

**PEMANFAATAN BENTONIT TERAKTIVASI
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU**



Disusun oleh:

HANI NURHAYATI

M0305003

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
mendapatkan gelar Sarjana Sains Kimia**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

Oktober, 2010
commit to user

HALAMAN PENGESAHAN

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta telah mengesahkan skripsi mahasiswa :

Hani Nurhayati, NIM .0305003, dengan judul “Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi
dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu”

Skripsi ini dibimbing oleh

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra.Tri Martini, M.Si
NIP. 19581029 198503 2002

Candra Purnawan, M.Sc
NIP. 19781228 200501 1001

Diperthanakan didepan Tim Penguji Skripsi pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 19 Oktober 2010

Anggota Tim Penguji :

1. Dr.rer.nat Atmanto Heru Wibowo, M.Si 1
NIP.19740813 200003 1001
2. Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si 2
NIP.19711211 199702 2001

Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Drs. Sentot Budi Rahadjo, P.hD
NIP.19560507.198601 1001

commit to user

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “PEMANFAATAN BENTONIT TERAKTIVASI DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU“ belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga belum pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Surakarta, 19 Oktober 2010

Hani Nurhayati



PEMANFAATAN BENTONIT TERAKTIVASI DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU

HANI NURHAYATI

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan bentonit teraktivasi dalam pengolahan limbah cair tahu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh HCl pada aktivasi bentonit, karakterisasi bentonit teraktivasi, kondisi optimum dari bentonit teraktivasi dan jenis adsorpsi bentonit teraktivasi terhadap limbah cair tahu.

Aktivasi bentonit dilakukan pada variasi konsentrasi HCl (0,5-3 M), karakterisasi bentonit teraktivasi ditentukan melalui uji keasaman dan luas permukaan, kondisi optimum dari bentonit teraktivasi dilakukan pada variasi massa bentonit (0,06-2,1 gram) dan variasi waktu kontak (5-60 menit). Jenis adsorpsi ditentukan dengan melakukan variasi jumlah adsorbat (v/v). Analisa terhadap kandungan protein limbah cair tahu dilakukan dengan metode Kjeldahl.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi HCl optimum untuk aktivasi bentonit adalah 1 M, nilai keasaman bentonit teraktivasi adalah 6,083 mmol/gram dan luas permukaan sebesar 305,957 m²/gram. Bentonit teraktivasi pada kondisi optimum menunjukkan bahwa massa bentonit optimum adalah 0,6 gram dan waktu kontak optimum adalah 15 menit. Pada kondisi optimum, jumlah protein yang terserap oleh bentonit teraktivasi adalah sebesar 48,297 mgram/gram. Adsorpsi protein oleh bentonit teraktivasi dapat terjadi secara fisika dan kimia.

Kata kunci : bentonit, protein, limbah cair tahu, jenis adsorpsi

USE OF ACTIVATED BENTONITE IN TOFU WASTE WATER TREATMENT

HANI NURHAYATI

Department of Chemistry, Faculty of Mathematic and Science,
Sebelas Maret University

ABSTRACT

The utilization of activated bentonite on tofu waste water treatment has been conducted. The purposes of this study were to determine the effect of HCl on the activation of bentonite, the characterization of activated bentonite, optimum conditions of adsorption and the type of adsorption from activated bentonite with tofu waste water.

Activation of bentonite was done by varying the concentration of HCl (0.5-3M), the characterization of activated bentonite was determined by the acidity and surface area test, optimum conditions of the activated bentonite was done by varying mass of bentonite (0.06-2.1 gram) and varying contact time (50-60 minutes). The type of adsorption was done by varying amount of adsorbate (v/v). Analysis of protein content of tofu wastewater by Kjeldahl method.

The results showed that the optimum HCl concentration for activation of bentonite was 1 M, the acidity of activated bentonite was 6.083 mmol/gram and surface area was 305.957 m²/gram. Activated bentonite at the optimum conditions showed that the optimum mass of bentonite was 0.6 grams and the optimum contact time was 15 minutes. At optimum conditions, amount of protein absorbed by activated bentonite was 48.297 mgram/gram. Both, the physic and chemistry adsorption was occurred on protein adsorbtion by activated bentonite.

Key words: bentonite, protein, tofu waste water, type of adsorption

PERSEMBAHAN



*Bapak dan Ibu yang senantiasa sabar, memahami dan mendukungku
Adik-adikku (windi&yekti) yang tiada henti memberikan motivasi
kepadaku*

*Shofi, Atik dan Feri yang selalu bersedia untuk ku repotkan
Semua temanku yang selalu ada di saat, suka maupun duka*

commit to user

MOTTO

Orang sukses adalah mereka yang memilih satu jalur bidang, lalu
menekuninya sekuat tenaga (Andrew Carnagie)

Dalam cakrawala ide, semuanya tergantung pada antusiasisme. Namun,
dalam tataran dunia nyata, semuanya tergantung pada ketekunan dan keuletan
(Johann Wolfgang von Goethe)

Ukuran pokok seorang manusia tidak terletak pada sikapnya dalam masa
nyaman dan damai, tapi justru pada posisi yang diambilnya saat penuh
tantangan dan kontroversi
(Martin Luther King Jr.)

commit to user

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb

Segala puji hanya untuk Allah SWT, Penguasa Alam Semesta, karena hanya dengan kehendak dan karunia-Nya segala sesuatu dapat terjadi dan hanya dengan ijin-Nya pula penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini .

Penulis tidak lepas dari bimbingan, pengarahan, dan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan skripsi ini, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Sutarno, MS selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
2. Bapak Prof. Drs. Sentot Budi Rahardjo, P.hD selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
3. Bapak Achmad Ainurrofiq, M.Si, Apt selaku Pembimbing Akademik
4. Ibu Dra. Tri Martini, M.Si, selaku Pembimbing I. Atas segala saran, masukan, dan bimbingannya selama penyusunan skripsi
5. Bapak Candra Purnawan, M.Sc, selaku Pembimbing II. Atas segala saran, masukan, dan bimbingannya selama penyusunan skripsi
6. Laboran di Laboratorium Kimia Dasar FMIPA, Sub Laboratorium Biologi dan Sub Laboratorium Kimia Laboratorium Pusat MIPA UNS, atas bantuan dan kerjasama yang baik
7. Teman-teman di Jurusan Kimia, atas kebersamaan dan dukungannya, serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas semua bantuan, doa dan restunya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi hasil yang lebih baik lagi. penulis juga berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi pembaca. Amin.

Surakarta, 19 Oktober 2010

commit to user

Hani Nurhayati

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN ABSTRAK.....	iv
HALAMAN ABSTRACT.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Perumusan Masalah.....	3
1. Identifikasi Masalah.....	3
2. Batasan Masalah.....	3
3. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
A. Tinjauan Pustaka.....	6
1. Limbah Cair Tahu.....	6
2. Protein.....	8
3. Bentonit.....	9
4. Terserapnya Zat Organik Pada Bentonit.....	16
B. Kerangka Pemikiran.....	17
C. Hipotesis.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
A. Metode Penelitian.....	19

B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
C. Alat dan Bahan yang Digunakan.....	19
1. Alat yang Digunakan.....	19
2. Bahan yang Digunakan.....	20
D. Prosedur Penelitian.....	21
E. Teknik Analisa dan Pengumpulan Data.....	26
BAB IV PEMBAHASAN.....	27
A. Identifikasi Bentonit.....	27
B. Proses Aktivasi dan Adsorpsi Bentonit terhadap Protein Limbah Cair Tahu.....	29
C. Karakterisasi Bentonit.....	30
1. Keasaman Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M.....	30
2. Luas Permukaan Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M.....	31
D. Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu oleh Bentonit Teraktivasi.....	32
1. Pengaruh Massa Adsorben terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu oleh Bentonit Teraktivasi.....	32
2. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu oleh Bentonit Teraktivasi.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
A. Kesimpulan.....	37
B. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Protein.....	8
Gambar 2.	Asam Amino.....	9
Gambar 3.	Kristal Struktur Montmorillonit.....	10
Gambar 4.	Kurva Isoterm Langmuir.....	14
Gambar 5.	Kurva Isoterm BET.....	15
Gambar 6.	Kurva Isoterm Freundlich.....	16
Gambar 7.	Difraktogram Bentonit Alam.....	27
Gambar 8.	Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu terhadap bentonit teraktivasi.....	29
Gambar 9.	Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu pada berbagai massa bentonit teraktivasi.....	32
Gambar 10.	Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu oleh bentonit teraktivasi pada berbagai waktu kontak.....	33
Gambar 11.	Kurva Isoterm Langmuir.....	35
Gambar 12.	Kurva Isoterm Freundlich.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data difraksi sinar X bentonit standar dan sampel.....	28
Tabel 2.	Keasaman Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M.....	30
Tabel 3.	Luas Permukaan Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M.....	31



commit to user

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1a	Data XRD Bentonit Alam.....	42
Lampiran 1b	Perhitungan % Mineral Bentonit Alam.....	47
Lampiran 2	Standar JCPDS <i>File</i> Montmorillonit.....	48
Lampiran 3	Standar JCPDS <i>File</i> Kaolinit.....	52
Lampiran 4	Standar JCPDS <i>File</i> Kuarsa.....	53
Lampiran 5a	Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Aktivasi Bentonit dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	54
Lampiran 5b	Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 0,5M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	55
Lampiran 5c	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Variasi Konsentrasi HCl dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	56
Lampiran 6a	Data Pengamatan Amonia yang Teradsorp oleh Bentonit pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	57
Lampiran 6b	Contoh Perhitungan Keasaman Bentonit setelah Diaktivasi HCl 1 M dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	58
Lampiran 6c	Data Keasaman Bentonit pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	59
Lampiran 7a	Data Pengamatan Luas Permukaan Bentonit pada Massa Bentonit 0,03 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Larutan <i>Metilen Blue</i> 25 ml.....	60
Lampiran 7b	Contoh Perhitungan Luas Permukaan Bentonit setelah Diaktivasi HCl 1M dengan Massa Bentonit 0,03 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Larutan <i>Metilen Blue</i> 25 ml.....	63
Lampiran 7c	Data Hasil Perhitungan Luas Permukaan Bentonit pada Massa Bentonit 0,03 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Larutan <i>Metilen Blue</i> 5 ml.....	64
Lampiran 8a	Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1 M, Waktu Kontak	

	30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	65
Lampiran 8b	Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M 0,06 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20ml.....	66
Lampiran 8c	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Berbagai Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml	67
Lampiran 9a	Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Berbagai Variasi Waktu Kontak Bentonit Teraktivasi HCl 1M dengan Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	68
Lampiran 9b	Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Waktu Kontak 5 menit, Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	69
Lampiran 9c	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Berbagai Variasi Waktu Kontak Bentonit Teraktivasi HCl 1M dengan Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	70
Lampiran 10a	Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Berbagai Variasi Konsentrasi Adsorbat dengan Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	71
Lampiran 10b	Contoh Perhitungan Daya Serap Bentonit Teraktivasi HCl 1M pada Konsentrasi Adsorbat 40 % (v/v), Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	72
Lampiran 10c	Data Hasil Perhitungan Daya Serap Bentonit Teraktivasi HCl 1M pada Berbagai Variasi Konsentrasi Adsorbat dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml	73
Lampiran 11a	Data Pengamatan Volume FAS untuk Penentuan COD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml	75
Lampiran 11b	Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai COD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	76
Lampiran 11c	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai COD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	77

commit to user

Lampiran 12a	Data Pengamatan Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ untuk Penentuan BOD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	78
Lampiran 12b	Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai BOD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml	79
Lampiran 12c	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai BOD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml	80
Lampiran 13a	Analisa Statistik Anova <i>Single Factor</i> Pengaruh Aktivasi HCl terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	81
Lampiran 13b	Analisa Statistik Duncan Pengaruh Aktivasi HCl terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	82
Lampiran 14a	Analisa Statistik Anova <i>Single Factor</i> Pengaruh Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Waktu Kontak 30menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	84
Lampiran 14b	Analisa Statistik Duncan Pengaruh Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	85
Lampiran 15a	Analisa Statistik Anova <i>Single Factor</i> Pengaruh Variasi Waktu Kontak Bentonit Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	87
Lampiran 15b	Analisa Statistik Duncan Pengaruh Variasi Waktu Kontak Bentonit Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml.....	88

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang besar telah memacu perkembangan di sektor industri. Salah satunya adalah industri tahu yang telah memberikan kontribusi pada penyediaan pangan, penyerapan tenaga kerja, dan pengembangan ekonomi daerah. Namun disisi lain, limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu berpotensi merusak lingkungan. Hal ini karena perhatian yang kecil dan biaya untuk pengolahan limbah industri tersebut besar, sehingga beberapa industri tahu tidak mengolah limbahnya, namun langsung membuangnya ke lingkungan. Menurut Hery (1993), limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu mempunyai tingkat pencemaran lingkungan yang cukup tinggi karena kadar BOD sekitar 6.000-8.000 mg/L, COD 8.000-11.400 mg/L.

Limbah cair tahu mengandung karbohidrat, protein dan lemak. Nurhayati Hakim (1986) menyatakan bahwa protein dirombak oleh mikroba menjadi unsur nitrogen, amonium, nitrit, dan nitrat. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu merupakan limbah organik yang mudah dirombak oleh mikroorganisme secara alamiah. Namun, jika limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan atau dibiarkan tergenang akan menyebabkan perombakan yang menghasilkan sejumlah gas berbau menyengat sehingga mengakibatkan suasana tidak nyaman bagi masyarakat di sekitar kawasan industri tahu.

Pengolahan limbah cair tahu bertujuan untuk mengurangi tingkat pencemaran, ini dapat dilakukan secara kimia, biologi dan fisika. Pengolahan secara kimia dengan cara netralisasi, presipitasi dan koagulasi, cara biologi menggunakan mikroorganisme yang dapat menguraikan bahan polutan, sedangkan secara fisika dengan filtrasi, adsorpsi dan sedimentasi. Adsorpsi merupakan proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap (Reynolds, 1982). Adsorben yang biasa digunakan dalam adsorpsi adalah zeolit serta karbon aktif. Pemanfaatan karbon aktif sebagai adsorben merupakan cara yang sederhana

dan efektif namun, proses pembuatannya cukup rumit. Oleh karena itu, perlu adanya alternatif adsorben yang lebih sederhana dan mempunyai daya adsorpsi yang baik, salah satunya adalah bentonit karena potensi cadangan lempung di Indonesia sangat besar dan tersebar hampir di seluruh daerah namun pemanfaatannya belum optimal (Priatmoko dan Najiyana, 2006).

Penggunaan bentonit alam sebagai adsorben telah diaplikasikan oleh Venglovsky *et al.* (1996) pada *pig slurry*. Bentonit merupakan jenis mineral smektit tersusun oleh kerangka alumino silikat, membentuk struktur lapis, dan merupakan penukar kation yang baik. Kandungan utama dari bentonit adalah montmorillonit. Adanya rongga pada montmorillonit menyebabkan luas permukaannya sangat besar, bahkan luas permukaan spesifik montmorillonit dapat mencapai sekitar 700-800 m²/g. Luas permukaan spesifik ini terbuka pada dispersi dalam air, karena kemampuan mengembang yang tinggi menyebabkan montmorillonit dapat menerima ion-ion logam dan senyawa organik (Ashadi dkk., 2007). Perluasan kisi bentonit meliputi kemampuan mengembang dan luas permukaan yang besar menyebabkan bentonit dapat dimanfaatkan sebagai adsorben (Priatmoko dan Najiyana, 2006).

Perluasan kisi bentonit dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi, baik secara fisika maupun kimia. Aktivasi bentonit secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan asam, yang secara luas diaplikasikan sebagai katalis, adsorben dan *bleaching earth* (Kooli, 1997). Aktivasi secara fisika dapat dilakukan dengan pemanasan. Pemanasan pada suhu 100-200 °C menyebabkan bentonit kehilangan molekul air yang mengisi ruang antar lapis. Pemanasan diatas suhu 500-700 °C menyebabkan proses pengeluaran molekul air dari rangkaian kristal sehingga dua gugus ⁻OH yang berdekatan saling melepaskan satu molekul air (Prasetya, 2004).

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian untuk menurunkan kadar protein yang terkandung dalam limbah cair tahu melalui adsorpsi menggunakan bentonit teraktivasi HCl, penentuan efisiensi penurunan protein limbah cair tahu dan jenis adsorpsi bentonit teraktivasi pada kondisi optimum.

B. Perumusan Masalah

1. Identifikasi Masalah

Beberapa permasalahan yang perlu dibahas dan dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam penelitian ini adalah:

Kualitas limbah cair tahu yang dihasilkan dari satu industri berbeda dibandingkan dengan industri yang lain. Hal ini karena limbah industri tahu sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan tahu. Pencemaran pada suatu perairan yang disebabkan oleh limbah cair tahu dapat dikurangi dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan adsorben, ada banyak jenis adsorben yang dapat digunakan, bentonit merupakan salah satu jenis adsorben yang melimpah dan tersebar diberbagai daerah. Bentonit yang berasal dari suatu wilayah memiliki perbedaan kualitas dengan bentonit yang berasal dari wilayah lain, hal ini disebabkan perbedaan geologis dari bentonit tersebut.

Pemanfaatan bentonit sebagai adsorben dapat ditingkatkan kemampuan adsorpsinya dengan aktivasi. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan asam maupun basa. Asam yang dapat digunakan seperti H_2SO_4 , HNO_3 , HCl dan basa seperti $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, hal ini akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Bentonit yang telah diaktivasi akan memiliki karakteristik yang lebih baik karena ukuran porinya lebih besar dibandingkan dengan bentonit alam. Perbedaan karakteristik tersebut berpengaruh pada kemampuan bentonit dalam mengadsorp protein limbah cair tahu. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses adsorpsi menurut Perrich (1981) adalah luas permukaan, waktu kontak, ukuran partikel, jumlah adsorben dan adsorbat yang digunakan. Karakteristik bentonit seperti luas permukaan dapat dianalisa dengan SAA, adsorpsi *metilen blue* dan adsorpsi iodin. Karakteristik keasaman dapat dianalisa dengan adsorpsi basa seperti amonia, piridin. Jenis adsorpsi bentonit teraktivasi terhadap protein limbah cair tahu dapat dianalisa dengan berbagai metode seperti BET, Freundlich dan Langmuir. Penentuan kadar protein pada limbah cair tahu dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti Gunning, Lowry dan Kjeldahl.

2. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka penelitian ini dibatasi pada:

- a. Limbah cair tahu berasal dari sentra industri tahu di daerah Krajan, Mojosongo, Surakarta.
- b. Lempung bentonit diperoleh dari PT. Indonesia Bentonit (Indobent), Pacitan.
- c. Bentonit diaktivasi menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi 0,5; 1; 2 dan 3M.
- d. Karakterisasi yang diukur meliputi luas permukaan dengan cara adsorpsi *metilen blue* dan nilai keasaman dengan adsorpsi basa amonia.
- e. Jenis adsorpsi bentonit teraktivasi terhadap limbah cair tahu dianalisa menggunakan metode Freundlich dan Langmuir.
- f. Kondisi optimum bentonit teraktivasi meliputi massa bentonit (0,06; 0,1; 0,6; 1,1; 1,6; 2,1 gram) dan waktu kontak (5; 10; 15; 20; 30; 45; 60 menit).
- g. Metode yang digunakan untuk menentukan kadar protein adalah Kjeldahl.

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana pengaruh konsentrasi HCl pada aktivasi bentonit?
- b. Bagaimana karakteristik bentonit alam dan bentonit teraktivasi pada konsentrasi HCl optimum?
- c. Bagaimana pengaruh massa dan waktu kontak terhadap efisiensi penurunan protein limbah cair tahu oleh bentonit teraktivasi?
- d. Apa jenis adsorpsi bentonit teraktivasi terhadap protein limbah cair tahu?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi HCl pada aktivasi bentonit.
2. Mengetahui karakteristik bentonit alam dan bentonit teraktivasi pada konsentrasi HCl optimum.

commit to user

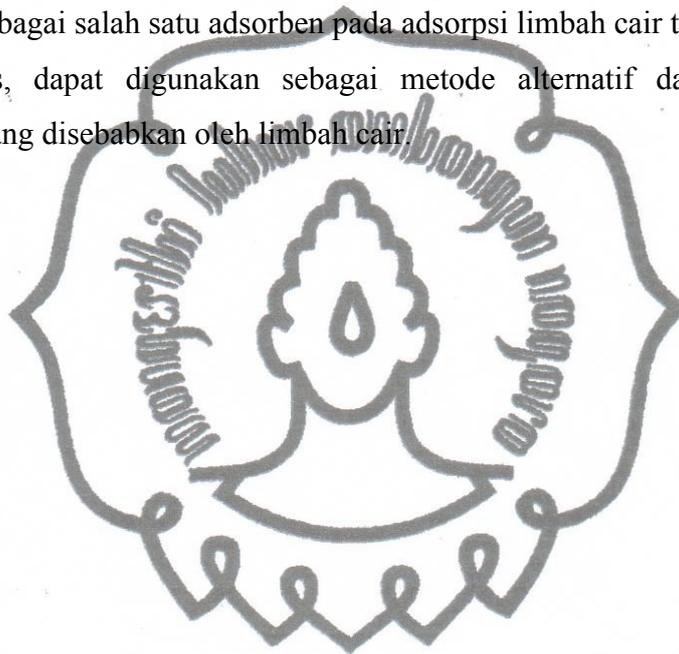
3. Mengetahui massa dan waktu kontak yang optimum terhadap efisiensi penurunan protein limbah cair tahu oleh bentonit teraktivasi.
4. Mengetahui jenis adsorpsi bentonit teraktivasi terhadap protein limbah cair tahu.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Secara teoritis, dapat memberikan informasi mengenai sifat dan karakter dari bentonit sebagai salah satu adsorben pada adsorpsi limbah cair tahu.

Secara praktis, dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam mengurangi pencemaran yang disebabkan oleh limbah cair.



BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Limbah Cair Tahu

Limbah cair pada dasarnya ada dua jenis, yaitu limbah cair dari industri dan limbah cair dari rumah tangga. Limbah cair yang termasuk limbah rumah tangga mengandung zat organik yang dengan pengolahan sederhana atau secara biologi dapat menghilangkan polutan yang terdapat di dalamnya (Ginting, 1992).

Tahu merupakan salah satu produk olahan kedelai yang telah lama dikenal dan banyak disukai oleh masyarakat, karena harganya murah dan mudah didapat. Industri ini tergolong dalam industri kecil atau industri rumah tangga. Walaupun industri rumah tangga dengan modal kecil, industri ini memberikan sumbangan pada perekonomian negara, penyediaan pangan dan menyediakan tenaga kerja. Namun, pada sisi lain dihasilkan limbah cair yang berpotensi merusak lingkungan. Hal ini karena perhatian yang kecil dan biaya untuk pengolahan limbah industri tersebut besar, sehingga beberapa industri tahu tidak mengolah limbahnya, namun langsung membuangnya ke lingkungan.

Kedelai sebagai bahan dasar pembuatan tahu banyak mengandung protein, karbohidrat, vitamin dan kaya akan mineral. Proses pembuatan tahu terdiri atas beberapa tahapan, yaitu:

- a. Sortasi dan pembersihan. Tahapan ini bertujuan untuk memilih biji kedelai yang baik dan bebas dari benda lainnya. Limbah yang dihasilkan dari tahapan ini adalah limbah padat yaitu buangan kedelai yang tidak memenuhi persyaratan.
- b. Perendaman. Perendaman dalam air hangat dalam jumlah yang memadai supaya kedelai mengambang, mudah mengelupas kulitnya, cukup lunak untuk digiling, menghilangkan lendir, dan menghilangkan bau kedelai. Limbah yang dihasilkan adalah limbah cair hasil perendaman kedelai.
- c. Pencucian. Tahapan ini dilakukan hingga bau dan lendir hilang. Limbah yang dihasilkan adalah limbah cair pencucian.
- d. Penggilingan. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk menghancurkan sel kedelai agar protein yang terdapat didalamnya keluar bercampur dengan kulit ari, serat

commit to user

dan lainnya menjadi bubur halus. Pada tahapan ini tidak dihasilkan limbah, baik cair maupun padat.

- e. Pemasakan. Tahapan ini bertujuan untuk membantu terjadinya proses penggumpalan dan menghilangkan bau kedelai. Pada tahapan ini juga tidak dihasilkan limbah.
- f. Penyaringan. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk memisahkan sari kedelai dari ampasnya. Limbah yang dihasilkan adalah limbah padat yaitu ampas tahu.
- g. Penggumpalan. Tahapan ini bertujuan menggumpalkan protein kedelai yang terdapat dalam cairan hasil penyaringan bubur kedelai. Limbah yang dihasilkan adalah limbah cair sisa penggumpalan.
- h. Pencentakkan. Limbah yang dihasilkan dari tahapan ini adalah limbah cair pencentakkan (Widanarko, 1994).

Limbah cair tahu merupakan limbah pangan yang mengandung senyawa organik dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Dalam PPRI No.82 tahun 2001, limbah cair tahu memiliki kadar amonia 3.52 ppm dan nitrat 5.15 ppm, sedangkan komposisi limbah cair tahu yang disampaikan oleh Pranoto (2005) adalah 0.42% protein, 0.13% lemak, 0.11% karbohidrat dan 98.87% air. Limbah cair tahu mempunyai karakteristik fisika dan kimia, karakteristik fisika meliputi kandungan total padatan yang terdiri dari bahan terapung, tersuspensi, koloid dan terlarut. Karakteristik kimia meliputi bahan anorganik, air buangan industri tahu mengandung nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), amoniak (NH_3), dan sulfida (SO_4), gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), dan metan (CH_4) (Pranoto, 1999).

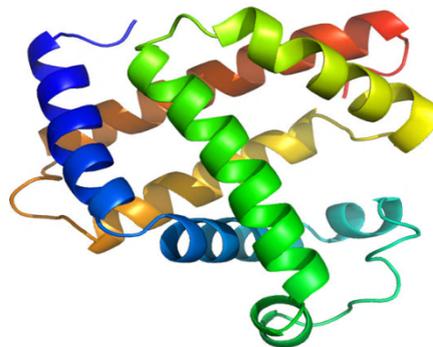
Limbah cair dari proses produksi tahu kuning berwarna kuning keruh dan berbau rebusan kedelai jika masih segar, sedangkan limbah cair dari proses produksi tahu putih berwarna putih keruh dengan bau kedelai jika masih segar. Kapasitas produksi dan jumlah limbah cair yang dihasilkan mempengaruhi karakteristik limbah. Industri tahu yang kapasitas produksinya kecil akan menghasilkan limbah cair dengan karakteristik lebih baik daripada yang besar. Data pada perajin tahu putih dengan kapasitas di bawah 100 kg/hari menunjukkan jumlah limbah cair dihasilkan sebanyak 150 – 430 liter dengan nilai BOD 2.800 – 4.300 mg/liter, pH 3,4 – 3,8 dan DO 1,5 – 2,2 mg/liter sedang yang diatas 100 kg/liter adalah jumlah limbah cair di

atas 1.000 liter, BOD 4.100 mg/liter, pH 3,56 dan DO 1,93 mg/liter. Untuk tahu kuning dengan kapasitas di bawah 100 kg/hari menunjukkan jumlah limbah cair dihasilkan sebanyak 460 – 780 liter dengan nilai BOD 3.500 – 4.600 mg/liter, pH 3,8 – 3,9 dan DO 1,3 – 1,5 mg/liter sedang yang diatas 100 kg/liter adalah jumlah limbah cair di atas 2.000 liter, BOD 5.800 mg/liter, pH 3.66 dan DO 1.2mg/liter (<http://2007.wordpress.com/2008/01.08/karakteristik-limbah-cair-tahu/>).

Dalam limbah cair tahu hasil degradasi senyawa protein ditunjukkan oleh adanya senyawa asam amino, amonia, dan H₂S. Dua senyawa terakhir ini yang dapat menimbulkan bau busuk pada limbah cair tahu.

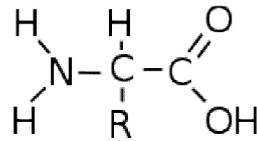
2. Protein

Protein merupakan suatu zat makanan yang penting bagi tubuh, karena berfungsi sebagai bahan bakar, zat pembangun dan zat pengatur dalam tubuh. Protein merupakan sumber asam amino yang mengandung unsur C, H, O, N yang tidak dimiliki oleh lemak atau karbohidrat. Protein sebagai zat pembangun, merupakan bahan pembentuk jaringan baru yang selalu terjadi dalam tubuh. Protein sebagai bahan bakar apabila kebutuhan energi tidak terpenuhi oleh karbohidrat dan lemak.



Gambar 1. Protein

Dalam tubuh manusia protein dipecah menjadi komponen yang lebih kecil yaitu asam amino atau peptida. Sebuah asam amino terdiri dari sebuah gugus amino, sebuah gugus karboksil, atau sebuah atom hidrogen, dan gugus R yang terikat pada sebuah atom C yang dikenal dengan atom C α .



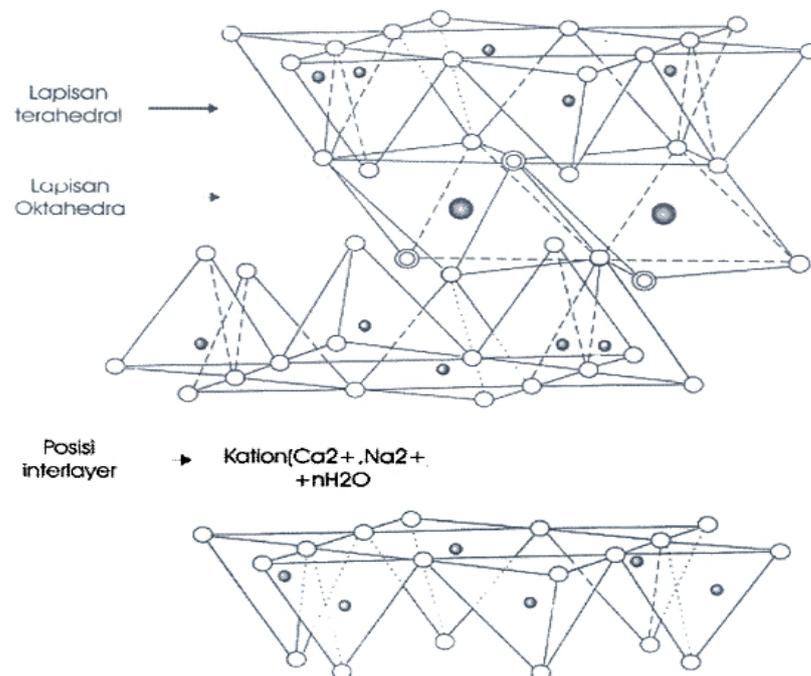
Gambar 2. Asam Amino

Sifat fisikokimia setiap protein tidak sama, tergantung pada jumlah dan jenis asam aminonya. Adanya gugus amino dan karboksil bebas pada ujung-ujung rantai molekul protein, menyebabkan protein mempunyai banyak muatan (polielektrolit) dan bersifat amfoter karena dapat bereaksi dengan asam maupun basa. Daya reaksi berbagai jenis protein terhadap asam dan basa tidak sama, tergantung dari jumlah dan letak gugus amino maupun gugus karboksil dalam molekul. Dalam larutan asam (pH rendah), gugus amino bereaksi dengan H^+ , sehingga protein bermuatan positif. Sedangkan dalam larutan basa (pH tinggi) molekul protein akan bereaksi sebagai asam atau bermuatan negatif. Pada pH tertentu yang disebut titik isolistrik, muatan gugus amino dan karboksil bebas akan saling menetralkan sehingga molekul bermuatan nol. Tiap jenis protein mempunyai titik isolistrik yang berbeda-beda (Winarno, 2002).

3. Bentonit

Menurut Soedarmo (1981), bentonit adalah jenis batuan hasil alterasi dari material-material, gelas stuff dari abu vulkanis. Komposisi mineral utamanya adalah mineral montmorillonit dan sedikit beidelit dengan sejumlah mineral pengikutnya seperti ortoklas, oligoklas biotit, pyroxen, tirkon, dan kuarsa.

Bentonit merupakan jenis mineral smektit yang tersusun oleh kerangka alumino silikat dan membentuk struktur lapis, mempunyai muatan negatif merata di permukaannya dan merupakan penukar kation yang baik. Bentonit mempunyai ciri khas kalau diraba seperti lilin dan teksturnya seperti sabun. Bagian yang dekat permukaan tanah berwarna hijau kekuningan atau abu-abu dan warna menjadi terang pada waktu dikeringkan. Endapan dibawah permukaan berwarna abu-abu kebiruan. Selain itu, ada pula yang berwarna putih, coklat terang dan coklat kemerahan. Bentonit mempunyai rumus $\text{Si}_8(\text{Al})_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ (Foth, 1988).



Gambar 3. Kristal Struktur Montmorillonit



Bentonit mempunyai sifat plastis dan koloidal yang tinggi serta dapat mengalami perluasan kisi. Munculnya sifat adsorben karena pada kisi bentonit disubstitusi oleh muatan yang tidak setimbang, contoh: Mg²⁺ menggantikan Al³⁺ dan Al³⁺ menggantikan Si⁴⁺. Ketidaksetimbangan ini muncul karena substitusi ion dengan valensi yang berbeda pada tetrahedral, oktahedral atau keduanya.

Bentonit dapat dibagi menjadi dua golongan berdasarkan kandungan alumina silikat *hidrous*, yaitu *activated clay* dan *fuller's earth*. Sedangkan berdasarkan tipenya, bentonit dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Tipe *Wyoming* (Na-bentonit-*Swelling bentonite*)

Na-bentonit memiliki daya mengembang hingga delapan kali dari semula apabila dimasukkan kedalam air, dan tetap terdispersi beberapa waktu dalam air. Dalam keadaan kering berwarna putih, pada keadaan basah dan terkena sinar matahari akan berwarna mengkilap. Perbandingan soda dan kapur tinggi, suspensi koloidal mempunyai pH 8,6-9,8, posisi pertukaran diduduki oleh ion-ion sodium. Na-bentonit biasanya digunakan sebagai pengisi (*filler*), lumpur bor, penyumbat

kebocoran bendungan, bahan pencampur pembuat cat, bahan baku farmasi, dan perekat pasir cetak pada industri pengecoran logam (Herlina, 1999).

b. Mg (Ca-bentonite-*nonswelling bentonite*)

Tipe bentonit ini kurang mengembang apabila dicelupkan dalam air, dan tetap terdispersi dalam air, tetapi secara alami atau setelah diaktifkan mempunyai sifat menghisap yang baik. Perbandingan kandungan Na dan Ca rendah, suspensi koloidal memiliki pH 4-7. Posisi pertukaran ion lebih banyak diduduki oleh ion-ion kalsium dan magnesium. Karena sifat daya tukar ion yang tinggi dan bersifat menyerap, karena itu montmorillonit dipergunakan sebagai bahan pemucat warna dan perekat pasir cetak. Penggunaan bentonit dalam proses pemurnian minyak goreng perlu aktivasi lebih dahulu. Ca-bentonit banyak dipakai sebagai bahan penyerap selain itu juga dimanfaatkan sebagai bahan lumpur bor setelah petukaran ion, sehingga terjadi perubahan menjadi Na-bentonit (Herlina, 1999).

Peningkatan efektivitas penyerapan pada bentonit dapat dilakukan dengan aktivasi. Proses aktivasi dibedakan menjadi dua cara, yaitu:

a. Aktivasi secara fisika

Aktivasi secara fisika adalah pemakaian panas hampir di semua reaksi yang ada tanpa pemberian zat aditif. Pemanasan pada suhu 100-200 °C menyebabkan bentonit kehilangan molekul air yang mengisi ruang antar lapis. Pemanasan diatas suhu 500-700 °C menyebabkan proses pengeluaran molekul air dari rangkaian kristal sehingga dua gugus OH yang berdekatan saling melepaskan satu molekul air (Prasetya, 2004).

b. Aktivasi secara kimia

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan asam mineral akan meningkatkan daya serap karena asam mineral melarutkan pengotor-pengotor yang menutupi pori-pori adsorben (Supeno, 2007).

Bentonit yang telah mengalami aktivasi akan meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi karena memiliki kapasitas penukaran ion yang tinggi. Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap sehingga terjadi suatu interaksi antara substansi dengan zat penyerap. Proses adsorpsi dapat

digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben (Reynolds, 1982). Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

- a. Adsorpsi fisik, adsorpsi ini terjadi karena adanya gaya *Van Der Waals* dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben. Adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur rendah dan dengan bertambahnya temperatur jumlah adsorpsi mengalami penurunan. Panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi fisika adalah rendah yaitu kurang dari 20,92 kJ/mol (Adamson, 1990).
- b. Adsorpsi kimia, yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik. Partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia. Pada adsorpsi kimia, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, karena terjadi pemutusan ikatan maka panas adsorpsinya mempunyai kisaran yang sama seperti reaksi kimia, yaitu di atas 20,92 kJ/mol (Adamson, 1990).

Beberapa faktor yang mempengaruhi laju adsorpsi menurut Perrich (1981) adalah:

1). Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat berjalan semakin efektif. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2). Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah lolos 200 *mesh* (Tchobanoglous, 1991).

3). Waktu kontak

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak berkisar 10-15 menit (Reynolds, 1982).

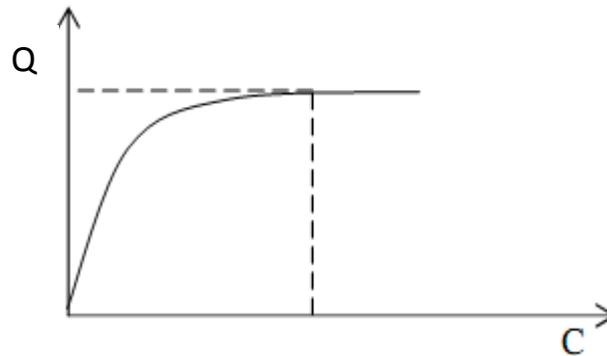
Proses adsorpsi pada umumnya akan diikuti dengan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi adalah hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut pada temperatur tertentu. Macam-macam isoterm adsorpsi antara lain adalah:

a. Isoterm Langmuir

Isoterm Langmuir merupakan isoterm paling sederhana yang didasarkan pada asumsi yaitu adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (*monolapis*), semua proses adsorpsi dilakukan dengan mekanisme sama, semua situs dan permukaannya bersifat homogen, namun asumsi-asumsi tersebut sulit diterapkan karena selalu ada ketidaksempurnaan pada permukaan, molekul teradsorpsi tidak inert dan mekanisme adsorpsi pada molekul pertama berbeda dengan mekanisme pada molekul terakhir yang teradsorb (Oscik, 1994). Isoterm Langmuir menggambarkan penyerapan senyawa organik oleh permukaan bentonit secara kimia. Persamaan isoterm Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul zat yang tidak teradsorpsi. Persamaan Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{C}{Q} = \frac{1}{kQ} + \frac{C}{Q}$$

C merupakan konsentrasi adsorbat pada keadaan setimbang, Q adalah konsentrasi adsorbat yang terserap per gram adsorben, k adalah konstanta yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi dan Q mak adalah daya serap maksimum dari adsorben. Kurva isoterm Langmuir dapat digambarkan seperti pada gambar 2.



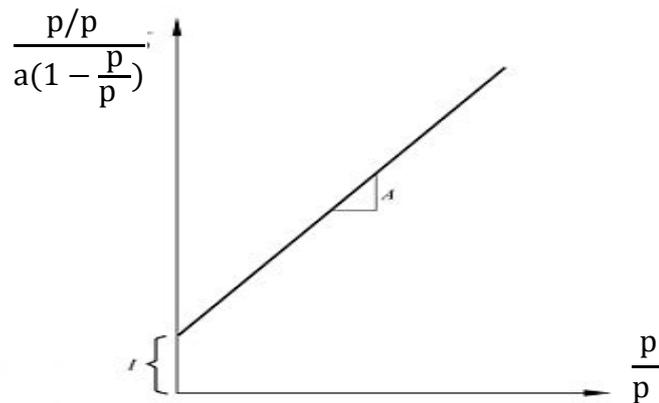
Gambar 4. Kurva Isoterm Langmuir

b. Isoterm BET

Pada isoterm BET, volume total yang teradsorpsi sebanding dengan jumlah partikel teradsorpsi. Isoterm ini naik secara tak terbatas saat tekanan dinaikkan karena tidak ada batasan terhadap kuantitas material yang dapat berkondensasi jika penutupan multilapisan terjadi. Isoterm BET didasarkan pada asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang homogen. Perbedaan isoterm Langmuir dan BET adalah pada isoterm BET berasumsi bahwa molekul-molekul adsorbat dapat membentuk lebih dari satu lapis adsorbat di permukaannya, mekanisme adsorpsi untuk setiap proses adsorpsi berbeda-beda. Isoterm Langmuir pada umumnya lebih baik diterapkan pada adsorpsi kimia sedangkan isoterm BET lebih baik bila diterapkan pada adsorpsi fisika (Khaeruddin, 2007). Persamaan BET dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{p/p_0}{a(1 - \frac{p}{p_0})} = \frac{1}{a C} + \frac{(C - 1) p}{a C p_0}$$

p adalah tekanan uap, p_0 adalah tekanan uap jenuh, C adalah konsentrasi, a adalah jumlah adsorbat yang diserap dan a_m adalah daya serap monolapis (Atkins,1990). Persamaan diatas dapat di gambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. Kurva Isoterm BET

c. Isoterm Freundlich

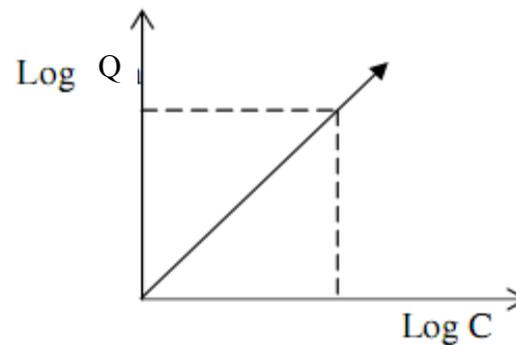
Isoterm Freundlich adalah satu dari beberapa persamaan diusulkan untuk menghubungkan jumlah adsorbat teradsorpsi terhadap konsentrasi adsorbat dalam larutan. Isoterm ini berdasarkan asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda. Isoterm Freundlich merupakan isoterm yang umumnya digunakan untuk menggambarkan karakteristik adsorpsi padatan terhadap suatu limbah (Tchobanoglous, 1991). Isoterm Freundlich menyatakan bahwa penyerapan senyawa organik oleh permukaan bentonit dalam kondisi tertentu yang meliputi waktu kontak dan konsentrasi terjadi karena adanya penyerapan secara fisika. Persamaan Freundlich dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q = K C^n$$

Dimana Q adalah daya serap dari adsorben, C adalah konsentrasi larutan pada keadaan setimbang, K dan n adalah suatu konstanta. Persamaan diatas juga dapat ditulis sebagai berikut:

$$\log Q = \log K + \frac{1}{n} \log C$$

Dari persamaan diatas dapat digambarkan kurva persamaan isoterm Freundlich sebagai berikut:



Gambar 6. Kurva Isoterm Freundlich

Persamaan dalam bentuk log tersebut memberikan kurva garis lurus. Dimana K_d dan n merupakan intercep dan slope (Mortula dan Graham, 2007).

4. Terseapnya zat organik pada bentonit

Interaksi antara suatu senyawa organik dan permukaan mineral bentonit terjadi melalui tarikan elektrostatis atau pembentukan ikatan kimia. Sifat molekul organik seperti struktur, gugus fungsional, dan sifat hidrofobik berpengaruh pada sifat adsorpsi. Beberapa mekanisme reaksi yang menyebabkan terbentuknya ikatan antara permukaan mineral bentonit dan senyawa organik misalnya:

- Interaksi elektrostatis. Interaksi ini terjadi antara kation senyawa organik dan anion bentonit. Kation senyawa organik pada umumnya terserap pada permukaan bentonit yang bermuatan negatif, sedangkan anion senyawa organik tertarik pada tepi permukaan bentonit (Tan, 1991).
- Ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen adalah jenis lain dari interaksi yang mungkin terjadi antara molekul organik dengan permukaan mineral. Ikatan hidrogen dapat terjadi bila senyawa organik memiliki suatu gugus N-H atau OH yang dapat berinteraksi dengan ion O pada permukaan bentonit (Tan, 1991).
- Ikatan *Van Der Waals*. Spesies organik mengikat permukaan mineral lempung dalam bentuk netral. Energi ikatan *Van Der Waals* ini sangat lemah. Ikatan ini terjadi jika senyawa organik tidak dapat berikatan langsung dengan permukaan bentonit karena adanya jembatan molekul air, sehingga membuat interaksinya sangat lemah (Tan, 1991).

Adanya interaksi antara senyawa organik dengan bentonit teraktivasi diharapkan akan mengurangi pencemaran yang disebabkan terdapatnya kandungan protein dalam limbah cair tahu.

B. Kerangka Pemikiran

Senyawa organik yang terkandung pada limbah cair tahu salah satunya adalah protein. Limbah yang tidak diolah secara baik dapat menyebabkan pencemaran, hal ini dapat dikurangi dengan cara adsorpsi menggunakan bentonit. Protein berinteraksi dengan situs aktif bentonit memanfaatkan gugus karboksil dan amino yang dimiliki. Kemampuan adsorpsi dari bentonit dapat ditingkatkan melalui aktivasi menggunakan HCl karena mampu melarutkan senyawa anorganik, sehingga kation yang berada dalam antar lapis bentonit akan diganti dengan ion H^+ . Penambahan HCl pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan terjadinya dealuminasi. Hal ini terjadi karena antar lapis bentonit sudah jenuh dengan ion H^+ sehingga menyebabkan ion H^+ akan mengganti Al^{3+} , Fe^{3+} , dan Mg^{2+} . Proses dealuminasi menyebabkan kerusakan lapisan oktahedral yang mengakibatkan runtuhnya kerangka Si-Al pada bentonit sehingga mempengaruhi kemampuan adsorpsi bentonit. Aktivasi menggunakan HCl menyebabkan pori-pori bentonit menjadi lebih bersih sehingga kemampuan untuk mengadsorp protein menjadi lebih besar. Karakteristik keasaman dan luas permukaan bentonit teraktivasi lebih baik dibandingkan bentonit alam karena pori-pori bentonit lebih terbuka untuk adsorpsi. Semakin banyak massa bentonit ditambahkan dan waktu kontak diberikan maka semakin banyak protein yang teradsorp pada pori-pori bentonit. Hal ini karena semakin banyak bentonit yang digunakan maka pori-pori bentonit juga meningkat. Namun, jika pori-pori bentonit telah jenuh dengan protein akan menyebabkan kemampuan bentonit untuk mengadsorp protein turun. Jenis adsorpsi antara protein limbah cair tahu dengan bentonit teraktivasi terjadi secara fisika dan/atau kimia karena interaksi antara protein dan bentonit dapat melalui pori-pori maupun dengan situs aktif bentonit.

C. Hipotesis

Berdasarkan uraian kerangka pemikiran diatas, maka hipotesis dari penelitian ini dapat disusun sebagai berikut:

1. Semakin banyak konsentrasi HCl yang ditambahkan untuk aktivasi bentonit menyebabkan ukuran pori semakin luas namun pada konsentrasi tertentu bentonit akan mengalami dealuminasi sehingga mempengaruhi kemampuan adsorpsinya terhadap limbah cair tahu.
2. Karakteristik keasaman dan luas permukaan bentonit yang telah diaktivasi dengan HCl lebih besar dibandingkan dengan bentonit alam.
3. Semakin banyak massa adsorben yang ditambahkan dan waktu kontak yang diberikan akan meningkatkan kemampuan adsorpsi bentonit, namun pada massa dan waktu kontak tertentu akan mengalami kejenuhan sehingga kemampuan adsorpsi bentonit akan menurun terhadap limbah cair.
4. Jenis adsorpsi antara bentonit teraktivasi dengan protein limbah cair tahu terjadi secara adsorpsi fisika dan/atau kimia.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium untuk mengetahui kemampuan adsorpsi bentonit alam dan bentonit teraktivasi HCl pada konsentrasi optimum terhadap protein. Tahapan yang dilakukan adalah identifikasi bentonit alam, aktivasi bentonit, karakterisasi bentonit alam dan bentonit teraktivasi HCl pada konsentrasi optimum, penentuan kondisi optimum adsorpsi bentonit teraktivasi, penentuan jenis adsorpsi bentonit teraktivasi terhadap protein.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UGM, Laboratorium Kimia Dasar FMIPA UNS, Laboratorium Pusat UNS Sub Laboratorium Kimia dan Sub Laboratorium Biologi pada bulan Nopember 2009 hingga Maret 2010.

C. Alat dan Bahan yang Digunakan

1. Alat yang digunakan

- a. XRD
- b. Seperangkat alat Kjeldahl,
- c. Neraca analitik *sartorius*,
- d. *Centrifuge* T 31k,
- e. *Shaker* rotator merk h-sr-200h,
- f. Oven merk *memmert*,
- g. Inkubator 20 °C,
- h. *Heating mantel*,
- i. Spektroskopi UV-VIS *single beam* jenis spektronik 21d
- j. Desikator
- k. Ayakan ukuran 200 *mesh* merk *bm astm standar test steve*,
- l. Neraca analitik merk *Denver Instrument company TL-603D*
- m. Kompor listrik merk *Maspion*

commit to user

- n. Lumpang dan mortar
- o. Peralatan gelas

2. Bahan yang digunakan

- a. Bentonit dari PT. INDONESIA BENTONIT (Indoben), Pacitan
- b. Limbah cair tahu dari Pabrik Tahu Bapak Acok, Krajan, Mojosongo
- c. Asam klorida 37% p.a (merck),
- d. Perak nitrat p.a (merck),
- e. Asam sulfat 95-97% p.a (merck),
- f. Natrium hidroksida p.a (merck),
- g. Asam borat p.a (merck),
- h. Katalis Kjeldahl (Tembaga sulfat pentahidrat p.a (merck), Kalium Sulfat p.a (merck))
- i. Larutan sodium tiosulfat (Natrium tiosulfat pentahidrat p.a (merck), Natrium hidroksida p.a (merck))
- j. Indikator campuran (Metil merah p.a (merck), Metil biru p.a (merck))
- k. Larutan pereaksi asam sulfat (Perak sulfat p.a (merck), Asam sulfat pekat (merck))
- l. *Digession solution* (Kalium dikromat p.a (merck), Asam sulfat pekat (merck), Merkuri sulfat p.a (merck))
- m. Larutan baku ferro ammonium sulfat (Ferro ammonium sulfat p.a (merck), Asam sulfat pekat (merck))
- n. Indikator ferroin (1.10 phenantrolin monohidrat p.a (merck), Besi (II) sulfat heptahidrat p.a (merck))
- o. Larutan alkali iodide azida (Natrium hidroksida p.a (merck), Natrium iodide p.a (merck), Natrium azida p.a (merck))
- p. Air pengencer (Buffer fosfat (Kalium dihidrogen fosfat (merck), Dinatrium hipoklorit heptahidrat p.a (merck), Ammonium klorida p.a (merck), Kalium hidrogen fosfat p.a (merck)), Magnesium sulfat heptahidrat p.a (merck), Besi (III) klorida heksahidrat p.a (merck), Kalsium klorida p.a (merck))
- q. Mangan sulfat monohidrat p.a (merck),

- r. Natrium sulfat p.a (merck),
- s. Kalium iodide p.a (merck),
- t. Kalium dikromat p.a (merck),
- u. Natrium borat heptahidrat p.a (merck),
- v. Amilum p.a (brataco),
- w. Metil orange p.a (merck),
- x. Kalium klorida p.a (merck),
- y. Amonia p.a (merck),
- z. Aquades.

D. Prosedur Penelitian

1. Pencucian bentonit alam

Sebanyak 1 L aquades dimasukkan kedalam gelas beker 2 L yang didalamnya telah berisi 250 gram bentonit kemudian diaduk selama 2 jam, setelah itu didiamkan selama 24 jam. Suspensi bentonit kemudian disaring dan dikeringkan. Bentonit yang telah kering lalu digerus dan kemudian diayak menggunakan ayakan lolos 200 *mesh*.

2. Analisis kristalinitas bentonit alam dengan XRD

Sejumlah 0,5 gram bentonit alam hasil dari langkah 1 dianalisis dengan difraktometer sinar X pada sudut 2θ antara 0-100 deg.

3. Aktivasi dengan HCl

Sebanyak 500 ml HCl 0,5 M dimasukkan kedalam gelas beker 1 L yang telah berisi 50 gram bentonit alam hasil dari langkah 1 kemudian diaduk selama 24 jam. Campuran disaring selanjutnya residu dicuci dengan aquades hingga filtrat yang diperoleh netral dan bebas ion klorida. Residu yang diperoleh kemudian dikeringkan pada temperatur 110-120 °C selama 2 jam. Langkah diatas juga dilakukan untuk konsentrasi HCl 1M, 2M, dan 3M.

4. Pengaruh aktivasi HCl terhadap daya serap protein

Sebanyak 20 ml limbah cair tahu dimasukkan kedalam gelas beker 100 ml yang telah berisi 0,6 gram bentonit teraktivasi hasil dari langkah 3, selanjutnya diaduk selama 30 menit setelah itu dipisahkan antara filtrat dan residunya kemudian diambil 10 ml filtrat dilanjutkan analisa kadar protein dengan metode Kjeldahl.

5. Karakterisasi Bentonit

Bentonit alam dan bentonit teraktivasi hasil dari langkah 4 dikarakterisasi meliputi keasaman dengan metode adsorpsi amonia dan luas permukaan dengan menggunakan metode adsorpsi *metilen blue*.

a. Keasaman

Penentuan keasaman dilakukan dengan metode adsorpsi amonia. Krus diisi dengan 1 gram bentonit alam hasil dari langkah 1, selanjutnya dipanaskan dalam oven pada suhu 110 °C selama 1 jam, kemudian didiamkan dalam desikator hingga dingin selanjutnya ditimbang hingga beratnya konstan lalu dimasukkan dalam desikator yang telah divakum. Uap amonia dialirkan melalui selang menuju desikator sehingga terjadi interaksi antara uap amonia dengan bentonit selama 24 jam. Selanjutnya desikator dibuka selama 2 jam guna membebaskan amonia yang tidak teradsorp, kemudian bentonit kembali ditimbang. Berat amonia yang teradsorp dianalisa menggunakan persamaan:

$$\text{Keasaman} = \frac{(A - B)}{\text{BM} \times m \text{ bentonit}} \times 1000 \frac{\text{mmol}}{\text{gram}}$$

A = berat krus + sampel setelah adsorpsi (gram)

B = berat krus + sampel sebelum adsorpsi (gram)

BM_{NH3} = 17,03 (gram/mol)

m = massa bentonit (gram)

Langkah diatas juga dilakukan pada bentonit teraktivasi hasil dari langkah 4.

b. Luas Permukaan

1). Penentuan panjang gelombang *metilen blue* maksimum

Larutan *metilen blue* 2,5 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang 600-680 nm dengan spektrofotometer UV-VIS

2). Penentuan waktu setimbang

Sebanyak 25 ml larutan *metilen blue* 100 ppm dimasukkan kedalam gelas beker 100 ml yang telah berisi 0,03 gram bentonit alam hasil dari langkah 1, selanjutnya diaduk selama 10 menit kemudian campuran dipisahkan dan filtratnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV - VIS pada panjang gelombang maksimum hasil dari langkah 1). Waktu setimbang yang ditentukan adalah waktu penyerapan *metilen blue* yang stabil. Langkah diatas juga dilakukan dengan variasi waktu 15, 30, 45, dan 60 menit.

3). Pembuatan kurva standar

Dibuat seri larutan standar *metilen blue* dengan konsentrasi 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum hasil dari langkah 1).

4). Penentuan luas permukaan

Sebanyak 25 ml larutan *metilen blue* 100 ppm dimasukkan dalam gelas beker 100 ml yang telah berisi 0,03 gram bentonit alam hasil dari langkah 1, selanjutnya diaduk pada waktu setimbang hasil dari langkah 2) kemudian campuran dipisahkan dan filtrat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang maksimum hasil dari langkah 1). Luas permukaan bentonit dianalisa menggunakan persamaan:

$$S = \frac{X_m N A}{M}$$

S = Luas permukaan (m²/gram)

X_m = Daya serap bentonit terhadap *metilen blue* (gram/gram)

N = Bilangan Avogadro (6,02 x 10²³ molekul/mol)

A = Luas permukaan 1 molekul *metilen blue* (197x10⁻²⁰ m²/ molekul)

M = Massa molekul *metilen blue* (319,86 gram/mol)

$$X_m = (C_o - C_s) \times \frac{V}{m}$$

C_o = Konsentrasi *metilen blue* awal (ppm)

C_s = Konsentrasi *metilen blue* akhir (ppm)

V = Volume *metilen blue* yang digunakan (L)

m = Berat bentonit (gram)

6. Pengaruh variasi massa adsorben terhadap penurunan protein limbah cair tahu

Sebanyak 20 ml limbah cair tahu dimasukkan kedalam gelas beker 100 ml yang telah berisi 0,06 gram bentonit teraktivasi hasil dari langkah 4, kemudian diaduk selama 30 menit selanjutnya dipisahkan antara filtrat dan residunya lalu diambil 10 ml filtrat lalu dianalisa kadar protein dengan metode Kjeldahl. Langkah diatas juga dilakukan untuk massa bentonit 0,1, 0,6, 1,1, 1,6, dan 2,1 gram.

7. Pengaruh variasi waktu kontak terhadap penurunan protein limbah cair tahu

Sebanyak 20 ml limbah cair tahu dimasukkan kedalam gelas beker 100 ml yang telah berisi bentonit teraktivasi hasil dari langkah 6, kemudian diaduk selama 5 menit, setelah itu dipisahkan antara filtrat dan residunya lalu diambil 10 ml filtrat dilanjutkan dengan analisa kadar protein menggunakan metode Kjeldahl. Langkah diatas juga dilakukan untuk waktu kontak 10, 15, 20, 30, 45, dan 60 menit.

8. Analisa kadar protein sesuai dengan Prosedur Analisa Pangan

Kedalam labu Kjeldahl 50 ml dimasukkan 10 ml limbah cair tahu ditambahkan 1,5 gram katalis dan 10 ml asam sulfat pekat kemudian dipanaskan hingga terjadi perubahan warna, setelah itu larutan didinginkan, kemudian dilanjutkan dengan tahapan destilasi. Kedalam labu Kjeldahl 500 ml dimasukkan sampel yang telah dingin, 35 ml aquades, dan 50 ml larutan natrium tiosulfat pentahidrat-NaOH kemudian destilat di tampung pada erlenmeyer 150 ml yang telah berisi 10 ml asam borat 4% dan 2 tetes indikator campuran. Setelah tahap destilasi selesai dilanjutkan dengan tahap titrasi, destilat hasil dari tahap destilasi dititrasi

commit to user

dengan menggunakan HCl 0,02 N kemudian di analisa kadar proteinnya dengan persamaan:

$$\text{Kadar Protein} = \frac{\text{—————} (\text{—————}) , \text{—————}}{\text{—————}} \text{ppm}$$

6,25 adalah faktor konversi yang diperoleh dari konversi serum albumin yang umumnya mengandung 16% nitrogen (Winarno, 2002) dan 14,007 adalah massa atom dari nitrogen.

9. Penentuan isoterm adsorpsi

Kedalam x gram bentonit teraktivasi HCl hasil dari langkah 6 ditambahkan 20 ml limbah cair tahu 40% (v/v) kemudian diaduk selama x menit sesuai dengan hasil dari langkah 7 selanjutnya dipisahkan antara filtrat dan residunya lalu diambil 10 ml filtrate, dilanjutkan dengan analisa kadar protein menggunakan metode Kjeldahl. Langkah diatas juga dilakukan untuk konsentrasi awal dan konsentrasi setelah adsorpsi pada variasi konsentrasi limbah cair tahu, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%(v/v).

E. Teknik Analisa dan Pengumpulan Data

Analisa kristal menggunakan XRD diperoleh harga d (*basal spacing*) dari difraktogram untuk selanjutnya dilakukan analisa kristalinitas bentonit dengan membandingkan antara data d dari JCPDS dan difraktogram sehingga diketahui komposisi mineral dalam bentonit. Kemudian dilanjutkan dengan aktivasi bentonit menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi. Bentonit yang telah diaktivasi selanjutnya dianalisa kadar proteinnya sehingga diketahui konsentrasi HCl optimum untuk aktivasi bentonit. Analisa protein dilakukan menggunakan metode Kjeldahl. Bentonit teraktivasi pada konsentrasi HCl optimum di karakterisasi keasamannya dengan cara adsorpsi basa amonia sehingga diketahui banyaknya amonia yang teradsorp dalam bentonit (mmol/gram). Semakin banyak jumlah amonia yang teradsorp maka keasamannya juga semakin besar. Karakterisasi luas permukaan dianalisa menggunakan cara adsorpsi *metilen blue* sehingga diketahui banyaknya *metilen blue* yang teradsorp pada bentonit (m²/gram). Semakin banyak *metilen blue* yang teradsorp maka luas permukaan bentonit semakin besar. Melalui karakterisasi

keasaman dan luas permukaan maka dapat diketahui perbedaan bentonit teraktivasi dengan bentonit alam. Kondisi optimum bentonit teraktivasi diketahui dengan menentukan massa adsorben dan waktu kontak optimum. Penentuan massa bentonit optimum dilakukan dengan memvariasi massa bentonit untuk adsorpsi protein sehingga diketahui jumlah massa bentonit yang optimum untuk menurunkan kadar protein dalam limbah cair tahu. Semakin banyak massa yang diberikan maka semakin besar protein yang teradsorp. Penentuan waktu kontak optimum dianalisa melalui variasi waktu kontak antara bentonit teraktivasi dengan protein. Waktu kontak optimum dianalisa dari bentonit teraktivasi yang mampu mengadsorp protein secara efektif. Bentonit teraktivasi pada kondisi optimum ditentukan jenis adsorpsi yang terjadi antara bentonit dengan protein melalui variasi jumlah adsorbat (v/v). Daya serap dan konsentrasi setimbang yang diketahui dari variasi jumlah adsorbat, kemudian dianalisa menggunakan metode Freundlich dan Langmuir sehingga diperoleh harga regresi linier. Jenis adsorpsi yang terjadi antara protein dengan bentonit teraktivasi dapat dianalisa melalui harga r dari regresi linier.

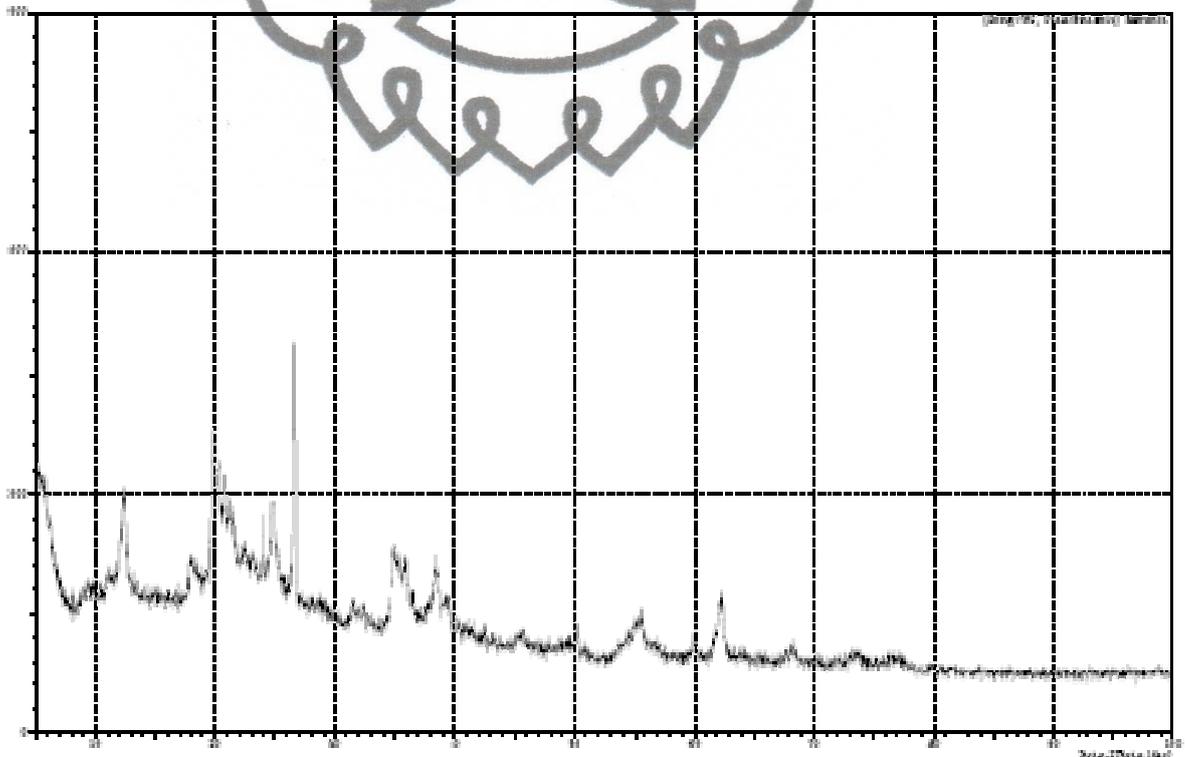
BAB IV

PEMBAHASAN

A. Identifikasi Bentonit

Bentonit alam yang digunakan berasal dari PT. Indonesia Bentonit (Indobent), Pacitan. Bentonit alam yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades, hal ini bertujuan untuk membersihkan bentonit dari pengotor-pengotor yang dapat dipisahkan melalui pencucian dengan aquades, selanjutnya dikeringkan untuk mengurangi kadar airnya. Bentonit yang telah kering selanjutnya digerus lalu diayak lolos 200 *mesh*.

Analisa menggunakan XRD merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam identifikasi lempung (Tan, 1991). Hal ini karena, analisa dengan XRD tidak bersifat merusak sehingga sampel masih dapat digunakan untuk analisa lainnya. Analisis XRD secara kualitatif digunakan untuk menentukan jenis mineral dan secara semikuantitatif untuk menentukan komposisi relatif kandungan mineral pada bentonit. Difraktogram bentonit alam ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Difraktogram XRD bentonit alam

Data d yang diperoleh dari difraktogram bentonit alam dicocokkan dengan data d dari JCPDS (*Joint Committee Powder On Diffraction Standarts*) sehingga dapat diketahui jenis mineral di dalam bentonit. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut diperoleh bahwa bentonit alam mengandung mineral montmorillonit (63,75 %), kaolinit (12,71 %) dan kuarsa (23,54 %), seperti yang terlihat pada Tabel 1 serta Lampiran 1a dan 1b.

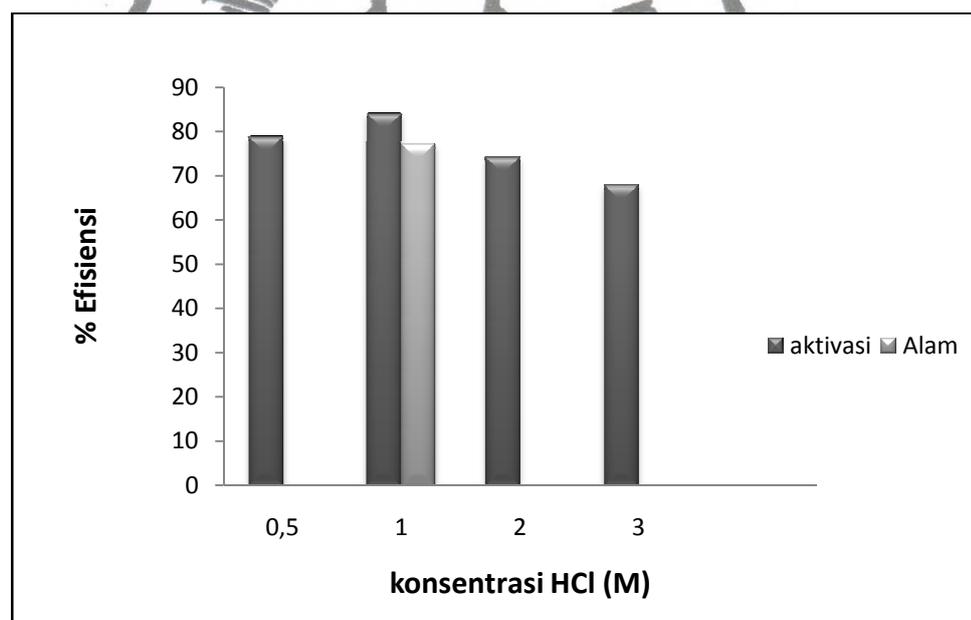
Tabel 1. Data difraksi sinar X bentonit standar dan sampel.

Nama Mineral	Difraktogram standar		Difraktogram sampel		I/I ₁	Intensitas <i>count</i>
	standar	Int	sampel	Int		
montmorillonit	4,45	74	4,45	54	20	469
	3,58	28	3,57	33	-5	287
	2,57	39	2,57	29	10	249
	15,30	20	15,07	15	5	132
	2,58	46	2,58	16	30	138
	2,5	48	2,5	21	27	186
	2,59	26	2,55	24	2	206
	2,49	27	2,49	22	5	187
	15,3	100	15,5	15	85	129
	4,26	20	4,26	35	-15	303
kaolinit	2,53	80	2,54	23	57	196
	1,49	90	1,49	25	65	221
	7,15	90	7,17	37	53	324
kuarsa	4,18	60	4,18	25	35	215
	3,34	999	3,35	100	899	869
	1,8	4	1,8	3	1	26
	1,67	33	1,67	12	21	103

Difraktogram bentonit alam menunjukkan puncak utama karakteristik montmorillonit pada $d=15,5$ dan $d=4,45$. Adanya puncak disekitar $d=7,17$ menunjukkan adanya mineral kaolinit, sedangkan puncak di sekitar $d=1,8$ dan $d=3,35$ menunjukkan adanya mineral kuarsa.

E. Proses Aktivasi dan Adsorpsi Bentonit terhadap Protein Limbah Cair Tahu

Bentonit dapat diaktivasi secara kimia menggunakan HCl. Hal ini berfungsi untuk menukar kation yang ada dalam pori-pori bentonit dengan ion H^+ dan melepaskan ion Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} sehingga bentonit menjadi lebih aktif. Berkurangnya pengotor menyebabkan pori-pori dan permukaan padatan menjadi bersih dan terbuka sehingga diharapkan kemampuan adsorpsinya menjadi lebih besar. Bentonit diaktivasi menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi 0,5M, 1M, 2M, dan 3M. Variasi konsentrasi bertujuan mengetahui konsentrasi yang paling baik untuk membuka pori-pori bentonit sehingga dapat menyerap protein limbah cair tahu secara optimum. Data hasil dan perhitungannya dapat dilihat pada Gambar 8 dan Lampiran 5a, 5b, 5c.



Gambar 8. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu terhadap bentonit teraktivasi

Gambar 8 menunjukkan bahwa peningkatan jumlah protein teradsorp terjadi pada bentonit yang diaktivasi dengan konsentrasi HCl 0,5M hingga 1M. Hal ini karena semakin besar konsentrasi HCl yang diberikan untuk aktivasi maka semakin banyak pengotor yang larut, sehingga pori-pori bentonit menjadi lebih bersih dan kemampuan adsorpsi bentonit menjadi lebih besar. Hal ini ditunjukkan dengan

meningkatnya efisiensi penurunan protein limbah cair tahu. Adapun bentonit yang diaktivasi dengan HCl pada konsentrasi 2M hingga 3M menunjukkan penurunan efisiensi adsorpsi. Hal ini karena pada konsentrasi tinggi terjadi dealuminasi yang menyebabkan pelepasan Al dalam jumlah berlebih sehingga gugus aktif berkurang dan struktur bentonit menjadi rusak. Berdasarkan analisa statistik melalui uji Duncan (Lampiran 13b) menunjukkan bahwa konsentrasi HCl 1M merupakan konsentrasi optimum untuk aktivasi bentonit. Aktivasi bentonit pada konsentrasi tersebut menyebabkan bentonit mampu menurunkan kadar protein limbah cair tahu sebesar 83,94 %, sedangkan bentonit alam menurunkan protein limbah cair tahu 77,20%. Hal ini karena pada bentonit alam pori-porinya belum terbuka secara optimal sebab masih terhalang oleh pengotor yang tidak larut dengan aquades.

F. Karakterisasi Bentonit

Karakterisasi bentonit bertujuan untuk mengetahui keasaman dan luas permukaan pada bentonit alam dibandingkan dengan bentonit teraktivasi.

3. Keasaman Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M

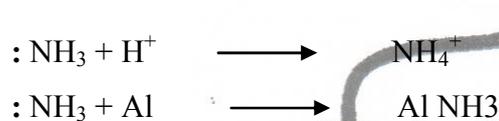
Keasaman adalah jumlah milimol asam per satuan berat bentonit. Keasaman bentonit ditentukan dengan cara adsorpsi basa amonia yaitu melalui pengukuran jumlah basa amonia yang bereaksi dengan gugus asam pada bentonit. Jumlah basa amonia dari fasa gas yang diadsorpsi oleh permukaan bentonit adalah ekuivalen dengan jumlah asam pada permukaan bentonit yang menyerap basa tersebut. Data keasaman bentonit setelah diaktivasi dengan HCl 1M dapat dilihat pada Tabel 2 dan Lampiran 6a, 6b dan 6c.

Tabel 2. Keasaman Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M

Adsorben	Keasaman (mmol/gram)
Bentonit alam	0,469
Bentonit teraktivasi	3,053

Tabel 2 menunjukkan bahwa bentonit yang diaktivasi dengan HCl 1M memiliki keasaman lebih besar dibandingkan dengan bentonit alam. Hal ini karena

pada bentonit teraktivasi situs aktifnya lebih banyak yang terbuka untuk mengadsorpsi amonia dibandingkan bentonit alam. Terbukanya situs aktif pada pori-pori bentonit menyebabkan interaksi antara pasangan elektron yang dimiliki oleh basa amonia dengan ion H^+ pada bentonit sehingga membentuk amonium, selain itu juga terjadi interaksi antara Al yang ada pada situs aktif bentonit yang bertindak sebagai asam berinteraksi dengan basa amonia yang dapat digambarkan sebagai berikut:



4. Luas Permukaan Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M

Luas permukaan merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi karena semakin besar luas permukaan pori bentonit maka daya adsorpsinya juga semakin besar. Luas permukaan dinyatakan dalam jumlah total luas permukaan bentonit yang berbentuk serbuk dalam setiap massa bentonit. Metode yang digunakan untuk menentukan luas permukaan adalah adsorpsi *metilen blue*. Data luas permukaan bentonit setelah diaktivasi dengan HCl 1M dapat dilihat pada Tabel 3 dan Lampiran 7a, 7b dan 7c.

Tabel 3. Luas Permukaan Bentonit setelah Diaktivasi dengan HCl 1M

Adsorben	Luas permukaan (m^2 /gram)
Bentonit alam	298,839
Bentonit teraktivasi	306,055

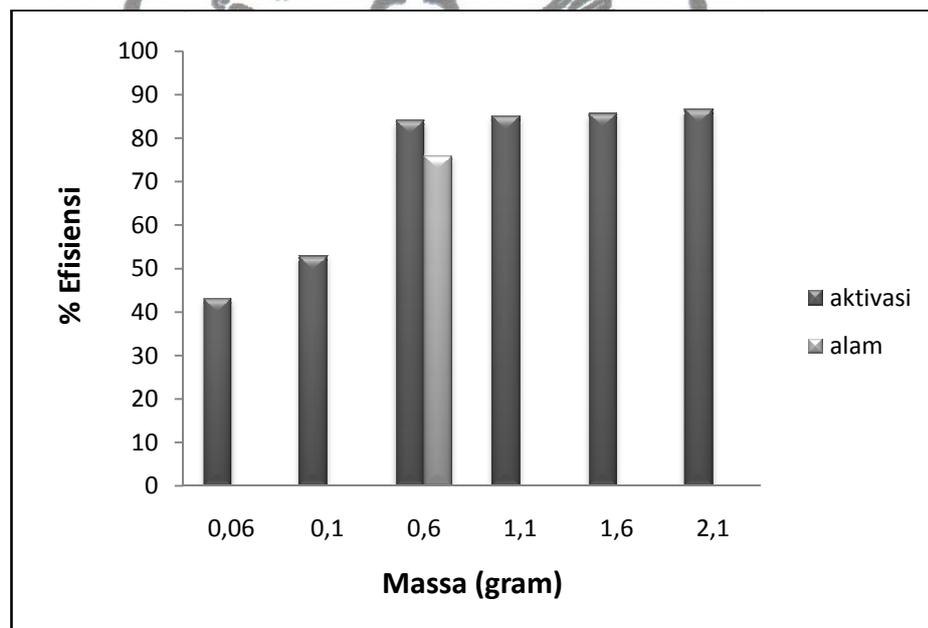
Bentonit yang diaktivasi dengan HCl 1M memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan bentonit alam. Hal ini karena pada bentonit teraktivasi memiliki pori-pori yang lebih bersih dibandingkan dengan bentonit alam dan menyebabkan penyerapan terhadap *metillen blue* lebih besar dibandingkan bentonit alam.

G. Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu oleh Bentonit Teraktivasi

Massa bentonit dan waktu kontak di teliti untuk mengetahui kondisi optimum bentonit teraktivasi dalam menyerap protein limbah cair tahu.

3. Pengaruh Massa Adsorben terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu oleh Bentonit Teraktivasi

Jumlah bentonit yang digunakan pada adsorpsi mempengaruhi banyak sedikitnya jumlah protein yang teradsorp. Data efisiensi penurunan protein limbah cair tahu pada berbagai massa bentonit teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 9 dan Lampiran 8a, 8b, dan 8c.



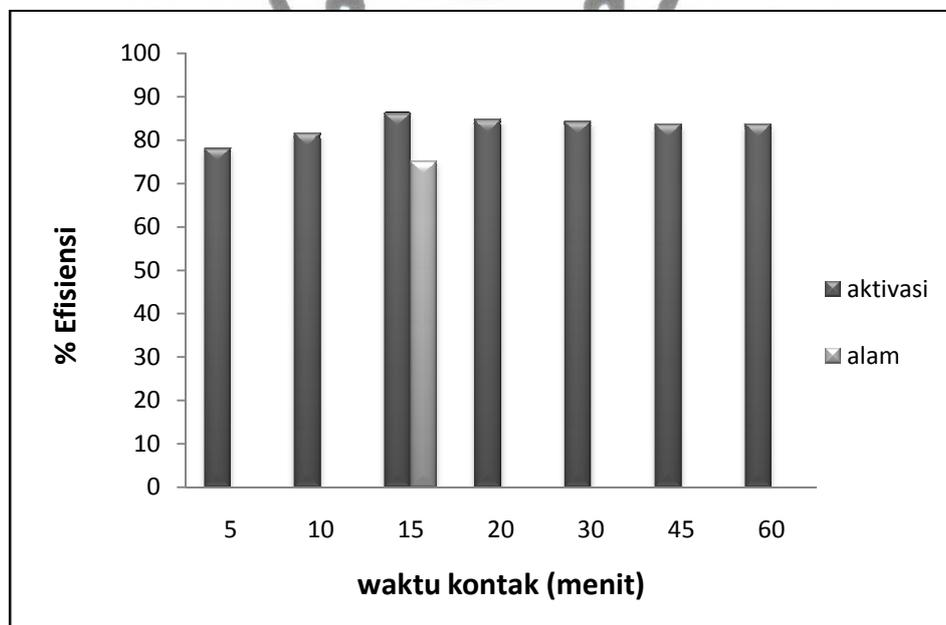
Gambar 9. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu pada berbagai massa bentonit teraktivasi

Gambar 9 menunjukkan bahwa pada penambahan bentonit teraktivasi sebanyak 0,06 hingga 0,6 terjadi peningkatan jumlah protein yang teradsorp. Penggunaan bentonit dalam jumlah berlebih mampu menurunkan protein limbah cair tahu lebih besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar massa bentonit yang ditambahkan maka jumlah pori dan situs aktif yang terbuka untuk adsorpsi protein lebih banyak. Penambahan jumlah bentonit teraktivasi sebesar 1,1 gram hingga 2,1

gram menunjukkan peningkatan jumlah protein yang terserap tidak terlalu tampak. Hal ini karena daya serap bentonit untuk mengadsorpsi protein limbah cair tahu sudah mendekati maksimum. Berdasarkan analisa statistik melalui uji Duncan seperti yang ada di Lampiran 14b menunjukkan massa bentonit teraktivasi 0,6 gram merupakan massa optimum dengan menyerap protein limbah cair tahu sebesar 84,10%. Sedangkan dengan massa yang sama bentonit alam menyerap protein sebesar 75,90%. Hal ini disebabkan karena pada bentonit teraktivasi pori-pori dan situs aktif lebih banyak yang terbuka untuk adsorpsi dibandingkan dengan bentonit alam.

4. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu oleh Bentonit Teraktivasi

Waktu kontak merupakan salah satu hal yang menentukan dalam proses adsorpsi karena waktu kontak dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan antara zat terlarut yang teradsorpsi dengan larutan yang masih ada. Data efisiensi penurunan protein limbah cair tahu oleh bentonit teraktivasi pada berbagai waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 10 dan Lampiran 9a, 9b, dan 9c.

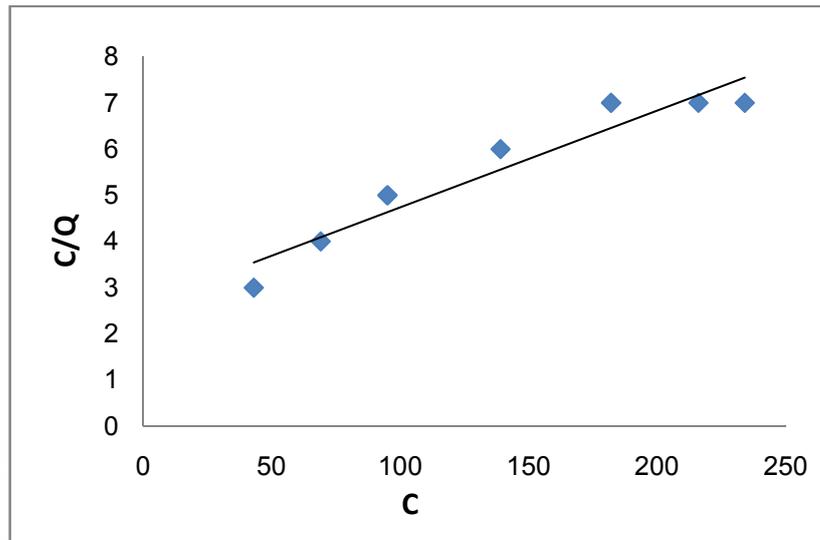


Gambar 10. Efisiensi penurunan protein limbah cair tahu oleh bentonit teraktivasi pada berbagai waktu kontak

Gambar 10 menunjukkan bahwa pada waktu kontak 5 hingga 15 menit terjadi peningkatan jumlah protein terserap. Hal ini karena semakin lama waktu kontak maka interaksi antara protein dan bentonit terjadi dalam jangka waktu yang lebih lama. Namun, pada waktu kontak 20 hingga 60 menit jumlah protein teradsorp mengalami penurunan. Hal ini karena waktu kontak yang berlebih menyebabkan bentonit lewat jenuh terhadap protein sehingga dengan penambahan waktu kontak mengakibatkan protein kembali terlepas dari pori-pori bentonit. Berdasarkan analisa statistik melalui uji Duncan seperti yang ada di Lampiran 15b menunjukkan bahwa waktu kontak 15 menit merupakan waktu kontak optimum. Bentonit teraktivasi mampu menyerap protein sebesar 86,23%, sedangkan pada waktu kontak yang sama bentonit alam menyerap protein sebesar 75%.

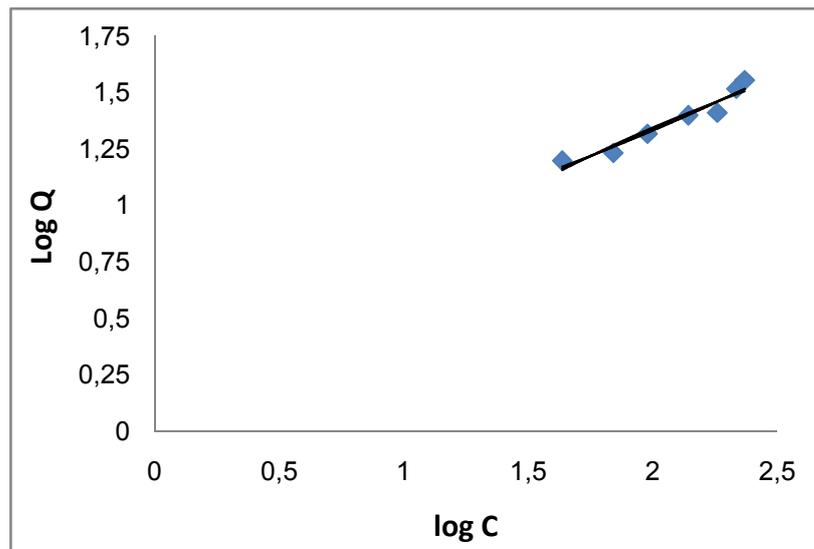
Protein memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan bentonit, baik secara kimia maupun fisika. Hal ini dapat diketahui melalui analisa isoterm adsorpsi bentonit teraktivasi pada kondisi optimum terhadap protein limbah cair tahu. Analisa dilakukan menggunakan metode isoterm Langmuir dengan persamaan $Q = \frac{Q_m C}{K + C}$ dan Freundlich dengan persamaan $\log Q = \log K + n \log C$.

Isoterm Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara kimia yaitu situs aktif bentonit akan berinteraksi dengan gugus hidroksil dan amina yang terdapat pada protein dengan membentuk ikatan hidrogen. Proses adsorpsi menurut isoterm Langmuir menunjukkan bahwa interaksi antara protein dengan permukaan bentonit terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (*monolayer*). Data isoterm Langmuir terlihat pada Gambar 11 serta Lampiran 10a, 10b, dan 10c. Diperoleh persamaan regresi linear $y = 2,507 + 0,019x$ dengan harga r adalah 0,935.



Gambar 11. Kurva Isoterm Langmuir

Isoterm Freundlich merupakan isoterm yang menggambarkan proses adsorpsi secara fisika. Interaksi terjadi dengan cara protein memasuki pori-pori bentonit melalui interaksi elektrostatik atau berinteraksi dengan energi ikat lemah yaitu melalui ikatan *van der waals*. Data isoterm Freundlich terlihat pada Gambar 12, Lampiran 10a, 10b, dan 10c. Diperoleh harga r adalah 0,969 dengan persamaan regresi linear $y = 0,382 + 0,478x$.



Gambar 12. Kurva Isoterm Freundlich

commit to user

Harga r pada isoterm Langmuir dan Freundlich menunjukkan bahwa harga r dari isoterm tersebut mendekati 1. Hal ini mengasumsikan bahwa interaksi yang terjadi antara protein dengan bentonit dapat berlangsung baik secara fisika dengan ikatan *van der waals* maupun interaksi elektrostatis sedangkan secara kimia terjadi melalui pembentukan ikatan hidrogen.

Protein merupakan komponen yang dominan pada senyawa organik dalam limbah cair tahu. Penurunan kadar protein akan mempengaruhi kandungan senyawa organik pada limbah cair tahu. Kandungan senyawa organik pada limbah cair tahu dapat di analisa melalui uji COD dan BOD. Berdasarkan analisa COD, bentonit alam mempunyai kemampuan untuk menurunkan nilai COD dalam limbah cair tahu sebesar 23,81% dan bentonit teraktivasi mampu menurunkan nilai COD sebesar 33,33% (Lampiran 11a, 11b dan 11c). Analisa BOD menunjukkan bahwa bentonit alam menurunkan nilai BOD sebesar 10% sedangkan bentonit teraktivasi sebesar 23,33% (Lampiran 12a, 12b, dan 12c). Bentonit pada kondisi optimum menunjukkan penurunan kandungan protein limbah cair tahu memberikan kontribusi pada penurunan COD dan BOD. Penurunan nilai COD dan BOD oleh bentonit teraktivasi lebih banyak daripada bentonit alam karena pada bentonit teraktivasi pori-pori dan situs aktifnya lebih banyak yang terbuka untuk adsorpsi dibandingkan dengan bentonit alam yang pori-pori dan situs aktifnya masih terhalang oleh adanya pengotor.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Konsentrasi HCl optimum untuk aktivasi bentonit adalah 1M, pada konsentrasi tersebut bentonit mampu menurunkan kandungan protein limbah cair tahu sebesar 83,94%.
2. Karakter keasaman bentonit teraktivasi adalah 3,083 mmol/gram dan luas permukaan sebesar 305,957 m²/gram, sedangkan bentonit alam memiliki karakter keasaman sebesar 0,469 mmol/gram dan luas permukaan sebesar 298,836 m²/gram.
3. Massa optimum untuk menurunkan protein limbah cair tahu adalah 0,6 gram, pada massa tersebut bentonit teraktivasi mampu menurunkan protein limbah cair tahu sebesar 84,10% dan waktu kontak optimum adalah 15 menit, pada waktu tersebut bentonit teraktivasi mampu menurunkan protein sebesar 86,23%.
4. Adsorpsi bentonit teraktivasi terhadap protein limbah cair tahu dapat terjadi secara fisika maupun kimia.

B. Saran

Dari kesimpulan yang diperoleh, terdapat beberapa saran yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian untuk menentukan luas permukaan menggunakan Surface Area Analyzer (SAA) untuk mengetahui jenis pori bentonit.
2. Perlu dilakukan variasi temperatur adsorpsi untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap adsorpsi bentonit pada protein limbah cair tahu.

DAFTAR PUSTAKA

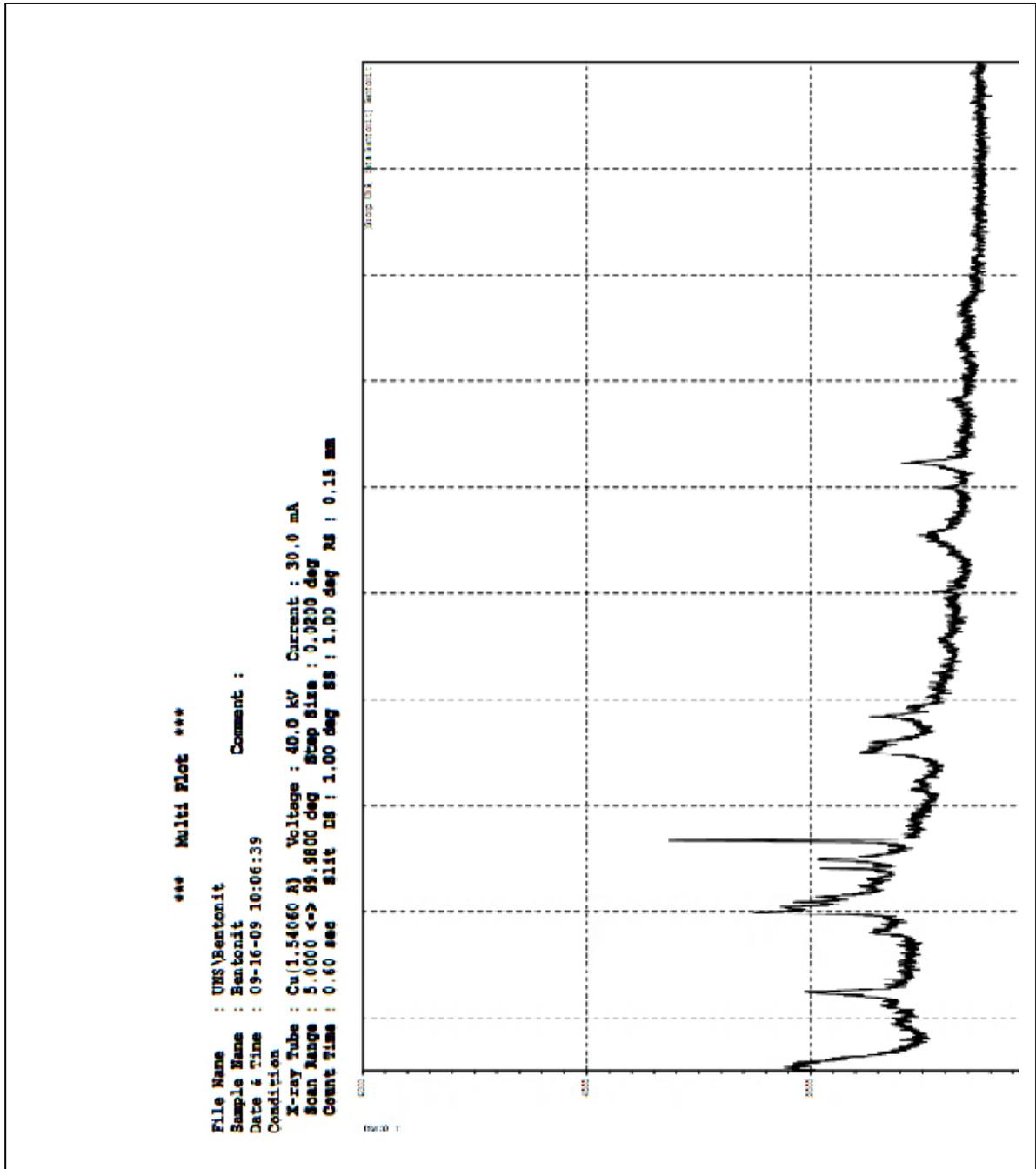
- Adamson. A.W., 1976, *Physical Chemistri Of Surface*. John Willey&Sons, Kanada
- Alemdaroglo, T., Akkus, G., Onal, M., Sarikaya, Y., 2003, Investigation Of The Surface Acidity Of A Bentonite Modified By Acid Activation And Thermal Treatment. *Turk Journal Chem* 27
- Anis, S., 2001, Insiden dan Prevalensi Penyakit Kulit Infeksi Akibat Limbah Cair Tahu pada Masyarakat di Sekitar Lokasi Industri Tahu Mojosongo Surakarta. *Jurnal MIPA vol 20 No 2*, Surakarta
- Apriantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati, Budiyanto, S., 1989, *Analisis Pangan*. PAU Pangan dan Gizi. IPB, Bogor
- Ashadi, Martini, K.S., Masykuri, M., Saputro, S., 2007, Kinerja Sistem Adsorben Surfaktan Kationik Berpenyangga Montmorillonit Lokal Untuk Remediasi Limbah Selenat Dalam Air. *Jurnal Alchemy. Vol 6. No2. Hal 10-12*. UNS, Surakarta
- Asmuni. *Karakterisasi Pasir Kuarsa (SiO₂) dengan Metode XRD*. USU, Sumatera Utara
- Atkins, P.W., 1999, *Kimia Fisika, Edisi Keempat. Jilid 2*. Erlangga, Jakarta
- Darsono, V., 1995, *Pengantar Ilmu Lingkungan. Edisi Revisi*. Universitas Atmajaya. Yogyakarta
- Darsono, V., 2007, Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob Dan Aerob. *Jurnal Teknologi Industri, Vol XI. No 1*. Universitas Atmajaya, Yogyakarta
- Effendy, 2006, *Teori VSEPR Kepolaran, dan Gaya Antarmolekul*. Bayumedia Publishing, Malang
- Fatha, A., 2007, *Pemanfaatan Zeolit Aktif Untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu*. Skripsi. UNNES, Semarang
- Fathimah, Is dan Wijaya, K., 2006, Pengaruh Metode Preparasi Terhadap Karakter Fisikokimiawi Montmorillonit Termodifikasi ZrO₂. *Akta Jurnal Kimindo Vol 1 No 2*, Yogyakarta

- Pudjaatmaka, A.H., 1982, *Kimia Organik*, Edisi ke-3. Jakarta, Erlangga. Terjemahan : *Organic Chemistry*. Fessenden R.J and Fessendens. 1978. Williard Grant Press, Singapore
- Ginting, P., 1992, *Mencegah Dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Muliasari, Jakarta
- Hary dan Rinaldi, 2002, Karakteristik Bentonit Termodifikasi dengan Polikation Aluminium. *Jurnal of Chemistry Vol 2 No 3 hal 137-176*, Yogyakarta
- Foth, H.D., 1988, *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. UGM, Yogyakarta
- Herlina, 1999, *Pembuatan Karakteristik Dan Uji Aktivitas Struktur Bentonit Pada Peningkatan Kualitas Minyak Jelantah*. Skripsi. UGM, Yogyakarta
- Hernani dan Marwati, T., 2005. Peningkatan Mutu Minyak Daun Cengkeh Melalui Proses Pemurnian. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian 2 (2)*, hal 93-100
- Hery, P., 1993, Abu Terbang Dan Pemanfaatannya. *Makalah Seminar Nasional Batubara Indonesia*. UGM, Yogyakarta
- Fatimah, Is., 1997, *Aktivasi Zeolit Alam Asal Cipatujah Sebagai Adsorben Dalam Pengolahan Limbah Cair Tapioka*. Skripsi, UGM, Yogyakarta
- Khaeruddin, 2007, *Produksi Isopropil Alkohol Murni Untuk Aditif Bensin yang Ramah Lingkungan Sebagai Wujud Pemanfaatan Produk Samping pada Industri Gas Alam*. PT. Rekayasa Industri, Bandung
- Kogler, H.P., 1963, Preparation and Experiment Of Bleaching Earth and Their Application in The Oil and Fat Industry. *Fette Seifen Anstrichm. Vol 65*, hal 834-838
- Kooli, F dan Jones, W., 1997, *Clay Miner. 32*, 633-613
- Negara, I.M.S., Wijaya, K., Sugiharto, E., 2008, Preparasi dan Karakterisasi Komposit Kromium Oksida-Montmorillonit. *Jurnal Kimia Vol 2, No 2*, Hal 93-99, Bali
- Ni'mah, Y.L., dan Ulfin, I., 2007, Penurunan Kadar Tembaga Dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Bulu Ayam. *Jurnal Akta Kimindo vol 2 No 1*, hal 57-66
- Nurhayati, H., 1986, *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung, Lampung

- Mortula, M.D., dan Graham A.G., 2007, Phosporus Treatment Of Secondary Municipal Effluent Using Oven-Dried Alum Residual. *Journal Of Environmental Science and Health Part A*, 42, hal 1685-1691, Kanada
- Oscik, J., 1994, *Adsorption*. John Willey and Sons, New York
- Perrich, J.R., 1981. *Activated Carbon Adsorbtion For Wastewater Treatment*. CRC Press Inc Boca Raton, Florida
- Prasetya, W.D., 2004, *Pengaruh Perlakuan Asam Fosfat Dan Pemanasan Terhadap Karakteristik Lempung Na-Montmorillonit*. Tugas Akhir II. UNNES, Semarang
- Pranoto, 1999, *Pengelolaan Lingkungan Di Perusahaan Tahu (Unit Pengolahan Air Limbah)*. UNS, Surakarta
- Pranoto, 2005, *Penggunaan Biofilter Enceng Gondok Untuk Menurunkan Kadar Cod Limbah Cair Dari Pabrik Tahu*. Skripsi. UNNES, Semarang
- Priatmoko, S dan Najiyana, K., 2006, Adsorpsi Logam Cr (III) Oleh Lempung Bentonit Yang Telah Diberi Perlakuan HCl Dan H₂SO₄. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. UNNES, Semarang
- Reynolds, T.D., 1982, *Unit Operations And Process In Environmental Engineering*. Texas A&M University, USA
- Ryanto, A., 1994, *Bahan Galian Industri Bentonit*. Dirjen Pertambangan Umum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Mineral, Bandung
- Satyanarayan, S., Venerkar, AD., dan Ramakant., 2004, Organic Removals from Highly Proteinous Wastewater from Soya Milk and Tofu Manufacturing Plant. *Journal of Environmental Science and Health, Vol A.39 No 3 Hal 759-771*, India
- Santhi, T., Manonmani, S., Smitha, T., 2010, Kinetics and Isotherm Studies On Cationic Dyes Adsorbtion Onto Annona Squmosa Seed Activated Carbon. *International Journal of Engineering Science and Technology, Vol 2(3)*, India
- Soedarmo, 1981, *Petunjuk Praktek Bahan Galian Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan*. Jakarta, Depdikbud

- Subarti, J., Rusmini, Irwanto, D.F., Gunawan, W., 2008, *Impregnasi Ni-Bentonit Secara Sonikasi Sebagai Katalis Untuk Pengolahan Jelantah*. UNNES, Semarang
- Sugiharto, 1987, *Dasar Pengolahan Air Limbah*. Universitas. Indonesia Press, Jakarta
- Supeno, M., 2007, *Bentonit Alam Terpillar Sebagai Material Katalis / Co-Katalis Pembuatan Gas Hidrogen dan Oksigen dari Air*. Desertasi. UNM, Medan
- Tan, K.H., 1982, *Principles Of Soil Chemistry*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Tella, A.C., and Owalude, S.O., 2007, Some Langmuir and Freundlich Parameters Of Adsorption Studies Of Chlorpheniramine Maleate. *Research Journal Of Applied Science* 2 (8), hal 875-878, Nigeria
- Tchobanoglous dan Burton., 1991, *Waste Water Engineering Treatment, Disposal And Reuse. Third edition*. Mc Graw Hill Inc, New York
- Venglovsky, J., Sasakova, N., Paeajova, Z., Placha, I., Juris, P., 1996, Adsorption Properties Of Zeolit (clinoptilolite) and Bentonite Applied to Pig Slurry. *Journal of Research Institute Of Veterinary Medicine*, Slovak Republic
- Wahyuni, S., 2003, *Buku Ajar Kimia Fisika 2*. UNNES, Semarang
- Widanarko, S., Moersidik, S.S., Sofian, I.G., Andriany, S., 1994, *Pengolahan Limbah Industri Tahu/Tempe Dan Penyerapannya*. Universitas Indonesia, Jakarta
- Wijaya, Karna., Tahir, I., dan Baikuni, A., 2002, The Synthesis Of Cr₂O₃-Pillared Montmorillonite (Cr-Pm) and It's Usage For Host Material Of P-Nitroaniline. *Indonesian Journal Of Chemistry*, 2(1), 12-21
- Winarno, F.G., 2002, *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia, Jakarta
- Yildiz, N., Aktas, Z., Calimli, A., 2004, Sulphuric Acid Activation of a Calcium Bentonite. *Journal Particulate Science and Technology*, 22:21-23. Turki
- Zahra, N., Sheikh, S.T, Mahmood, A., Javed, K., 2009, Removal Of Arsenic From Wastewater Using Bentonite. *Bangladesh Journal Of Scientific and Industrial Research Vol 44, No1, Hal 81-86*
- 2007, <http://ptp2007.wordpress.com/2008/01/08/karakteristik-limbah-cair-tahu/>. 6 Juli 2009 *commit to user*

Lampiran 1a. Data XRD Bentonit Alam



commit to user

```
*** Basic Data Process ***

# Data Information
  Group           | UNN
  Data            | Bentonit
  Sample Name    | Bentonit
  Comment        |
  Date & Time    | 09-16-09 10:06:39

# Measurement Condition
  X-ray tube
  target         | Cu
  voltage        | 40.0 (kV)
  current        | 30.0 (mA)

  Slits
  Auto Slit      | not Used
  divergence slit | 1.00000 (deg)
  scatter slit   | 1.00000 (deg)
  receiving slit  | 0.15000 (mm)

  Scanning
  drive axis     | Theta-2Theta
  scan range     | 5.0000 - 99.9999 (deg)
  scan mode      | Continuous Scan
  scan speed     | 2.0000 (deg/min)
  sampling pitch | 0.0200 (deg)
  preset time    | 0.60 (sec)

# Data Process Condition
  Smoothing      [ AUTO ]
  smoothing points | 11
  B.G.Subtraction [ AUTO ]
  sampling points | 13
  repeat times    | 30
  Kal-a2 Separate [ MANUAL ]
  Kal a2 ratio    | 50 (%)
  Peak Search     [ AUTO ]
  differential points | 9
  FWHM threshold  | 0.050 (deg)
  intensity threshold | 30 (per mil)
  FWHM ratio (n-1)/n | 2
  System error Correction [ NO ]
  Precise peak Correction [ NO ]
```

commit to user

*** Basic Data Process ***

Group : OMS
Data : Bentonit

#	Strength	peaks						
no.	peak	2theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
	no.	(deg)	(Å)		(deg)	(Counts)	(Counts)	
1	57	26.6163	3.34639	100	0.15630	869	7306	
2	32	19.9000	4.45805	54	0.42500	469	12376	
3	33	20.3080	4.37110	40	0.00000	350	0	

#	Peak	Data	List					
peak	2theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int	
no.	(deg)	(Å)		(deg)	(Counts)	(Counts)		
1	5.3000	16.66063	11	0.33000	92	1782		
2	5.5300	15.99711	13	0.00000	113	0		
3	6.0000	14.44444	18	0.00000	129	0		
4	5.8600	15.06969	15	0.26660	132	1825		
5	6.1600	14.53643	9	0.24240	79	1074		
6	9.0527	9.78082	6	0.20000	51	595		
7	9.3000	9.50181	6	0.19340	50	402		
8	9.4600	9.34146	7	0.23200	61	755		
9	9.7000	9.11088	8	0.00000	44	0		
10	9.8400	8.98155	5	0.22000	40	535		
11	10.5286	8.59563	3	0.09730	26	180		
12	10.8800	8.12524	5	0.18760	40	317		
13	11.1200	7.95041	9	0.50500	79	1568		
14	11.5000	7.68854	6	0.00000	52	0		
15	12.0000	7.56928	18	0.26000	159	2988		
16	12.3200	7.17858	37	0.38760	324	4969		
17	12.5800	7.03080	13	0.19120	110	1079		
18	12.8000	6.91045	6	0.14760	53	431		
19	13.0289	6.78955	6	0.14220	50	468		
20	13.3351	6.63433	3	0.10310	28	183		
21	13.5400	6.53439	3	0.13600	26	230		
22	14.2637	6.20444	4	0.13080	36	405		
23	14.7053	6.01910	3	0.12720	26	197		
24	14.9580	5.91797	5	0.18000	43	607		
25	16.0838	5.50618	3	0.16770	29	444		
26	16.7000	5.30438	3	0.10280	28	239		
27	16.8600	5.25440	3	0.05540	26	139		
28	17.6200	5.02944	4	0.07200	38	148		
29	17.9400	4.94044	13	0.34360	117	1844		
30	18.2600	4.85458	9	0.27200	81	1350		
31	18.8200	4.71137	4	0.14000	34	492		
32	19.9000	4.48808	54	0.42800	469	12376		
33	20.3080	4.37110	40	0.00000	350	0		
34	20.8400	4.25904	35	0.29840	303	8243		
35	21.2400	4.17972	25	0.46800	215	3525		
36	21.5200	4.12597	15	0.27800	129	1341		
37	21.7800	4.07730	4	0.20340	37	461		
38	22.0000	4.03288	3	0.14220	30	248		
39	22.2600	3.99045	5	0.19660	44	427		
40	22.4800	3.95190	9	0.22000	76	758		
41	22.7541	3.90491	5	0.21170	42	382		
42	23.0000	3.86371	7	0.17060	60	373		
43	23.1400	3.84065	6	0.22400	50	391		
44	23.3000	3.81464	4	0.06800	38	148		
45	23.7600	3.74182	4	0.14660	34	307		
46	23.9978	3.70527	27	0.13380	238	1658		
47	24.2417	3.66854	3	0.07650	28	151		
48	24.4600	3.63629	6	0.11500	56	378		
49	24.6400	3.61014	13	0.14740	115	892		
50	24.8881	3.57414	33	0.34000	387	4893		
51	25.2200	3.52841	12	0.00000	107	0		
52	25.3400	3.51197	9	0.20400	74	910		
53	25.5600	3.48224	4	0.06000	31	134		

commit to user

peak no.	2 θ (deg)	d (Å)	I/I ₁	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
54	25.7441	3.45776	3	0.13180	28	187
55	26.1350	3.40692	3	0.13000	29	186
56	26.3400	3.38087	8	0.10380	71	541
57	26.6163	3.34439	100	0.10630	869	7306
58	27.2652	3.26821	3	0.07850	27	174
59	27.7682	3.21014	3	0.10700	28	231
60	28.0143	3.18249	5	0.17940	40	405
61	28.4009	3.14004	5	0.12180	42	279
62	28.6875	3.10932	5	0.25500	42	425
63	28.8000	3.09113	4	0.13440	39	339
64	30.8551	2.89565	3	0.07470	28	134
65	31.1400	2.86980	3	0.11420	28	254
66	31.4400	2.84310	8	0.14400	81	744
67	31.6200	2.82753	9	0.11420	82	468
68	31.7866	2.81289	6	0.13330	48	275
69	31.8666	2.79747	7	0.18000	89	433
70	32.2600	2.77268	7	0.24500	61	603
71	32.4000	2.76102	7	0.19340	61	412
72	32.5600	2.74782	4	0.10660	36	245
73	32.8817	2.72166	5	0.09940	46	296
74	33.9893	2.63546	3	0.07860	27	146
75	34.3000	2.61071	3	0.11600	34	172
76	34.5200	2.59615	10	0.17840	83	810
77	34.7400	2.58021	16	0.19640	138	2577
78	34.9400	2.56590	29	0.00000	249	0
79	35.1200	2.55316	24	0.00000	206	0
80	35.3800	2.53499	23	0.00000	196	0
81	35.8600	2.50215	21	0.00000	186	0
82	35.9800	2.49408	22	0.21400	187	2090
83	36.2000	2.47943	18	0.14760	89	639
84	36.4737	2.46145	18	0.20400	83	869
85	36.7271	2.44505	3	0.08230	29	160
86	37.5200	2.39518	4	0.12000	31	196
87	37.6861	2.38500	6	0.13670	56	329
88	37.8600	2.37444	6	0.19600	52	390
89	38.0600	2.36243	10	0.18940	89	707
90	38.2800	2.34935	20	0.20000	178	1405
91	38.4800	2.33760	19	0.37500	161	2056
92	38.7200	2.32366	9	0.16920	75	644
93	38.9416	2.31095	10	0.16330	87	611
94	39.1400	2.29969	11	0.17000	95	976
95	39.2800	2.29181	11	0.00000	98	0
96	39.4800	2.28066	9	0.10960	80	1059
97	40.2988	2.23619	5	0.11180	46	409
98	40.8300	2.20318	4	0.18000	31	318
99	41.1541	2.19167	3	0.11580	29	160
100	41.3932	2.17956	4	0.11640	32	173
101	41.5674	2.17083	3	0.10070	29	148
102	41.7903	2.15977	3	0.10470	26	179
103	42.4229	2.12901	7	0.12320	58	486
104	43.0780	2.09828	4	0.10340	38	308
105	43.2700	2.08928	4	0.12400	35	246
106	43.7966	2.06537	3	0.12670	26	253
107	44.9872	2.01343	5	0.12110	47	331
108	45.3400	1.99858	5	0.21200	42	622
109	45.5800	1.98862	5	0.00000	41	0
110	46.7487	1.93188	7	0.18410	63	594
111	45.9955	1.97161	3	0.12890	27	334
112	46.8300	1.93841	3	0.10000	27	262
113	47.8198	1.90057	4	0.11240	32	263
114	48.8720	1.86208	4	0.13600	32	325
115	49.1622	1.85177	4	0.14940	39	278
116	49.4787	1.84083	4	0.23400	39	562
117	50.1041	1.81914	12	0.17080	100	967
118	50.6344	1.80133	3	0.14890	26	207
119	50.9773	1.79001	3	0.11470	30	333

commit to user

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
120	53.6500	1.70697	6	0.12000	51	461
121	53.8200	1.70174	3	0.09000	30	140
122	54.0200	1.69615	4	0.10660	32	189
123	54.3200	1.68749	6	0.32000	50	644
124	54.5200	1.68177	7	0.20000	61	464
125	54.8750	1.67173	12	0.27660	103	1684
126	55.1400	1.66432	10	0.00000	84	0
127	55.4600	1.65547	12	0.00000	101	0
128	55.6600	1.65009	10	0.27760	85	1387
129	55.9600	1.64186	5	0.16800	40	394
130	56.2700	1.63330	4	0.18140	30	200
131	56.5483	1.62617	3	0.11670	29	201
132	56.7880	1.61987	4	0.13600	38	260
133	57.0756	1.61339	4	0.18120	36	462
134	59.9375	1.54206	10	0.17500	88	1072
135	60.4033	1.53000	3	0.12000	27	100
136	60.8412	1.52130	3	0.19750	28	280
137	61.2935	1.51115	4	0.11290	31	177
138	61.6600	1.50305	8	0.17000	68	1061
139	61.8400	1.49919	10	0.00000	83	0
140	62.2600	1.49009	25	0.49140	221	4211
141	62.4400	1.48613	14	0.17480	125	1013
142	62.7971	1.47854	4	0.10850	35	320
143	63.7497	1.45872	3	0.15050	26	291
144	64.1973	1.44963	3	0.13740	26	261
145	65.7637	1.41884	3	0.10250	26	166
146	67.6760	1.38333	6	0.19200	49	541
147	68.0800	1.37610	7	0.17720	64	534
148	68.2800	1.37201	8	0.18000	46	407
149	68.5192	1.36834	3	0.15350	30	312
150	70.2518	1.33878	3	0.13640	30	362
151	72.1098	1.30879	4	0.17160	37	549
152	73.0550	1.29417	4	0.23660	37	658
153	73.3000	1.29040	4	0.08840	32	300
154	73.4400	1.28833	4	0.00000	34	0
155	73.5600	1.28653	5	0.00000	40	0
156	73.7200	1.28413	4	0.31340	38	750
157	74.4040	1.27472	4	0.18000	37	610
158	76.8744	1.23911	4	0.17110	36	387
159	77.1400	1.23559	4	0.18180	31	266
160	77.2600	1.23388	4	0.15000	34	272
161	77.6050	1.22926	4	0.09000	31	232
162	77.8200	1.22487	3	0.12000	24	200
163	79.7959	1.20093	3	0.09690	29	393
164	80.5426	1.19166	3	0.13870	29	262
165	81.3900	1.18138	3	0.26000	29	540
166	83.0470	1.15200	3	0.12000	20	300
167	93.2057	1.06013	5	0.11430	43	384
168	95.0309	1.04453	3	0.14180	26	334
169	96.3416	1.03377	3	0.14330	28	381

commit to user

Lampiran 1b. Perhitungan % Mineral Bentonit Alam

Nama Mineral	Difraktogram standar		Difraktogram sampel		I/I ₁	Intensitas count
	standar	Int	sampel	Int		
montmorillonit	4,45	74	4,45	54	20	469
	3,58	28	3,57	33	-5	287
	2,57	39	2,57	29	10	249
	15	20	15,1	15	5	132
	2,58	46	2,58	16	30	138
	2,5	48	2,5	21	27	186
	2,59	26	2,55	24	2	206
	2,49	27	2,49	22	5	187
	15,3	100	15,5	15	85	129
	4,26	20	4,26	35	-15	303
	2,53	80	2,54	23	57	196
	1,49	90	1,49	25	65	221
	kaolinit	7,15	90	7,17	37	53
4,18		60	4,18	25	35	215
kuarsa	3,34	999	3,35	100	899	869
	1,8	4	1,8	3	1	26
	1,67	33	1,67	12	21	103

% = _____

$$\text{a. \%Montmorillonit} = \frac{\text{intensitas count montmorillonit}}{\text{intensitas count total}} \times 100$$

$$\% \text{Montmorillonit} = \frac{2703}{4240} \times 100 = 63,75\%$$

$$\text{b. \% Kaolinit} = \frac{\text{Intensitas count kaolinit}}{\text{Intensitas count total}} \times 100$$

$$\% \text{Kaolinit} = \frac{539}{4240} \times 100 = 12,71\%$$

$$\text{c. \% Kuarsa} = \frac{\text{Intensitas count kuarsa}}{\text{Intensitas count total}} \times 100$$

$$\% \text{Kuarsa} = \frac{998}{4240} \times 100 = 23,54\%$$

Lampiran 2. Standar JCPDS File Montmorillonit

29-1499	Quality: *	Na _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ · 8 H ₂ O
CAS Number:	1318-93-0	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
Molecular Weight:	511.33	Ref: Brindley, G., Penn State Univ., University Park, PA, USA, ICDD Grant-in-Aid, (1977)
Volume[CD]:	517.16	
Dx:	Dm:	
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P		
Cell Parameters:		
a 5.21 b c 22.0		
α β γ		
SS/FDM: F 7= 1 (0.184, 80)		
I/cor:		
Rad: CuKα		
Lambda: 1.5418		
Filter: Ni		
d-sp: diffractometer		
Mineral Name:		
Montmorillonite-22A		

d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
21.500	28	0	0	1	2.5600	82	1	0	7	1.3250	36	3	0	8
10.600	10	0	0	2	1.6900	28	0	0	13					
4.4500	74	1	0	1	1.4950	100	2	0	11					

12-0219	Quality: I	Na _{0.3} (Al Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ O H ₂ · 6 H ₂ O
CAS Number:	1318-93-0	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
Molecular Weight:	507.91	Ref: Earley et al., Am. Mineral., 38, 707 (1953)
Volume[CD]:	419.07	
Dx:	Dm:	
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P		
Cell Parameters:		
a 5.195 b c 17.93		
α β γ		
SS/FDM: F13=2(0.082, 75)		
I/cor:		
Rad: FeKα		
Lambda: 1.9373		
Filter:		
d-sp: Debye-Scherrer		
Mineral Name:		
Montmorillonite-18A		

d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
17.600	14	0	0	1	2.9900	25	0	0	6	1.5040	100	3	0	0
9.0000	14	0	0	2	2.5700	39b	1	1	1	1.2940	19b	3	0	7
5.9900	4	0	0	3	2.2420	11	0	0	8	1.2500	20	3	1	0
4.4900	45	0	0	4	1.9890	6	0	0	9					
3.5800	28	0	0	5	1.6990	30	2	1	0					

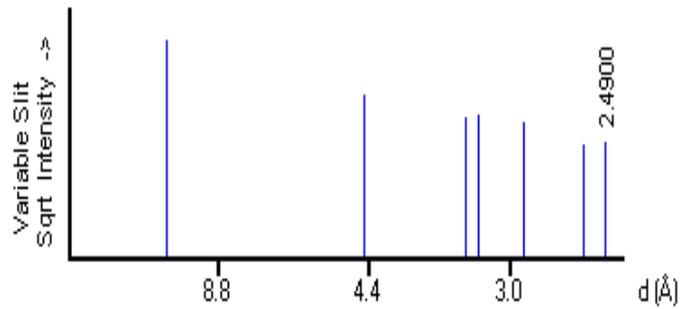
13-0135	Quality:	Ca _{0.2} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O
CAS Number:	1318-93-0	Calcium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
Molecular Weight:	440.39	Ref: Rosenquist, Nor. Geol. Tidsskr., 39, 350 (1959)
Volume[CD]:	347.55	
Dx:	Dm: 2.300	
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P		
Cell Parameters:		
a 5.169 b c 15.02		
α β γ		
SS/FOM: F16=2(0.127, 66)		
I/Cor:		
Rad:		
Lambda:		
Filter:		
d-sp: diffractometer		
Mineral Name:		
Montmorillonite-15A		

d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
15.000*	20	0	0	1	3.0200	59	0	0	5	1.7000	53	2	1	0
5.0100	36	0	0	3	2.5800	46u	1	1	0	1.5000	100	0	0	10
4.5000	53	1	0	0	2.5000	48	0	0	6	1.4930	100	3	0	0
3.7700	16	0	0	4	2.2600	13	2	0	0	1.2850	46	2	2	1
3.5000	9				2.1500	14	0	0	7	1.2430	48	3	1	0
3.3000	9	1	0	3	1.8800	16	0	0	8					

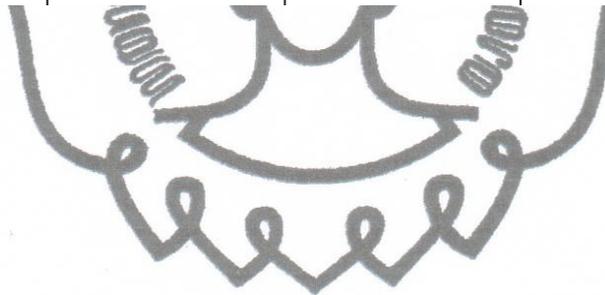
29-1498	Quality: 0	Na _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O
CAS Number:	1318-93-0	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
Molecular Weight:	439.27	Ref: Brindley, G., Penn State Univ., University Park, PA, USA, ICDD Grant-in-Aid, (1977)
Volume[CD]:	359.02	
Dx:	Dm:	
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P		
Cell Parameters:		
a 5.165 b c 15.54		
α β γ		
SS/FOM: F 5= 1 (0.088, 42)		
I/Cor:		
Rad: CuKα		
Lambda: 1.5418		
Filter: Ni		
d-sp: diffractometer		
Mineral Name:		
Montmorillonite-15A		

d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
13.600	50				4.4600	100	1	0	0	1.6900	32	2	1	0
5.1600	16	0	0	3	2.5600	48	1	0	5	1.4950	55	3	0	0

13-0259	Quality: 0	Na _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ · x H ₂ O
CAS Number:	1318-93-0	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
Molecular Weight:		Ref: Molloy, Kerr, Am. Mineral., 46, 583 (1961)
Volume[CD]:	0.00	
Dx:	Dm: 2.500	
Sys:		
S.G.:		
Cell Parameters:		
a	b	c
α	β	γ
SS/FDM: F = (,)		
I/Cor:		
Rad: CuKα		
Lambda: 1.5418		
Filter: Ni		
d-sp:		
Mineral Name:		
Montmorillonite-14A		



d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
13.600	100				3.2300	42				2.4900	27			
4.4700	55				2.9200	37								
3.3400	41				2.5900	26u								



02-0009
 CAS Number:
 Molecular Weight: 337.97
 Volume[CD]:
 Dx: Dm:
 Sys:
 S.G.:
 Cell Parameters:
 a b c
 α β γ
 SS/FOM: F = (.)
 I/cor:
 Rad: MoKa
 Lambda: 0.709
 Filter:
 d-sp:
 Mineral Name:
 Montmorillonite

Si₃.74 Al₂.03 Fe₀.03 Mg₀.02 · D11
 Aluminum Iron Magnesium Silicate
 Ref: Nagelschmidt, Mineral. Mag., 25, 148 (1938)

d(Å)	Int-f	h k l	d(Å)	Int-f	h k l	d(Å)	Int-f	h k l
15.300	100b		2.6000	100		1.4900	100	
5.1000	80		2.4100	40b		1.2900	60	
4.4800	100		2.3400	20b		1.2400	60	
4.2600	20b		2.2400	30		.97200	30	
3.7400	20b		1.9100	20b		.86300	20b	
3.0500	100		1.7000	60				

02-0014
 CAS Number:
 Molecular Weight: 169.38
 Volume[CD]:
 Dx: Dm:
 Sys:
 S.G.:
 Cell Parameters:
 a b c
 α β γ
 SS/FOM: F = (.)
 I/cor:
 Rad: MoKa
 Lambda: 0.709
 Filter:
 d-sp:
 Mineral Name:
 Montmorillonite (Clay)

Na Mg Al Si O₂ (OH) H₂O
 Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
 Ref: Z. Kristallogr., 87, 133 (1934)

d(Å)	Int-f	h k l	d(Å)	Int-f	h k l	d(Å)	Int-f	h k l
15.000	100b		2.3400	40		1.3100	20b	
5.0000	50		2.1800	20		1.2900	70b	
4.4500	90		1.8800	20b		1.2400	60	
4.2500	40		1.6900	50		1.1200	40	
4.0500	60		1.6600	50		1.0200	30b	
3.0400	50		1.4900	90		.97000	50b	
2.8100	20b		1.4300	20b		.86300	50b	
2.5300	80b		1.3800	20b		.84700	40b	

Lampiran 3. Standar JCPDS File Kaolinit

80-0886	Quality: C	Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄														
CAS Number:		Aluminum Silicate Hydroxide														
Molecular Weight: 258.16		Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)														
Volume[CD]: 329.57		Ref: El-Sayed K., Heiba, Z.K., Abdel-Rahman, A.M., Cryst. Res. Technol., 25, 305 (1990)														
Dx: 2.601 Dm:																
Sys: Anorthic																
Lattice: Primitive																
S.G.: P1 (1)																
Cell Parameters: a 5.157 b 8.941 c 7.396 α 91.672 β 104.86 γ 89.898																
I/lor: 1.08		d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
Rad: CuKα1		8.9377	0	0	1	0	3.5730	100	0	0	2	2.7793	0	0	3	1
Lambda: 1.54060		7.1461	90*	0	0	1	3.4190	4	1	1	1	2.7511	13	0	2	2
Filter:		5.6641	0	0	1	1	3.3722	29	1	1	1	2.7212	0	0	3	1
d-sp: calculated		5.5022	0	0	1	1	3.2843	0	0	1	2	2.7052	0	1	2	2
ICSD #: 068698		4.9851	0	1	0	0	3.2588	0	1	2	1	2.6441	0	1	2	2
Mineral Name:		4.4688	27	0	2	0	3.2137	0	1	2	1	2.6049	0	1	0	2
Kaolinite		4.3646	69	1	1	0	3.1514	7	1	1	2	2.5640	24	2	0	1
		4.1785	60	1	1	1	3.1026	9	1	1	2	2.5640	24	1	3	0
		4.1308	34	1	1	1	2.9792	0	0	3	0	2.5507	15	1	3	0
		3.8406	45	0	2	1	2.8641	0	1	2	1	2.5311	20	1	3	1
		3.7393	22	0	2	1	2.8320	1	0	2	2	2.5176	12	1	1	2
		3.6705	1	1	0	1	2.8095	0	1	2	1	2.4993	22	1	3	1

Lampiran 4. Standar JCPDS File Kuarsa

88-2302	Quality: C	SiO ₂
CAS Number:		Silicon Oxide
Molecular Weight: 60.08		Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++
Volume[CD]: 112.93		Ref: Will, G., Bellosto, M., Parrish, W., Hart, M., J. Appl. Crystallogr., 21, 182 (1988)
Dx: 2.650	Dm:	
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P3 ₂ 21 (154)		
Cell Parameters:		
a 4.912	b	c 5.403
α	β	γ
I/lor: 3.09		
Rad: CuK α 1		
Lambda: 1.54060		
Filter:		
d-sp: calculated		
ICSD #: 041414		
Mineral Name:		
Quartz		

d(Å)	Int-f	h	k	l	d(Å)	Int-f	h	k	l	d(Å)	Int-f	h	k	l
4.2542	213	1	0	0	1.6587	15	0	1	3	1.2281	12	2	2	0
3.3426	999*	0	1	1	1.6079	2	2	1	0	1.1995	24	2	1	3
2.4562	66	1	1	0	1.5411	79	1	2	1	1.1975	14	2	2	1
2.2808	67	1	0	2	1.4525	15	1	1	3	1.1837	20	1	1	4
2.2360	30	1	1	1	1.4180	4	3	0	0	1.1799	25	3	1	0
2.1271	50	2	0	0	1.3817	49	1	2	2	1.1527	15	1	3	1
1.9793	27	2	0	1	1.3746	60	2	0	3	1.1404	2	2	0	4
1.8174	112	1	1	2	1.3716	62	0	3	1	1.1180	1	2	2	2
1.8012	4	0	0	3	1.2876	19	1	0	4	1.1142	2	3	0	3
1.6713	33	0	2	2	1.2556	23	3	0	2					



Lampiran 5a. Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Aktivasi Bentonit dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Volume HCl (ml)		
		Awal	Sisa	Adsorb
1	Blanko a	-		
	b	-		
2	Awal a	9,7		
	b	9,6		
3	B-AI a		2,2	7,5
	b		2,2	7,4
4	B-Ak 0,5 M a		2	7,7
	b		2,1	7,5
5	B-Ak 1M a		1,6	8,1
	b		1,5	8,1
6	B-Ak 2M a		2,6	7,1
	b		2,4	7,2
7	B-Ak 3M a		3,1	6,6
	b		3,1	6,5

Ket. B-AI = Bentonit alam
B-Ak = Bentonit teraktivasi

Lampiran 5b. Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 0,5M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

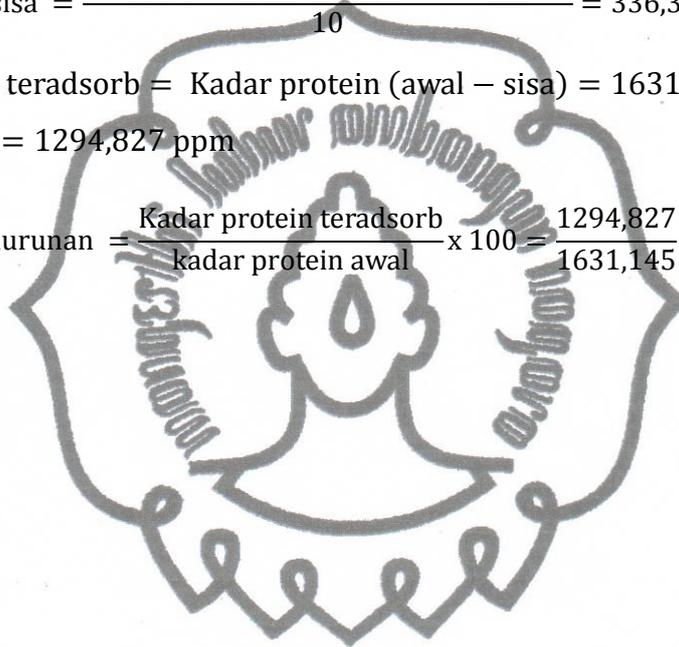
Nama sampel = B-Ak 0,5M a

$$\text{Kadar protein awal} = \frac{0,019 \times (9,7 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 1631,145 \text{ ppm}$$

$$\text{Kadar protein sisa} = \frac{0,019 \times (2,0 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 336,319 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar protein teradsorb} &= \text{Kadar protein (awal - sisa)} = 1631,145 - 336,319 \\ &= 1294,827 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\% \text{ Efisiensi penurunan} = \frac{\text{Kadar protein teradsorb}}{\text{kadar protein awal}} \times 100 = \frac{1294,827}{1631,145} \times 100 = 83,505 \%$$



Lampiran 5c. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Variasi Konsentrasi HCl dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Kadar Protein (ppm)			% Efisiensi penurunan
		Awal	Sisa	Adsorb	
1	Blanko a b Rata-rata				
2	Awal a b Rata-rata	1631,145 1614,329 1622,737			
3	B-AI a b Rata-rata		369,950 369,950 369,950	1261,195 1244,379 1252,787	77,319 77,083 77,202±0,167
4	B-Ak 0,5 M a b Rata-rata		336,319 353,135 344,727	1294,827 1261,195 1278,011	79,381 78,125 78,757±0,888
5	B-Ak 1M a b Rata-rata		269,055 252,239 260,647	1362,090 1362,090 1362,090	83,505 84,375 83,938±0,615
6	B-Ak 2M a b Rata-rata		437,214 403,582 420,398	1193,931 1210,747 1202,339	73,196 75,000 74,093±1,276
7	B-Ak 3M a b Rata-rata		521,294 521,294 521,294	1109,851 1093,035 1101,443	68,041 67,708 67,876±0,235

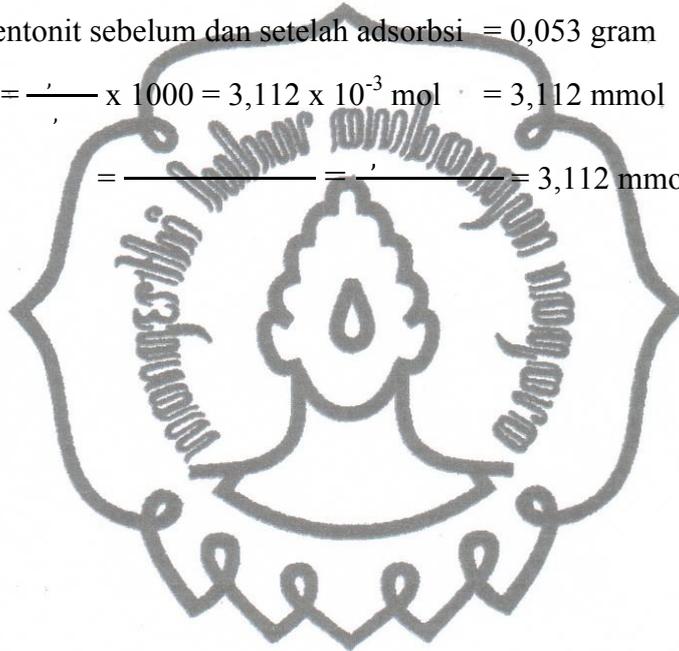
Lampiran 6a. Data Pengamatan Amonia yang Teradsorp oleh Bentonit pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Bentonit+krus (gram)		
		Stlh oven	Stlh adsorpsi	Teradsorb
1	B-Ak a	20,097	20,150	0,053
	b	17,943	17,995	0,052
2	B-Al a	21,880	21,888	0,008
	b	25,883	25,891	0,008

Ket. B-Ak = Bentonit Teraktivasi
B-Al = Bentonit Alam

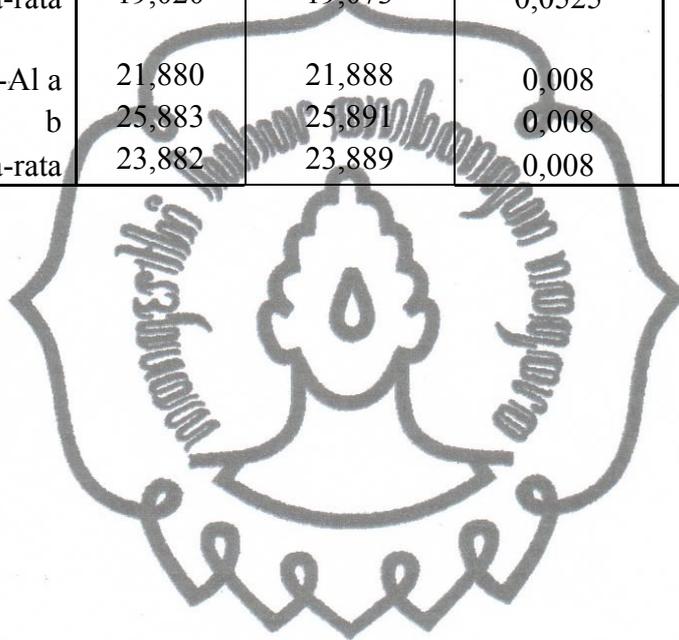
Lampiran 6b. Contoh Perhitungan Keasaman Bentonit setelah Diaktivasi HCl 1 M dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

Nama sampel	= B-Ak a
Berat bentonit	= 1,000 gram
Berat krus + bentonit sebelum adsorpsi ammonia	= 20,0970 gram
Berat krus + bentonit setelah adsorpsi ammonia	= 20,150 gram
Selisih berat bentonit sebelum dan setelah adsorpsi	= 0,053 gram
Mol ammonia = $\frac{\text{selisih berat}}{\text{berat molar}}$ x 1000	= $3,112 \times 10^{-3}$ mol = 3,112 mmol
Keasaman	= $\frac{\text{mol ammonia}}{\text{berat bentonit}}$ = 3,112 mmol/gram



**Lampiran 6c. Data Keasaman Bentonit pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu
Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml**

No	kode	Bentonit +krus (gram)		selisih massa (gram)	keasaman (mmol/gram)
		Sthh oven	Sthh adsorbsi		
1	B-Ak a	20,097	20,150	0,053	3,112
	b	17,943	17,997	0,052	3,053
	Rata-rata	19,020	19,073	0,0525	3,083±0,083
2	B-Al a	21,880	21,888	0,008	0,469
	b	25,883	25,891	0,008	0,469
	Rata-rata	23,882	23,889	0,008	0,469 ±3E-13



Lampiran 7a. Data Pengamatan Luas Permukaan Bentonit pada Massa Bentonit 0,03 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Larutan Metilen Blue 25 ml

1) Penentuan Panjang Gelombang Optimum

$\lambda(\text{nm})$	Absorbansi		
	I	II	Rata2
600	0,197	0,192	0,194
610	0,207	0,203	0,205
620	0,214	0,208	0,211
630	0,218	0,215	0,216
640	0,334	0,338	0,336
650	0,548	0,546	0,547
652	0,565	0,566	0,565
660	0,571	0,569	0,570
668	0,53	0,524	0,527
670	0,441	0,432	0,436
680	0,133	0,132	0,132

Panjang gelombang maksimum berada pada 660 nm karena memberikan absorbansi metilen blue yang paling besar

2) Penentuan Waktu Setimbang

a) Bentonit Alam

Waktu	Absorbansi		
	I	II	Rata
10 menit	0,097	0,090	0,093
15 menit	0,120	0,150	0,135
30 menit	0,517	0,523	0,520
45 menit	0,270	0,250	0,260
60 menit	0,110	0,130	0,120

Waktu setimbang dari bentonit alam adalah 30 menit karena memberikan absorbansi metilen blue yang paling besar

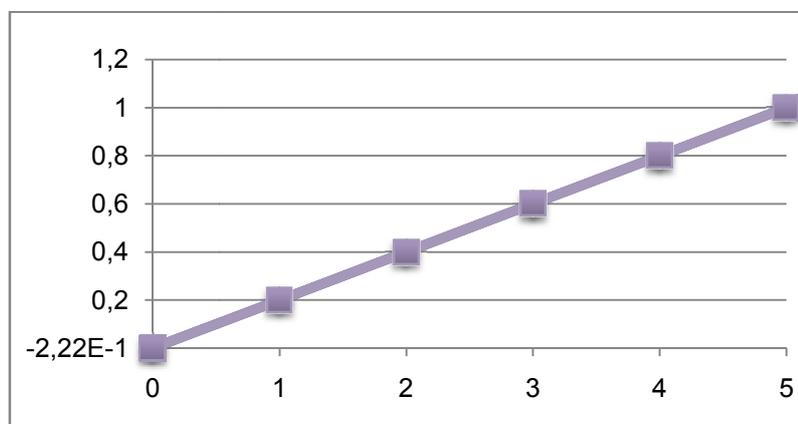
b) Bentonit Teraktivasi

Waktu	Absorbansi		
	I	II	Rata
10 menit	0,053	0,040	0,046
15 menit	0,098	0,110	0,104
30 menit	0,150	0,159	0,154
45 menit	0,090	0,100	0,095
60 menit	0,020	0,060	0,040

Waktu setimbang untuk bentonit teraktivasi adalah 30 menit karena memberikan absorbansi *metilen blue* yang paling besar

3) Pembuatan Kurva Standar

Konsentrasi	Absorbansi		
	I	II	Rata
0 ppm	0	0	0
0,5 ppm	0,059	0,052	0,0555
1 ppm	0,133	0,122	0,1275
1,5 ppm	0,249	0,236	0,2425
2 ppm	0,345	0,332	0,3385
2,5 ppm	0,424	0,366	0,395
3 ppm	0,528	0,527	0,5275
3,5 ppm	0,616	0,609	0,6125
4 ppm	0,704	0,681	0,6925



commit to user

$$a = -0,027$$

$$b = 0,179$$

$$y = a + bx$$

$$y = -0,027+0,179x$$

4) Penentuan Luas Permukaan

a) Bentonit Alam

Kode	Abs	Konsentrasi (ppm)		
		Awal	Sisa	Adsorb
B-AI a	0,559	100	3,268	96,732
b	0,565	100	3,302	96,698
Rata-rata	0,562	100	3,285	96,715

b) Bentonit Aktivasi

Kode	Abs	Konsentrasi (ppm)		
		Awal	Sisa	Adsorb
B-Ak a	0,153	100	1,000	99,000
b	0,148	100	0,972	99,028
Rata-rata	0,151	100	0,986	99,014

Ket. B-Ak = Bentonit Teraktivasi

B-AI = Bentonit Alam

Lampiran 7b. Contoh Perhitungan Luas Permukaan Bentonit setelah Diaktivasi HCl 1M dengan Massa Bentonit 0,03 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Larutan *Metilen Blue* 25 ml

Nama sampel	= B-Ak-a
Absorbansi	= 0,153
Persamaan regresi Y	= 0,179x - 0,027
Konsentrasi <i>metilen blue</i> sebelum adsorpsi	= 100ppm
Konsentrasi <i>metilen blue</i> setelah adsorpsi	= 1,000 ppm
Konsentrasi <i>metilen blue</i> yang teradsorb	= (100 - 1) = 99,000 ppm
Berat bentonit	= 0,03 gram
Volume larutan	= 25 ml

Daya serap bentonit (gram/gram)

$$X_m = \frac{25}{1000} \times 99,000 \times \frac{1}{0,03}$$

$$= 82,467 \text{ mgram/gram}$$

$$= 0,082 \text{ gram/gram}$$

Luas Permukaan

$$S = \frac{0,082 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 197 \cdot 10^{-20}}{319,86} \text{ m}^2/\text{gram}$$

$$= 305,914 \text{ m}^2/\text{gram}$$

Lampiran 7c. Data Hasil Perhitungan Luas Permukaan Bentonit pada Massa Bentonit 0,03 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Larutan Metilen Blue 25 ml

1) Bentonit Alam

Kode	Abs	Konsentrasi (ppm)			Xm (mgram)	S ($m^2/gram$)
		Awal	Sisa	Adsorpsi		
B-al a	0,559	100	3,274	96,726	80,573	298,888
b	0,565	100	3,307	96,693	80,545	298,784
Rata-rata	0,562	100	3,291	96,709	80,559	298,836±0,146

2) Bentonit Aktivasi

Kode	Abs	Konsentrasi (ppm)			Xm (mgram)	S ($m^2/gram$)
		Awal	Sisa	Adsorpsi		
B-ak a	0,153	100	1,000	99,000	82,467	305,914
b	0,148	100	0,972	99,028	82,490	306,000
Rata-rata	0,151	100	0,986	99,014	82,479	305,957±0,122

Ket. S = Luas Permukaan

Xm = Daya Serap Bentonit

B-al = Bentonit Alam

B-ak = Bentonit Teraktivasi

Lampiran 8a. Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1 M, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Volume HCl (ml)		
		Awal	Sisa	Adsorb
1	Blanko a	0		
	b	0		
2	Awal a	9,7		
	b	9,8		
3	B-Ak 0,06 a		5,6	4,1
	b		5,5	4,3
4	B-Ak 0,1 a		4,6	5,1
	b		4,6	5,2
5	B-Ak 0,6 a		1,5	8,2
	b		1,6	8,2
6	B-Ak 1,1 a		1,5	8,2
	b		1,4	8,4
7	B-Ak 1,6 a		1,4	8,3
	b		1,4	8,4
8	B-Ak 2,1 a		1,3	8,4
	b		1,3	8,5
9	B-Al a		2,4	7,3
	b		2,3	7,5

Ket. B-Al = Bentonit alam

B-Ak = Bentonit teraktivasi

Lampiran 8b. Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M 0,06 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

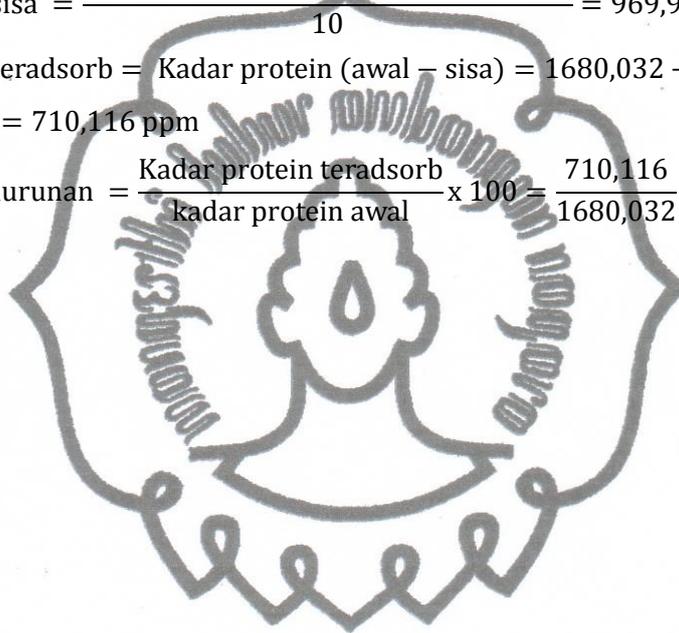
Nama sampel = B – Ak 0,06 a

$$\text{Kadar protein awal} = \frac{0,019 \times (9,7 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 1680,032 \text{ ppm}$$

$$\text{Kadar protein sisa} = \frac{0,019 \times (5,6 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 969,915 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar protein teradsorb} &= \text{Kadar protein (awal - sisa)} = 1680,032 - 969,915 \\ &= 710,116 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\% \text{ Efisiensi penurunan} = \frac{\text{Kadar protein teradsorb}}{\text{kadar protein awal}} \times 100 = \frac{710,116}{1680,032} \times 100 = 42,268 \%$$



Lampiran 8c. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Berbagai Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Kadar Protein (ppm)			% Efisiensi penurunan
		Awal	Sisa	Adsorb	
1	Blanko a b Rata-rata				
2	Awal a b Rata-rata	1680,032 1697,352 1688,692			
3	B-Ak 0,06 a b Rata-rata		969,915 952,595 961,255	710,116 744,756 727,436	42,268 43,878 43,077±2,276
4	B-Ak 0,1 a b Rata-rata		796,716 796,716 796,716	883,316 900,636 891,976	52,577 53,061 52,821±0,684
5	B-Ak 0,6 a b Rata-rata		259,799 277,119 268,459	1420,233 1420,233 1420,233	84,536 53,061 84,103±1,219
6	B-Ak 1,1 a b Rata-rata		259,799 242,479 251,139	1420,233 1454,873 1437,553	84,536 83,673 85,128±1,666
7	B-Ak 1,6 a b Rata-rata		242,479 242,479 242,479	1437,553 1454,873 1446,213	85,567 85,714 85,641±0,208
8	B-Ak 2,1 a b Rata-rata		225,159 225,159 225,159	1454,873 1472,193 1463,533	86,598 86,735 86,667±0,193
9	B-AI a b Rata-rata		415,678 398,358 407,018	1264,354 1298,993 1281,674	75,258 76,531 75,897±1,800

Lampiran 9a. Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Berbagai Variasi Waktu Kontak Bentonit Teraktivasi HCl 1M dengan Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Volume HCl (ml)		
		Awal	Sisa	Adsorb
1	blanko a	-		
	b	-		
2	awal a	9,8		
	b	9,8		
3	B-Ak 5' a		2,2	7,6
	b		2,1	7,7
4	B-Ak 10' a		1,7	8,1
	b		1,9	7,9
5	B-Ak 15' a		1,3	8,5
	b		1,4	8,4
6	B-Ak 20' a		1,6	8,2
	b		1,4	8,4
7	B-Ak 30' a		1,5	8,3
	b		1,6	8,2
8	B-Ak 45' a		1,7	8,1
	b		1,5	8,3
9	B-Ak 60' a		1,6	8,2
	b		1,6	8,2
10	B-Al a		2,4	7,4
	b		2,5	7,3

Ket. B-Al = Bentonit alam

B-Ak = Bentonit teraktivasi

Lampiran 9b. Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Waktu Kontak 5 menit, Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

Nama Sampel = B – Ak 5'a

$$\text{Kadar protein awal} = \frac{0,019 \times (9,8 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 1697,352 \text{ ppm}$$

$$\text{Kadar protein sisa} = \frac{0,019 \times (2,2 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 381,038 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar protein teradsorb} &= \text{Kadar protein (awal - sisa)} = 1697,352 - 381,038 \\ &= 1316,313 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Efisiensi penurunan} &= \frac{\text{Kadar protein teradsorb}}{\text{kadar protein awal}} \times 100 = \frac{1316,313}{1697,352} \times 100 \\ &= 77,551 \% \end{aligned}$$

Lampiran 9c. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Berbagai Variasi Waktu Kontak Bentonit Teraktivasi HCl 1M dengan Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Kadar Protein (ppm)			% Efisiensi penurunan
		Awal	Sisa	Adsorb	
1	Blanko a	-			
	b	-			
	Rata-rata	-			
2	Awal a	1697,352			
	b	1697,352			
	Rata-rata	1697,352			
3	5' a		381,038	1316,313	77,551
	b		363,718	1333,633	78,571
	Rata-rata		372,378	1324,973	78,061±1,443
4	10' a		294,438	1402,913	82,653
	b		329,078	1368,273	80,612
	Rata-rata		311,758	1385,593	81,633±2,886
5	15' a		225,159	1472,193	86,735
	b		242,479	1454,873	86,714
	Rata-rata		233,819	1463,533	86,225±1,443
6	20' a		277,119	1420,233	83,673
	b		242,479	1454,873	85,714
	Rata-rata		259,799	1437,553	84,694±2,886
7	30' a		259,799	1437,553	84,694
	b		277,119	1420,233	83,673
	Rata-rata		268,459	1428,893	84,184±1,443
8	45' a		294,439	1402,913	82,653
	b		259,799	1437,553	84,694
	Rata-rata		277,119	1420,233	83,673±2,886
9	60' a		277,119	1420,233	83,673
	b		277,119	1420,233	83,673
	Rata-rata		277,119	1420,233	83,673±0
9	B-Al a		415,678	1281,673	75,510
	b		432,998	1264,354	74,489
	Rata-rata		424,338	1273,014	75,000±1,443

Lampiran 10a. Data Pengamatan Volume HCl untuk Penentuan Protein pada Berbagai Variasi Konsentrasi Adsorbat dengan Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	% (v/v)	Volume HCl (ml)		
		Awal	Sisa	Adsorb
1	B-Ak 40 a	4	0,2	3,8
	b	3,8	0,3	3,5
2	B-Ak 50a	4,4	0,4	4
	b	4,3	0,4	3,9
3	B-Ak 60a	5,4	0,6	4,8
	b	5,3	0,5	4,8
4	B-Ak 70a	6,5	0,8	5,7
	b	6,7	0,8	5,9
5	B-Ak 80a	7	1	6
	b	7	1,1	5,9
6	B-Ak 90a	8,9	1,3	7,6
	b	8,8	1,2	7,6
7	B-Ak 100a	9,6	1,4	8,2
	b	9,7	1,3	8,4

Ket. B-Ak = Bentonit teraktivasi

Lampiran 10b. Contoh Perhitungan Daya Serap Bentonit Teraktivasi HCl 1M pada Konsentrasi Adorbat 40 % (v/v), Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

Nama sampel = B-Ak 40 a

$$\text{Kadar protein awal} = \frac{0,019 \times (9,6 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 1662,712 \text{ ppm}$$

$$\text{Kadar protein sisa} = \frac{0,019 \times (1,4 - 0) \times 6,25 \times 14,007 \times 1000}{10} = 242,479 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar protein teradsorb} &= \text{Kadar protein (awal - sisa)} = 1662,712 - 242,479 \\ &= 1420,233 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\text{Protein dalam 10 ml sampel} = \frac{10}{1000} \text{ L} \times 1420,233 \text{ mgram/L} = 14,202 \text{ mgram}$$

$$\text{Daya serap} = \frac{1}{0,6 \text{ gram}} \times \frac{15 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \times 14,202 \text{ mgram} = 35,939 \text{ mgram/gram}$$

Lampiran 10c. Data Hasil Perhitungan Daya Serap Bentonit Teraktivasi HCl 1M pada Berbagai Variasi Konsentrasi Adsorbat dengan Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	% (v/v)	Co (ppm)	C (ppm)	C ads (ppm)	Q (mg/gr)	Log Q	Log C	C/Q
1	B-Ak 40a	692,797	34,639	658,157	16,454	1,216	1,539	2,105
	b	658,157	51,959	606,197	15,155	1,181	1,716	3,429
	Rata-rata	675,477	43,299	632,177	15,804±1,837	1,199	1,637	2,740
2	B-Ak 50a	762,076	69,279	692,797	17,319	1,239	1,841	4,000
	b	744,756	69,279	675,477	16,887	1,228	1,841	4,103
	Rata-rata	753,416	69,279	684,137	17,103±0,612	1,233	1,841	4,051
3	B-Ak 60a	935,275	103,919	831,357	20,784	1,318	2,017	5,000
	b	917,955	86,599	831,357	20,784	1,318	1,938	4,167
	Rata-rata	926,6154	95,259	831,357	20,784±7E-15	1,318	1,979	4,583
4	B-Ak 70a	1125,794	138,559	987,235	24,681	1,392	2,142	5,614
	b	1160,434	138,559	1021,875	25,547	1,407	2,142	5,424
	Rata-rata	1143,114	138,559	1004,555	25,114±1,225	1,399	2,142	5,517
5	B-Ak 80a	1212,394	173,199	1039,195	25,979	1,415	2,239	6,667
	b	1212,394	190,519	1021,875	25,547	1,407	2,279	7,458
	Rata-rata	1212,394	181,859	1030,535	25,763±0,612	1,411	2,259	7,059
6	B-Ak 90a	1541,472	225,159	1316,313	32,908	1,517	2,353	6,842
	b	1524,152	207,839	1316,313	32,908	1,517	2,318	6,316
	Rata-rata	1532,812	216,499	1316,313	32,908±0	1,517	2,336	6,579
7	B-Ak 100a	1662,712	242,479	1420,233	35,506	1,550	2,385	6,829
	b	1680,032	225,159	1454,873	36,372	1,561	2,353	6,190
	Rata-rata	1671,372	233,819	1437,553	35,939±1,225	1,556	2,369	6,509

Ket. Co = kadar protein awal

C = kadar protein sisa

Cads = kadar protein yang teradsorb (Co-Ce)

Q = daya serap bentonit terhadap protein pada limbah cair tahu

B-Ak = Bentonit teraktivasi

1) Isoterm Freundlich

$$\log Q = \log K + \frac{1}{n} \log C$$

%(v/v)	log C	log Q
40	1,636	1,198
50	1,841	1,233
60	1,979	1,318
70	2,142	1,399
80	2,259	1,411
90	2,335	1,517
100	2,369	1,555

$$Y = 0,382 + 0,478X$$

$$r = 0,969$$

$$a = 0,382$$

$$b = 0,478$$

2) Isoterm Langmuir

$$- = \frac{C}{a + bC}$$

%(v/v)	C	C/Q
40	43,299	2,739
50	69,278	4,051
60	95,259	4,583
70	138,559	5,517
80	181,859	7,059
90	216,499	6,578
100	233,819	6,506

$$a = 2,507$$

$$b = 0,019$$

$$r = 0,935$$

$$y = 2,507 + 0,019x$$

Lampiran 11a. Data Pengamatan Volume FAS untuk Penentuan COD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	ml FAS awal	ml FAS (blanko-sampel)
1	Blanko a	3,0	
	b	2,9	
2	Awal a	1,9	1,1
	b	1,8	1,1
3	B-Al a	2,2	0,8
	b	2,0	0,9
4	B-Ak a	2,2	0,8
	b	2,2	0,6

Ket. B-Al = Bentonit alam
B-Ak = Bentonit teraktivasi

Lampiran 11b. Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai COD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

Nama sampel = B-Ak a

$$\text{COD} \frac{\text{mgram}}{\text{L}} = \frac{\text{VFAS}(\text{blanko} - \text{contoh uji}) \times \text{N} \times 8000 \times \text{faktor pengenceran}}{\text{ml contoh uji}}$$

$$\text{COD awal} = \frac{(3,0 - 1,9) \times 0,0481 \times 8000 \times 50}{2,5} = 8461,538 \text{ ppm}$$

$$\text{COD sisa} = \frac{(3,0 - 2,2) \times 8000 \times 0,0481 \times 50}{2,5} = 6153,846 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{COD adsorpsi} &= \text{COD (awal - sisa)} = 8461,538 - 6153,846 \\ &= 2307,692 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\% \text{E efisiensi penurunan} = \frac{\text{COD teradsorb}}{\text{COD awal}} \times 100 = \frac{2307,692}{8461,538} \times 100 = 27,273\%$$

Lampiran 11c. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai COD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	COD (ppm)			% Efisiensi penurunan
		awal	sis	diadsorb	
1	Blanko a	-			
	b	-			
	Rata-rata	-			
	Awal a	8461,538			
	b	8461,538			
	Rata-rata	8076,923			
	B-AI a		6153,846	2307,692	27,273
	b		6923,077	1538,462	18,182
	Rata-rata		6153,846	1923,077	23,809±13,216
	B-Ak a		6153,846	2307,692	27,273
	b		4615,385	3846,154	45,455
	Rata-rata		5384,615	2692,308	33,333±27,104

Lampiran 12a. Data Pengamatan Volume Na₂S₂O₃. 5H₂O untuk Penentuan BOD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	Na ₂ S ₂ O ₃ . 5H ₂ O 0 (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ . 5H ₂ O 5 (ml)
1	Blanko a	1,9	1,8
	b	1,9	1,7
2	Awal a	1,7	0,2
	b	1,8	0,3
3	B-Al a	1,7	0,4
	b	1,9	0,5
4	B-Ak a	1,9	0,8
	b	1,8	0,6

Ket B-Al = Bentonit alam
 B-Ak = Bentonit teraktivasi

Lampiran 12b. Contoh Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai BOD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

Nama sampel = B-Ak a

$$DO = \frac{\text{mgram}}{L} = \frac{F \times 8000 \times N}{\text{ml contoh uji}} \times \text{faktor pengencer}$$

Keterangan

F = volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereaksi MnSO₄ dan alkali iodide azida

Faktor pengencer = 500 kali

$$DO = \frac{1,007 \times 8000 \times 0,025 \times 1,9}{50} \times 500 = 3837,701 \text{ ppm}$$

$$DO = \frac{1,007 \times 8000 \times 0,025 \times 0,8}{50} \times 500 = 1615,874 \text{ ppm}$$

$$BOD \text{ sisa} = DO - DO = 3837,701 - 1615,874 = 2221,827 \text{ ppm}$$

$$BOD \text{ adsorb} = BOD \text{ awal} - BOD \text{ sisa} = 3029,764 - 2221,827 = 807,937 \text{ ppm}$$

$$\%E \text{ efisiensi penurunan} = \frac{BOD \text{ teradsorb}}{BOD \text{ awal}} \times 100 = \frac{807,937}{3029,764} \times 100 = 26,667\%$$

Lampiran 12c. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penurunan Nilai BOD pada Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M sebesar 0,6 gram, Waktu Kontak 15 menit, dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

No	Kode	DO0 (ppm)	DO5 (ppm)	BOD (ppm)			% Efisiensi penurunan
				Awal	Sisa	Adsorb	
1	Blanko a	3837,701	3635,717	201,984			
	b	3837,701	3433,733	403,969			
	Rata-rata	3837,701	2356,483	1481,218			
2	Awal a	3433,733	403,969	3029,764			
	b	3635,717	605,953	3029,764			
	Rata-rata	3534,725	504,961	3029,764			
3	B-AI a	3433,733	807,937		2625,796	403,969	13,333
	b	3837,701	1009,921		2827,780	201,984	6,667
	Rata-rata	3635,717	908,929		2726,788	302,976	10,000±9,428
4	B-Ak a	3837,701	1615,874		2221,827	807,937	26,667
	b	3635,717	1211,906		2423,811	605,953	20,000
	Rata-rata	3736,709	1413,890		2322,819	706,945	23,333±9,428

Lampiran 13a. Analisa Statistik Anova *Single Factor* Pengaruh Aktivasi HCl terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

H_0 : Data tidak berbeda secara signifikan

H_1 : Data berbeda secara signifikan

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	2	2505,574	1252,787	141,389
0,5	2	2556,022	1278,011	565,556
1	2	2724,180	1362,090	0
2	2	2404,678	1202,339	141,389
3	2	2202,886	1101,443	141,389

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	74256,970	4	18564,240	93,785	6,88E-05	5,192
<i>Within Groups</i>	989,723	5	197,945			
<i>Total</i>	75246,700	9				

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak sehingga terdapat data yang berbeda secara signifikan

Lampiran 13b. Analisa Statistik Duncan Pengaruh Aktivasi HCl terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram, Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

$$Se = \frac{\sqrt{MSEw}}{n} = 9,949$$

p	dfw	q α'	Ket			Rp = q x Se	
2	5	3,64	M1	0	1252,787	Rp2	36,213
3	5	3,74	M2	0,5	1278,011	Rp3	37,207
4	5	3,83	M3	1	1362,090	Rp4	38,103
5	5	3,83	M4	2	1202,339	Rp5	38,103
6	5	3,83	M5	3	1101,443		

1) Menghitung selisih rata-rata antar kelompok

Selisih	Hasil
M1-M2	25,224
M1-M3	109,303
M1-M4	50,448
M1-M5	151,344
M2-M3	84,079
M2-M4	75,672
M2-M5	176,568
M3-M4	159,751
M3-M5	260,647
M4-M5	100,896

	M5	M4	M1	M2	M3
M5	0	100,896	151,344	176,568	260,647
M4		0	50,448	75,672	159,751
M1			0	25,224	109,303
M2				0	84,079
M3					0

2) Membandingkan selisih rata-rata antar kelompok dengan Rp

M5-M4 vs Rp 2	100,896	>	36,2125	berbeda secara signifikan
M5-M1 vs Rp 3	151,344	>	37,2073	berbeda secara signifikan
M5-M2 vs Rp 4	176,568	>	38,1027	berbeda secara signifikan
M5-M3 vs Rp 5	260,647	>	38,1027	berbeda secara signifikan
M4-M1 vs Rp 2	50,448	>	36,2125	berbeda secara signifikan
M4-M2 vs Rp 3	75,672	>	37,2073	berbeda secara signifikan
M4-M3 vs Rp 4	159,751	>	38,1027	berbeda secara signifikan
M1-M2 vs Rp 2	25,224	<	36,2125	tidak berbeda secara signifikan
M1-M3 vs Rp 3	109,303	>	37,2073	berbeda secara signifikan
M2-M3 vs Rp 2	84,079	>	36,2125	berbeda secara signifikan

RATA-RATA				
M5	1101,443			
M4		1202,339		
M1			1252,787	
M2			1278,011	
M3				1362,09

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa HCl dengan konsentrasi 1M (M3) merupakan konsentrasi yang optimum untuk aktivasi bentonit

Lampiran 14a. Analisa Statistik Anova *Single Factor* Pengaruh Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

H_0 : Data tidak berbeda secara signifikan

H_1 : Data berbeda secara signifikan

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0,06	2	1454,872	727,436	599,965
0,1	2	1783,952	891,976	149,991
0,6	2	2840,466	1420,233	0
1,1	2	2875,106	1437,553	599,965
1,6	2	2892,426	1446,213	149,991
2,1	2	2927,066	1463,533	149,991

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	1094750,7	5	218950,13	796,229	2,23E-08	4,387
<i>Within Groups</i>	1649,903	6	274,984			
<i>Total</i>	1096400,6	11				

Berdasarkan data di atas maka diketahui bahwa F hitung $>$ F tabel maka H_0 ditolak sehingga terdapat data yang berbeda secara signifikan

Lampiran 14b. Analisa Statistik Duncan Pengaruh Variasi Massa Bentonit Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Waktu Kontak 30 menit dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

$$Se = \frac{\overline{MSEw}}{n} = 11,726$$

p	dfw	q α'	M1	0,06	727,436	Rp = q x Se	
2	6	3,46	M2	0,1	891,976	Rp2	40,571
3	6	3,58	M3	0,6	1420,230	Rp3	41,978
4	6	3,58	M4	1,1	1437,550	Rp4	41,978
5	6	3,68	M5	1,6	1446,210	Rp5	43,151
6	6	3,68	M6	2,1	1463,530	Rp6	43,151

1) Menghitung selisih rata-rata antar kelompok

Selisih	Hasil
M1-M2	164,540
M1-M3	692,797
M1-M4	710,117
M1-M5	718,777
M1-M6	736,097
M2-M3	528,257
M2-M4	545,577
M2-M5	554,237
M2-M6	571,557
M3-M4	17,320
M3-M5	25,980
M3-M6	43,300
M4-M5	8,660
M4-M6	25,980
M5-M6	17,320

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	0	164,54	692,797	710,120	718,777	736,097
M2		0	528,257	545,580	554,237	571,557
M3			0	17,320	25,980	43,300
M4				0	8,660	25,980
M5					0	17,320
M6						0

2) Membandingkan selisih rata-rata antar kelompok dengan Rp

M1-M2 vs Rp 2	164,540 > 40,571	berbeda secara signifikan
M1-M3 vs Rp 3	692,797 > 41,978	berbeda secara signifikan
M1-M4 vs Rp 4	710,117 > 41,978	berbeda secara signifikan
M1-M5 vs Rp 5	718,777 > 43,151	berbeda secara signifikan
M1-M6 vs Rp 6	736,097 > 43,151	berbeda secara signifikan
M2-M3 vs Rp 2	528,257 > 40,571	berbeda secara signifikan
M2-M4 vs Rp 3	545,577 > 41,978	berbeda secara signifikan
M2-M5 vs Rp 4	554,237 > 41,978	berbeda secara signifikan
M2-M6 vs Rp 5	571,557 > 43,151	berbeda secara signifikan
M3-M4 vs Rp 2	17,320 < 40,571	tidak berbeda secara signifikan
M3-M5 vs Rp 3	25,980 < 41,978	tidak berbeda secara signifikan
M3-M6 vs Rp 4	43,300 < 41,978	tidak berbeda secara signifikan
M4-M5 vs Rp 2	8,660 < 40,571	tidak berbeda secara signifikan
M4-M6 vs Rp 3	25,980 < 41,978	tidak berbeda secara signifikan
M5-M6 vs Rp 2	17,320 < 40,571	tidak berbeda secara signifikan

	Rata-rata		
M1	727,436		
M2		891,976	
M3			1420,233
M4			1437,553
M5			1446,213
M6			1463,533

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa massa bentonit teraktivasi yang optimum untuk menurunkan kandungan protein dalam limbah cair tahu adalah 0,6 gram (M3).

Lampiran 15a. Analisa Statistik Anova *Single Factor* Pengaruh Variasi Waktu Kontak Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

H_0 : Data tidak berbeda secara signifikan

H_1 : Data berbeda secara signifikan

SUMMARY				
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
5	2	2649,946	1324,973	149,991
10	2	2771,186	1385,593	599,965
15	2	2927,066	1463,533	149,991
20	2	2875,106	1437,553	599,965
30	2	2857,786	1428,893	149,991
45	2	2840,466	1420,233	599,965
60	2	2840,466	1420,233	0

ANOVA							
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>	
Between Groups	23998,592	6	3999,765	12,444	0,002	3,866	
Within Groups	2249,868	7	321,409				
Total	26248,460	13					

Berdasarkan data di atas maka diketahui bahwa F hitung $>$ F tabel maka H_0 ditolak sehingga terdapat data yang berbeda secara signifikan

Lampiran 15b. Analisa Statistik Duncan Pengaruh Variasi Waktu Kontak Teraktivasi HCl 1M terhadap Efisiensi Penurunan Protein Limbah Cair Tahu pada Massa Bentonit 0,6 gram dan Volume Limbah Cair Tahu 20 ml

$$Se = \frac{\overline{MSEw}}{n} = 12,677$$

p	dfw	q α'
2	7	3,55
3	7	3,47
4	7	3,52
5	7	3,6
6	7	3,6
7	7	3,61

M1	5	1324,973
M2	10	1385,593
M3	15	1463,533
M4	20	1437,553
M5	30	1428,893
M6	45	1420,233
M7	60	1420,233

Rp = q x Se

Rp2	45,003
Rp3	43,989
Rp4	44,623
Rp5	45,637
Rp6	45,637
Rp7	45,764

1) Menghitung selisih rata-rata antar kelompok

Selisih	Hasil
M1-M2	60,620
M1-M3	138,560
M1-M4	112,580
M1-M5	103,920
M1-M6	95,260
M1-M7	95,260
M2-M3	77,940
M2-M4	51,960
M2-M5	43,300
M2-M6	34,640
M2-M7	34,640
M3-M4	25,980
M3-M5	34,640
M3-M6	43,300
M3-M7	43,300
M4-M5	8,660
M4-M6	17,320
M4-M7	17,320
M5-M6	8,660
M5-M7	8,660
M6-M7	0

	M1	M2	M6	M7	M5	M4	M3
M1	0	60,620	95,260	95,260	103,920	112,580	138,560
M2		0	34,640	34,640	43,300	51,960	77,940
M6			0	0	8,660	17,320	43,300
M7				0	8,660	17,320	43,300
M5					0	8,660	34,640
M4						0	25,980
M3							0

2) Membandingkan selisih rata-rata antar kelompok dengan Rp

M1-M2 vs Rp 2	60,620 > 45,003	berbeda secara signifikan
M1-M6 vs Rp 3	95,260 > 43,989	berbeda secara signifikan
M1-M7 vs Rp 4	95,260 > 44,623	berbeda secara signifikan
M1-M5 vs Rp 5	103,900 > 45,637	berbeda secara signifikan
M1-M4 vs Rp 6	112,600 > 45,637	berbeda secara signifikan
M1-M3 vs Rp 7	138,600 > 45,764	berbeda secara signifikan
M2-M6 vs Rp 2	34,640 < 45,003	tidak berbeda secara signifikan
M2-M7 vs Rp 3	34,640 < 43,989	tidak berbeda secara signifikan
M2-M5 vs Rp 4	43,300 < 44,623	tidak berbeda secara signifikan
M2-M4 vs Rp 5	51,960 > 45,637	berbeda secara signifikan
M2-M3 vs Rp 6	77,940 > 45,637	berbeda secara signifikan
M6-M7 vs Rp 2	0 < 45,003	tidak berbeda secara signifikan
M6-M5 vs Rp 3	8,660 < 43,989	tidak berbeda secara signifikan
M6-M4 vs Rp 4	17,320 < 44,623	tidak berbeda secara signifikan
M6-M3 vs Rp 5	43,300 < 45,637	tidak berbeda secara signifikan
M7-M5 vs Rp 2	8,660 < 45,003	tidak berbeda secara signifikan
M7-M4 vs Rp 3	17,320 < 43,989	tidak berbeda secara signifikan
M7-M3 vs Rp 4	43,300 < 44,623	tidak berbeda secara signifikan
M5-M4 vs Rp 2	8,660 < 45,003	tidak berbeda secara signifikan
M5-M3 vs Rp 3	34,640 < 43,989	tidak berbeda secara signifikan
M4-M3 vs Rp 2	25,980 < 45,003	tidak berbeda secara signifikan

	RATA-RATA		
M1	1324,973		
M2		1385,593	
M6		1420,233	
M7		1420,233	
M5		1428,893	
M4		1437,553	
M3			1463,533

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa waktu kontak bentonit teraktivasi yang optimum untuk menurunkan kandungan protein dalam limbah cair tahu adalah 15 menit (M3).