173	10	51.9	11.6185
776	540	236	20	35.4	15.2542
776	496	280	30	28	17.7143
776	443	333	40	24.975	17.7377

3. Hari Ketiga

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	533	243	10	72.9	7.31139
776	470	306	20	45.9	10.2397
776	406	370	30	37	10.973
776	360	416	40	31.2	11.5385

4. Hari Keempat

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	500	276	10	82.8	6.03865
776	403	373	20	55.95	7.20286
776	336	440	30	44	7.63636
776	283	493	40	36.975	7.65382

5. Hari Kelima

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	480	296	10	88.8	5.40541
776	353	423	20	63.45	5.56344
776	280	496	30	49.6	5.64516
776	233	543	40	40.725	5.7213

Perhitungan untuk mengetahui koefisien a dan b pada adsorpsi COD oleh karbon aktif adalah sebagai berikut:

Persamaan isoterm langmuir pada hari pertama : $y = 153,38 - 0,1976x$

Rumus isoterm Langmuir : $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} Ce$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad b &= \frac{1}{a} & \bullet \quad a &= \frac{1}{ab} \\
 0,1976 &= \frac{1}{a} & 153,38 &= \frac{1}{(5,0607)b} \\
 a &= \frac{1}{0,1976} & 5,0607 \, b &= \frac{1}{153,38} \\
 a &= 5,0607 \, \text{mg/g} & 5,0607 \, b &= 0,006520 \\
 & & b &= \frac{0,0065}{5,0607} \\
 & & b &= 0,0013 \, \text{L/mg}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui koefisien a dan b pada hari kedua sampai dengan hari kelima menggunakan cara yang sama seperti diatas. Dengan menggunakan persamaan Langmuir yang sudah ada pada masing-masing grafik (hari kedua, ketiga, keempat, dan kelima), maka koefisien a dan b dapat diketahui seperti pada hari pertama.

LAMPIRAN 4

Perhitungan Adsorpsi Isoterm Langmuir COD oleh Zeolit

1. Hari Pertama

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	680	96	10	28.8	23.61111
776	656	120	20	18	36.44444
776	643	133	30	13.3	48.34586
776	616	160	40	12	51.33333

2. Hari Kedua

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	616	160	10	48	12.83333
776	570	206	20	30.9	18.4466
776	536	240	30	24	22.33333
776	513	263	40	19.725	26.0076

3. Hari Ketiga

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	560	216	10	64.8	8.641975
776	506	270	20	40.5	12.49383
776	473	303	30	30.3	15.61056
776	426	350	40	26.25	16.22857

4. Hari Keempat

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	526	250	10	75	7.013333
776	453	323	20	48.45	9.349845
776	426	350	30	35	12.17143
776	376	400	40	30	12.53333

5. Hari Kelima

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)
776	776	0	0	-	-
776	500	276	10	82.8	6.038647
776	433	343	20	51.45	8.415938
776	396	380	30	38	10.42105
776	353	423	40	31.725	11.12687

Perhitungan untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* pada adsorpsi COD oleh zeolit adalah sebagai berikut:

Persamaan isoterm langmuir pada hari pertama : $y = 256,36 - 0,3329x$

Rumus isoterm Langmuir : $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} Ce$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad b &= \frac{1}{a} & \bullet \quad a &= \frac{1}{ab} \\
 0,3329 &= \frac{1}{a} & 256,36 &= \frac{1}{(3,0039)b} \\
 a &= \frac{1}{0,3329} & 3,0039 \, b &= \frac{1}{256,36} \\
 a &= 3,0039 \, \text{mg/g} & 3,0039 \, b &= 0,0039 \\
 & & b &= \frac{0,0039}{3,0039} \\
 & & b &= 0,0013 \, \text{L/mg}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* pada hari kedua sampai dengan hari kelima menggunakan cara yang sama seperti diatas. Dengan menggunakan persamaan Langmuir yang sudah ada pada masing-masing grafik (hari kedua, ketiga, keempat, dan kelima), maka koefisien *a* dan *b* dapat diketahui seperti pada hari pertama.



LAMPIRAN 5

Perhitungan Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Karbon Aktif

1. Hari Pertama

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.96	0.35	10	0.105	28.19048
3.31	2.71	0.6	20	0.09	30.11111
3.31	2.6	0.71	30	0.071	36.61972
3.31	2.47	0.84	40	0.063	39.20635

2. Hari Kedua

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.58	0.73	10	0.219	11.78082
3.31	2.38	0.93	20	0.1395	17.06093
3.31	2.15	1.16	30	0.116	18.53448
3.31	1.94	1.37	40	0.10275	18.88078

3. Hari Ketiga

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.3	1.01	10	0.303	7.590759
3.31	2.05	1.26	20	0.189	10.84656
3.31	1.9	1.41	30	0.141	13.47518
3.31	1.7	1.61	40	0.12075	14.07867

4. Hari Keempat

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.18	1.13	10	0.339	6.430678
3.31	1.89	1.42	20	0.213	8.873239
3.31	1.74	1.57	30	0.157	11.0828
3.31	1.57	1.74	40	0.1305	12.03065

5. Hari Kelima

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.1	1.21	10	0.363	5.785124
3.31	1.8	1.51	20	0.2265	7.94702
3.31	1.68	1.63	30	0.163	10.30675
3.31	1.52	1.79	40	0.13425	11.32216

Perhitungan untuk mengetahui koefisien a dan b pada adsorpsi Ammonium oleh karbon aktif adalah sebagai berikut:

Persamaan isoterm langmuir pada hari pertama : $y = 152,66 - 44,783x$

Rumus isoterm Langmuir : $\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} C_e$

$$\bullet \quad b = \frac{1}{a}$$

$$44,783 = \frac{1}{a}$$

$$a = \frac{1}{44,783}$$

$$a = 0,0223 \text{ mg/g}$$

$$\bullet \quad a = \frac{1}{ab}$$

$$152,66 = \frac{1}{(0,0223)b}$$

$$0,0223 b = \frac{1}{152,66}$$

$$0,0223 b = 0,00655$$

$$b = \frac{0,00655}{0,0223}$$

$$b = 0,2937 \text{ L/mg}$$

Untuk mengetahui koefisien a dan b pada hari kedua sampai dengan hari kelima menggunakan cara yang sama seperti diatas. Dengan menggunakan persamaan Langmuir yang sudah ada pada masing-masing grafik (hari kedua, ketiga, keempat, dan kelima), maka koefisien a dan b dapat diketahui seperti pada hari pertama.

LAMPIRAN 6

Perhitungan Adsorpsi Isoterm Langmuir Ammonium oleh Zeolit

1. Hari Pertama

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.85	0.46	10	0.138	20.65217
3.31	2.58	0.73	20	0.1095	23.56164
3.31	2.44	0.87	30	0.087	28.04598
3.31	2.27	1.04	40	0.078	29.10256

2. Hari Kedua

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.43	0.88	10	0.264	9.204545
3.31	2.10	1.21	20	0.1815	11.57025
3.31	1.78	1.53	30	0.153	11.63399
3.31	1.58	1.73	40	0.12975	12.17726

3. Hari Ketiga

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	2.14	1.17	10	0.351	6.096866
3.31	1.68	1.63	20	0.2445	6.871166
3.31	1.37	1.94	30	0.194	7.061856
3.31	1.16	2.15	40	0.16125	7.193798

4. Hari Keempat

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)					
C ₀	C _e	C ₀ -C _e	m,g	x/m mg/g	C _e /(x/m)
3.31	3.31	0	0	-	-
3.31	1.89	1.42	10	0.426	4.43662
3.31	1.33	1.98	20	0.297	4.478114
3.31	1.04	2.27	30	0.227	4.581498
3.31	0.85	2.46	40	0.1845	4.607046

5. Hari Kelima

Konsentrasi Adsorbat (mg/l)						
C0	Ce	C0-Ce	m,g	x/m mg/g	Ce/(x/m)	
3.31	3.31	0	0	-	-	
3.31	1.67	1.64	10	0.492	3.394309	
3.31	1.12	2.19	20	0.3285	3.409437	
3.31	0.85	2.46	30	0.246	3.455285	
3.31	0.69	2.62	40	0.1965	3.51145	

Perhitungan untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* pada adsorpsi Ammonium oleh zeolit adalah sebagai berikut:

Persamaan isoterm langmuir pada hari pertama : $y = 95,649 - 28,021x$

Rumus isoterm Langmuir : $\frac{Ce}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} Ce$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad b &= \frac{1}{a} & \bullet \quad a &= \frac{1}{ab} \\
 28,021 &= \frac{1}{a} & 95,649 &= \frac{1}{(0,0357)b} \\
 a &= \frac{1}{28,021} & 0,0357 \cdot b &= \frac{1}{95,649} \\
 a &= 0,0357 \text{ mg/g} & 0,0357 \cdot b &= 0,01045 \\
 & & b &= \frac{0,01045}{0,0357} \\
 & & b &= 0,2927 \text{ L/mg}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui koefisien *a* dan *b* pada hari kedua sampai dengan hari kelima menggunakan cara yang sama seperti diatas. Dengan menggunakan persamaan Langmuir yang sudah ada pada masing-masing grafik (hari kedua, ketiga, keempat, dan kelima), maka koefisien *a* dan *b* dapat diketahui seperti pada hari pertama.



LAMPIRAN 7

Uji kesamaan dua rata-rata (uji t) pada adsorpsi COD oleh karbon aktif dan zeolit

Data penjerapan COD oleh karbon aktif

f tabel (p=0,05, db=4)= 6,39

f hitung < f tabel, berarti bahwa tidak ada perbedaan (sama).

a	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
5,06	-37,62	1415,26
17,67	-25,01	625,50
34,60	-8,08	65,29
61,73	19,05	362,90
94,34	51,66	2668,76
$\Sigma = 213,40$		$\Sigma = 5137,71$
$\bar{x}_1 = 42,68$		

Data penjerapan COD oleh Zeolit

a	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
3,00	-17,66	311,88
10,38	-10,28	105,68
20,79	0,13	0,02
31,25	10,58	112,15
37,88	17,22	296,53
$\Sigma = 103,30$		$\Sigma = 826,26$
$\bar{x}_2 = 20,66$		

$$s_1^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$= \frac{5137,71}{5-1}$$

$$= 1284,43$$

$$s_2^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Uji f

$$f \text{ hitung} = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

$$= \frac{1284,43}{206,57}$$

$$= 6,22$$

$$= \frac{826,26}{5-1}$$

$$= 206,57$$



Uji t

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s^2 \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$t = \frac{42,68 - 20,66}{745,5 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t = \frac{22,02}{745,5 \sqrt{0,4}}$$

$$t = \frac{22,02}{745,5 (0,63)}$$

$$t = \frac{22,02}{469,67}$$

$$t = 0,05$$

$$s^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$s^2 = \frac{(5-1)1284,43 + (5-1)206,57}{5 + 5 - 2}$$

$$s^2 = \frac{(4) 1284,43 + (4)206,57}{8}$$

$$s^2 = \frac{5137,72 + 826,28}{8}$$

$$s^2 = \frac{5964}{8}$$

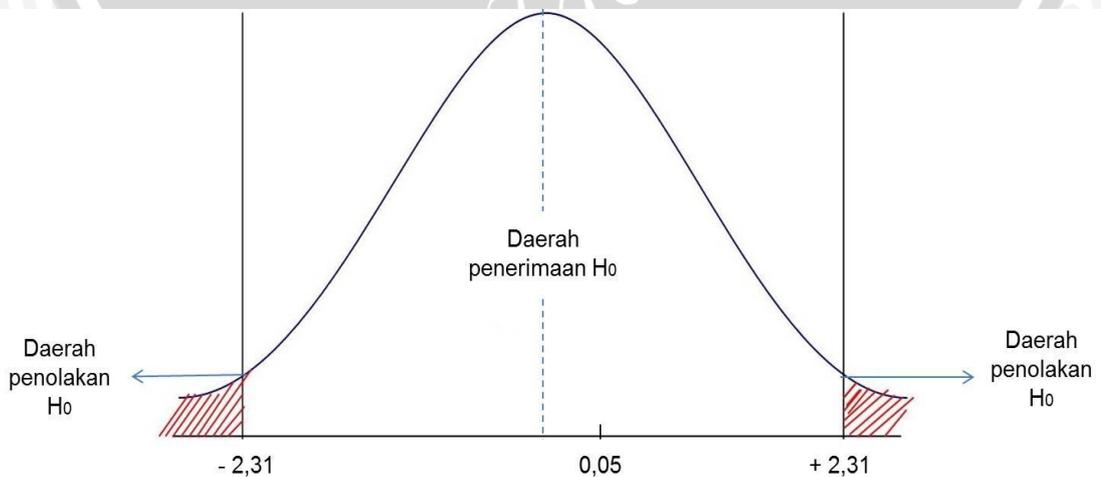
$$s^2 = 745,5$$

Berdasarkan uji t diatas diketahui bahwa :

t tabel : $t_{(0,975),8} = 2,31$

$0,05 < 2,31$

t hitung < t tabel : berarti bahwa tidak ada perbedaan (sama), baik pada penjerapan COD oleh karbon aktif maupun pada zeolit.



LAMPIRAN 8

Uji kesamaan dua rata-rata (uji t) pada adsorpsi Ammonium oleh karbon aktif dan zeolit

Data penjerapan ammonium oleh karbon aktif

Data penjerapan ammonium oleh Zeolit

<i>a</i>	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
0,02	-0,08	0,0064
0,07	-0,03	0,0009
0,11	0,01	0,0001
0,15	0,05	0,0025
0,16	0,06	0,0036
Σ = 0,51		Σ = 0,01
$\bar{x}_1 = 0,10$		

<i>a</i>	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
0,04	-0,31	0,0961
0,14	-0,21	0,0441
0,29	-0,06	0,0036
0,53	0,18	0,0324
0,73	0,38	0,1444
Σ = 1,73		Σ = 0,32
$\bar{x}_2 = 0,35$		

$$s_1^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$= \frac{0,01}{5-1}$$

$$= 0,0025$$

$$s_2^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$= \frac{0,32}{5-1}$$

$$= 0,08$$

Uji f

$$f \text{ hitung} = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

$$= \frac{0,08}{0,0025}$$

$$= 32$$

f tabel (p=0,05, db=4)= 6,39

f hitung > f tabel, berarti bahwa terdapat perbedaan.



Uji t

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{0,10 - 0,35}{\sqrt{\frac{0,0035}{5} + \frac{0,08}{5}}}$$

$$t = \frac{0,25}{\sqrt{\frac{0,0825}{5}}}$$

$$t = \frac{0,25}{\sqrt{0,0165}}$$

$$t = \frac{0,25}{0,13}$$

$$t = 1,92$$

$$w_1 = \frac{s_1^2}{n_1} = \frac{0,0025}{5} = 0,0005 ;$$

$$w_2 = \frac{s_2^2}{n_2} = \frac{0,08}{5} = 0,016$$

$$t_1 = t_{(0,975),4} = 2,78 ;$$

$$t_2 = t_{(0,975),4} = 2,78$$

$$\frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} = \frac{(0,0005)(2,78) + (0,016)(2,78)}{0,0005 + 0,016}$$

$$= \frac{0,00139 + 0,04448}{0,0165}$$

$$= \frac{0,04587}{0,0165}$$

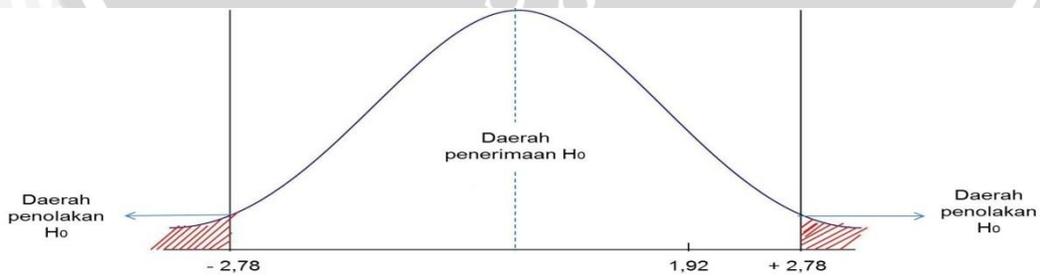
$$= 2,78$$

Berdasarkan uji t diatas diketahui bahwa :

t tabel : $t_{(0,975),4} = 2,78$

$1,92 < 2,7$

t hitung < t tabel : berarti bahwa tidak ada perbedaan (sama), baik pada penyerapan Ammonium oleh karbon aktif maupun pada zeolit.



LAMPIRAN 9

Hasil pengukuran kualitas air limbah pada perlakuan dengan menggunakan karbon aktif

Karbon aktif (g)	Suhu					pH					DO				
	H1	H2	H3	H4	H5	H1	H2	H3	H4	H5	H1	H2	H3	H4	H5
0	27.9	26.7	26.8	26.7	27.1	7.47	7.39	7.44	7.50	7.30	1.75	2.44	1.74	1.76	1.19
10	27.9	26.8	26.7	26.7	27	7.37	7.26	7.50	7.46	7.35	1.99	2.06	1.84	2.53	1.94
20	28	26.8	26.6	26.7	27	7.46	7.35	7.57	7.41	7.41	1.88	2.49	1.78	1.76	2.05
30	28.2	26.8	26.7	26.4	27.2	7.35	7.38	7.62	7.51	7.42	2.71	1.84	1.77	1.89	1.96
40	27.9	26.8	26.8	26.4	26.9	7.34	7.31	7.55	7.51	7.4	1.99	2.15	1.75	1.75	1.72

Keterangan :

H1: Hari pertama

H2: Hari kedua

H3: Hari ketiga

H4: Hari keempat

H5: Hari kelima

LAMPIRAN 10

Hasil pengukuran kualitas air limbah pada perlakuan dengan menggunakan zeolit

Zeolit (g)	Suhu					pH					DO				
	H1	H2	H3	H4	H5	H1	H2	H3	H4	H5	H1	H2	H3	H4	H5
0	27.9	26	26.7	26.6	27.2	7.47	7.44	7.30	7.64	7.55	1.75	2.42	1.79	1.71	1.44
10	27.9	26.7	26.6	26.8	27.3	7.37	7.33	7.44	7.46	7.42	1.99	1.92	2.01	1.78	1.71
20	28	26.7	26.6	26.8	27.3	7.46	7.29	7.46	7.38	7.64	1.88	1.77	1.81	1.75	1.86
30	28.2	26.7	26.6	26.8	27.2	7.35	7.29	7.46	7.53	7.68	2.71	2.62	1.71	1.79	1.75
40	27.9	26.9	26.7	26.7	27.3	7.34	7.28	7.54	7.48	7.70	1.99	1.83	2.05	1.75	2.39

Keterangan :

H1: Hari pertama

H2: Hari kedua

H3: Hari ketiga

H4: Hari keempat

H5: Hari kelima

