



**KEMAMPUAN ARANG AKTIF DARI KULIT SINGKONG
DAN DARI TONGKOL JAGUNG DALAM PENURUNAN
KADAR COD DAN BOD LIMBAH PABRIK TAHU**

TUGAS AKHIR II

**Disusun dalam Rangka Penyelesaian Studi Strata 1
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains**

Oleh

Jatu Taufiq Swastha

4350405539

**PERPUSTAKAAN
UNNES**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2010

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir II ini telah disetujui oleh Pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir II Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Penguji II/Pembimbing II

Triastuti Sulistyawati S.Si, M.Si
NIP. 197704112005012014

Penguji III/Pembimbing I

Dra. Sri Mantini R, M.Si
NIP. 195010171976032001



HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir II yang berjudul

Kemampuan Arang Aktif dari Kulit Singkong Dan Dari Tongkol
Jagung Dalam Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Pabrik Tahu

Disusun oleh

Nama : Jatu Taufiq Swastha

NIM : 4350405539

telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir FMIPA
Universitas Negeri Semarang pada tanggal September 2010.

Panitia:

Ketua

Sekretaris

Dr. Kasmadi Imam Supardi, MS
NIP. 195111151979031001

Drs. Sigit Priatmoko, M.Si
NIP. 196504291991031001

Ketua Penguji

Drs. Eko Budi Susatyo M.Si
NIP. 19651111199031003

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Dra. Sri Mantini R. S, M.Si
NIP. 195010171976032001

Triastuti S, S.Si, M.Si
NIP. 197704112005012014

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Tugas Akhir II ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Tugas Akhir ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.



MOTTO dan PERSEMBAHAN

- ❖ *Cobalah dulu, baru cerita. Pahami lah dulu, baru menjawab. Piki rlah dulu, baru berkata. Dengarlah dulu, baru beri penilaian. Bekerjal ah dulu, baru berharap (socrates).*
- ❖ *Bergeraklah ragaku dan lakukan sesuatu, dunia ini begitu ramai dan tak tepat bila kau layu.*

Dengan cinta kupersembahkan karya ini kepada:

1. *ALLAH SWT*
2. *Bapak dan Mami*
3. *Saudara :Jalu Arief P*
4. *Non*
5. *Sahabat-sahabatku kimia 05 dan ShowTime Cost.*

PERPUSTAKAAN
UNNES

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir II dengan judul ” Kemampuan Arang Aktif dari Kulit Singkong dan dari Tongkol Jagung Dalam Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Pabrik Tahu”.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih terutama disampaikan kepada:

1. Dekan FMIPA UNNES.
2. Ketua Jurusan Kimia UNNES.
3. Ibu Dra. Sri Mantini Rahayu Sedyowati, M.Si, Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, petunjuk, bimbingan dan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Triastuti Sulistyaningsih S.Si, M.Si, Pembimbing II yang telah memberikan masukan, bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. Eko Budi Susatyo M.Si, Penguji utama yang telah memberikan pengarahan, kritikan dan masukan sehingga Tugas Akhir ini menjadi lebih baik.
6. Kepala Laboratorium Kimia yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian serta seluruh teknisi dan laboran yang telah membantu kelancaran penelitian ini.
7. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
8. Keluarga besarku dan Febriana Kusuma Dewi atas doa, kasih sayang, dukungan, kepercayaan dan segala yang telah kalian curahkan.
9. Teman-teman kos *Show Time* dan teman-teman kimia angkatan 2005 yang telah memberi dukungan juga hari-hari yang begitu indah.

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang telah membantu dalam penelitian, penyusunan Tugas Akhir dan segala hal kepada penulis.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dalam dunia penelitian.

Semarang, September 2010

Penulis



ABSTRAK

Jatu Taufiq Swastha. 2010. "Kemampuan Arang Aktif Dari Kulit Singkong dan Dari Tongkol Jagung Dalam Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Pabrik Tahu". Tugas Akhir II. Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Dosen Pembimbing I: Dra. Sri Mantini R, M.Si , Dosen Pembimbing II: Triastuti Sulistyaningsih S.Si, M.Si

Kata kunci: arang aktif, COD, BOD, limbah cair tahu

Salah satu cara penurunan kadar BOD dan COD limbah tahu yaitu dengan adsorpsi menggunakan arang aktif. Dalam penelitian ini adsorben yang digunakan adalah arang aktif dari kulit singkong dan tongkol jagung karena memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang cukup banyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi, pH limbah, dan massa paling baik arang aktif dari arang kulit singkong dan tongkol jagung terhadap penurunan kadar COD dan BOD pada limbah pabrik tahu. Hasil penelitian analisis gugus fungsi menunjukkan adanya gugus C-H sebagai gugus aktif. Pada arang aktif kulit singkong pH paling baik limbah tahu dalam penurunan COD limbah tahu kulit singkong terjadi pada pH 6 dengan penurunan kadar 69,12 mg/L, dan massa paling baik 1,2 gram dengan penurunan 141,312 mg/L, pada penurunan kadar BOD arang aktif kulit singkong menurunkan 62,2656 mg/L dengan pH Paling Baik 5 dan pada massa paling baik 1,2 gram menurunkan 124,9920 mg/L. Sedangkan untuk arang aktif tongkol jagung pH Paling Baik limbah 5 dengan penurunan 64,512 mg/L, massa paling baik adalah 1,0 gram dengan penurunan 122,880 mg/L. Pada penurunan BOD massa paling baik arang aktif tongkol jagung mencapai pH paling baik 5 dengan penurunan 58,6112 mg/L, massa paling baik 1,0 gram dengan penurunan 101,1840 mg/L. Kapasitas adsorpsi maksimum terbaik arang aktif terhadap COD dan BOD sebesar 26,136 % dan 51,6393% oleh arang kulit singkong yang diaktivasi dengan asam fosfat. Perlu adanya penelitian lanjut mengenai adsorben arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung untuk adsorpsi senyawa atau logam lain.

DAFTAR ISI

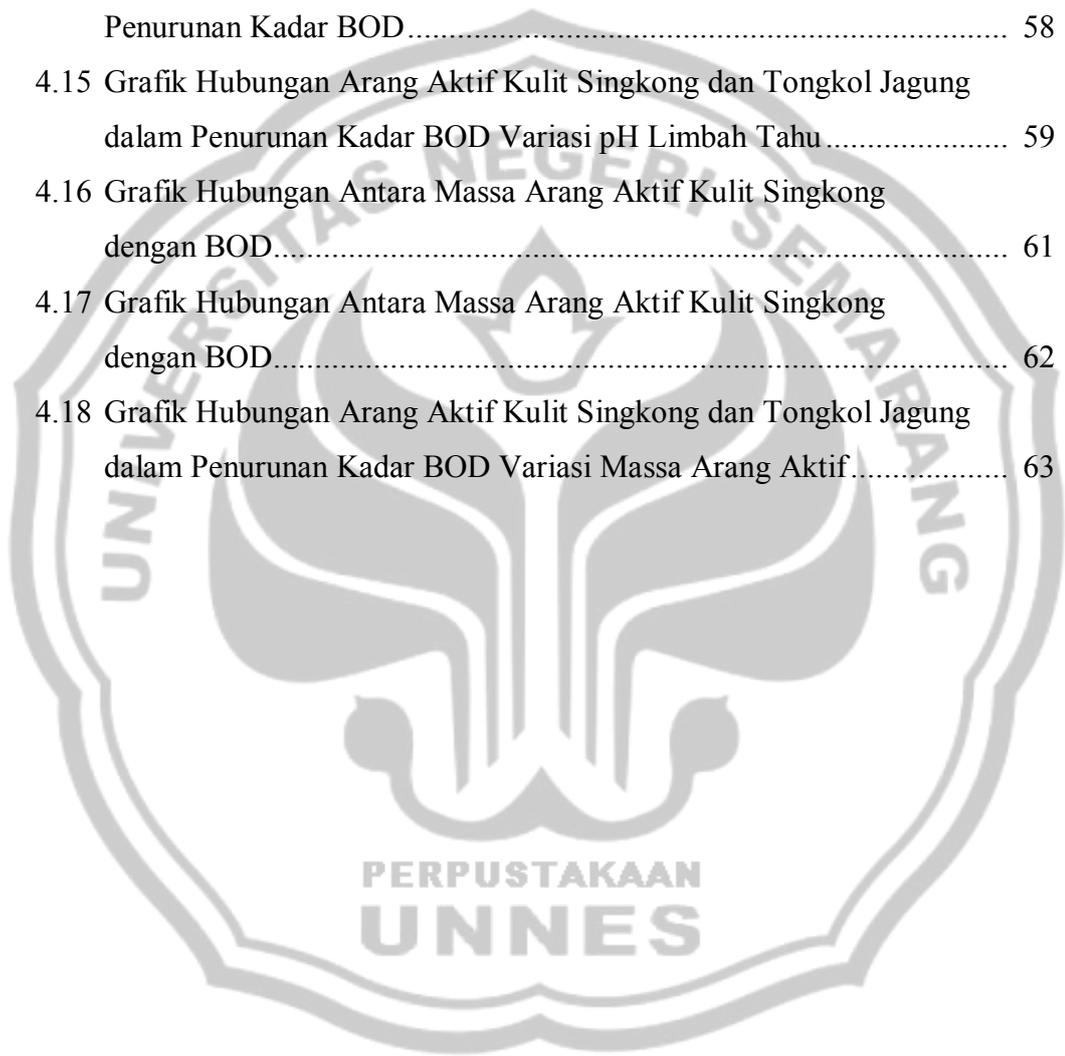
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Singkong (Ketela Pohon).....	5
2.2 Jagung	6
2.3 Arang Aktif dan Pembuatannya	7
2.4 Limbah Tahu	12
2.5 BOD (Biochemical Oxygen Demand).....	16
2.6 COD (Chemical Oxygen Demand).....	17
2.7 Adsorpsi.....	19
2.8 Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared).....	21
2.9 Kerangka Berfikir.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Populasi dan Sampel	25
3.2 Variabel Penelitian.....	25

3.3	Alat dan Bahan.....	25
3.4	Perlakuan Awal	26
3.5	Cara Kerja	29
3.6	Metode Analisis Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Aktivasi Arang Aktif.....	33
4.2	FT-IR Arang Aktif tongkol jagung dan kulit singkong.....	34
4.3	Pengaruh Waktu Perndaman Terhadap Penurunan COD Limbah Cair tahu.....	37
4.4	Pengaruh pH Terhadap Penurunan COD Limbah Cair Tahu	43
4.5	Penentuan Massa Paling Baik Terhadap Penurunan COD Limbah Cair Tahu.....	47
4.6	Waktu Perendaman Arang Aktif Terhadap Penurunan BOD Limbah Cair Tahu.....	52
4.7	Pengaruh pH Terhadap Penurunan BOD Limbah Cair Tahu	56
4.8	Penentuan Massa Paling Baik Terhadap Penurunan BOD Limbah Cair Tahu.....	59
4.9	Perbandingan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung	64
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN-LAMPIRAN		72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Selulosa.....	9
2.2 Sketsa Karbon	9
2.3 Diagram Alir Pembuatan Tahu	12
2.3 Diagram Cara Kerja FTIR	21
2.4 Skema Kerangka Berfikir	22
4.1 Spektra Inframerah adsorben arang aktif kulit singkong	35
4.2 Spektra Inframerah adsorben arang aktif tongkol jagung	36
4.1 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong dengan COD.....	40
4.2 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong dengan COD.....	40
4.3 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar COD Variasi Waktu Perendaman	42
4.4 Grafik hubungan antara pH limbah tahu untuk arang aktif kulit singkong dalam penuruna COD	44
4.5 Grafik hubungan antara pH limbah tahu untuk arang aktif tongkol jagung dalam penuruna COD.....	45
4.6 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar COD Variasi pH Limbah Tahu	46
4.7 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong Penurunan Kadar COD Variasi massa	49
4.8 Grafik Hubungan Arang Aktif Tongkol Jagung Penurunan Kadar COD Variasi massa	50
4.9 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar COD Variasi Massa Arang Aktif.....	51
4.10 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong dengan Penurunan BOD	54
4.11 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Paling Baik Arang Aktif	

Tongkol Jagung dengan Penurunan BOD	55
4.12 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar BOD Variasi Waktu Perendaman Arang Aktif	56
4.13 Grafik Hubungan pH Arang Aktif Kulit Singkong dengan Penurunan Kadar BOD.....	58
4.14 Grafik Hubungan pH Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Penurunan Kadar BOD.....	58
4.15 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar BOD Variasi pH Limbah Tahu.....	59
4.16 Grafik Hubungan Antara Massa Arang Aktif Kulit Singkong dengan BOD.....	61
4.17 Grafik Hubungan Antara Massa Arang Aktif Kulit Singkong dengan BOD.....	62
4.18 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar BOD Variasi Massa Arang Aktif.....	63



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Persyaratan Arang Aktif Menurut SNI No.0258 -79	8
2.2 Komposisi kimia limbah cair tahu	13
2.3 Baku mutu air limbah industri tahu.....	15
4.1 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat	38
4.2 Penentuan waktu perendaman arang aktif kulit singkong (COD)	38
4.3 Penentuan waktu perendaman arang aktif tongkol jagung (COD)	38
4.4 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat	43
4.5 Penentuan pH aktif kulit singkong (COD)	43
4.6 Penentuan pH arang aktif tongkol jagung (COD).....	44
4.7 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat	47
4.8 Penentuan massa aktif kulit singkong (COD).....	48
4.9 Penentuan massa paling baik arang aktif kulit singkong (COD).....	48
4.10 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat	52
4.11 Penentuan waktu perendaman arang aktif kulit singkong (BOD)	53
4.12 Penentuan waktu perendaman arang aktif tongkol jagung (BOD)	53
4.13 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat	56
4.14 Penentuan pH arang aktif kulit singkong (BOD).....	57
4.15 Penentuan pH arang aktif tongkol jagung (BOD).....	57
4.16 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat	60
4.17 Penentuan massa arang aktif kulit singkong (BOD)	60
4.18 Penentuan massa arang aktif kulit singkong (BOD)	60

4.19 Perbedaan Penurunan BOD Pada Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung	64
4.20 Perbedaan Penurunan COD Pada Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung	65



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir Pembuatan Arang Aktif Kulit Singkong.....	72
2. Diagram Alir Pembuatan Arang Aktif Tongkol Jagung	73
3. Diagram Alir Analisis FTIR arang aktif	74
4. Diagram Alir Analisis BOD dengan Metode Titrasi <i>Winker</i>	75
5. Diagram Alir Analisis COD dengan Metode Refluk Tertutup.....	76
6. Diagram Alir Penentuan pH Paling Baik	77
7. Diagram Alir Penentuan Massa Paling Baik	78
8. Pembuatan Reagen Analisis COD	79
9. Pembuatan Reagen Analisis BOD	81
10. Standarisasi Ferro Ammonium Sulfat (FAS)	83
11. Standarisasi Natrium Thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)	84
12. Penentuan Kadar COD Setelah Perlakuan Dengan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung	85
13. Penentuan Kadar BOD Setelah Perlakuan Dengan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung	91
14. Foto-foto Penelitian.....	92
15. Spektra Inframerah adsorben arang aktif kulit singkong perendaman 12 jam.....	94
16. Spektra Inframerah adsorben arang aktif kulit singkong perendaman 14 jam.....	95
17. Spektra Inframerah adsorben arang aktif kulit singkong perendaman 16 jam.....	96
18. Spektra Inframerah adsorben arang aktif tongkol jagung perendaman 12 jam.....	97
19. Spektra Inframerah adsorben arang aktif tongkol jagung perendaman 14 jam.....	98
20. Spektra Inframerah adsorben arang aktif tongkol jagung perendaman 16 jam.....	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Kemajuan sektor industri di Indonesia berkembang dengan pesat. Kemajuan yang diciptakan oleh kegiatan industri dapat juga memberi efek buruk bagi lingkungan. Adanya pencemaran lingkungan akibat limbah yang dihasilkan dari proses industri mengakibatkan terganggunya keseimbangan lingkungan.

Industri tahu merupakan salah satu jenis industri kecil yang limbah cairnya perlu segera ditangani karena di dalam proses produksinya mengeluarkan limbah cair yang cenderung mencemari lingkungan perairan di sekitarnya baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Sumber limbah cair pabrik tahu berasal dari proses merendam kedelai serta proses akhir pemisahan jonjot-jonjot tahu. Industri tahu pada umumnya menghasilkan air limbah yang polutif, dengan nilai COD(*Chemical Oxygen Demand*) antara 4000-6000 mg/L. Hal ini berarti bahwa setiap m³ air limbah rata-rata dibutuhkan 5 kg O₂. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dari air limbah tahu berkisar antara 3000-4000 mg/L. Sifat air limbah industri *biodegradable* atau mudah didegradasi secara biologis. Agar limbah industri tahu tidak mencemari lingkungan maka perlu penanganan lebih lanjut (Djarwanti 2000:6).

Apabila kandungan zat-zat organik dalam limbah tinggi, maka semakin banyak oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi zat-zat organik tersebut, sehingga nilai BOD dan COD limbah akan tinggi pula. Oleh karena itu untuk

menurunkan nilai BOD dan COD limbah, perlu dilakukan pengurangan zat-zat organik yang terkandung di dalam limbah sebelum dibuang ke perairan.

Pengurangan kadar zat-zat organik yang ada pada limbah industri tahu sebelum dibuang ke perairan, dapat dilakukan dengan mengadsorpsi zat-zat tersebut menggunakan adsorben. Salah satu adsorben yang memiliki kemampuan adsorpsi yang besar adalah arang aktif. Kemampuan adsorpsi arang akan meningkat apabila arang terlebih dahulu diaktifkan.

Aktivasi adalah perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika atau kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Budiono 2009:2). Aktivasi kimia pada penelitian ini menggunakan asam fosfat 0,6 N. Konsentrasi tersebut mengacu pada penelitian Soebrata, dkk pada tahun 2006.

Selulosa ini apabila diaktifasi baik secara kimia maupun aktivasi fisika dapat memperbesar luas permukaannya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Hal ini dikarenakan adanya pemutusan senyawa organik yang berlangsung sangat cepat dan tidak terkendali sehingga merusak penataan cincin segi enam karbon yang ada.

Salah satu material biomassa dari residu hasil pertanian yang belum banyak dimanfaatkan dan mempunyai potensi yang cukup baik sebagai adsorben adalah kulit singkong, karena mengandung selulosa non reduksi yang efektif untuk mengikat ion logam (Suharso dan Buhani, 2007: 5). Dari hasil penelitian

terdahulu (Nirmala, 1999 dalam Pranoto dkk, 2003: 2), karbon aktif yang berasal dari tongkol jagung yang mengandung selulosa dapat menyerap zat warna tekstil dan timbal dalam larutan. Juga dalam penelitian terdahulu dapat membuktikan bahwa kulit singkong dapat digunakan untuk adsorben logam Pb(II) dan Cd(II) (Soebrata, dkk, 2006: 2) dan arang aktif kulit singkong yang diaktivasi dengan asam nitrat dapat mengadsorpsi ion Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) (Suharso, 2007: 7).

Oleh karena itu pada penelitian ini arang aktif dari kulit singkong dan tongkol jagung digunakan untuk adsorben dalam penurunan kadar COD dan BOD limbah pabrik tahu.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa pH optimum arang aktif dari kulit singkong dan tongkol jagung dalam penurunan COD dan BOD limbah pabrik tahu.
2. Berapa massa optimum arang aktif dari tongkol jagung dan tongkol jagung dalam penurunan COD dan BOD limbah pabrik tahu.
3. Berapa besar kemampuan optimum arang aktif dari kulit singkong dalam penurunan kadar COD dan BOD limbah pabrik tahu.
4. Berapa besar kemampuan optimum arang aktif dari tongkol jagung dalam penurunan kadar COD dan BOD limbah pabrik tahu.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pH optimum arang aktif dari kulit singkong dan tongkol jagung dalam penurunan COD dan BOD limbah pabrik tahu.
2. Mengetahui massa optimum arang aktif dari tongkol jagung dan tongkol jagung dalam penurunan COD dan BOD limbah pabrik tahu.
3. Mengetahui kemampuan optimum arang aktif dari kulit singkong dalam penurunan kadar COD dan BOD limbah pabrik tahu.
4. Mengetahui kemampuan optimum arang aktif dari tongkol jagung dalam penurunan kadar COD dan BOD limbah pabrik tahu.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang kemampuan optimum arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung dalam penurunan kadar COD dan BOD dalam limbah pabrik tahu
2. Memberikan informasi tentang pH optimum arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung untuk penurunan kadar BOD dan COD pada limbah pabrik tahu.
3. Memberikan informasi tentang massa optimum arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung untuk penurunan kadar BOD dan COD pada limbah pabrik tahu.
4. Meningkatkan nilai ekonomis dari kulit singkong dan tongkol jagung.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Singkong (Ketela Pohon)

Singkong merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis singkong yang ditanam. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Jenis singkong *Manihot esculenta* pertama kali dikenal di Amerika Selatan kemudian dikembangkan pada masa pra-sejarah di Brasil dan Paraguay. Bentuk-bentuk modern dari spesies yang telah dibudidayakan dapat ditemukan bertumbuh liar di Brasil selatan. Meskipun spesies *Manihot* yang liar ada banyak, semua varitas *M. esculenta* dapat dibudidayakan.

Kulit Singkong merupakan limbah dari tanaman singkong yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi yang dapat digunakan sebagai sumber bagi ternak. Persentase jumlah limbah kulit bagian luar sebesar 0,5-2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit bagian dalam sebesar 8-15%. Peningkatan efisiensi pemanfaatan bahan makanan dapat dilakukan melalui berbagai teknologi pengolahan pakan yaitu pencampuran hijauan atau limbah pertanian dengan konsentrat.

Salah satu arang aktif potensial berasal dari kulit singkong. Tercatat di Biro Pusat Statistik Indonesia, angka produksi singkong pada tahun 2002 mencapai 16,913,104 ton dan tahun 2003 diperkirakan mencapai 17,722,803 ton (BPS 2004). Kandungan kulit singkong C 59,31%; H 9,78%; O 28,74%; N

2,06%; S 0,11%; H₂O 11,405%; Ash 0,30% (Suherman, 2009: 2). Selulosa merupakan penyusun kulit singkong terbesar bersama lemak, protein, dan senyawa lain yang umum terdapat dalam tumbuhan (Soebrata, dkk, 2006:1).

2.2 Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya). Tongkol jagung kaya akan pentosa, yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang telah direkayasa genetika juga sekarang ditanam sebagai penghasil bahan farmasi.

Tongkol jagung merupakan limbah dari buah jagung setelah diambil kulit luar dan bijinya. Kandungan senyawa kimia dari tongkol jagung adalah selulosa 50%, hemiselulosa 20%, dan lignin 16% (Yuliusman, 2009:2).

Dalam penelitian Wahyuni, dkk (2009:1) dapat membuktikan bahwa karbon aktif dari tongkol jagung mempunyai sifat absorben terhadap zat-zat pengotor dalam air. Hal ini dibuktikan dengan keadaan fisik air sebelum penyaringan adalah berbau; dengan pH 6,40; kadar Fe 2,0585 ppm; kadar kesadahan total 2,35 ppm; kadar COD 6,75 ppm; dan kadar BOD 36,42 ppm. Sedangkan keadaan fisik air setelah penyaringan adalah tidak berbau; dengan pH 6,56; kadar Fe 1,9465

ppm; kadar kesadahan total 1,51 ppm; kadar COD 4,5 ppm; dan kadar BOD 31,12 ppm.

2.3 Arang Aktif dan Pembuatannya

2.3.1 Arang Aktif

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. (Sembiring, M T dan Sinaga, T S. 2004:1)

Arang aktif adalah arang yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya adsorpsi yang tinggi terhadap zat warna, gas, zat-zat tertentu yang toksik dan senyawa-senyawa kimia lainnya, berbentuk amorf dan memiliki luas permukaan yang besar yaitu berkisar 300-2500 m² per gram (Austin 1996:140). Luas permukaan yang besar ini disebabkan oleh karena karbon mempunyai struktur dalam (*intenal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas atau zat yang berada dalam larutan (Janowska *et al* 1991:103).

Bahan baku untuk membuat karbon aktif cukup beragam, antara lain : kayu, batu bara, kulit kacang, atau serbuk gergaji. Jika karbon aktif diperiksa dibawah *Scanning Electron Microscopy*, akan terlihat pori-pori dalam jumlah yang sangat besar. Dalam satu gram karbon aktif, pada umumnya memiliki

luas permukaan seluas 500-1500 m², sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0.01-0.0000001 mm. Persyaratan mutu arang aktif dapat dilihat pada tabel 2.1.

Arang aktif tersusun atas atom-atom karbon yang dalam penataannya cenderung tidak beraturan atau kasar dalam rentang jarak antar atom karbon pendek (Byrne dan Marsh 1995:3). Komponen paling dominan dari tanaman merupakan polimer dari glukosa (C₆H₁₂O₆) yang saling berikatan dengan cara tertentu. Dalam sel kayu, molekul-molekul panjang selulosa terletak dalam baris-baris parallel membentuk serat-serat kayu.

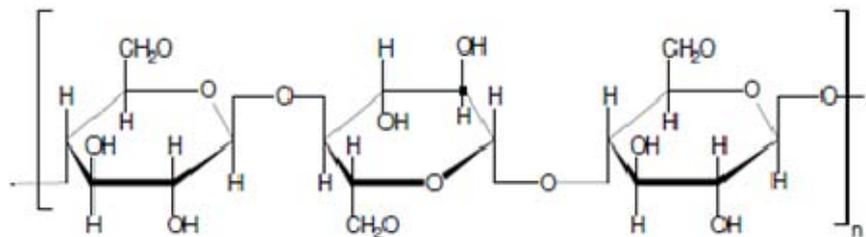
Tabel 2.1 Persyaratan Arang Aktif Menurut SNI No.0258 -79

Jenis	Persyaratan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	Maksimum 15%
Air	Maksimum 10%
Abu	Maksimum 2,5%
Bagian yang tidak diperarang	Tidak nyata
Daya serap terhadap larutan I	Minimum 20%

(Sembiring, M T dan Sinaga, T S. 2004:7)

Selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan mengakibatkan atom-atom hidrogen dan oksigen hilang, sehingga tinggal atom karbon yang terikat membentuk struktur segi enam dengan atom karbon yang terletak pada setiap sudutnya. Penataan yang cenderung kasar kemungkinan besar disebabkan reaksi pelepasan atom hidrogen dan oksigen yang terjadi pada suhu tinggi berlangsung dengan cepat dan tak terkendali sehingga merusak penataan cincin

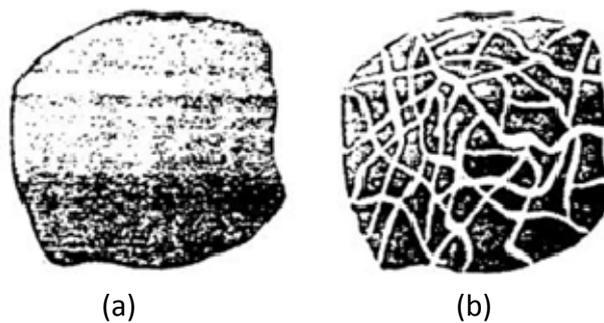
segi enam yang ada. Betuk dari struktur selulosa ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Selulosa

Gambar 2.1 Selulosa

Ketidaktepurnaan penataan antarlapisan maupun cincin segi enam yang dimiliki, mengakibatkan tingkat kerapatan arang aktif rendah. Ketidaktepurnaan tersebut juga menyebabkan tersedianya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang memungkinkan adsorbat untuk masuk ke dalamnya. Sketsa karbon sebelum dari sesudah aktivasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2.2. Sketsa Karbon sebelum (a) dan sesudah diaktivasi (b)

(Yuliusman, 2009: 9).

2.3.2 Pembuatan arang aktif

Arang aktif dapat dibuat dari bahan-bahan yang mengandung unsur karbon, seperti kokas migas (petroleum), serbuk gergaji, lignit batubara, gambut, kayu, arang batok, dan biji buah-buahan (Austin. 1996: 141).

Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif, bahan tersebut antara lain: tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara.

Yang dimaksud dengan aktifasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Metoda aktifasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah:

1. Aktifasi Kimia.

Aktifasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktifator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti: hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 .

Pada penelitian ini digunakan asam phospat, asam phospat dapat digunakan sebagai aktivator karena asam ini bersifat sangat stabil (Cotton

dan Wilkison, 1989:343). Asam phospat berfungsi untuk merusak struktur selulosa dan lignin agar terbentuk pori yang lebih optimum.

2. Aktifasi Fisika.

Aktifasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂. Umumnya arang dipanaskan didalam tanur pada temperatur 800-900⁰C. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO₂ pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan.

Pada proses ini terjadi reaksi kimia yang dapat dikelompokkan menjadi tiga tahap bagian yaitu:

a) Gasifikasi Uap Air



b) Hidrogasifikasi



c) Pembakaran Karbon



(Muhlen dan Heek,1995: 133)

2.4 Limbah Tahu

Tahu merupakan salah satu produk olahan kedelai yang telah lama dikenal dan banyak disukai oleh masyarakat, karena harganya murah dan mudah didapat. Pembuatan tahu umumnya dilakukan oleh industri kecil atau industri rumah tangga. Secara garis besar proses pembuatan tahu dapat dilihat pada diagram 2.1.

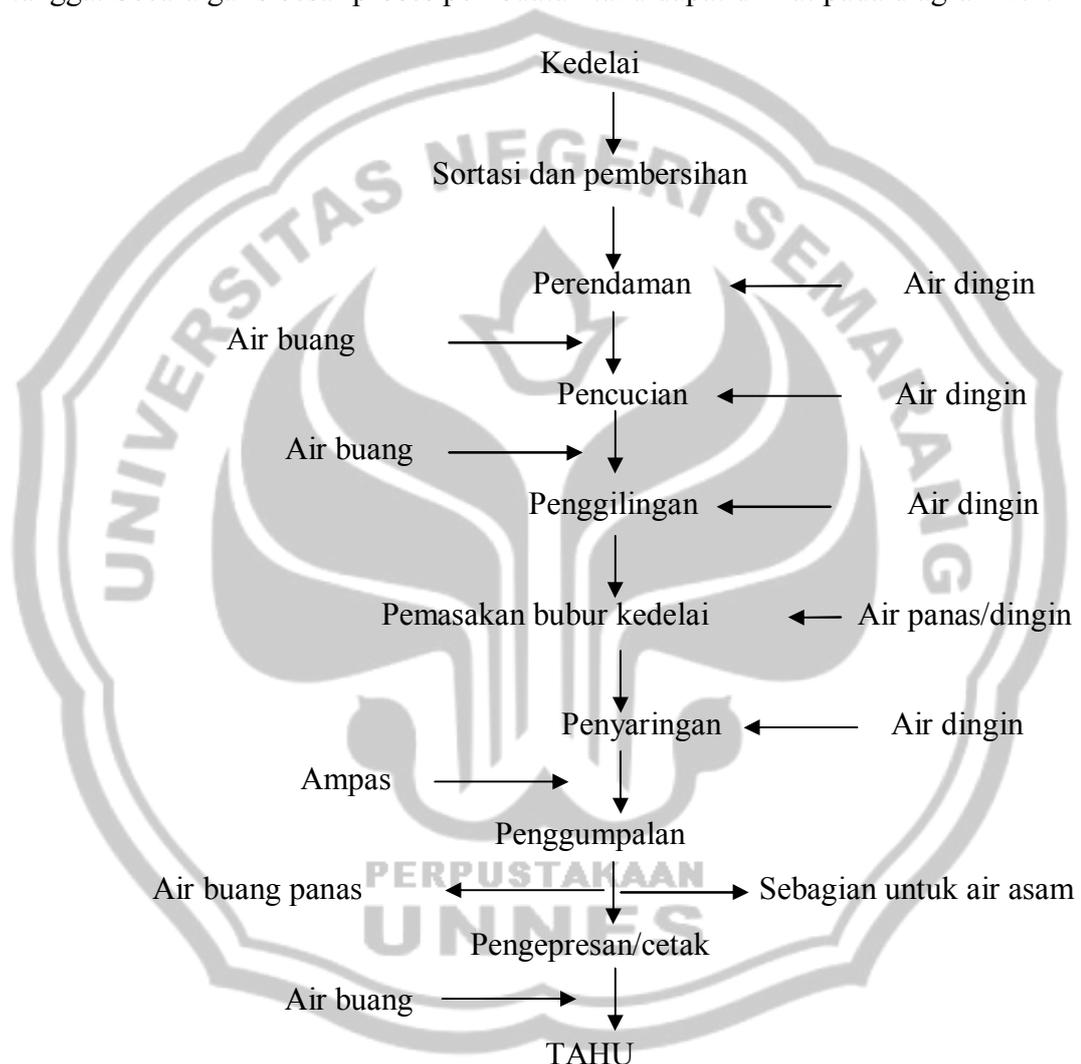


Diagram 2.1 Alir Pembuatan Tahu (Sedyawati, 2003: 5)

Proses pembuatan tahu akan menghasilkan air limbah yang berasal dari air bekas perendaman kedelai air hasil penirisan kedelai setelah direndam, busa yang terjadi pada waktu pemasakan bubur kedelai, air sisa penggumpalan susu kedelai,

air hasil dari pencetakan dan air hasil pengepresan. Komposisi limbah cair pabrik tahu dapat dilihat pada tabel 1.2.

Limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Adanya bahan organik yang cukup tinggi (ditunjukkan dengan nilai BOD dan COD) menyebabkan mikroba menjadi aktif dan menguraikan bahan organik tersebut secara biologis menjadi senyawa asam-asam organik. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), gas-gas lain, dan air (Raliby, 2008:2).

Tabel 2.2. Komposisi kimia limbah cair tahu

No	Parameter	Kadar
1.	Protein	0,42 %
2.	Lemak	0,13 %
3.	Karbohidrat	0,11 %
4.	Air	98,87 %
5.	Kalsium	3,60 ppm
6.	Phospor	1,74 ppm
7.	Besi	4,55 ppm

Sumber: Data uji Balai Laboratorium Kesehatan Semarang tahun 1995 (Pranoto, 2005: 18)

Menurut Sedyawati (2003:6), karakteristik limbah tahu meliputi:

1. Temperatur, biasanya lebih tinggi dari pada temperatur normal badan air.

Hal ini dikarenakan dalam proses pembuatan tahu selalu ada temperatur

tinggi/panas, baik pada saat pengumpulan maupun penyaringan yaitu pada temperatur (60-80) °C.

2. Warna, transparan hingga kuning muda dan disertai adanya suspensi berwarna putih susu. Zat terlarut dan tersuspensi yang mengalami penguraian akan mengakibatkan perubahan warna menjadi kuning tua dan keruh. Jika proses penguraian berlanjut maka dapat menyebabkan kadar oksigen dalam air limbah menjadi habis sehingga limbah berubah menjadi warna hitam.
3. Bau, disebabkan karena adanya proses penguraian zat organik yang terkandung dalam *whey* oleh mikroba sehingga timbul bau busuk yang menyengat.
4. Kekeruhan, disebabkan karena adanya padatan yang terlarut dan tersuspensi dalam *whey*, berasal dari zat organik atau zat tersuspensi dari kedelai atau dari tahu yang tercecceer atau zat organik yang terurai hingga limbah cair berubah seperti emulsi keruh.
5. Kebutuhan oksigen biokimiawi.

Padatan yang terdapat dalam limbah cair industri tahu terdiri dari zat organik dan anorganik. Zat-zat tersebut diantaranya adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Protein dan karbohidrat umumnya lebih mudah terurai oleh mikroorganisme hingga menghasilkan amoniak, sulfide dan asam organik lainnya. Sedangkan lemak lebih sulit diuraikan, namun bila pada mineral maka lemak tersebut akan berubah menjadi gliserol. Adanya lemak dalam limbah cair tahu dapat diketahui dengan adanya zat-zat

terapung berbentuk cair. Dengan komposisi zat-zat organik *biodegradable* tersebut maka limbah cair tahu memiliki nilai BOD yang tinggi.

6. pH, sangat dipengaruhi bahan penggumpal pada proses penggumpalan tahu, yaitu menggunakan larutan yang bersifat asam serta adanya aktifitas penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dengan menghasilkan asam-asam organik, maka *whey* biasanya bersifat asam (pH berkisar antara 4-5)

Persyaratan baku mutu air limbah industri tahu dapat dilihat pada tabel 1.3.

Tabel 1.3. Baku mutu air limbah industri tahu

No	Parameter	Industi Tahu	
		Kadar Max (mg/L)	Beban Pencemaran Max (kg/ton)
1.	Temperatur	38°C	-
2.	BOD ₅	150	3
3.	COD	275	5,5
4.	TSS	100	2
5.	pH	6,0-9,0	
6.	Debit Max	20 m ³ /ton kedelai	

Sumber: Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor: 10 Th 2004

Catatan:

- 1) Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
- 2) Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel diatas dinyatakan dalam kilogram parameter per ton kedelai.

2.5 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Biochemical Oxygen Demand menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan

buangan dalam air (Nadijanto, 2000:14). Sedangkan menurut Alerts dan SS Santika BOD (1984:139) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk mendesain sistem pengolahan secara biologis.

Bahan pencemar organik (daun, bangkai, karbohidrat, protein) dapat diuraikan oleh bakteri air. Bakteri memerlukan oksigen untuk mengoksidasi zat-zat organik tersebut. Akibatnya, kadar oksigen terlarut di air semakin berkurang. Semakin banyak bahan pencemar organik yang ada di perairan, semakin banyak oksigen yang digunakan, sehingga mengakibatkan semakin kecil kadar oksigen terlarut

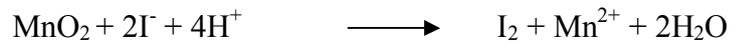
Nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan/limbah tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi. Cara mengukur BOD dengan jalan mengukur kandungan oksigen dalam air sebelum dan setelah disimpan selama 5 hari pada suhu 20 °C. Makin rendah BOD maka makin baik kualitas airnya (Nadijanto, 2000:14).

Angka BOD ditetapkan dengan menghitung selisih antara oksigen terlarut awal dan oksigen terlarut setelah air cuplikan (sampel) disimpan selama 5 hari pada suhu 20 °C. Karenanya BOD ditulis secara lengkap BOD₂₀₅ atau BOD₅ saja. Oksigen terlarut awal diibaratkan kadar oksigen maksimal yang dapat larut di

dalam air. Biasanya, kadar oksigen dalam air diperkaya terlebih dahulu dengan oksigen. Setelah disimpan selama 5 hari, diperkirakan bakteri telah berkembang biak dan menggunakan oksigen terlarut untuk oksidasi. Sisa oksigen terlarut yang ada diukur kembali. Akhirnya, konsumsi oksigen dapat diketahui dengan mengurangi kadar oksigen awal dengan oksigen akhir (setelah 5 hari).

Pengujian BOD menggunakan metode Winkler-Alkali iodida azida, adalah penetapan BOD yang dilakukan dengan cara mengukur berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam sampel yang disimpan dalam botol tertutup rapat, diinkubasi selama 5 hari pada temperatur kamar, dalam metode Winkler digunakan larutan pengencer $MgSO_4$, $FeCl_3$, $CaCl_2$ dan buffer fosfat. Kemudian dilanjutkan dengan metode Alkali iodida azida yaitu dengan cara titrasi, dalam penetapan kadar oksigen terlarut digunakan pereaksi $MnSO_4$, H_2SO_4 , dan alkali iodida azida. Sampel dititrasi dengan natrium thiosulfat memakai indikator amilum.

Mekanisme BOD metode titrasi Winkler pada dasarnya adalah suatu reaksi yang melibatkan ion Mn^{2+} dalam suasana alkalis mengikat oksigen terlarut dalam contoh air sehingga akan terbentuk senyawa MnO_2 . Kemudian senyawa MnO_2 dalam keadaan asam (pH rendah) akan mengoksidasi I^- yang ditambahkan kedalam sampel menjadi I_2 . Selanjutnya I_2 ini akan dititrasi dengan thiosulfat 0,0249 N. Banyaknya larutan thiosulfat yang digunakan untuk titrasi dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi oksigen terlarut dalam sampel. Sedangkan reaksi yang terjadi dalam titrasi Winkler seperti yang terlihat dibawah ini:



(Ardimiswan, 1997: 4)

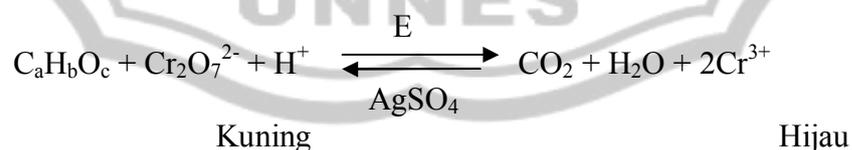
2.6 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana pengoksidanya adalah K₂Cr₂O₇ atau KMnO₄ digunakan sebagai sumber oksigen (Alaerts dan Santika, 1984:149).

Uji COD (*Chemical Oxygen Demand*), yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air (Nadijanto, 2000:14).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh K₂Cr₂O₇ dalam keadaan asam yang mendidih optimum,



Perak sulfat (Ag₂SO₄) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air buangan.

Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi maka zat pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ masih harus tersisa sesudah direfluks. $K_2Cr_2O_7$ yang tersisa menentukan berapa besar oksigen yang telah terpakai. Sisa $K_2Cr_2O_7$ tersebut ditentukan melalui titrasi dengan ferro ammonium sulfat (FAS). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut.



Indikator ferroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau biru larutan berubah menjadi coklat merah. Sisa $K_2Cr_2O_7$ dalam larutan blanko adalah $K_2Cr_2O_7$ awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ (Alaerts dan Santika, 1984:152).

2.7 ADSORPSI

Adsorpsi adalah peristiwa yang terjadi pada permukaan padatan, karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi, karena pada absorpsi zat yang diserap masuk kedalam adsorben (Sukardjo, 1985:288). Adanya gaya ini menyebabkan padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaannya. Gaya-gaya molekul pada permukaan cairan atau padatan berada dalam keadaan tidak seimbang atau tidak jenuh. Sebagai hasil ketidakjenuhan ini, permukaan padatan atau cairan cenderung untuk menarik dan menahan gas-gas atau substansi-substansi yang terlarut pada saat mengalami kontak (Janowska, *et al* 1991:107).

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

1. Adsorpsi fisik

Adsorpsi fisik disebabkan oleh gaya van der Waals. Pada adsorpsi fisik, molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan dengan ikatan yang lemah (Adamson, 1990:591).

Adsorpsi fisik berlangsung pada suhu rendah dan tidak memerlukan energi aktivasi, sehingga adsorpsi ini tidak memerlukan zat atau proses lain untuk mengaktivasi. Dalam proses adsorpsi fisik tidak terjadi perubahan struktur pada adsorben maupun pada adsorbat.

2. Adsorpsi kimia

Reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, sehingga terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan (Adamson, 1990:591).

Kecepatan adsorpsi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi, luas permukaan, suhu, ukuran partikel, pH dan kontak waktu (Sembiring, M T dan Sinaga, T S. 2004:8).

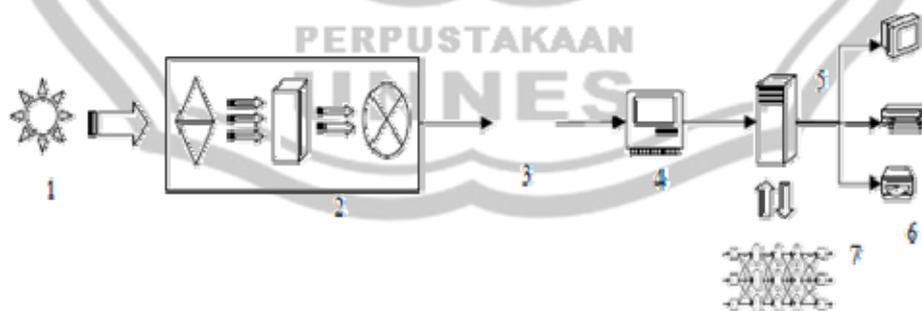
Pada penelitian terdahulu adsorben dari kulit singkong mencapai titik optimum penurunan kadar logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) terjadi pada pH 5 dengan temperatur kurang dari 50°C (Suharso, 2007: 28).

Isoterm adsorpsi adalah hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi atau tekanan zat terlarut pada keadaan setimbang dan temperature tertentu.

Isoterm Langmuir merupakan isoterm paling sederhana yang didasarkan pada asumsi bahwa setiap tempat adsorpsi adalah ekivalen, dan kemampuan partikel untuk terikat di tempat itu, tidak bergantung pada ditempati atau tidaknya tempat yang berdekatan. Langmuir menganggap permukaan suatu zat padat terdiri dari ruang elementer yang masing-masing dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat (Farrington,1987:255).

2.8 Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared)

FTIR berguna untuk mengidentifikasi bahan kimia yang baik organik atau anorganik. FTIR merupakan salah satu alat yang paling bagus untuk mengidentifikasi jenis ikatan kimia (kelompok fungsional). Panjang gelombang dari sinar yang diserap merupakan karakteristik dari ikatan kimia seperti dapat dilihat dalam spektrum. Karena kekuatan penyerapan sebanding dengan konsentrasi, FTIR dapat digunakan untuk beberapa analisis kuantitatif. Berikut ini adalah diagram cara kerja FTIR.

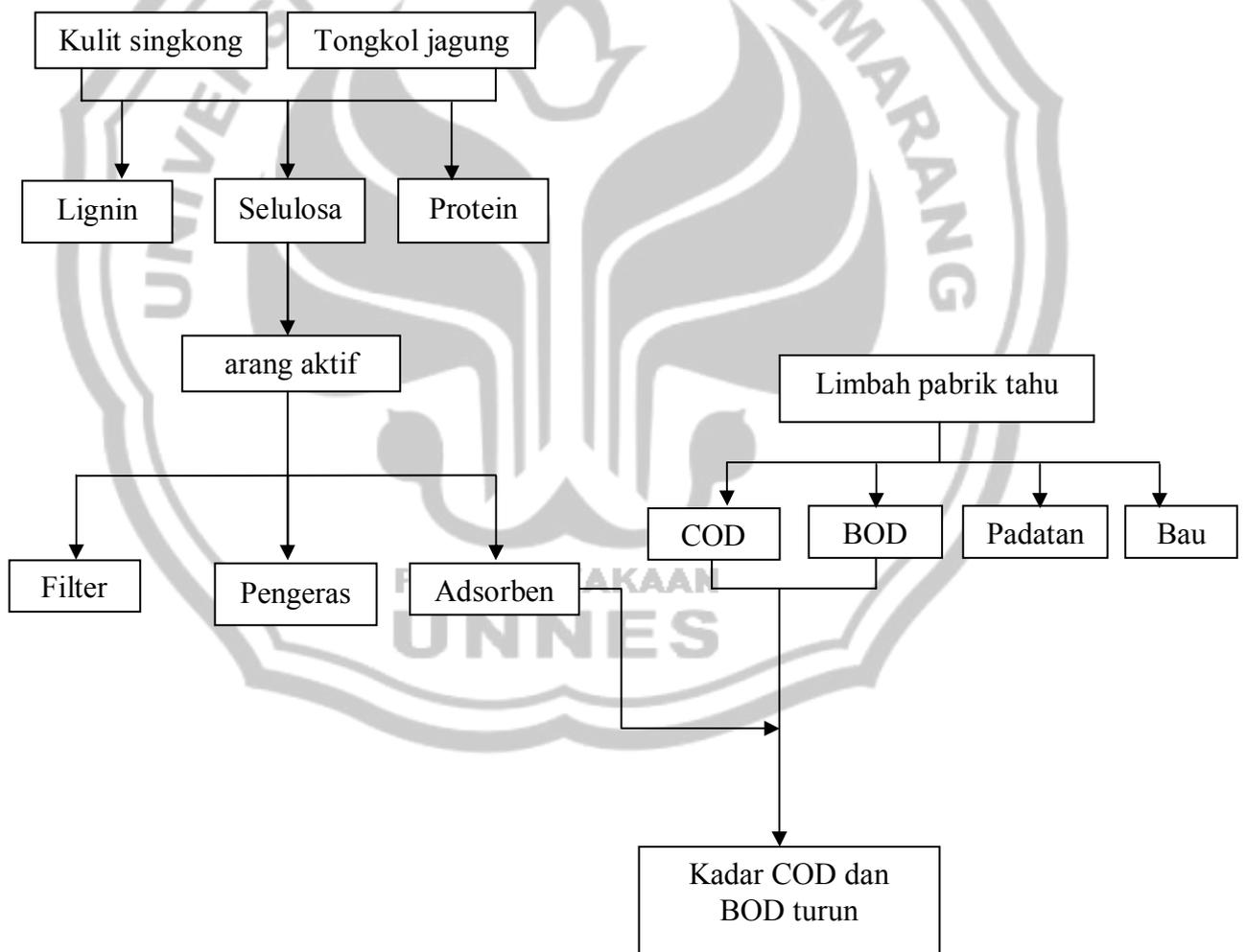


Gambar 2.3. Diagram cara kerja FTIR.

Sistem peralatan spektroskopi FTIR dengan 1. Sumber cahaya inframerah, 2. Spektrometer, terdiri dari interferometer, sampel susu, dan detektor, 3. Penguat dan Analog to Digital Converter (ADC) 0804, 4. Portprinter, 5. Komputer, 6. Periferal Input/Output (I/O), yaitu monitor, printer, disk drive/hard disk, 7. Program Jaringan Syaraf Tiruan. (Suseno, 2008: 3).

2.9 KERANGKA BERFIKIR

Kerangka berfikir dalam penelitian ini disajikan dalam gambar 2.4.



Gambar 2.4. Skema Kerangka Berfikir

Penjelasan:

Kulit singkong dan tongkol jagung hanya merupakan limbah dari produksi usaha kecil, yang dapat mencemari lingkungan. Sebenarnya kulit singkong dan tongkol jagung ini bisa dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif, karena memiliki selulosa non reduksi yang dapat digunakan untuk adsorben yang baik. Proses pembuatan karbon aktif dari limbah kulit singkong dan tongkol jagung ini sangat sederhana, yakni proses aktivasi dan karbonisasi. Karbon aktif memiliki manfaat yang sangat banyak, misalkan sebagai pembersih air, pemurnian gas, industri gula, pengolahan limbah cair dan sebagainya.

Pembuatan tahu umumnya dilakukan oleh industri kecil atau industri rumah tangga. Proses pembuatan tahu akan menghasilkan air limbah yang berasal dari air bekas perendaman kedelai air hasil penirisan kedelai setelah direndam, busa yang terjadi pada waktu pemasakan bubur kedelai, air sisa penggumpalan susu kedelai, air hasil dari pencetakan dan air hasil pengepresan. Karakteristik limbah tahu meliputi: suhu, warna, bau, kekeruhan, padatan tersuspensi, pH, BOD dan COD. Adanya bahan organik yang cukup tinggi (ditunjukkan dengan nilai BOD dan COD) menyebabkan mikroba menjadi aktif dan menguraikan bahan organik tersebut secara biologis menjadi senyawa asam-asam organik. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), gas-gas lain, dan air sehingga dapat mencemari lingkungan sekitar.

Dengan penggunaan arang dari kulit singkong dan tongkol jagung yang telah diaktifasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) ini diharapkan dapat menurunkan kadar COD dan BOD dari limbah pabrik tahu. Sehingga penelitian ini

bisa berguna dalam pengolahan limbah industri tahu dan meningkatkan nilai ekonomis dari kulit singkong dan tongkol jagung.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah karbon aktif kulit singkong dan tongkol jagung. Sampel yang digunakan adalah cuplikan karbon aktif kulit singkong dan tongkol jagung.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah massa arang aktif kulit singkong dalam limbah dan pH limbah.

3.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan angka BOD dan COD limbah tahu.

3.2.3 Variabel terkontrol

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah jenis, ukuran arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung, dan volume limbah tahu.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu Erlenmeyer Iwaki Pyrex 250 mL; beakerglass Iwaki Pyrex 250 mL; labu takar Iwaki Pyrex 10,

20, 25, 100&1000 mL; pipet volume Iwaki Pyrex 2, 5, 10, 20, 30 mL; buret 10 mL, 25 mL; neraca analitik Ohaus SN C225021108 USA (ketelitian 0,0001); grinder; ayakan; corong buchner; pompa vakum; oven pemanas; furnace; desikator; pH meter Hanna Instruments (ketelitian 0,1); shaker; sentrifuge; pembakar spirtus; botol kaca ukuran 50 mL; COD reactor Hach; FTIR.

3.3.2 Bahan

Kulit singkong dan tongkol jagung, bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan H_3PO_4 (85%, $\rho = 1,69 \text{ Kg/L}$; merek = E. Merck), $K_2Cr_2O_7$ ($M_r = 294,216 \text{ g/mol}$; merek = E. Merck), Ag_2SO_4 ($M_r = 311,79 \text{ g/mol}$; merek = E. Merck), Ferro ammonium sulfat ($M_r = 390,00 \text{ g/mol}$; merek = E. Merck), indikator ferroin, indikator universal, $MnSO_4 \cdot H_2O$ ($M_r = 168,604 \text{ g/mol}$; merek = E. Merck), $MnSO_4$ 97% ($\rho = 1,84 \text{ kg/L}$; $M_r = 98,08 \text{ g/mol}$; merek = E. Merck), Alkali iodide azida, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ($M_r = 248,21 \text{ g/mol}$; merek = E. Merck), NaOH ($M_r = 40,00 \text{ g/mol}$; merek = E. Merck), amilum, aquades. Limbah cair tahu desa Karang Ayu, Kota Semarang.

3.4 Perlakuan Awal

3.4.1 Analisis limbah pabrik tahu

3.4.1.1 Analisis temperatur limbah pabrik tahu

10 ml ditempatkan pada erlenmeyer, masukan termometer pada limbah untuk mengukur suhu limbah pabrik tahu

3.4.1.2 Analisis pH limbah pabrik tahu

10 ml ditempatkan pada erlenmeyer, celupkan batang pH meter pada limbah untuk mengukur pH limbah pabrik tahu.

3.4.1.3 Analisis BOD dengan Metode Titrasi Winkler

Sampel dimasukkan ke dalam dua botol kaca, masing-masing 50 mL. Salah satu dari botol tersebut diinkubasi selama lima hari, kemudian diukur oksigen terlarutnya. Botol yang tersisa diukur oksigen terlarutnya pada hari ke nol dengan menambahkan 2 ml MnSO_4 + 2 ml reagen alkali iodide azida + 2 mL H_2SO_4 pekat. Setelah itu ditambah 3 tetes amilum dan dititrasi dengan larutan natrium thiosulfat 0,025 N hingga wana biru hilang. Selanjutnya dilakukan perhitungan BOD dan penurunan BOD limbah tahu sebelum dan sesudah perlakuan (Alaerts dan Santika, 1984:146).

3.4.1.4 Analisis COD dengan Metode Refluk Tertutup

Sampel diambil sebanyak 2 mL, kemudian dimasukkan ke dalam tabung COD. Setelah itu ditambah dengan 40 mg HgSO_4 , 10 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N, 30 mL reagen (campuran Ag_2SO_4 dan H_2SO_4) kemudian mulut tabung COD ditutup rapat, dikocok sampai homogen. Selanjutnya tabung COD beserta isinya dimasukkan ke dalam COD reaktor, tekan tombol on, pengatur suhu 150 °C, putar pengatur waktu sampai angka 120 menit, kemudian dibiarkan sampai bel berbunyi, dan tekan tombol off. Tabung didinginkan, kemudian larutan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambah 2 tetes indikator ferroin, dan dititrasi dengan larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,1 N.

Selanjutnya dilakukan perhitungan COD dan penurunan COD limbah tahu sebelum dan sesudah perlakuan limbah tahu (Alaerts dan Santika, 1984:157).

3.4.1 Preparasi awal arang aktif

3.4.2.1 Aktifasi Kimia

Bahan (kulit singkong dan tongkol jagung) dibersihkan dari kotoran yang menempel, kemudian dikeringkan atau dijemur pada sinar matahari sampai kering. Ditimbang bahan (kulit singkong dan tongkol jagung) 250 gr. Bahan direndam dengan asam fosfat 0,6 M selama 12, 14, dan 16 jam kemudian ditiriskan (asterina. 2010: 37).

3.4.2.2 Aktifasi Fisika

Bahan dimasukkan kedalam oven kemudian dipanaskan pada suhu 200 °C selama 1 jam. Arang kemudian diaktifasi dalam alat aktifasi (*furnace*) selama 2 jam pada suhu 300 °C. Selanjutnya arang didinginkan dan dicuci dengan air, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 150 °C selama 2 jam.

3.4.2.3 Ukuran arang aktif

Arang tersebut ditumbuk menjadi serbuk dan dianyak dengan ukuran 170 mesh.

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Pengujian Arang Aktif

Arang kulit singkong dan tongkol jagung sebelum dan sudah teraktifasi diidentifikasi menggunakan FTIR.

3.5.2 Preparasi Bahan

3.5.2.1 Larutan Standard Kalium Dikromat 0,25 N

Sebanyak 3,06475 g $K_2Cr_2O_7$ (telah dikeringkan dalam oven $105\text{ }^{\circ}C$ selama 2 jam dan didinginkan dalam desikator untuk menghilangkan kelembaban), dilarutkan dalam labu ukur 250 mL dengan aquades sampai tanda batas.

3.5.2.2 Larutan natrium thiosulfat 0,025 N

Dibuat $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 0,025 N dengan cara melarutkan $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ sebanyak 6,205 g dalam labu takar dengan aquades sampai menjadi 1 Liter. Diawetkan dengan penambahan 0,25 gram NaOH.

Standarisasi larutan baku larutan natrium thiosulfat.

Diambil 20 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ $2,5 \cdot 10^{-3}$ N kemudian diencerkan dengan aquades kira-kira 100 ml, ditambah 2 gr KI murni dan 10 ml H_2SO_4 4 N, kemudian dikocok sampai larutan tepat gelap. Diambil 20 ml larutan, kemudian dititrisi menggunakan larutan natriumthiosulfat yang akan distandarisasi. Bila warna kuning hampir hilang, ditambah 2 ml indikator kanji, dan diteruskan titrasi sampai warna biru yang muncul habis menjadi bening (Alaerts dan Santika, 1984:146).

3.5.2.3 Larutan standard Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,1 N

Sebanyak 39 g $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ dilarutkan dalam kurang lebih 500 mL aquades, kemudian ditambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat.

Standarisasi larutan baku larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS).

Diencerkan 10 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N dengan aquades hingga 100 ml. Ditambahkan 30 ml H_2SO_4 pekat. kemudian dititrisi menggunakan ferro

ammonium sulfat dengan menggunakan 2-3 tetes indikator feroin. Warna larutan berubah dari hijau kebiru-biruan menjadi oranye kemerah-merahan (Alaerts dan Santika, 1984:155).

3.5.3 Penentuan pH Optimum

1. Dimasukkan 50 ml limbah pabrik tahu kedalam 4 buah Erlenmeyer (Soebrata, dkk. 2006:4).
2. Diatur pH limbah yaitu 5, 6, 7, 8 dengan menambahkan larutan NaOH dan HCl kedalam masing-masing elenmeyer.
3. Setelah diperoleh larutan dengan pH yang diinginkan. Diambil 50 ml larutan dan ditambahkan 1 gram arang aktif
4. Campuran dikocok selama 150 menit pada suhu 30 °C kemudian dipusingkan dengan *sentrifuge* (fatha. 2005:29).
5. Dipisahkan antara filtrat dan residu, kemudian filtratnya diukur nilai BOD dan COD nya.

3.5.3 Penentuan Massa Optimum

- 1). Masing-masing sebanyak 0,6; 0,8; 1; 1,2 dan 1,4 gr arang aktif ditambah 10 mL air limbah (Soebrata,dkk.2006:4. Modifikasi).
- 2).Campuran dikocok selama 150 menit pada suhu 30 0C kemudian dipusingkan dengan sentrifuge (fatha.2005:29).
- 3). Dipisahkan antara filtrat dan residu, kemudian filtratnya diukur nilai BOD dan COD nya.

3.6 Metode Analisis Data

3.6.1 Karakterisasi arang aktif

Spektra dari FTIR arang aktif yang teraktifasi dengan yang tidak teraktifasi dibandingkan.

3.6.2 Menentukan Harga Normalitas Larutan Baku

a) Larutan Natrium Thiosulfat

$$N \text{ larutan Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{20}{a} \times 0,025$$

a = volume Na₂S₂O₃ yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

20 = ml K₂Cr₂O₇

0,025 = normalitas K₂Cr₂O₇

(Alaerts dan Santika, 1984:146)

b) Larutan Ferro Amonium Sulfat

$$N \text{ larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS)} = \frac{10}{a} \times 0,25$$

a = volume ferro amonium sulfat yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

10 = ml K₂Cr₂O₇

0,25 = normalitas K₂Cr₂O₇

(Alaerts dan Santika, 1984:146)

3.6.3 Menentukan nilai BOD dan COD limbah sebelum dan sesudah pelakuan

3.6.3.1 Menghitung BOD

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{V \text{ Thiosulfat} \times N \text{ Thiosulfat} \times 1000 \times \text{Be O}_2 \times P}{V \text{ sampel}}$$

$$BOD = DO_0 - DO_5$$

Keterangan:

DO_0 = Oksigen terlarut 0 hari

DO_5 = Oksigen terlarut 5 hari

Be O_2 = 8

P = Pengenceran

3.6.3.2 Menghitung COD

$$COD = \frac{(A - B) \times N \text{ FAS} \times 1000 \times \text{Be } O_2 \times P}{V \text{ sampel}}$$

Keterangan:

A = mL titran blanko

B = mL titrasi sampel

N = Normalitas FAS

Be O_2 = 8

P = Pengenceran

3.6.4 Menghitung penurunan BOD dan COD limbah setelah perlakuan

3.6.4.1 Penurunan BOD

$$\text{Penurunan BOD} = \frac{(\text{BOD awal} - \text{BOD sampel})}{\text{BOD awal}} \times 100\%$$

3.6.4.2 Penurunan COD

$$\text{Penurunan COD} = \frac{(\text{COD awal} - \text{COD sampel})}{\text{COD awal}} \times 100\%$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas mengenai data hasil penelitian yang meliputi kajian tentang pembuatan arang aktif dan efektivitas arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung sebagai adsorben yang digunakan untuk menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah cair pabrik tahu. Variasi dalam penelitian ini adalah variasi waktu perendaman, pH limbah, dan massa arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri kecil tahu di desa Krobokan, Kecamatan Semarang Barat. Pengukuran kadar COD dan BOD dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan dengan arang aktif, sehingga dapat diketahui kemampuan adsorpsi dari masing-masing arang aktif.

4.1 Aktivasi Arang Aktif

Kulit singkong dan tongkol jagung masih mengandung zat pengotor yang yang dapat mengganggu proses adsorpsi, oleh karena itu perlu diaktifkan dahulu agar kemampuan adsorpsinya meningkat. Kulit singkong dan tongkol jagung yang telah dibersihkan kemudian diaktifasi dengan H_3PO_4 0.6 M. Pada proses perendaman ini dilakukan pada waktu tertentu yang bertujuan untuk mengetahui waktu paling baik dari aktivasi kimia. Kulit singkong dan tongkol jagung yang sudah diaktifasi kimia kemudian dikeringkan menggunakan oven $200\text{ }^\circ\text{C}$ selama

1 jam, lalu diaktivasi secara fisika yaitu dengan pemanasan pada suhu 400 °C selama 4 jam. Lalu arang ditumbuk dan diayak 170 mesh yang bertujuan untuk memperbesar luas permukaan dari arang aktif tersebut. Pemakaian zat pengaktivasi mengakibatkan pengotoran pada karbon aktif yang dihasilkan. Oleh karena itu, karbon aktif yang dihasilkan dicuci dengan aquades untuk membersihkan karbon aktif dari pengotornya, terutama zat pengaktivasi yang dipakai.

Pada saat karbonisasi terjadi proses peruraian asam fosfat menjadi air dan oksida fosfor, seperti reaksi berikut :



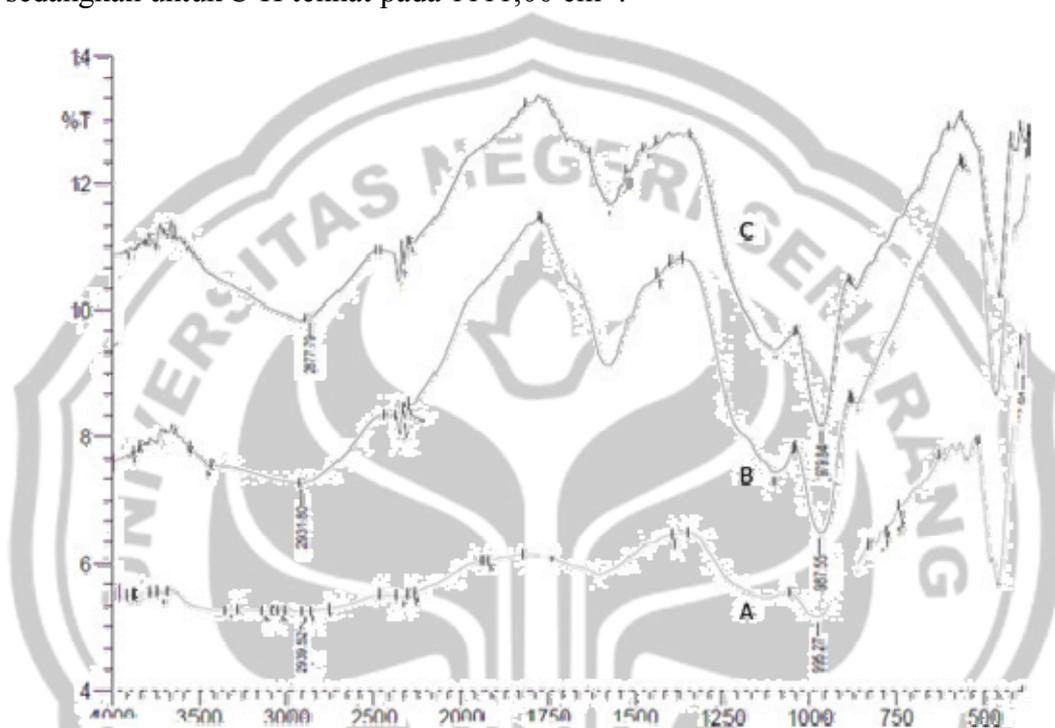
(Suparman, 2003: 19)

Pada proses kedua aktivasi ini bertujuan untuk memecahkan ikatan hidrokarbon dan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam kulit singkong dan tongkol jagung, sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi sehingga arang aktif mampu mengadsorpsi senyawa organik yang ada dalam limbah tahu.

4.2 Hasil FT-IR Arang Aktif kulit singkong dan tongkol jagung

Spektrum inframerah kulit singkong yang teaktifasi dengan waktu perendaman 12, 14, dan 16 jam disajikan dalam gambar 4.1 dapat diinterpretasikan sebagai berikut : pada perendaman 12 jam (A) vibrasi ulur C–H (alkana) teridentifikasi pada bilangan gelombang 2939,52 cm⁻¹ dan vibrasi ulur C–O dari eter teridentifikasi pada bilangan gelombang 1404,18 cm⁻¹. Untuk kulit singkong

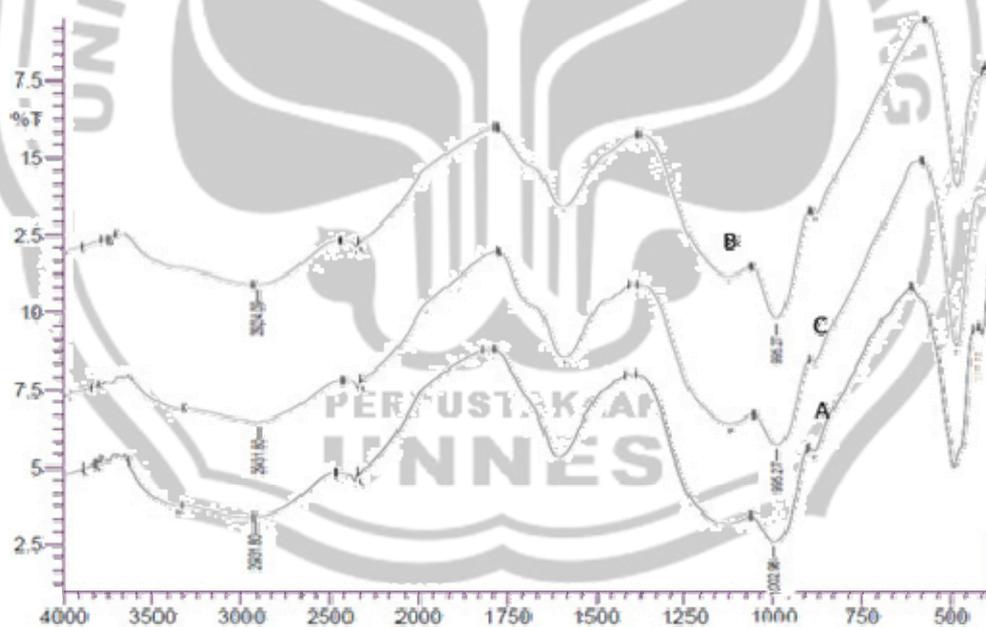
pada perendaman 14 jam (B) vibrasi ulur C–H (alkana) teridentifikasi pada bilangan gelombang $2931,80\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi ulur C–O dari eter teridentifikasi pada bilangan gelombang $1118,71\text{ cm}^{-1}$. Dan pada waktu perendaman 16 jam (C) vibrasi ulur C–H (alkana) terlihat pada bilangan gelombang $2877,79\text{ cm}^{-1}$ sedangkan untuk C–H terlihat pada $1111,00\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 4.1 Spektra Inframerah adsorben arang aktif kulit singkong hasil perlakuan a: perendaman 12 jam, b: perendaman 14 jam, c: perendaman 16 jam

Dari gambar 4.1 dapat terlihat bahwa kulit singkong waktu perendaman 12 jam merupakan arang aktif yang terbaik apabila dibandingkan dengan kulit singkong pada perendaman 14 dan 16 jam. Karena pada perendaman 12 jam memiliki transmitasi yang paling rendah sehingga akan meningkatkan adsorbansinya.

Pada Spektra inframerah tongkol jagung terlihat ada perbedaan setelah terjadinya aktivasi menggunakan asam fosfat. Spektra arang dari tongkol jagung waktu perendaman 12, 14, dan 16 jam disajikan dalam gambar 4.2 dapat diinterpretasikan sebagai berikut : pada perendaman 12 jam (A) vibrasi ulur C–H (alkana) teridentifikasi pada bilangan gelombang $2931,80\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi ulur C–O dari eter teridentifikasi pada bilangan gelombang $1126,43\text{ cm}^{-1}$. Vibrasi ulur C–H (alkana) untuk arang aktif perendaman 14 jam (B) teridentifikasi pada bilangan gelombang $2924,09\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi ulur C–O dari eter teridentifikasi pada bilangan gelombang $1126,43\text{ cm}^{-1}$. Dan pada waktu perendaman 16 jam (C) vibrasi ulur C–H (alkana) terlihat pada panjang gelombang $29931,80\text{ cm}^{-1}$ sedangkan untuk C–H terlihat pada $1126,43\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 4.2 Spektra Inframerah adsorben arang aktif tongkol jagung hasil perlakuan a: perendaman 12 jam, b: perendaman 14 jam, c: perendaman 16 jam

Untuk arang aktif dari tongkol jagung terlihat bahwa arang aktif waktu perendaman 12 jam merupakan arang aktif yang terbaik apabila dibandingkan dengan pada perendaman 14 dan 16 jam hal ini dapat terlihat pada gambar 4.2. Karena pada perendaman 12 jam memiliki transmitasi yang paling rendah sehingga akan meningkatkan adsorbansinya.

4.3 Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Penurunan COD Limbah Cair Tahu.

COD adalah banyaknya oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel cairan dengan sumber oksigen berasal dari zat kimia. Pada penelitian ini zat pengoksidasi yang digunakan adalah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, sedang sampel yang digunakan limbah cair tahu. Apabila suatu perairan memiliki angka COD yang besar hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut tercemar dan memiliki kandungan zat organik yang tinggi. Banyaknya kandungan zat organik ini akan mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen terlarut di dalam perairan.

Penelitian mengenai variasi waktu perendaman kulit singkong dan arang tongkol jagung mempunyai tujuan untuk mengetahui waktu perendaman yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Waktu perendaman ini dilakukan sebelum sampel dibuat arang yaitu merupakan aktivasi kimia yang berfungsi untuk memutuskan rantai karbon dari senyawa organik untuk mendapatkan karbon murni. Variasi waktu perendaman ini adalah 12, 14, dan 16 jam. Waktu perendaman dengan asam phospat ini mengacu pada penelitian

sebelumnya yang menggunakan waktu perendaman selama 9 jam (asterina. 2010:37). Hasil yang diperoleh akan dipakai untuk penentuan pH paling baik .

Sebelum perlakuan dihitung dulu keadaan awal dari limbah tersebut sebagai parameter limbah awal. Parameter mutu limbah tahu tersaji pada Tabel 4.1. Setelah perlakuan terhadap limbah tahu dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.1 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kondisi
1	Temperatur	39 °C
2	pH	4,59
3	COD	576,00 mg/L

Tabel 4.2 Penentuan waktu perendaman arang aktif kulit singkong

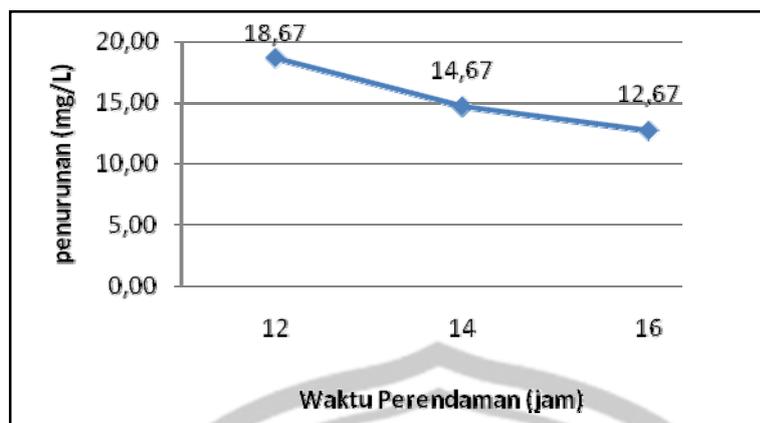
No.	Waktu Perendaman (jam)	Massa(g)	Kadar COD (mg/L)	Penurunan COD (mg/L)
1	12	1	468,48	107,52
2	14	1	491,52	84,48
3	16	1	503,04	72,96

Tabel 4.3 Penentuan waktu perendaman arang aktif tongkol jagung

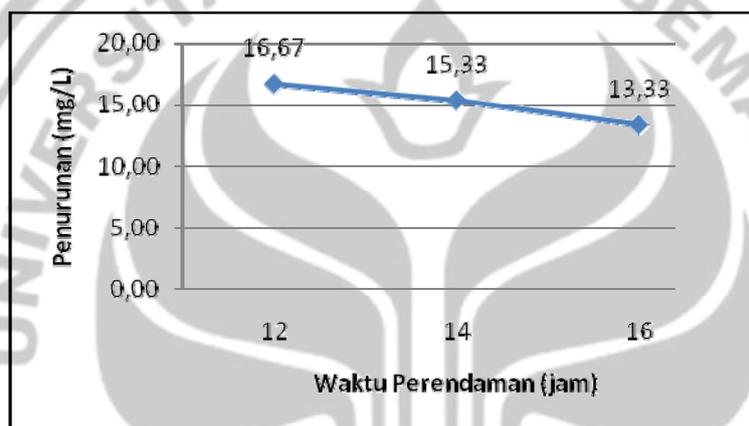
No.	Waktu Perendaman (jam)	Massa(g)	Kadar COD (mg/L)	Penurunan COD (mg/L)
1	12	1	480,00	96,00
2	14	1	487,68	88,32
3	16	1	499,2	76,80

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa COD limbah tahu sebelum mengalami perlakuan dengan arang aktif memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan limbah tahu yang mengalami perlakuan dengan arang aktif,

yaitu sebesar 576,00 mg/L. Penambahan arang aktif dalam limbah pada saat penggojogan selama 150 menit di dalam shaker terbukti dapat menurunkan COD yang berbeda pula pada setiap variasi waktu perendaman arang aktif baik kulit singkong maupun tongkol jagung. Terjadinya adsorpsi zat-zat organik oleh arang aktif ini, mengakibatkan senyawa-senyawa organik dalam limbah tahu akan berkurang sehingga banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi lebih sedikit dibandingkan apabila tidak ada perlakuan terhadap limbah tahu. Berdasarkan hasil yang terdapat pada tabel 4.2 dan 4.3, nilai COD akan turun dengan penambahan arang aktif dalam limbah saat dilakukan penggojogan. Pada penambahan 1 gram arang aktif kulit singkong waktu perendaman 12, 14, dan 16 jam dalam 50 mL limbah, nilai CODnya semakin naik masing-masing menjadi 468,48; 491,52 dan 503,04 mg/L. Penurunan COD paling baik pada waktu perendaman adalah pada 12 jam yaitu sebesar 107,52 mg/L. Sedangkan pada penambahan 1 gram arang aktif tongkol jagung waktu perendaman 12, 14, dan 16 dalam 50 mL limbah, nilai CODnya turun masing-masing menjadi 480,00; 487,68 dan 499,2 mg/L. Penurunan COD paling baik pada waktu perendaman adalah 12 jam yaitu sebesar 96,00 mg/L. Hasil penelitian seperti tertera pada tabel 4.2 dan 4.3 dapat dialurkan dalam grafik 4.1 dan 4.2 berikut ini:



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong dengan COD



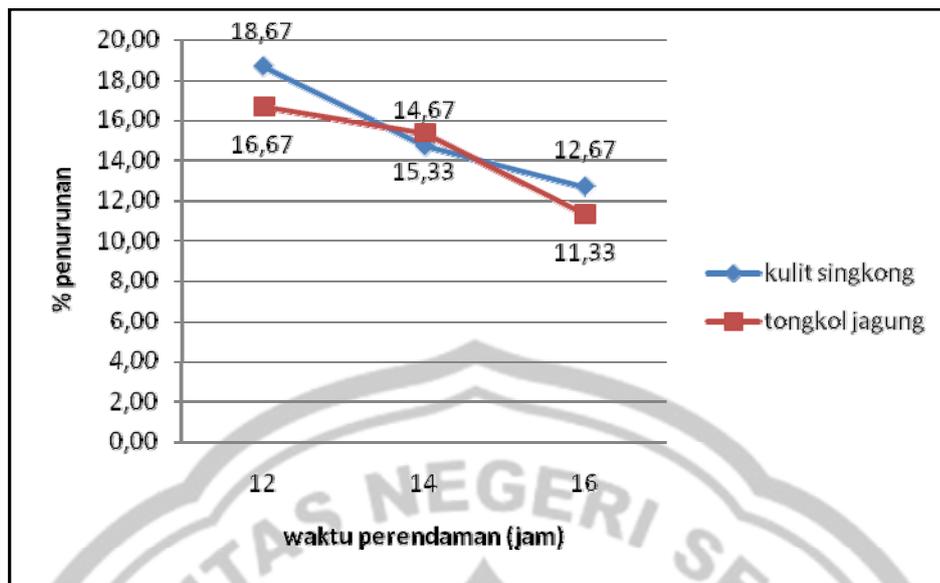
Grafik 4.2 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Arang Aktif Tongkol Jagung dengan COD

Grafik 4.1 dan 4.2 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu perendaman pada arang aktif kulit singkong yang kemudian dicampurkan dalam 10 mL limbah, maka nilai COD sampel limbah tahu semakin menurun dan mencapai titik paling baik pada perendaman arang aktif 12 jam. Hal ini disebabkan semakin pendek waktu perendaman pada prose aktivasi kimia yaitu pemecahan rantai kabon dengan senyawa organiknya yang sempurna. Sehingga arang aktif yang terbentuk baik untuk menurunkan kadar COD pada limbah pabrik tahu. Hal ini sebanding dengan arang aktif yang terbuat dari tongkol jagung, pada

arang aktif tongkol jagung ini yang diaplikasikan dengan limbah pabrik tahu untuk menurunkan kadar COD juga mencapai titik paling baik pada waktu perendaman 12 jam.

Karbon aktif adalah suatu material yang mengandung 90 % hingga 99 % karbon. Selain itu, juga mengandung elemen-elemen seperti hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen, dari beberapa macam material lainnya. Karbon aktif merupakan adsorben berpori yang telah diaktivasi, sehingga terjadi peningkatan daya adsorpsi (Yuliusman 2009: 1).

Pada proses pengaktifan arang aktif dapat membuka pori-pori arang aktif yang sebelumnya tertutup oleh molekul air atau pengotor yang lain, sehingga arang aktif akan mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih besar setelah diaktifkan. Hal ini akan berpengaruh pada banyaknya zat-zat organik yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif. Semakin baik proses pengaktifan arang maka diharapkan semakin baik untuk adsorben sehingga sedikit pula zat-zat organik yang teradsorpsi, maka oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik tersebut menjadi berkurang, sehingga nilai COD menjadi berkurang dan penurunan COD meningkat.



Grafik 4.3 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar COD Variasi Waktu Perendaman

Pada grafik 4.3 prosentase penurunan kadar COD untuk adsorpsi oleh arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung hasil penelitian semakin menurun dengan bertambahnya waktu perendaman. Hal ini disebabkan semakin singkat waktu perendaman arang akan mengakibatkan proses pemutusan rantai karbon dengan senyawa organiknya semakin maksimal, sehingga memiliki luas permukaan yang besar yang mengakibatkan semakin banyak kemungkinan adsorbat yang terserap. Pada waktu perendaman 12 jam arang aktif kulit singkong mampu mengadsorpsi COD sebesar 107,52 mg/l dengan penurunan sebesar 18,67 % dan 96,00 mg/l untuk arang aktif tongkol jagung dengan penurunan sebesar 15.33 % dari limbah awalnya. Kedua arang aktif tersebut memiliki waktu perendaman paling baik pada 12 jam. Pada kondisi ini terjadi keadaan setimbang dimana kecepatan reaksi pereaksi sama dengan kecepatan reaksi produk.

4.4 Pengaruh pH Terhadap Penurunan COD Limbah Cair Tahu.

Setelah diketahui waktu perendaman paling baik arang aktif pada penurunan COD ini, penelitian selanjutnya adalah mencari pH paling baik limbah tahu. Berikut ini adalah parameter awal limbah pada tabel 4.4:

Tabel 4.4 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kondisi
1	temperatur	39 °C
2	pH	4,59
3	COD	350,208 mg/L

Variasi pH limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah 5, 6, 7 dan 8. Sampel limbah sebanyak 50 mL dicampur dengan arang aktif masing-masing 1 g, digojog dalam shaker dengan suhu 30 °C. Pengaruh pH limbah terhadap penurunan nilai COD dapat dilihat pada tabel 4.5 dan 4.6.

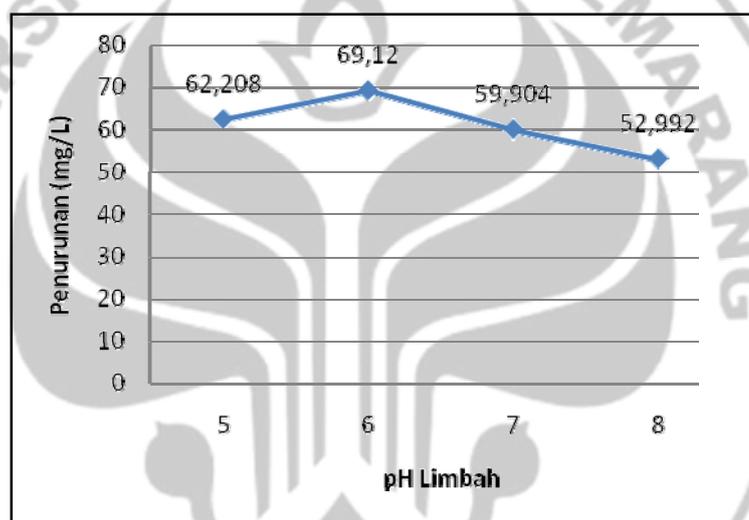
Tabel 4.5 Penentuan pH arang aktif kulit singkong

No.	pH	Massa (gr)	Kadar COD (mg/L)	Penurunan (mg/L)
1	5	1	288,000	62,208
2	6	1	281,088	69,120
3	7	1	290,304	59,904
4	8	1	297,216	52,992

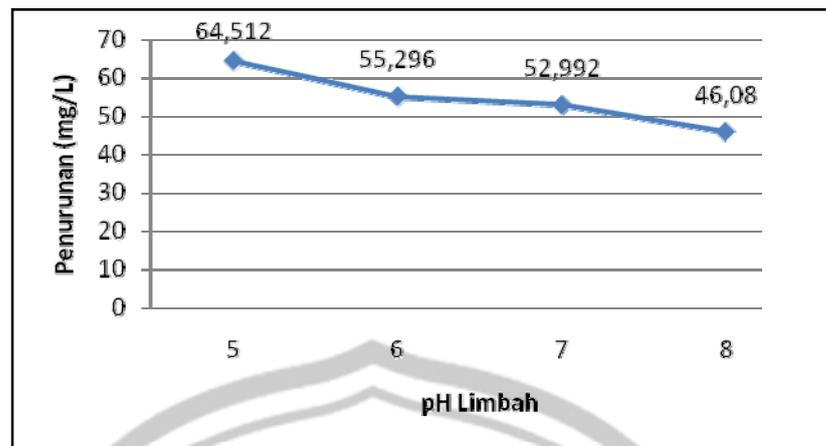
Tabel 4.6 Penentuan pH arang aktif tongkol jagung

No.	pH	Massa (gr)	Kadar COD (mg/L)	Penurunan (mg/L)
1	5	1	285,696	64,512
2	6	1	294,912	55,296
3	7	1	297,216	52,992
4	8	1	304,128	46,080

Pengaruh pH limbah terhadap penurunan nilai COD dapat dilihat pada grafik 4.4 dan 4.5 berikut ini:



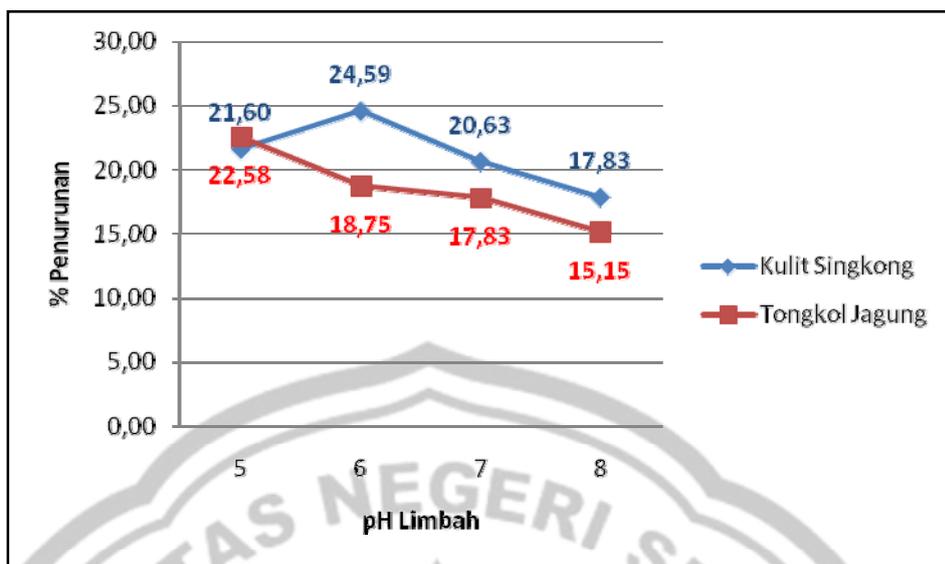
Grafik 4.4 Grafik hubungan antara pH limbah tahu untuk arang aktif kulit singkong dalam penuruna COD



Grafik 4.5 Grafik hubungan antara pH limbah tahu untuk arang aktif tongkol jagung dalam penurunan COD

Persentase penurunan COD yang terjadi pada pH 5 untuk arang aktif kulit singkong adalah sebesar 24,59%. Dan pada arang aktif tongkol jagung terjadi pada pH 6 dengan % penuruna sebesar 22,58%. Semakin tinggi pH limbah saat proses interaksi, menunjukkan penurunan COD yang semakin kecil, yang berarti bahwa proses adsorpsi zat-zat organik oleh arang aktif kurang maksimal.

Hal ini menunjukkan bahwa dari variasi pH yang diujikan, pH yang paling rendah yaitu pH 6 pada kulit singkong mampu menurunkan nilai COD yang paling besar. Berarti proses adsorpsi yang berlangsung pada langkah ini akan maksimum pada pH rendah. Sedangkan pada adsorpsi menggunakan tongkol jagung, penurunan kadar COD paling baik pada pH 5.



Grafik 4.6 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar COD Variasi pH Limbah Tahu.

Berdasarkan gambar 4.6 diatas terlihat bahwa prosentase penurunan kadar COD mengalami kenaikan karena dengan bertambahnya pH limbah tahu. Mula-mula pada penambahan arang aktif tongkol jagung dalam limbah sebesar 1,0 gram dengan pH limbah 6, COD mengalami penurunan sebesar 24,59 %. Pada penambahan 1,0 gram arang aktif tongkol jagung dengan pH limbah 5 penurunan COD terjadi hingga 18,62 %. Selanjutnya untuk penambahan arang aktif 1,2; dan 1,4 nilai COD mulai naik lagi. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan COD paling baik terjadi pada interaksi 1,2 g arang aktif kulit singkong dan 1,0 gr untuk arang aktif tongkol jagung dalam 50 mL limbah tahu. Pada pH tinggi jumlah ion OH^- berlimpah yang menyebabkan proses difusi bahan-bahan organik menjadi terhalang. Pada pH yang terlalu asam % teradsorpsi juga akan semakin menurun, dan ion H^+ akan berkompetisi dengan kontaminan yang akan diserap, sehingga efisiensi penyerapan menurun. Pada pH 5 limbah tahu stabil sehingga mudah

diserap oleh arang aktif. Hal ini dikarenakan tidak adanya kompetisi dengan H^+ walaupun dalam suasana asam. Pada pH rendah aktifitas dari bahan larut dengan larutan meningkat sehingga bahan-bahan larut untuk tertahan pada arang aktif lebih rendah.

4.5 Penentuan Massa Paling Baik Terhadap Penurunan COD Limbah Cair Tahu.

Bagian ini akan membahas tentang pengaruh massa arang aktif terhadap penurunan kadar COD limbah pabrik tahu. Variasi massa yang digunakan dalam hal ini adalah 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 gram dengan volume limbah 50 ml . Waktu perendaman yang digunakan untuk mengetahui pengaruh massa adsorben ini adalah waktu perendaman paling baik yaitu 12 jam. Sedangkan pH untuk kulit singkong 6 dan pada tongkol jagung adalah 5. Penelitian mengenai pengaruh massa arang aktif dari kulit singkong dan tongkol jagung terhadap adsorpsi kandungan COD limbah cair tahu. Dengan parameter awal disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Parameter mutu limbah barik Desa Krobokan Kec. Semarang

Barat

No.	Parameter	Kondisi
1	Suhu	39,4 °C
2	pH	4,47
3	COD	540,672 mg/L

Akibat dari terjadinya adsorpsi zat-zat organik oleh arang aktif, senyawa-senyawa organik dalam limbah tahu akan berkurang sehingga banyaknya oksigen

yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi lebih sedikit dibandingkan apabila tidak ada perlakuan pada limbah sebelum pengukuran COD. Penurunan kadar COD dengan variasi massa arang aktif kulit singkong dan tongkol jagung disajikan pada tabel 4.8 dan 4.9

Tabel 4.8 Penentuan massa arang aktif kulit singkong

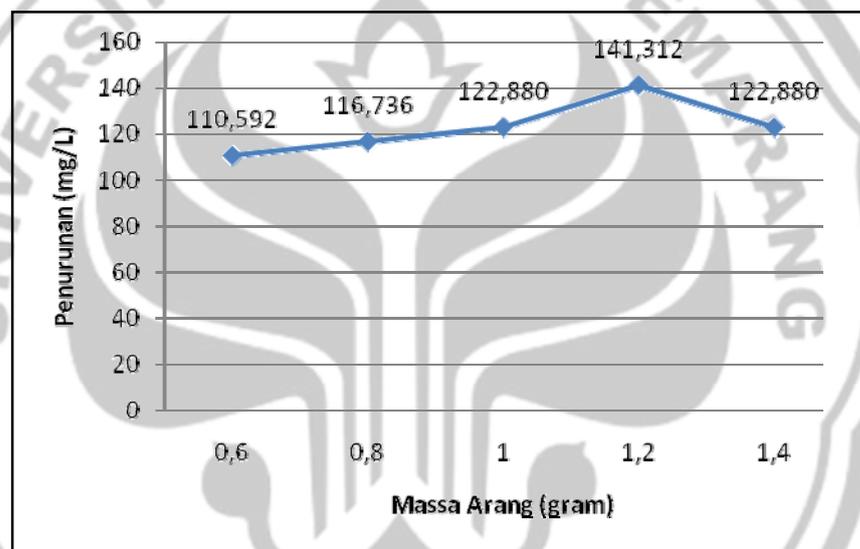
No	pH	Massa (gram)	Kadar COD (mg/L)	PenurunanCOD (mg/L)
1	6	0,6	430,080	110,592
2	6	0,8	423,936	116,736
3	6	1,0	417,792	122,880
4	6	1,2	399,360	141,312
5	6	1,4	417,792	122,880

Tabel 4.9 Penentuan massa arang aktif tongkol jagung

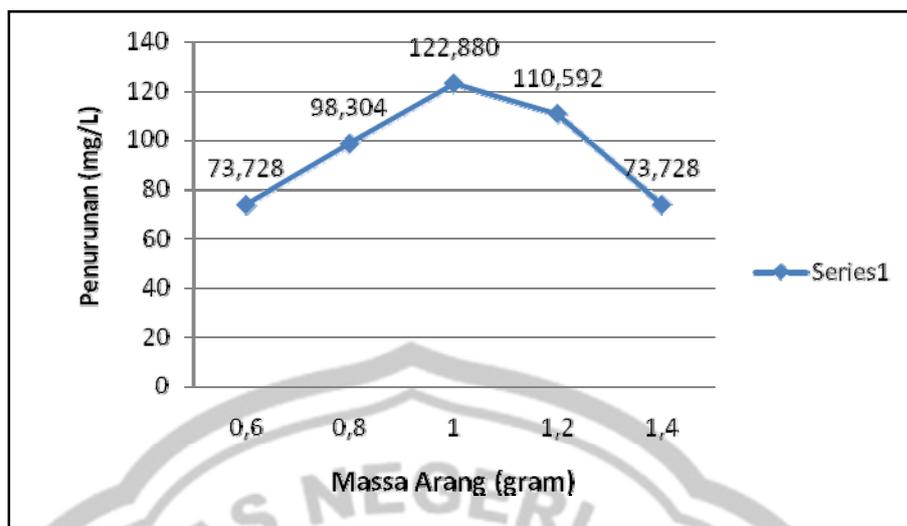
No	pH	Massa (gram)	Kadar COD (mg/L)	PenurunanCOD (mg/L)
1	5	0,6	466,944	73,728
2	5	0,8	442,368	98,304
3	5	1,0	417,792	122,880
4	5	1,2	430,080	110,592
5	5	1,4	466,944	73,728

Dari tabel 4.8 dan 4.9 tampak bahwa adsorpsi oleh arang aktif terhadap limbah tahu dipengaruhi oleh harga pH limbah tahu. Berdasarkan penelitian ini menunjukkan nilai COD limbah cair tahu yang diadorpsi mengalami penurunan sebesar 540,672 mg/L dari limbah awalnya. Berdasarkan hasil yang terdapat pada Tabel 4.5.2 dan 4.5.3, nilai COD semakin turun dengan bertambahnya massa

arang aktif dalam limbah saat dilakukan penggojogan. Untuk arang aktif kulit singkong pada penambahan 1,0 gr dalam 50 mL limbah, nilai COD nya turun menjadi 399,360 mg/L, sedangkan untuk arang aktif tongkol jagung pada penambahan 1,0 dalam volume yang sama nilai COD nya turun masing-masing menjadi 417,792 mg/L. Penurunan COD paling baik pada penambahan 1,2 gr untuk arang aktif kulit singkong dan 1,0 gr untuk arang aktif tongkol jagung. Berikut ini adalah grafik hubungan massa arang aktif penurunan kadar COD terhadap penurunan kadar COD disajikan pada grafik 4.5.1 dan 4.5.2:



Grafik 4.7 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong Penurunan Kadar COD Variasi massa.

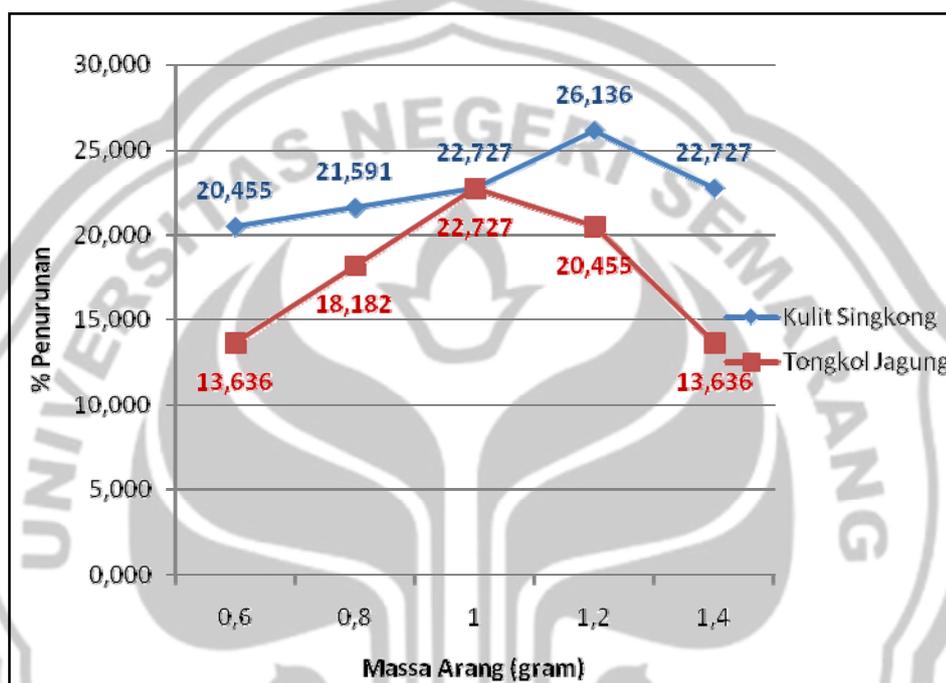


Grafik 4.8 Grafik Hubungan Arang Aktif Tongkol Jagung Penurunan Kadar COD Variasi massa.

Gambar 4.7 dan 4.8 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya jumlah arang aktif dalam 50 mL limbah dengan pH dan waktu perendaman masing-masing arang aktif, nilai COD sampel limbah tahu semakin menurun dan mencapai titik paling baik pada penambahan arang aktif kulit singkong 1,2 gr dan 1,0 gr untuk arang aktif tongkol jagung, selanjutnya pada massa arang aktif kulit singkong 1,4 COD kembali naik, hal ini juga berlaku terhadap arang aktif tongkol jagung pada massa 1,2 dan 1,4 gr nilai COD juga kembali naik. Hal ini disebabkan semakin besar perbandingan arang aktif dalam volume limbah yang sama, maka kemungkinan terjadinya interaksi antara zat-zat organik dalam limbah dengan arang aktif lebih besar. Jadi setelah terjadi adsorpsi maksimum maka akan terjadi penguraian (Handayani: 2005;46).

Semakin besarnya perbandingan massa arang aktif dalam limbah diharapkan semakin banyak pori-pori arang aktif yang akan menyerap zat-zat organik dari limbah tahu, sehingga jumlah zat-zat organik dalam limbah tahu

setelah perlakuan dapat berkurang. Semakin sedikit zat-zat organik yang ada dalam limbah, maka oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik tersebut menjadi berkurang, sehingga nilai COD menjadi berkurang dan penurunan COD meningkat. Grafik berikut ini menjelaskan hubungan antara variasi massa dari kedua arang aktif dengan penurunan COD.



Grafik 4.9 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar COD Variasi Massa Arang Aktif.

Pada grafik 4.9 terlihat bahwa arang aktif dari kulit singkong mampu mengadsorpsi dengan penurunan 26,136% COD pada massa 1,2 gram, sedangkan pada arang aktif dari tongkol jagung mencapai titik paling baik pada massa 1,0 gram yaitu dengan penurunan kadar COD sebesar 22,272%. Setelah mencapai titik paling baik kadar COD yang teradsorpsi semakin kecil.

4.6 Waktu Perendaman Arang Aktif Terhadap Penurunan BOD Limbah Cair Tahu.

Pentingnya jumlah oksigen yang berada dalam air, menyebabkan perlunya disediakan ukuran kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk merombak limbah. Salah satu ukuran tersebut adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD, kebutuhan oksigen untuk proses biologi). BOD adalah jumlah oksigen dalam ppm yang diperlukan selama proses stabilisasi dari pemecahan bahan organik oleh bakteri aerob (Darsono, 2009:5). Keadaan awal limbah tahu disajikan pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang

Barat		
No	Parameter	Kondisi
1	Temperatur	49,7 °C
2	pH	4,39
3	BOD	177,224 mg/L

Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam fosfat. Pada saat proses perendaman diharapkan asam dapat masuk diantara pori tongkol jagung dan kulit sigkong sehingga dapat membantu pembentukan mikro dan mesopori dalam arang aktif. Asam fosfat juga berfungsi untuk merusak struktur selulosa dan lignin agar terbentuk pori sehingga pori yang diperoleh paling baik. Pengaruh waktu perendaman arang terhadap penurunan kadar BOD disajikan pada tabel 4.11 dan 4.12

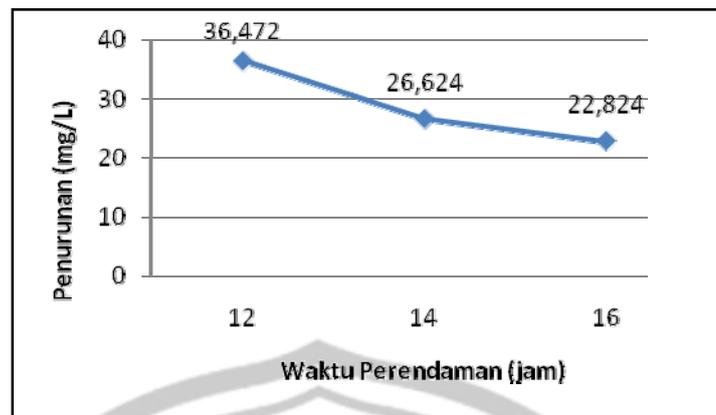
Tabel 4.11 Penentuan waktu perendaman arang aktif kulit singkong

Waktu Perendaman (jam)	BOD₅ (mg/L)	Penurunan(mg/L)
12	140,752	36,472
14	150,6	26,624
16	154,4	22,824

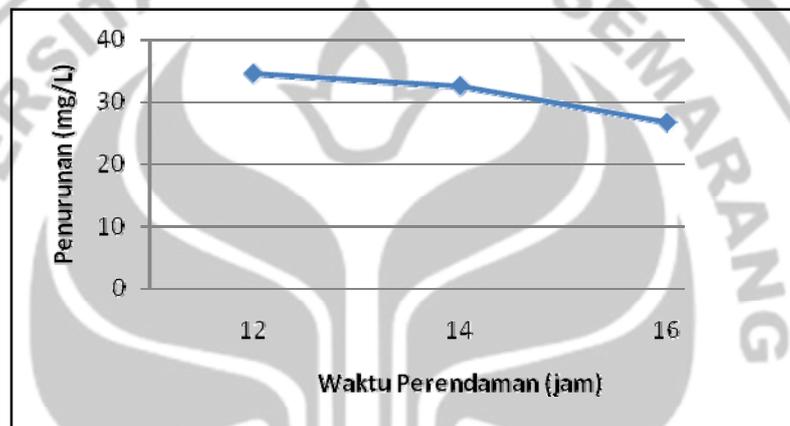
Tabel 4.12 Penentuan waktu perendaman arang aktif tongkol jagung

Waktu Perendaman (jam)	BOD₅ (mg/L)	Penurunan (mg/L)
12	142,688	34,536
14	144,672	32,552
16	150,528	26,696

Pada tabel 4.11 dan 4.12 dapat diketahui waktu perendaman paling baik arang aktif kulit singkong diperoleh pada 12 jam dengan penurunan BOD mencapai 36,472 752 mg/L dengan nilai BOD 140,752 mg/L. Hal ini juga terjadi pada arang aktif tongkol jagung yang memiliki waktu perendaman paling baik pada 12 jam terhadap penurunan kadar BOD limbah tau yang mencapai 34,536 mg/L dengan nilai BOD 142,688 mg/L. nilai BOD kembali naik pada waktu perendaman 14 dan 16 jam baik kulit singkong maupun tongkol jagung. Hal ini disebabkan karena dalam pembuatan karbon aktif dibutuhkan aktivator untuk membantu pembentukan pori. Aktivator digunakan untuk membatasi pembentukan tar, karena dengan adanya lignin dapat terbentuk senyawa tar. Senyawa tar ini yang menutup pori sehingga mengurangi daya serap karbon aktif sehingga kadar BOD kembali naik. Hal ini dapat dilihat dalam grafik berikut 4.10 dan 4.11:



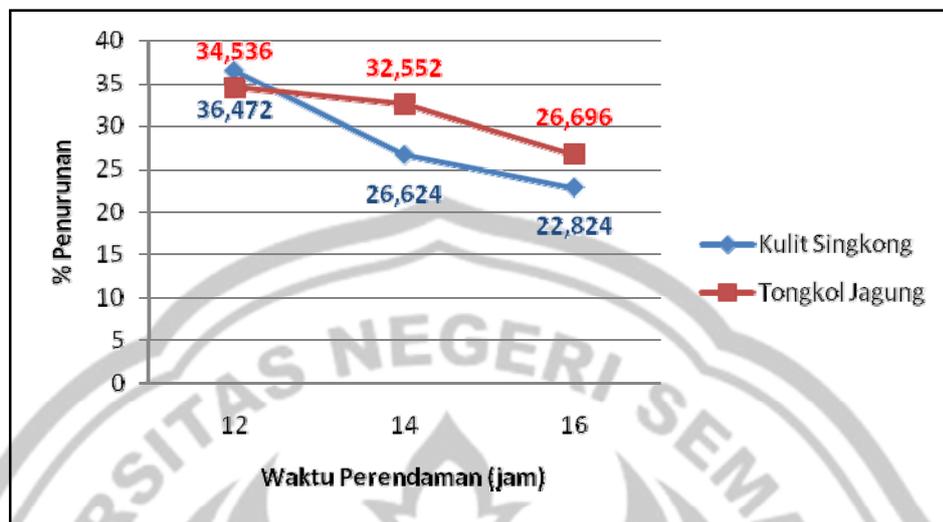
Grafik 4.10 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong dengan Penurunan BOD



Grafik 4.11 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Penurunan BOD

Grafik 4.10 dan 4.11 menunjukkan semakin lama waktu perendaman dari arang yang diinteraksikan dalam 50 mL limbah dapat menurunkan nilai BOD dan mencapai nilai paling baik pada waktu perendaman 12 jam. Hal ini karena semakin lama waktu perendaman maka proses pemutusan rantai karbon dari kulit singkong maupun tongkol jagung kurang efektif. Sehingga semakin sedikit pula pori-pori arang aktif yang terbentuk untuk menyerap zat-zat organik. Berkurangnya zat-zat organik dalam limbah akan menurunkan nilai BOD karena

oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik tersebut dalam lima hari menjadi berkurang.



Grafik 4.12. Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar BOD Variasi Waktu Perendaman Arang Aktif.

Dari grafik 4.12, didapatkan bahwa arang aktif dari kulit singkong mampu menurunkan kadar BOD lebih baik dari tongkol jagung yaitu sebesar 36,472%, sedangkan pada tongkol jagung hanya mampu menurunkan sebesar 34,536% , yang selanjutnya turun dengan bertambahnya waktu perendaman. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan adsorpsi arang aktif dan juga dipengaruhi oleh adanya gugus aktif dari arang aktif. Asam fosfat memiliki kemiripan struktur dengan asam nitrat. Modifikasi asam nitrat terhadap karbon aktif juga mampu meningkatkan kapasitas adsorpsinya, setelah terikat dan membentuk ester, asam fosfat akan menyumbang muatan negatif lebih banyak dibandingkan dengan asam nitrat. Dengan demikian, arang aktif termodifikasi-asam fosfat diharapkan memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar (Soebrata, dkk, 2009:4).

Pada saat perendaman, larutan H_3PO_4 akan teradsorpsi oleh arang yang akan melarutkan tar dan mineral anorganik. Hilangnya mineral anorganik dari permukaan arang aktif akan menyebabkan semakin besar pori dari arang aktif. Besarnya pori arang aktif berakibat meningkatnya luas permukaan arang aktif. Hal ini akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari arang aktif (Budiono, dkk, 2008: 4).

4.7 Pengaruh pH Limbah Cair Tahu Terhadap Penurunan BOD Limbah Cair Tahu.

Setelah diketahui waktu peredaman paling baik arang aktif pada penurunan BOD ini, penelitian selanjutnya adalah mencari pH paling baik dari limbah pabrik tahu dengan parameter awal yang disajikan pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kondisi
1	Temperatur	45,2 °C
2	pH	4,98
3	BOD	154,688 mg/L

Sampel limbah sebanyak 50 mL yang sudah divariasasi dengan pH 5, 6, 7, 8 dicampur dengan 1 gram arang aktif kulit singkong juga tongkol jagung dengan perendaman paling baik 12 jam. kemudian digojog dalam shaker dengan suhu seperti 30°C. Pengaruh pH limbah terhadap penurunan nilai BOD dapat dilihat pada tabel 4.14 dan 4.15:

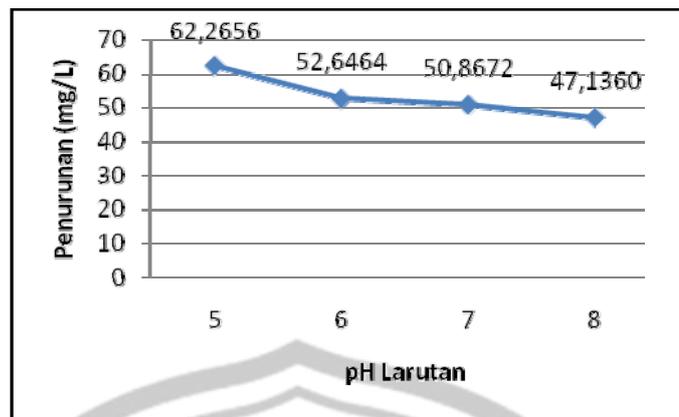
Tabel 4.14 Penentuan pH paling baik arang aktif kulit singkong

No.	pH	BOD (mg/L)	Penurunan(mg/L)
1	5	92,4224	62,265
2	6	102,0416	52,646
3	7	103,8208	50,867
4	8	107,552	47,136

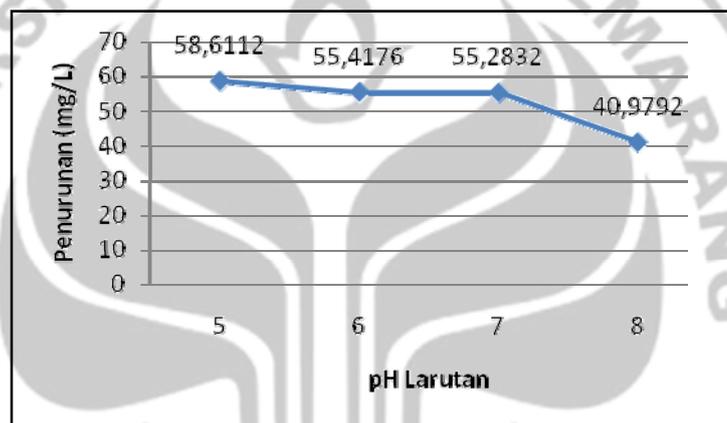
Tabel 4.15 Penentuan pH paling baik arang aktif tongkol jagung

No.	pH	BOD (mg/L)	Penurunan(mg/L)
1	5	96,0768	58,611
2	6	99,2704	55,417
3	7	99,4048	55,283
4	8	113,7088	40,979

Pada tabel 4.14 dan 4.15 terlihat bahwa dengan naiknya pH, penurunan kadar BOD semakin turun. Terlihat bahwa arang aktif kulit singkong pada pH 5 mampu menurunkan kadar BOD menjadi 96,0768 mg/L dari limbah awal, penurunan ini kembali naik pada pH 6, 7, dan 8 yang masing-masing 102,0416; 103,8208; dan 107,552 mg/L. Hal ini juga terjadi pada arang aktif dari tongkol jagung yang pada pH 5 kadar BOD menjadi 96,0768 mg/L yang kembali naik pada pH 6, 7, dan 8 yaitu sebesar 99,2704; 99,4048; 113,7088 mg/L. Dari data 4.14 dan 4.15 dapat dibuat grafik 4.13 dan 4.14:

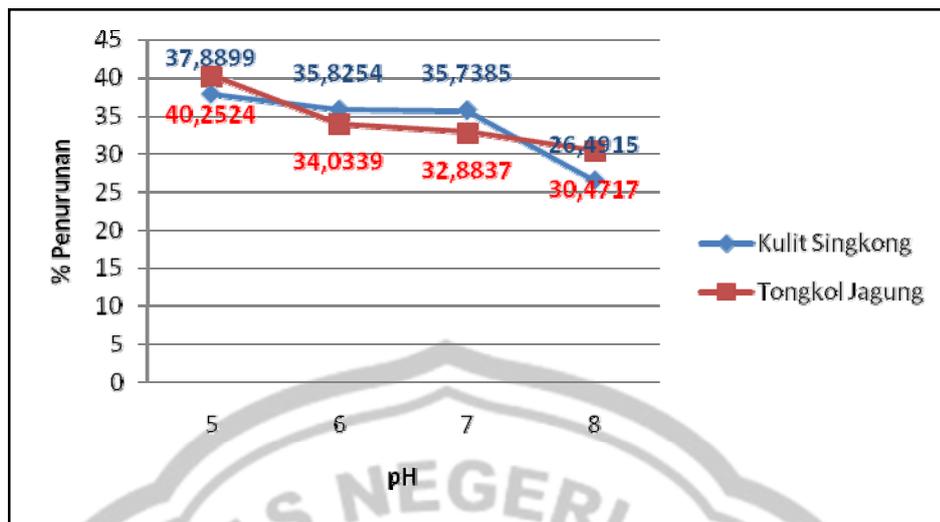


Grafik 4.13 Grafik Hubungan pH Arang Aktif Kulit Singkong dengan dengan Penurunan Kadar BOD



Grafik 4.14 Grafik Hubungan pH Paling Baik Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Penurunan Kadar BOD

Pada grafik 4.13 dan 4.14 dapat diketahui bahwa adsorpsi arang aktif baik dari kulit singkong maupun tongkol jagung mencapai titik paling baik penurunan kadar BOD yaitu pada pH 5. Masing-masing dapat turun menjadi 92,422 dan 96,076 mg/L BOD yang dari limbah awalnya sebelum perlakuan sebesar 154,688 mg/L. dari data berikut dapat dibuat grafik hubungan penurunan BOD terhadap pH limbah tahu sebagai berikut:



Grafik 4.15 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar BOD Variasi pH Limbah Tahu.

Menurut grafik 4.15, penurunan BOD paling baik pada penambahan pH 5 untuk arang aktif kulit singkong dengan penurunan sebesar 40,252 % dan untuk arang tongkol jagung dengan penurunan sebesar 37,889 % , ini dikarenakan arang aktif dapat mengadsorpsi optimal pada pH rendah yaitu asam.

4.8 Penentuan Massa Paling baik Terhadap Penurunan BOD Limbah Cair Tahu.

Pada penelitian ini variasi massa yang digunakan adalah 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; dan 1,4 gram arang aktif. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh massa adsorben yang digunakan terhadap kadar BOD yang akan terserap. Yang waktu perendaman dan pH limbah mengacu pada adsorpsi paling baik arang aktif.

Tabel 4.16 Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kondisi
1	Temperatur	39,4 °C
2	pH	4,47
3	BOD	242,0480 mg/L

Penelitian mengenai pengaruh massa arang aktif dari kulit singkong dan tongkol jagung terhadap adsorpsi kandungan BOD limbah cair tahu dapat dilihat pada tabel 4.17 dan 4.18.

Tabel 4.17 Penentuan massa arang aktif kulit singkong

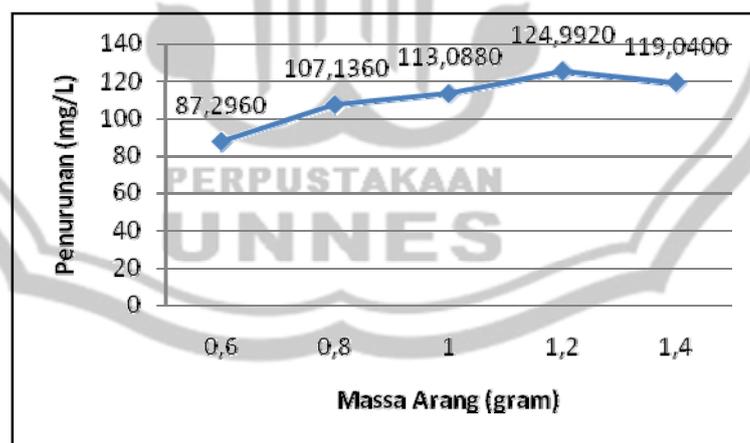
No.	Massa (gram)	BOD (mg/L)	Penurunan(mg/L)
1	0,6	154,7520	87,296
2	0,8	134,9120	107,136
3	1,0	128,9600	113,088
4	1,2	117,0560	124,992
5	1,4	123,0080	119,040

Tabel 4.18 Penentuan massa arang aktif tongkol jagung

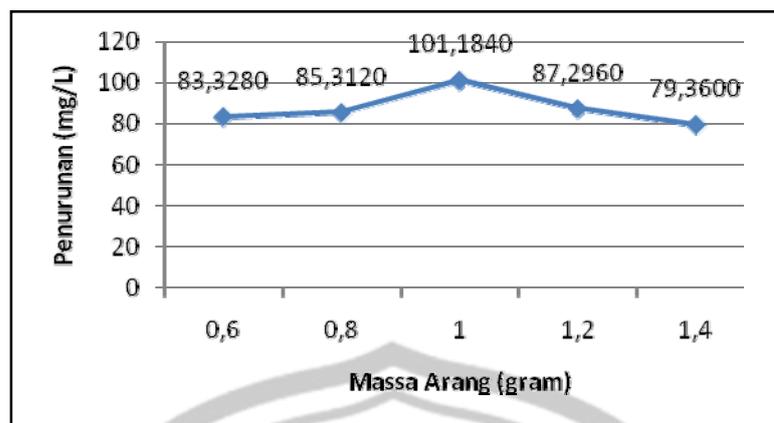
No.	Massa (gram)	BOD (mg/L)	Penurunan(mg/L)
1	0,6	158,7200	83,328
2	0,8	156,7360	85,312
3	1,0	140,8640	101,184
4	1,2	154,7520	87,296
5	1,4	162,6880	79,360

Berdasarkan Tabel 4.17 dan 4.18 dapat diketahui bahwa BOD limbah tahu sebelum mengalami perlakuan dengan arang aktif memiliki nilai yang lebih

besar dibandingkan dengan limbah tahu yang mengalami perlakuan dengan arang aktif, yaitu sebesar 242,048 mg/L. Massa arang aktif kulit singkong pada 0,6 g turun menjadi 154,752 mg/L dan dengan bertambahnya massa 0,8; 1,0 dan 1,2 nilai BOD terus turun yaitu sebesar 134,912; 128,960 dan 117,056 mg/L yang kemudian naik lagi pada massa 1,4 g yaitu sebesar 123,008 mg/L. Sedangkan pada arang aktif tongkol jagung pada 0,6 g turun menjadi 158,720 mg/L dan dengan bertambahnya massa 0,8 dan 1,0 nilai BOD terus turun yaitu sebesar 156,736 dan 140,864 mg/L yang kemudian naik lagi pada massa 1,2 dan 1,4 g yaitu sebesar 154,752 dan 162,688 mg/L. Hal ini dimungkinkan dengan bertambahnya massa arang aktif dalam volume yang sama justru akan menyebabkan interaksi ketika dalam penggojogan menjadi tidak sempurna karena banyak pori arang aktif yang tidak digunakan untuk menyerap zat organik dimungkinkan tertutup oleh arang aktif yang lain (A'tha 2007: 39). Dari data dapat dibuat grafik:

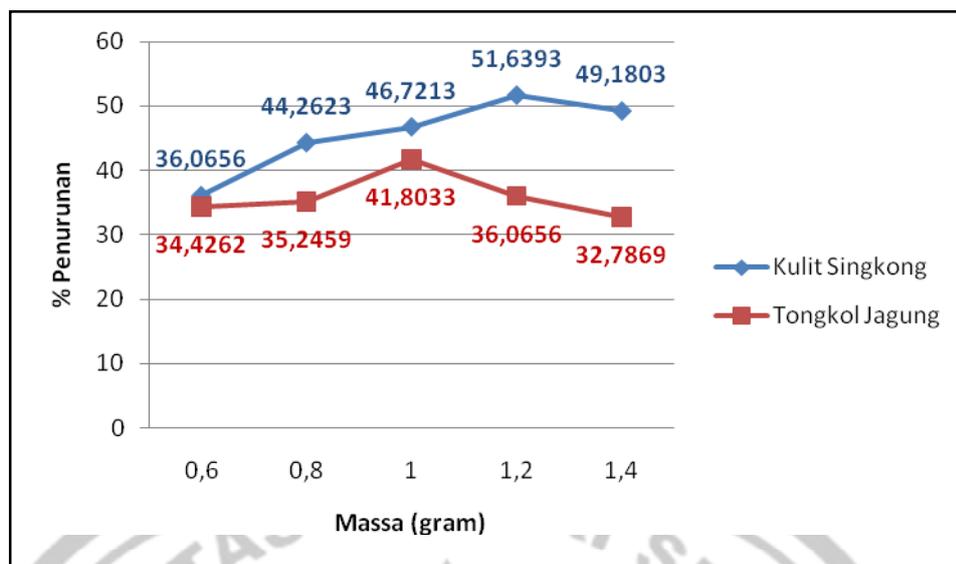


Grafik 4.16 Grafik Hubungan Antara Massa Arang Aktif Kulit Singkong dengan BOD



Grafik 4.17 Grafik Hubungan Antara Massa Arang Aktif Kulit Singkong dengan BOD

Grafik 4.17 dan 4.18, terlihat bahwa arang aktif kulit singkong mencapai massa paling baik pada 1,2 g yaitu dengan penurunan sebesar 124,992 mg/L, sedangkan pada tongkol jagung pada massa 1,0 sebesar 101,1840 mg/L. dan pada massa berikutnya adsorpsi kembali turun sehingga nilai BOD kembali naik. Pada keadaan ini terjadi keadaan setimbang dimana kecepatan pereaksi sama dengan kecepatan reaksi produk. Setelah kondisi paling baik tercapai maka akan terjadi penurunan daya serap. Penurunan daya adsorpsi ini diakibatkan karena laju pembentukan kompleks adsorben dan adsorbat sebanding dengan laju penguraian adsorben dan adsorbat menjadi molekul adsorben dan adsorbat. Jadi setelah terjadi adsorpsi maksimum maka akan terjadi penguraian (Handayani, 2005: 46).



Grafik 4.18 Grafik Hubungan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung dalam Penurunan Kadar BOD Variasi Massa Arang Aktif.

Dari grafik 4.18. Penurunan BOD yang paling baik pada arang aktif kulit singkong terjadi pada massa 1,2 g adalah sebesar 51,639%, sedangkan pada tongkol jagung mencapai massa paling baik pada 1,0 g dengan penurunan 41,803%. Kemudian nilai BOD kembali naik pada massa 1,4 g, dan terjadi penurunan adsorpsi. Penurunan ini diakibatkan karena adanya interaksi adsorben dan adsorbat yang kelewat jenuh artinya pori-pori sudah terisi kontaminan, maka efektivitas menurun (Arivoli et al, 2009:33). Penambahan massa arang aktif pada 1,4 gr terjadi penurunan kadar tetapi proses adsorpsi tidak efektif. Hal ini dimungkinkan dengan bertambahnya massa arang aktif dalam volume yang sama justru akan mengakibatkan interaksi ketika dalam penggojokan menjadi tidak sempurna, serta banyak pori-pori arang yang tidak digunakan untuk menyerap zat terlarut karena tertutup oleh arang aktif yang lain dan menjadikan proses adsorpsi tidak efektif.

4.9 Perbandingan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung

Menurut konsep “Molecular Screening”, molekul atau ion hanya dapat masuk ke dalam pori adsorben, bila diameter dari molekul atau ion lebih kecil dari diameter pori adsorben. Molekul yang cukup kecil untuk melewati pori akan teradsorpsi sedangkan molekul yang lebih besar tidak akan lewat. Diameter di dalam pori-pori pun tidak seragam. Di dalam partikel karbon aktif, terdapat distribusi ukuran pori. Sehingga pada adsorpsi campuran molekul atau ion dengan diameter yang berbeda-beda, letak penyerapannya di dalam karbon aktif mengikuti distribusi ukuran pori tersebut. Oleh karena itu, kemampuan penyerapan terhadap beberapa molekul atau ion tergantung kepada diameter dan energi adsorpsinya (Yuliusman, 2009: 2).

Efektivitas dari arang aktif antara kulit singkong dan tongkol jagung dapat diketahui dari variasi waktu perendaman, variasi pH limbah dan variasi massa paling baik yang sudah didapat. Perbedaan adsorpsi dari kedua arang aktif ini dapat terlihat dalam tabel 4.19 dan 4.20:

Tabel 4.19 Perbedaan Penurunan BOD Pada Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung.

Sampel	Volume Limbah (ml)	Waktu Perendaman (jam)	pH Limbah	Massa (gram)	COD (mg/L)	Penurunan (mg/L)
Limbah	50	0	0	0	540,672	0
Arang aktif Kulit Singkong	50	12	5	1,2	399,360	141,312
Arang aktif Tongkol Jagung	50	12	5	1,0	417,792	122,880

Pada tabel 4.19 dapat dilihat bahwa penurunan kadar COD limbah cair tahu menggunakan arang aktif kulit singkong lebih besar daripada menggunakan arang aktif tongkol jagung, kemampuan arang aktif tongkol jagung dapat menurunkan COD dari limbah awalnya sebesar 540,672 mg/L menjadi 399,360 mg/L dengan penurunan 141,312 mg/L, sedangkan pada tongkol jagung hanya mampu menurunkan kadar COD sampai sebesar 417,792 mg/L dengan penurunan 122,880 mg/L.

Tabel 4.20 Perbedaan Penurunan COD Pada Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung.

Sampel	Volume Limbah (ml)	Waktu Perendaman (jam)	pH Limbah	Massa (gram)	BOD (mg/L)	Penurunan (mg/L)
Limbah Arang aktif Kulit Singkong	50	0	0	0	242,0480	0
Arang aktif Kulit Singkong	50	12	5	1,2	140,752	36,472
Arang aktif Tongkol Jagung	50	14	5	1,0	144,672	32,552

Pada tabel 4.20 terlihat pada penurunan BOD, arang kulit singkong juga lebih baik mengadsorpsi zat-zat organik dibandingkan dengan arang aktif tongkol jagung. Dimana arang aktif kulit singkong dapat menurunkan kadar BOD sampai 36,472 mg/L dari BOD limbah awalnya yang sebesar 242,0480 mg/L menjadi 140,752 mg/L. Pada tongkol jagung hanya mampu menurunkan kadar BOD sampai sebesar 144,672 mg/L atau turun 32,552 mg/L.

Hal ini juga diperkuat dengan adanya spektrum FT-IR yang terlihat bahwa arang aktif kulit singkong memiliki harga intensitas yang lebih rendah dari tongkol jagung sehingga adsorbsinya lebih baik. Pada arang aktif kulit singkong vibrasi ulur C-H (alkana) teridentifikasi pada bilangan gelombang $2939,52\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi ulur C-O dari eter teridentifikasi pada bilangan gelombang $1404,18\text{ cm}^{-1}$. Sedangkan pada tongkol jagung vibrasi ulur C-H (alkana) teridentifikasi pada bilangan gelombang $2931,80\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi ulur C-O dari eter teridentifikasi pada bilangan gelombang $1126,43\text{ cm}^{-1}$.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Persentase penurunan maksimum COD pada limbah tahu 26,136% menggunakan arang aktif kulit singkong sebesar 141,312 mg/L terjadi pada waktu perendaman 12 jam, pH 6, dan massa 1,2 gram.
2. Persentase penurunan maksimum COD pada limbah tahu 22,880% menggunakan arang aktif tongkol jagung sebesar 22,727 mg/L terjadi pada waktu perendaman 12 jam, pH 5, dan massa 1,0 gram.
3. Persentase penurunan maksimum BOD pada limbah tahu 51,639% menggunakan arang aktif kulit singkong sebesar 124,992 mg/L terjadi pada waktu perendaman 12 jam, pH 5, dan massa 1,2 gram.
4. Persentase penurunan maksimum BOD pada limbah tahu 41,803% menggunakan arang aktif tongkol jagung sebesar 101,184 mg/L terjadi pada waktu perendaman 12 jam, pH 5, dan massa 1,0 gram.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis dapat memberi saran antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan arang aktif dari kulit singkong dan tongkol jagung untuk mengadsorpsi senyawa atau ion-ion logam-logam lain, supaya dapat diperoleh informasi tentang kemampuannya sebagai adsorben yang baik.
2. Bagi industri yang menghasilkan limbah cair khususnya limbah cair organik, dapat menggunakan arang aktif kulit singkong sebagai salah satu alternatif untuk menanggulangi limbah tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

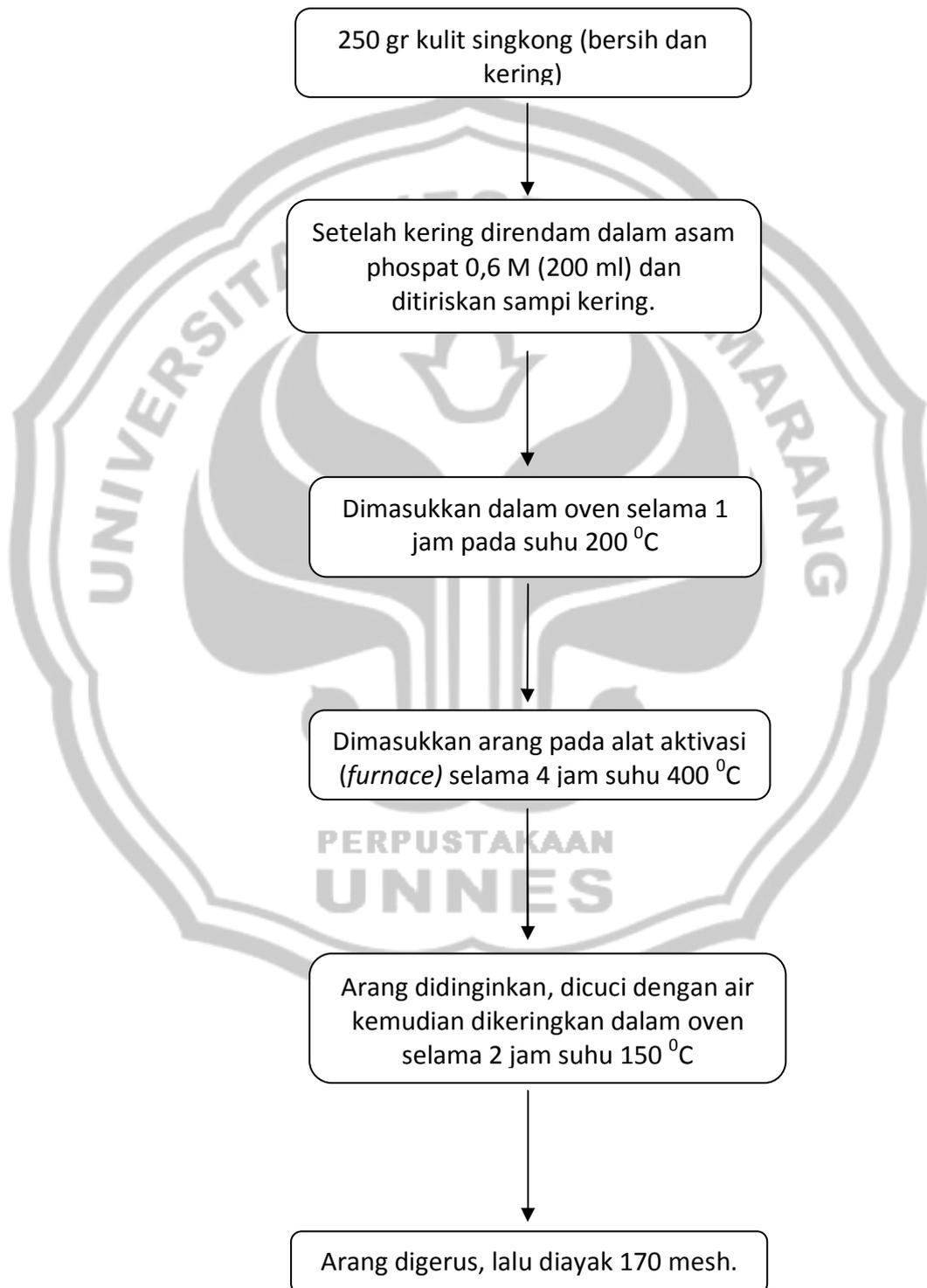
- Adamson, A.W..1990. *Physical Chemistry of Surface*. California: John Wiley&Sons, Inc.
- Alaerts dan Santika, Sri S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
- Arivoli S, M. Hema and Deva prasath. 2009. Adsorption of Malachite Green Onto Carbon Prepared From Borassus Bark. *The Arabian Journal For Science And Engineering, Volume 34, Number 2a*.
- Austin, George T. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga
- Byrne J. F and Marsh, H. 1995. *Introductory Overview Porosity In Carbon*. London: Edward Arnold
- Cotton dan Walkison, 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Terjemahan. Jakarta : Universitas Indonesia
- Darsono. 2007. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob dan Aerob*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya
- Djarwanti, Sartamtomo, dan Sukani. 2000. *Pemanfaatan Energi Hasil pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Laporan Penelitian. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang.
- Fatha, A. 2007. Pemanfaatan Zeolit Aktif Untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu. *Skripsi*. Semarang: UNNES
- Handayani, Ratna. 2005. Perbandingan Daya Serap Arang Aktif Tongkol jagung Dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Direct Blue. *Tugas Akhir II*. Jurusan Kimia. FMIPA: UNNES
- Janowska, Helena, Swiatkwoski, A and Choma, J. 1991. *Activated Carbon*. Chycheeste: Ellis Horwood Ltd
- Maman, Suparman, 2003. Pengaruh Konsentrasi H₃PO₄ dan Lama Perendaman Pada Aktivasi Kimiawi Serbuk Gergaji Kayu Jati Terhadap Daya Serapnya Pada Zat Warna. *Tugas akhir II*. Semarang : UNNES
- Muhlen dan Heek, 1995. *Porosity and Thermal Reactivity Porosity In Carbon*. Editor J. W Patric. London : Edwar Arnold
- Nudijanto, Agus. 2000. *Kimia Lingkungan*. Yayasan Peduli: Lingkungan

- Pranoto, Mei. 2005. Penggunaan Biofilter Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (mart) solm) untuk Menurunkan Kadar COD Limbah Cair dari Pabrik Tahu. *Tugas akhir II*. UNNES: Semarang.
- Pranoto, Masykur, Abu, H Mawahib. 2003. *Penurunan Kadar Timbal dan Zat Warna Tekstil dalam Larutan dengan Menggunakan Karbon Aktif Bagasse*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret : Surakarta
- Raliby, Oesman, Retno, and Rosyidi, Imron. 2008, *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Industri Pengolahan Tahu*. Laporan Penelitian.
- Sembiring, Meilita, Sinaga, Tuti. 2003. *ARANG AKTIF (Pengenalan dan Proses embuatannya)*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Sedyawati, Sri Mantini. 2005. *Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Protein Pada Proses Pembuatan Nata de Soya Dari Limbah Cair Industry Tahu*. Laporan penelitian. Universitas Negeri Semarang.
- Suseno, J E, Firdausi K S. 2008. *Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi*. Semarang: Jurusan Fisika FMIPA UNDIP.
- Suharso, Buhani. 2007. *Tinjauan Kinetika dan Thermodinamika Proses Adsorpsi Ion Logam Tunggal dan Gabungan (Pb, Cd dan Cu) pada Biomassa Kulit Ubi kayu (Manihot Esculenta Crans) yang Dimodifikasi Asam Merkaptoasetat*. Laporan penelitian. Universitas Lampung.
- Suherman, Ikawati dan Melati. 2009. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong Ukm Tapioka Kabupaten Pati*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia UNDIP
- Sukardjo. 1985. *Kimia Anorganik*. FMIPA IKIP. Yogyakarta: Dina Aksara.
- Soebrata, Betty M, Saeni, Muhammad S, dan Dewi, Indiah R. 2006. *Modifikasi Kulit Singkong Sebagai Bioremoval Logam Pb(Ii) dan Cd(Ii) dalam* <http://www.scribd.com/doc/2559001/Prosiding-Seminar-Nasional-HKI->. FMIPA: IPB (diakses 2 Mei 2009)
- Wahyuni, Fitri dan Yeniza. 2009. *Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Sumber Karbon Aktif Untuk Penyaringan Air*. SMAK Padang.
- Yuliusman dan Rahman, Arif. 2009. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Tongkol dan Aplikasinya Dalam Pemisahan Campuran Etanol dan Air*. Depok : Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

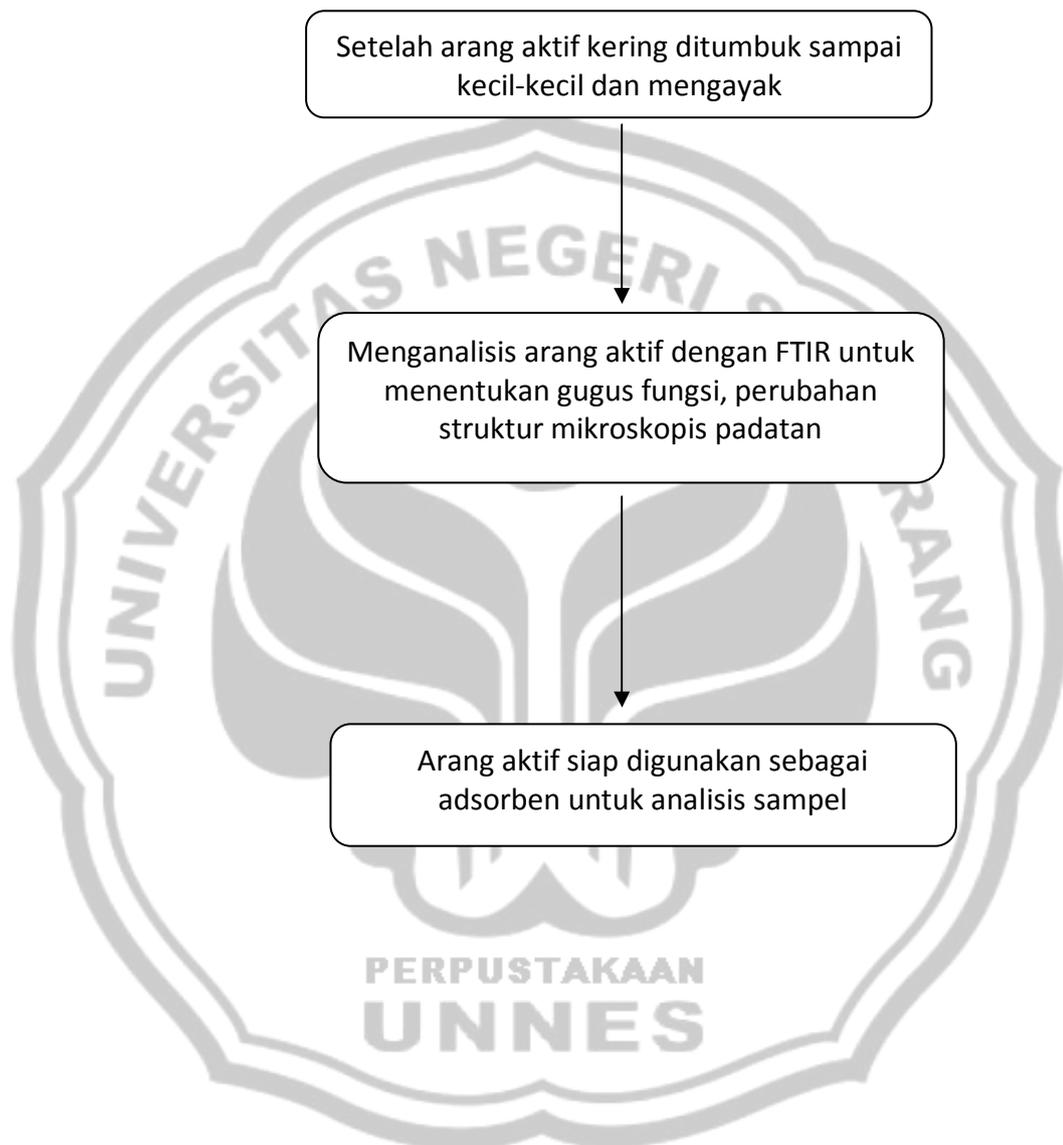
LAMPIRAN-LAMPIRAN

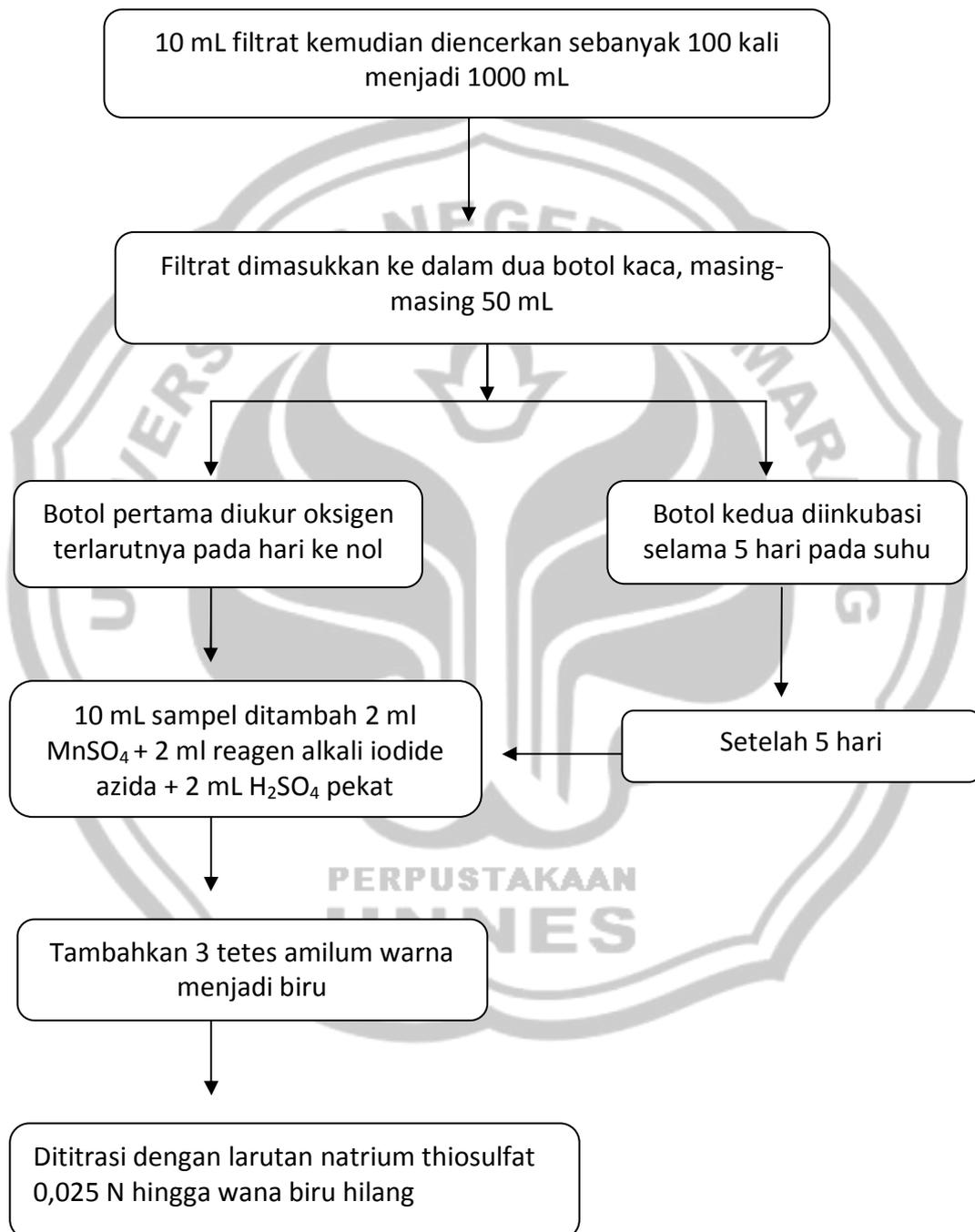
Lampiran 1

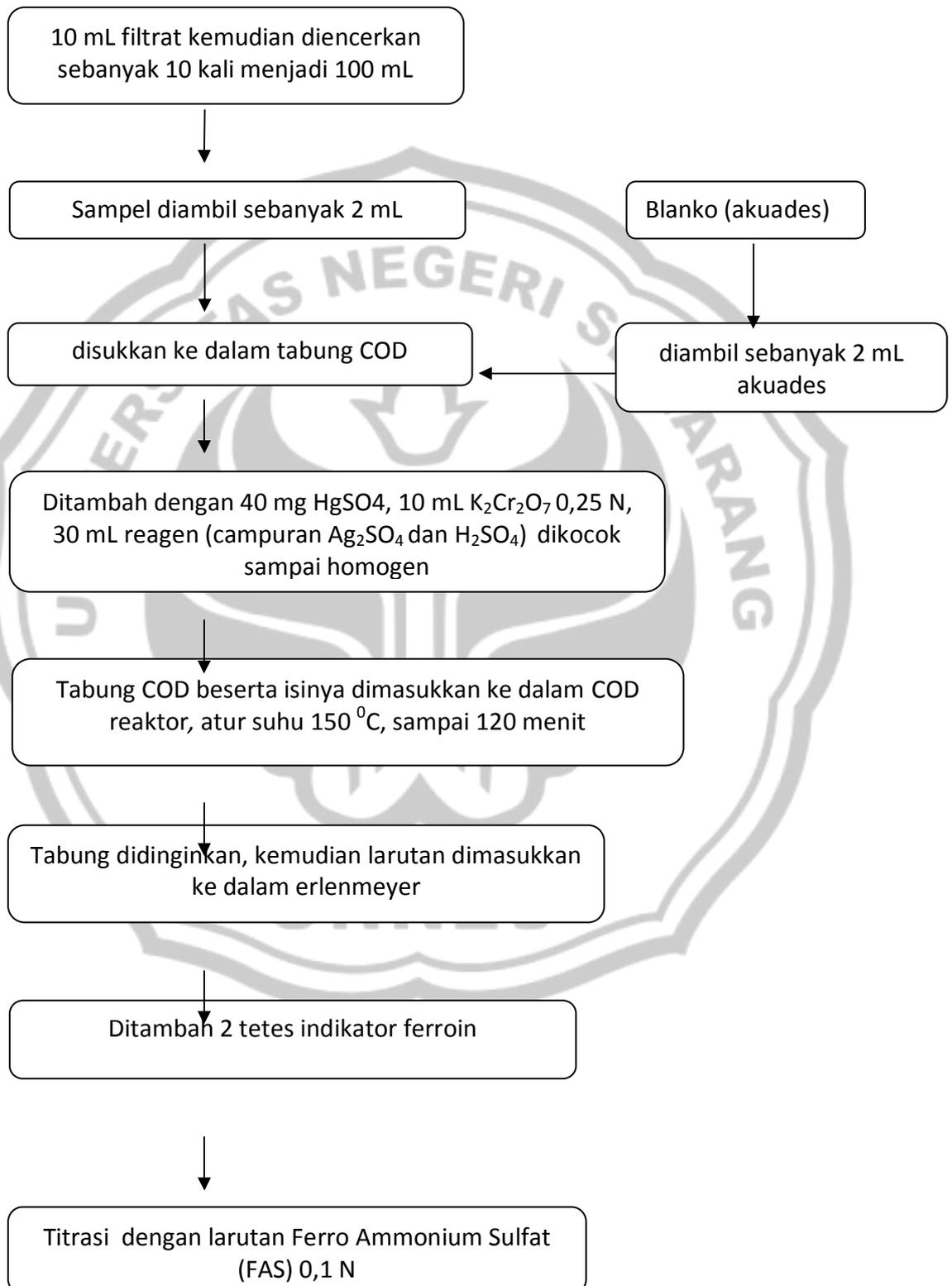
Diagram Alir Pembuatan Arang Aktif Kulit Singkong



Lampiran 2**Diagram Alir Pembuatan Arang Aktif Tongkol Jagung**

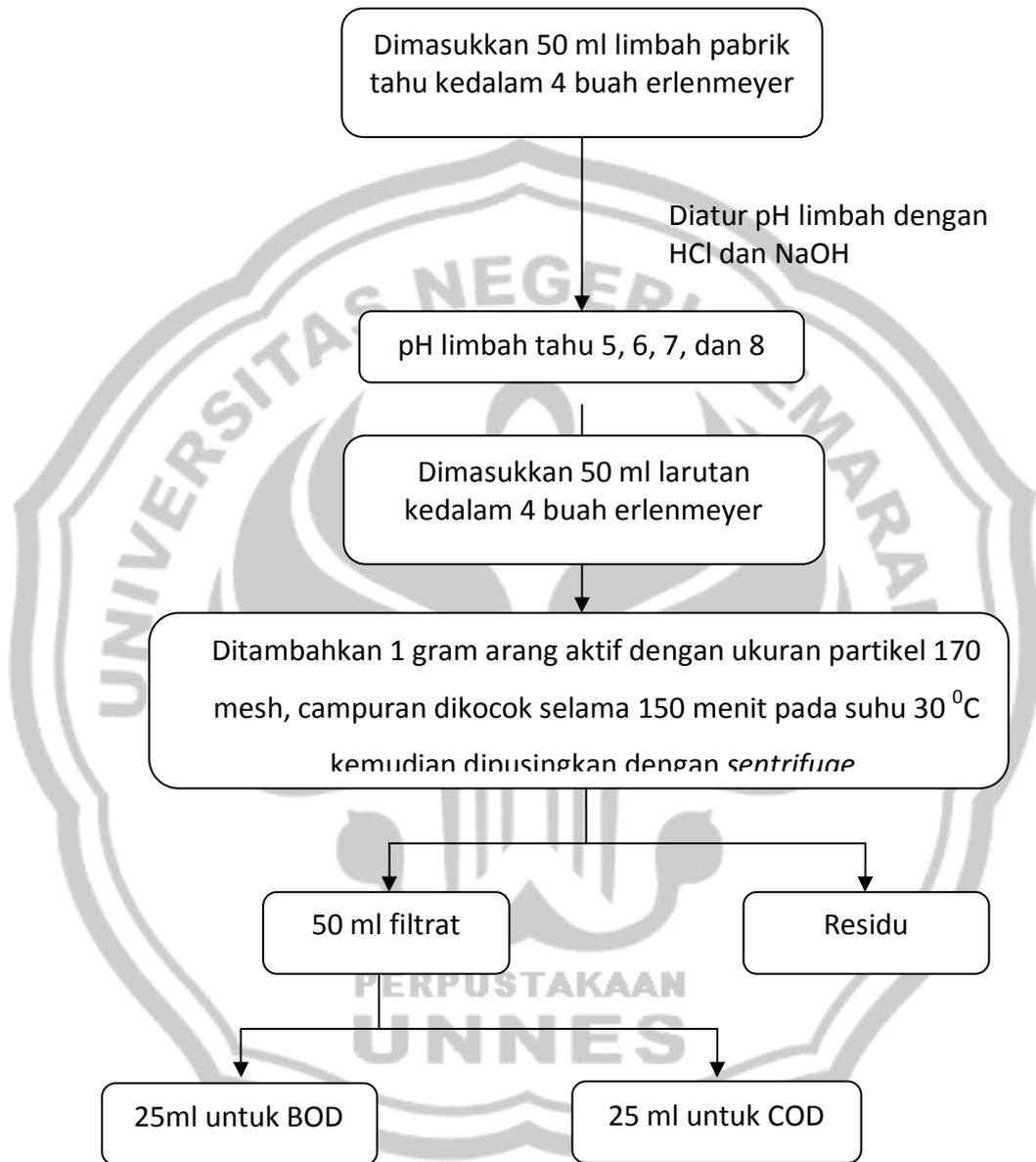
Lampiran 3**Diagram Alir Analisis FTIR arang aktif**

Lampiran 4**Diagram Alir Analisis BOD dengan Metode Titration Winkler**

Lampiran 5**Diagram Alir Analisis COD dengan Metode Refluk Tertutup**

Lampiran 6

Diagram Alir Penentuan pH Optimum



Lampiran 7

Diagram Alir Penentuan Massa Optimum

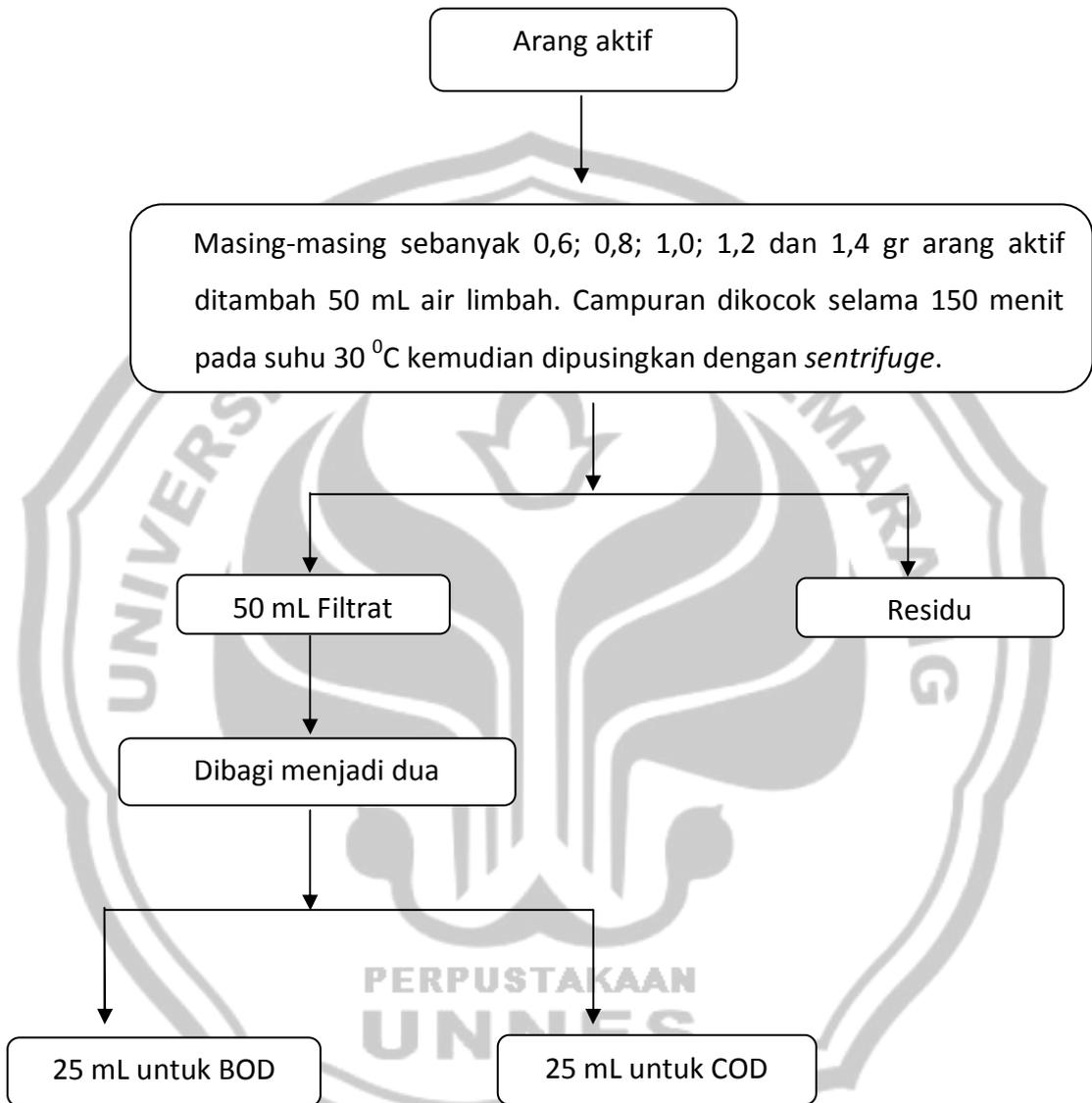


Diagram 8. Penentuan Massa Optimum.

Lampiran 8

Pembuatan Reagen Analisis COD

1. Pembuatan Larutan Standar Kalium Dikromat 0,25 N

- Perhitungan :



$$\sim 6 \text{ e}$$

~ 6 grek berarti Valensi 6

$$\text{Mr K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 294,18$$

$$\text{➤ } M = \frac{N}{\text{Valensi}} = \frac{0,25 \text{ N}}{6} = 0,0417$$

- Volume yang dibutuhkan = 1000 ml

$$\begin{aligned} \text{➤ Massa K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 &= \frac{V \times M \times \text{Mr}}{10000} = \frac{V \times N \times \text{Mr}}{6 \times 1000} \\ &= \frac{1000 \text{ ml} \times 0,25 \text{ N} \times 294,18 \text{ g/mol}}{6 \times 1000} \\ &= 12,259 \text{ gram} \end{aligned}$$

Menimbang sebanyak 12,259 gram $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, larutkan dalam aquades hingga volumenya menjadi 1000 ml.

2. Pembuatan Larutan Standar FAS 0,1 N

- Volume yang dibutuhkan = 250 ml
- $\text{Mr Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 390 \text{ g/mol}$
- Valensi = 1; $0,1 \text{ N} = 0,1 \text{ M}$

$$\text{➤ Massa Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \frac{V \times M \times \text{Mr}}{10000}$$

$$= \frac{250 \text{ ml} \times 0,1 \text{ M} \times 390 \text{ g/mol}}{1000} = 9,75 \text{ gram}$$

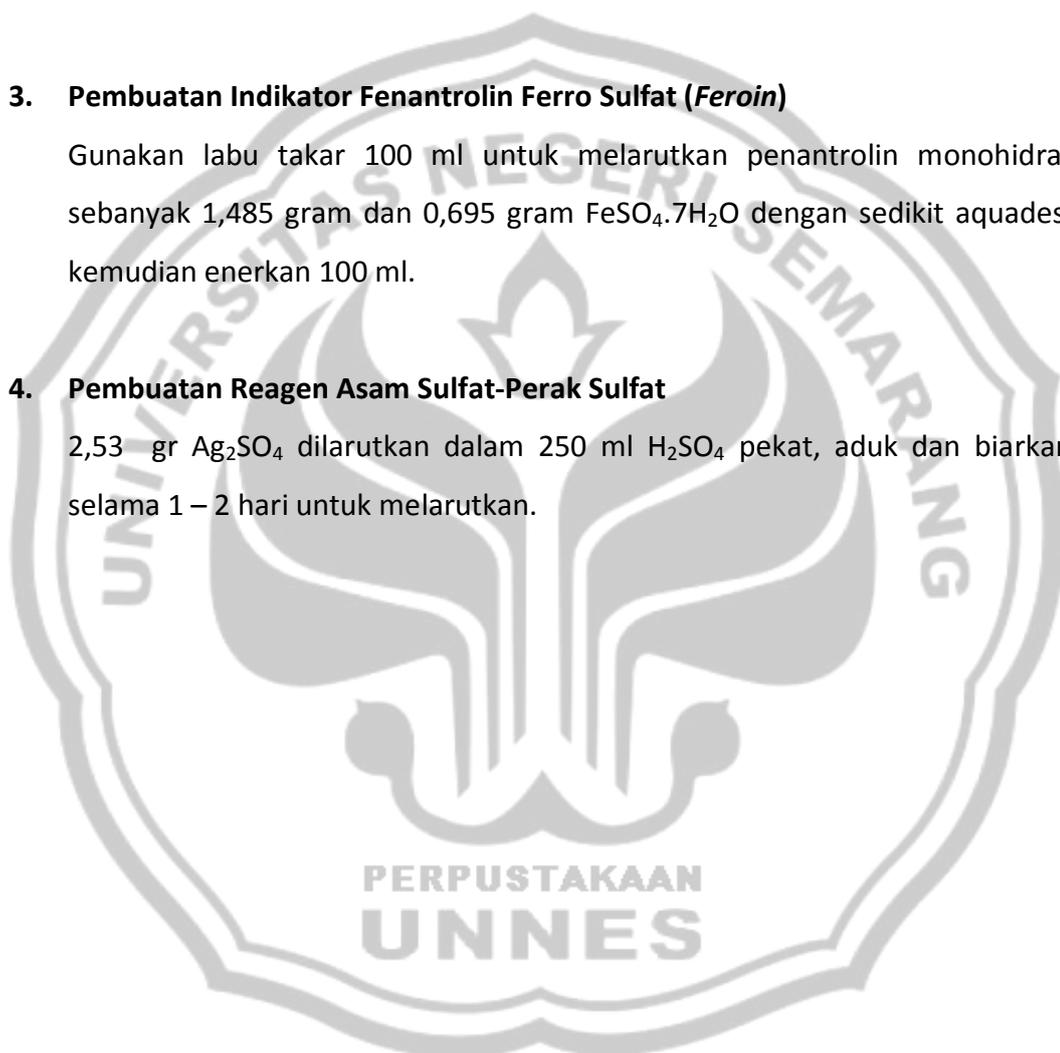
Sebanyak 9,75 gram $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam kurang lebih 100 ml aquades, kemudian ditambahkan 5 ml H_2SO_4 pekat, larutan didinginkan, lalu masukkan ke dalam labu takar 250 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda tera. Standarisasikan dengan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N.

3. Pembuatan Indikator Fenantrolin Ferro Sulfat (*Feroin*)

Gunakan labu takar 100 ml untuk melarutkan penantrolin monohidrat sebanyak 1,485 gram dan 0,695 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan sedikit aquades, kemudian encerkan 100 ml.

4. Pembuatan Reagen Asam Sulfat-Perak Sulfat

2,53 gr Ag_2SO_4 dilarutkan dalam 250 ml H_2SO_4 pekat, aduk dan biarkan selama 1 – 2 hari untuk melarutkan.



Lampiran 9

Pembuatan Reagen Analisis BOD

1. Pembuatan Larutan Natrium Thio-sulfat 0,025 N

- Volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 1000 \text{ ml}$
- Valensi 1 ; $0,025 \text{ N} = 0,025 \text{ M}$
- Mr $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 158 \text{ g/mol}$
- Massa $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{V \times M \times \text{Mr}}{10000}$
 $= \frac{1000 \text{ ml} \times 0,025 \text{ M} \times 158 \text{ g/mol}}{1000} = 3,95 \text{ gram}$

Sebanyak 3,95 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dilarutkan dalam labu takar 1000 ml dengan aquades sampai tanda tera.

2. Pembuatan Larutan Standar Kalium Dikromat 0,025 N

- Diencerkan dari larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N (N_1)
- Volume yang dibuat = $V_2 = 100 \text{ ml}$
- N yang dibuat = $N_2 = 0,025 \text{ N}$
- Volume yang diencerkan = $\frac{V_2 \times N_2}{N_1} = \frac{100 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N}}{0,25 \text{ N}} = 10 \text{ ml}$

Diencerkan 10 ml larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N dengan aquades dengan labu takar 100 ml sampai tanda tera.

3. Pembuatan Larutan Mangan Sulfat

Sebanyak 36,4 gr $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam labu takar 100 ml dengan aquades sampai tanda tera.

- Mr $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 168,604 \text{ g/mol}$
- Massa $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 36,4 \text{ gram}$
- Volume yang dibuat = 100 ml
- M $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = \frac{\text{massa} \times 1000}{\text{Mr} \times V} = \frac{36,4 \text{ gr} \times 1000}{168,604 \text{ g/mol} \times 100 \text{ ml}} = 2,159 \text{ M}$

Konsentrasi larutan $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ yang dibuat adalah 2,159 M.

4. Pembuatan larutan alkali-iodida Azida

Dilarutkan secara terpisah masing-masing dalam 10 ml aquades 50 gram NaOH, 15 gram KI, dan 1 gram NaN_3 . Kemudian dicampurkan dalam labu takar 100 ml dan diencerkan dengan aquades sampai 100 ml lalu didinginkan.

5. Pembuatan Larutan Indikator Kanji

- Massa amilum = 1 gram
- Massa asam salisilat ($\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$) = 0,2 gr
- Volume yang dibutuhkan = 100 ml
- Sebanyak 1 gram amilum dilarutkan dengan aquades 100 ml dan ditambah asam salisilat ($\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$) 0,2 gr sebagai pengawet, dididihkan hingga larutan jernih.

6. Pembuatan Larutan H_2SO_4 6 N

- Volume yang dibuat = 25 ml
- Valensi = 2
- $$M \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{N \text{H}_2\text{SO}_4}{\text{Valensi}} = \frac{6 \text{ N}}{2} = 3 \text{ M}$$
- Kadar H_2SO_4 = 97 %
- $\rho = 1,84 \text{ Kg/L}$
- $M_r \text{H}_2\text{SO}_4 = 98,08 \text{ g/mol}$
- $$M \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat} = \frac{\rho \times \text{Kadar} \times 1000}{M_r}$$

$$= \frac{1,84 \text{ kg/L} \times 97\% \times 1000}{98,08} = 18,1974 \text{ M}$$
- Diencerkan H_2SO_4 pekat tadi menjadi 6 N
- $M_2 = 3 \text{ M}$

- $V_2 = 25 \text{ ml}$
- $V_1 = \frac{V_2 \times M_2}{M_1} = \frac{25 \text{ ml} \times 3M}{18,1974M} = 4,12 \text{ ml}$

Sebanyak 4,12 ml H_2SO_4 97 % dimasukkan ke dalam labu takar 25 ml, kemudian ditambah aquades sampai tanda batas dan dikocok.



Lampiran 10

Standarisasi Ferro Ammonium Sulfat (FAS)

- 5 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ ditambahkan 1 ml H_2SO_4 pekat. Dinginkan kemudian dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat dengan indikator ferroin (2-3 tetes). Warna larutan akan berubah dari hijau kebiruan menjadi orange kemerah-merahan.
- Perhitungan :

$$N_{Fe(NH_4)_2(SO_4)_2} = \frac{N_{K_2Cr_2O_7} \times V_{K_2Cr_2O_7}}{V_{Fe(NH_4)_2(SO_4)_2}}$$

Volume $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ (ml)

I	II	Rata-rata
1,2	1,4	1,3

$$N_{Fe(NH_4)_2(SO_4)_2} = \frac{N_{K_2Cr_2O_7} \times V_{K_2Cr_2O_7}}{V_{Fe(NH_4)_2(SO_4)_2}}$$

$$= \frac{0,025 N \times 5 \text{ ml}}{1,3 \text{ ml}}$$

$$= 0,096 N$$

Lampiran 10

Standarisasi Natrium Thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

- Sebanyak 20 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025 N ditambah 1 gram KI dan 1 ml H_2SO_4 pekat ditambah amilum.
- Perhitungan :

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{N \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times V \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)

I	II	Rata-rata
10,2	10,2	10,2

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{N \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times V \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$= \frac{0,025 \text{ N} \times 10 \text{ ml}}{10,2 \text{ ml}}$$

$$= 0,0248 \text{ N}$$

PERPUSTAKAAN
UNNES

Lampiran 11**Penentuan Kadar COD Setelah Perlakuan
Dengan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung.****1. Penentuan Waktu Perendaman Arang Optimum**

ml sampel : 5 ml

ml titrasi blanko : 1,31 ml

N FAS : 0,096 N

BeO₂ : 8

Pengenceran : 5 X



Lampiran 12

Penentuan Kadar BOD Setelah Perlakuan Dengan Arang Aktif Kulit Singkong dan Tongkol Jagung.

1. Penentuan Waktu Optimum

$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,0248 \text{ N}$

$V \text{ sampel yang dititrasi} = 5 \text{ ml}$

$\text{BeO}_2 = 8$

Tabel 27. Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang

Barat

No.	Parameter	Kadar
1	pH	4,39
2	temperatur	49,7 °C
3	BOD	177,224 mg/L

PERPUSTAKAAN
UNNES

Tabel 28. Penentuan Kadar BOD Dengan Variasi Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong (massa 1 gram),

KS 14

KS 16

Sampel	V 1 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V 2 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V rata- rata Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO 1 (mg/L)	V 1 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V 2 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V rata- rata Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO 5 (mg/L)	BOD (mg/L)	Penurunan	% Penurunan
KS 12	0,74	0,74	0,74	293,63	0,39	0,39	0,390	152,88	140,75	20,57	36,47
KS 14	0,76	0,74	0,75	297,60	0,37	0,38	0,375	147,00	150,60	15,02	26,62
KS 16	0,72	0,73	0,72	287,68	0,34	0,34	0,340	133,28	154,4	12,87	22,82

Tabel 29. Penentuan Kadar BOD Dengan Variasi Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong (massa 1 gram),

Sampel	V 1 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V 2 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V rata- rata Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO 1 (mg/L)	V 1 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V 2 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V rata- rata Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO 5 (mg/L)	BOD (mg/L)	Penurunan (mg/L)	% Penurunan
TJ 12	0,73	0,74	0,73	291,64	0,38	0,38	0,38	148,96	142,68	19,48	34,53
TJ 14	0,74	0,74	0,74	293,63	0,37	0,39	0,38	148,96	144,67	18,36	32,55
TJ 16	0,73	0,74	0,73	291,64	0,36	0,36	0,36	141,12	150,52	15,06	26,69

Perhitungan BOD :

❖ Rumus yang digunakan :

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{V \text{ Thiosulfat} \times N \text{ Thiosulfat} \times 1000 \times B \times P}{V \text{ Sampel}}$$

1) Contoh perhitungan pada variasi waktu perendaman arang aktif kulit singkong (massa 1 gram):

$$DO_0 = \frac{0,725 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 287,68 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{0,355 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 139,16 \text{ mg/L}$$

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5$$

$$= 293,632 \text{ mg/L} - 139,16 \text{ mg/L} = 148,52 \text{ mg/L}$$

2) Contoh perhitungan pada variasi waktu perendaman arang aktif toongkol jagung (massa 1 gram):

$$DO_0 = \frac{0,74 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 293,632 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{0,355 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 148,96 \text{ mg/L}$$

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5$$

$$= 293,632 \text{ mg/L} - 148,96 \text{ mg/L} = 144,672 \text{ mg/L}$$

2. Penentuan pH Optimum Limbah Tahu Arang Aktif,

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,0248 \text{ N}$$

$$V \text{ sampel yang dititrasi} = 5 \text{ ml}$$

$$BeO_2 = 8$$

Tabel 29. Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kadar
1	pH	4,98
2	temperatur	45,2 °C
3	BOD	154,688 mg/L

Tabel 30. Penentuan kadar bod dengan variasi pH limbah optimum untuk arang aktif kulit singkong menggunakan waktu perndaman optimum 12 jam (massa arang aktif 1 gram).

Sampel pH	V 1 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V 2 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V rata-rata Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO 1 (mg/L)	V 1 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V 2 Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	V rata-rata Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO 5 (mg/L)	BOD (mg/L)	Penurunan (mg/L)	% Penurunan
5	1,14	1,15	1,14	359,07	0,84	0,84	0,84	266,64	92,42	62,26	40,25
6	1,12	1,12	1,12	351,23	0,78	0,79	0,78	249,19	102,04	52,64	34,03
7	1,08	1,06	1,07	335,55	0,73	0,73	0,73	231,73	103,82	50,86	32,88
8	0,92	0,93	0,92	290,08	0,58	0,57	0,57	182,52	107,55	47,13	30,47

Tabel 31. Penentuan kadar bod dengan variasi pH limbah optimum untuk arang aktif tongkol jagung menggunakan waktu perndaman optimum 12 jam (massa arang aktif 1 gram).

Sampel	V 1	V 2	V rata-rata	DO 1 (mg/L)	V 1	V 2	V rata-rata	D (m)
	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)		Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	
5	1,02	1,02	1,02	319,87	0,70	0,71	0,71	2
6	1,02	1,01	1,01	318,30	0,70	0,68	0,69	2
7	0,98	0,98	0,98	307,32	0,66	0,65	0,655	2
8	0,97	0,98	0,97	305,76	0,60	0,61	0,605	1

Perhitungan BOD :

❖ Rumus yang digunakan :

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{V \text{ Thiosulfat} \times N \text{ Thiosulfat} \times 1000 \times BaO_2 \times P}{V \text{ Sampel}}$$

1) Contoh perhitungan pada variasi pH limbah tahu untuk penambahan arang aktif kulit singkong (massa 1 gram):

$$DO_0 = \frac{1.145 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 8}{5} = 359,072 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{0.84 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 8}{5} = 266,6496 \text{ mg/L}$$

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5 \\ = 359,072 \text{ mg/L} - 266,6496 \text{ mg/L} = 92,4224 \text{ mg/L}$$

2) Contoh perhitungan pada variasi pH limbah tahu untuk penambahan arang aktif tongkol jagung (massa 1 gram):

$$DO_0 = \frac{1.02 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 8}{5} = 319,872 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{0.705 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 8}{5} = 223,7952 \text{ mg/L}$$

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5 \\ = 319,872 \text{ mg/L} - 223,7952 \text{ mg/L} = 96,0768 \text{ mg/L}$$

3. Penentuan Massa Optimum Arang Aktif.

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,0248 \text{ N}$$

$$V \text{ sampel yang dititrasi} = 5 \text{ ml}$$

$$\text{BeO}_2 = 8$$

Tabel 32. Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang

Barat

No.	Parameter	Kadar
1	pH	4,47
2	temperatur	39,4 °C
3	BOD	242,048 mg/L

Tabel 33. Penentuan Kadar BOD dengan Variasi Massa Untuk pH Limbah Optimum 5 Untuk Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Waktu Perndaman Optimum 12 jam

Sampel	V 1	V 2	V rata-rata	DO 1	V 1	V 2	V rata-rata	DO
Massa (gr)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	(mg/L)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	(mg/L)
0,6	1,64	1,66	1,65	654,72	1,27	1,25	1,260	49
0,8	1,65	1,66	1,65	656,70	1,31	1,32	1,315	52
1,0	1,68	1,68	1,68	666,62	1,35	1,36	1,355	53
1,2	1,71	1,70	1,70	676,54	1,40	1,42	1,410	55
1,4	1,68	1,69	1,68	668,60	1,38	1,37	1,375	54

Tabel 34. Penentuan Kadar BOD dengan Variasi Massa Untuk pH Limbah Optimum 5 Untuk Arang Aktif Tongkol Jagung Menggunakan Waktu Perndaman Optimum 12 jam

Sampel	V 1	V 2	V rata-rata	V 1	V 2	V rata-rata	DO	
Massa (gr)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO 1 (mg/L)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	DO (mg)
0,6	1,64	1,64	1,64	650,75	1,23	1,25	1,24	492
0,8	1,66	1,64	1,65	654,72	1,25	1,26	1,25	492
1,0	1,70	1,69	1,69	672,57	1,34	1,34	1,34	532
1,2	1,68	1,68	1,68	666,62	1,28	1,30	1,29	512
1,4	1,65	1,65	1,65	654,72	1,24	1,24	1,24	492

Perhitungan BOD :

❖ Rumus yang digunakan :

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{V \text{ Thiosulfat} \times N \text{ Thiosulfat} \times 1000 \times BaO_2 \times P}{V \text{ Sampel}}$$

1. Contoh perhitungan pada variasi massa untuk penambahan arang aktif kulit singkong:

$$DO_0 = \frac{1.650 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 654,720 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{1.240 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 499,9680 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} BOD_5 &= DO_0 - DO_5 \\ &= 654,720 \text{ mg/L} - 499,9680 \text{ mg/L} = 154,7520 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Contoh perhitungan pada variasi massa untuk penambahan arang aktif kulit singkong:

$$DO_0 = \frac{1.640 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 650,7520 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{1.240 \times 0,0248 \times 1000 \times 8 \times 10}{5} = 492,0320 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} BOD_5 &= DO_0 - DO_5 \\ &= 650,7520 \text{ mg/L} - 492,0320 \text{ mg/L} = 158,7200 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Tabel 18. Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kadar
1	Temperatur	39 °C
2	pH	4,59
3	COD	576,00 mg/L

Tabel 19. Penentuan Variasi Untuk Waktu Perendaman Arang Aktif Kulit Singkong (massa 1 gram).

Waktu Perendaman	V 1 (FAS)ml	V2 (FAS)ml	V rata (FAS)ml	COD	Penurunan	% Penurunan
12	0,70	0,70	0,70	468,48	107,52	18,67
14	0,68	0,66	0,67	491,52	84,48	14,67
16	0,65	0,66	0,65	503,04	72,96	12,67

Tabel 20. Penentuan Variasi Untuk Waktu Perendaman Arang Aktif Tongkol Jagung (massa 1 gram).

Waktu Perendaman	V 1 (FAS)ml	V2 (FAS)ml	V rata2 (FAS)ml	COD	Penurunan	% Penurunan
12	0,68	0,69	0,68	480,00	96,00	16,67
14	0,67	0,68	0,67	487,68	88,32	15,33
16	0,66	0,66	0,66	499,20	76,80	13,33

Perhitungan COD :

❖ Rumus yang digunakan :

$$COD = \frac{(A - B) \times N \times FAS \times 1000 \times \text{BaO}_2 \times P}{V \text{ Sampel}}$$

1) Contoh perhitungan pada limbah :

$$\text{COD}_{\text{limbah}} = \frac{(1,310 - 0,56) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 5}{5} = 576,00 \text{ mg/L}$$

- 2) Contoh perhitungan pada sampel dengan waktu Perendaman 12 jam dan massa arang aktif 1 gram (Kulit Singkong) :

$$\text{COD}_{\text{KS12}} = \frac{(1,310 - 0,7) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 5}{5} = 468,48 \text{ mg/L}$$

- 3) Contoh perhitungan pada sampel dengan waktu Perendaman 12 jam dan massa arang aktif 1 gram (Tongkol Jagung) :

$$\text{COD}_{\text{KS12}} = \frac{(1,310 - 0,685) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 5}{5} = 480,00 \text{ mg/L}$$

2. Penentuan pH Optimum Arang Aktif.

ml sampel	: 5 ml
ml titrasi blanko	: 1,09 ml
N FAS	: 0,096 N
BeO ₂	: 8

Tabel 21. Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kadar
1	temperatur	39 °C
2	pH	4,59
3	COD	350,208 mg/L

Tabel 22. Penentuan Kadar COD dengan Variasi pH Limbah Optimum Untuk Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Waktu Perendaman Optimum 12 jam (massa arang aktif 1 gram)

pH	V 1 (FAS)ml	V2 (FAS)ml	V rata2 (FAS)ml	COD	Penurunan	% Penurunan
5	0,46	0,47	0,46	288,00	62,20	21,60
6	0,48	0,48	0,48	281,09	69,12	24,59
7	0,46	0,46	0,46	290,30	59,90	20,63
8	0,44	0,45	0,44	297,21	52,99	17,83

Tabel 23. Penentuan Kadar COD dengan Variasi pH Limbah Optimum Untuk Arang Aktif Tongkol Jagung Menggunakan Waktu Perendaman Optimum 12 jam (massa arang aktif 1 gram)

Sampel pH	V 1 (FAS)ml	V2 (FAS)ml	V rata2 (FAS)ml	COD	Penurunan	% Penurunan
5	0,47	0,47	0,47	285,69	64,51	22,58
6	0,45	0,45	0,45	294,91	55,29	18,75
7	0,44	0,45	0,44	297,21	52,99	17,83
8	0,43	0,43	0,43	304,12	46,08	15,15

Perhitungan COD :

❖ Rumus yang digunakan :

$$COD = \frac{(A - B) \times N \times FAS \times 1000 \times B_2O_2 \times F}{V \text{ Sampel}}$$

1) Contoh perhitungan pada limbah :

$$COD_{limbah} = \frac{(1,09 - 0,33) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 3}{5} = 350,208 \text{ mg/L}$$

2) Contoh perhitungan pada sampel dengan Variasi pH limbah 5 waktu Perendaman optimum 12 Jam (Kulit Singkong) :

$$COD_{pH 5} = \frac{(1,09 - 0,465) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 3}{5} = 288,000 \text{ mg/L}$$

3) Contoh perhitungan pada sampel dengan Variasi pH limbah 5 waktu Perendaman optimum 12 Jam (Tongkol Jagung) :

$$\text{COD}_{\text{pH } 5} = \frac{(1,09 - 0,47) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 3}{5} = 285,690 \text{ mg/L}$$

3. Penentuan Massa Optimum Arang Aktif.

ml sampel	: 5 ml
ml titrasi blanko	: 1,15 ml
N FAS	: 0,096 N
BeO ₂	: 8

Tabel 24. Parameter mutu limbah barik tahu Desa Krobokan Kec. Semarang Barat

No.	Parameter	Kadar
1	Suhu	39,4 °C
2	pH	4,47
3	COD	540,67 mg/L

Tabel 25. Penentuan Kadar COD dengan Variasi Massa Untuk pH Limbah Optimum 6 Untuk Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Waktu Perndaman Optimum 12 jam

Massa (gr)	V 1 (FAS)ml	V2 (FAS)ml	V rata2 (FAS)ml	COD	Penurunan	% Penurunan
0,6	0,81	0,81	0,81	430,08	110,59	20,45
0,8	0,82	0,81	0,81	423,93	116,73	21,59
1,0	0,82	0,82	0,82	417,79	122,88	22,73
1,2	0,83	0,84	0,83	399,36	141,31	26,14
1,4	0,82	0,82	0,82	417,79	122,88	22,73

Tabel 26. Penentuan Kadar COD dengan Variasi Massa Untuk pH Limbah Optimum 6 Untuk Arang Aktif Tongkol Jagung Menggunakan Waktu Perndaman Optimum 12 jam

Massa (gr)	V 1 (FAS)ml	V2 (FAS)ml	V rata2 (FAS)ml	COD	Penurunan	% Penurunan
0,6	0,78	0,78	0,78	466,944	73,728	13,636
0,8	0,80	0,80	0,80	442,368	98,304	18,182
1,0	0,82	0,82	0,82	417,792	122,880	22,727
1,2	0,81	0,81	0,81	430,080	110,592	20,455
1,4	0,78	0,78	0,78	466,944	73,728	13,636

Perhitungan COD :

❖ Rumus yang digunakan :

$$COD = \frac{(A - B) \times N \times FAS \times 1000 \times 8 \times 8}{M \text{ Sampel}}$$

1) Contoh perhitungan pada limbah :

$$COD_{limbah} = \frac{(1,15 - 0,72) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 8}{5} = 540,672 \text{ mg/L}$$

2) Contoh perhitungan pada sampel dengan Variasi Massa 0,6 gr pH limbah 6 waktu Perendaman optimum 12 Jam (Kulit Singkong) :

$$COD_{0,6} = \frac{(1,15 - 0,81) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 8}{5} = 430,080 \text{ mg/L}$$

3) Contoh perhitungan pada sampel dengan Variasi Massa 0,6 pH limbah 5 waktu Perendaman optimum 14 Jam (Tongkol Jagung) :

$$COD_{0,6} = \frac{(1,15 - 0,78) \times 0,096 \times 1000 \times 8 \times 8}{5} = 466,944 \text{ mg/L}$$