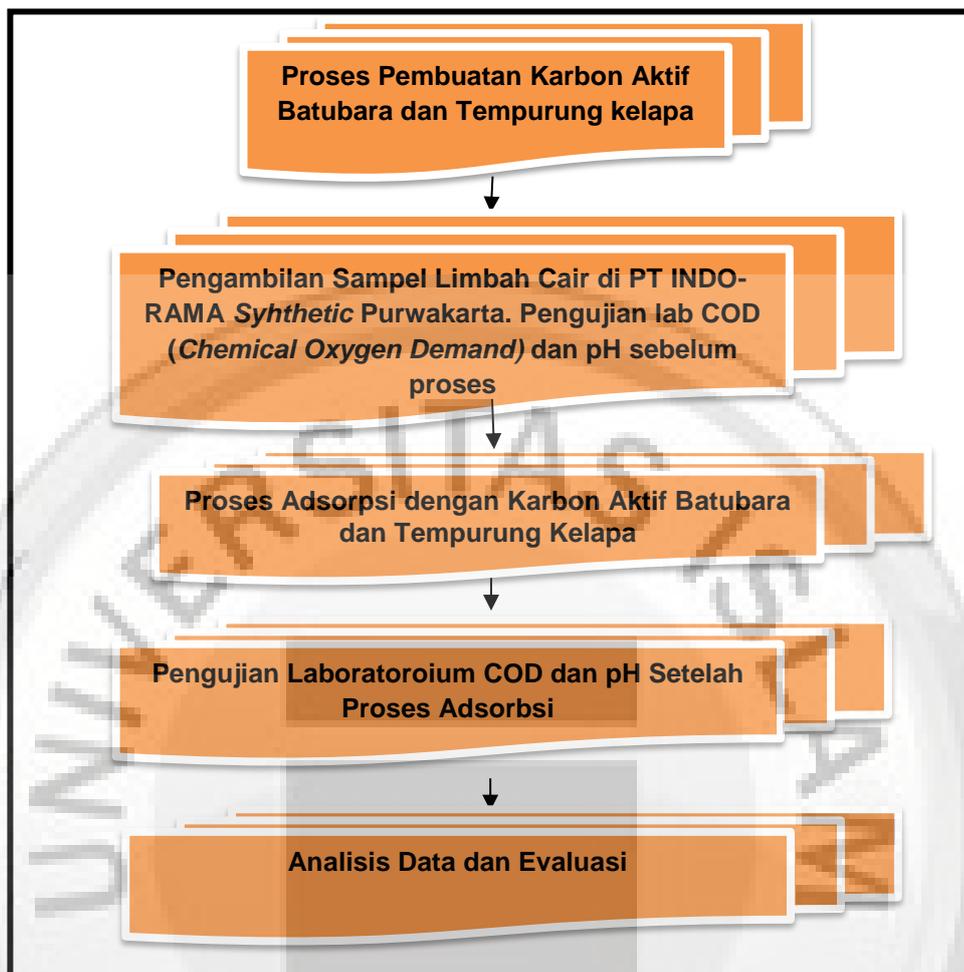


## BAB IV

### DATA DAN HASIL PENELITIAN

#### 4.1 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan terdiri atas beberapa tahapan kegiatan yang meliputi, proses pembuatan karbon aktif batubara dan tempurung kelapa, proses pengambilan sampel limbah cair tekstil dan proses adsorpsi dengan karbon aktif batubara dan karbon aktif tempurung kelapa. Dalam percobaan ini digunakan karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa sebagai pembanding. Pemilihan bahan karbon aktif dari tempurung kelapa ini disebabkan karena pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa ini menghasilkan iodine number yang cukup besar dan biasanya untuk industri jenis karbon aktif yang digunakan adalah berbahan dasar tempurung kelapa. Skema dibawah ini menunjukkan garis besar proses yang dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang diharapkan.



Gambar 4.1  
Skema Metodologi Penelitian

## 4.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

### 4.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam percobaan ini tercantum dalam Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 4.1  
Alat yang Digunakan dalam Percobaan

No	Nama Alat	Kegiatan
1	<i>Rotary Kiln</i> , dengan peralatan penunjang : <i>Boiler, Bucket Elevator, Burner Cyclo, Feeder, Siklon</i>	Proses Karbonisasi dan Aktivasi
2	Drum	
3	Jaw Crusher	Proses Preparasi

No	Nama Alat	Kegiatan
4	Double Roll Mill	Proses Pengambilan Sample Limbah Cair Tekstil
5	Vibraty Screen	
6	Jerigen	
7	Tali	
8	Kayu	
9	Furnace/oven	Analisis proksimat, bilangan Iodin dan pengukuran pH
10	Timbangan Analitik	
11	Penggerus	
12	Ayakan	
13	Bucket	
14	Pipet	
15	Gelas Ukur	
16	Hot Plate	
17	Pengaduk	
18	Botol Sample	
19	Alat pengukur pH	
20	Kertas Saring No. 42	
21	Plastik	
22	Cawan	
23	Peralatan refluks, labu erlenmeyer, pendingin Liebig 30 cm;	Analisa COD
24	Hot plate atau yang setara	
25	Labu ukur 100 mL dan 1000 mL	
26	Buret 25 mL atau 50 mL	
27	Pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL dan 50 mL	

No	Nama Alat	Kegiatan
28	Erlenmeyer 250 mL (labu refluks)	
29	Timbangan analitik	

#### 4.2.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam percobaan ini yaitu batubara sub-bituminus yang berasal dari PT Bukit Asam Persero Tbk Tanjung Enim dan tempurung kelapa yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Sedangkan limbah yang diujikan berasal dari PT INDO-RAMA Synthetic Tbk Purwakarta. Pengambilan limbah dilakukan pada 2 titik yaitu pada titik *inlet* dan *outlet*. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan tercantum pada Tabel 4.2 di bawah ini.

**Tabel 4.2**  
Bahan-bahan yang digunakan untuk proses analisis bilangan Iod dan COD

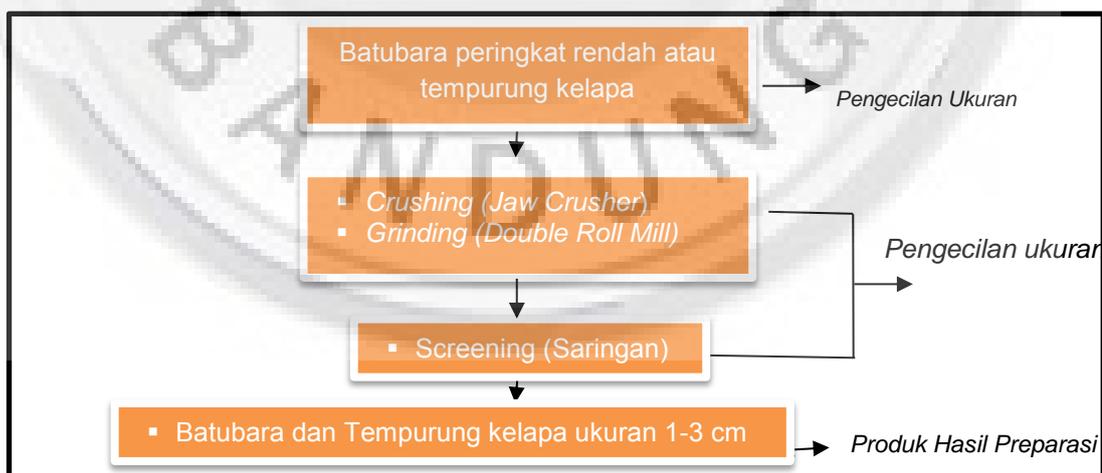
No	Bahan	Kegiatan
1	Asam Klorida (HCl)	Proses Analisa Bilangan Iodin
2	Natrium Tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	
3	Larutan Iodium ( $\text{I}_2$ )	
4	Kalium Iodida (KI)	
5	HCL 5%	
6	Kertas Whatman No. 40	
7	Aquades	
8	Corong	
9	Buret	
10	Gelas ukur	
11	Timbangan Analitik, Hot plate	
1	Larutan baku kalium dikromat 0,25 N. Larutkan 12,259 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (yang telah dikeringkan pada 1500C selama 2 jam) dengan air suling dan tepatkan sampai 1000 mL.	Proses Analisa COD
2	larutan asam sulfat – perak sulfat. Tambahkan 5,5 g $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ kedalam 1 kg asam sulfat pekat atau 10,12 g $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ dalam 1000 mL asam sulfat pekat, aduk dan biarkan 1 hari sampai 2 hari untuk melarutkan.	
3	Larutan indikator ferroin. Larutkan 1,485 g 1,10 phenanthrolin monohidrat	

No	Bahan	Kegiatan
	dan 0,695 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam air suling dan encerkan sampai 100 mL.	
4	larutan ferro ammonium sulfat (FAS) 0,1 N. Larutkan 39,2 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam air suling, tambahkan 20 mL $\text{H}_2\text{SO}_4$ pekat, dinginkan dan tepatkan sampai 1000 mL. Bakukan larutan ini dengan larutan baku kalium dikromat 0,25 N.	
5	larutan baku potasium hidrogen phthalat (KHP). Larutkan 425 mg KHP (yang telah dihaluskan dan dikeringkan pada 1100C), dalam air suling dan tepatkan sampai 1000 mL. Larutan ini mempunyai kadar KOK 500 mg/L $\text{O}_2$ . Bila disimpan dalam refrigerator dapat digunakan sampai 1 minggu selama tidak ada pertumbuhan mikroba.	
6	asam sulfamat. Hanya digunakan jika ada gangguan nitrit, 10 mg asam sulfamat untuk 1 mg nitrit	
7	serbuk merkuri sulfat, $\text{HgSO}_4$ dan batu didih	

### 4.3 Prosedur

#### 4.3.1 Preparasi Sampel

Prosedur preparasi sampel dilakukan dengan metode seperti pada skema di bawah ini.



**Gambar 4.2**  
**Skema Prosedur Preparasi**

Prosedur preparasi :

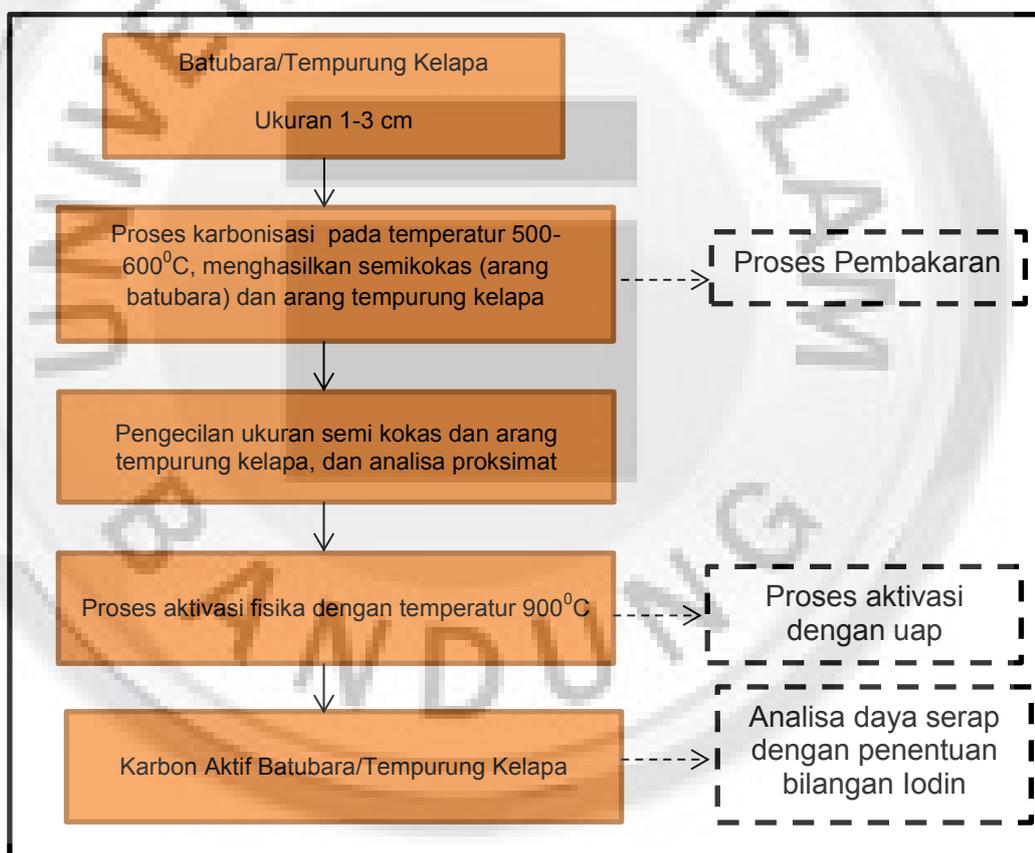
1. Siapkan bahan baku (batubara Sub-bituminus dan tempurung kelapa)
2. Selanjutnya lakukan proses penggerusan batubara bongkah dan tempurung

kelapa untuk memperoleh ukuran yang lebih kecil dengan menggunakan alat *jaw crusher* dan *double roll mill*

3. Kemudian dilakukan penyeragaman ukuran dengan menggunakan alat *Vibrating Screen*, sehingga diperoleh ukuran batubara  $\pm 1-3$  cm

#### 4.3.2 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif terdiri atas dua proses, yaitu karbonisasi dan Aktivasi. Proses karbonisasi dan aktivasi dilakukan dengan metode seperti pada skema di bawah ini.



**Gambar 4.3**  
**Skema prosedur pembuatan karbon aktif**

Prosedur karbonisasi :

1. Masukkan bahan baku (batubara atau tempurung kelapa) ke dalam alat *rotary kiln*, dengan temperatur  $500-600^{\circ}\text{C}$ .
2. Setelah bahan baku yang telah menjadi semikokas/arang keluar dari alat

*rotary kiln*, selanjutnya ditampung dalam drum dan dilakukan pengecilan ukuran untuk proses Aktivasi. Selanjutnya produk semikokas/arang tempurung kelapa dilakukan analisa proksimat yang meliputi kadar air, kadar abu, zat terbang, dan karbon padat (*fixed carbon*).

Prosedur aktivasi :

1. Semikokas atau arang tempurung kelapa dimasukkan ke dalam alat *rotary kiln*, dengan ukuran tertentu pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dengan mengalirkan uap selama proses berlangsung.
2. Hasil proses Aktivasi adalah karbon aktif batubara
3. Selanjutnya dilakukan analisa nilai bilangan Iodin.

#### **4.3.3 Prosedur pengambilan sampel limbah cair**

Prosedur pengambilan sampel limbah cair adalah sebagai berikut :

1. Bersihkan terlebih dahulu derijen 5 liter yang akan digunakan
2. Kemudian benamkan derijen 5 liter tersebut ke dalam bak penampungan limbah dengan menggunakan tali dan kayu
3. Kemudian pengambilan sampel limbah yang pertama digunakan untuk membersihkan (membilas) derijen tersebut, pembilasan dilakukan sebanyak 3 kali.
4. Setelah derijen bersih dilakukan pengambilan sampel kedua yang akan digunakan untuk proses adsorpsi, derijen tersebut ditutup.

#### **4.3.4 Prosedur Analisa Bilangan Iodin**

Prosedur analisis penentuan bilangan iodium sebagai berikut :

1. Karbon aktif yang akan digunakan dalam percobaan digerus hingga diperoleh ukuran 325 mesh
2. Bubuk karbon aktif dikeringkan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan oven

3. Setelah itu diangkat dan didinginkan di dalam desikator
4. Ditimbang sejumlah gram contoh karbon aktif ke dalam erlenmeyer 260 ml, bertutup gelas
5. Kemudian ditambahkan HCL 5% sebanyak 10 ml, diaduk sampai rata
6. Dipanaskan di atas *hotplate* (pemanas) sampai mendidih  $\pm 30$  detik
7. Dinginkan pada suhu kamar
8. Kemudian ditambahkan 100 ml larutan iodin 0.1 N dengan menggunakan pipet, kocok selama  $\pm 30$  detik
9. Selanjutnya larutan Iodin disaring dengan menggunakan kertas saring whatman No. 42, dan filtrat ditampung di dalam erlenmeyer
10. Filtrat kemudian di pipet sebanyak 50 mL, masukkan ke dalam erlenmeyer bersih, dan dititrasi dengan larutan Natrium Tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,1 N sampai warna larutan berubah menjadi bening (tidak berwarna). Catat volume Natrium Tiosulfat yang terpakai untuk titrasi.

#### 4.3.5 Perhitungan Bilangan Iodin

Penetapan daya serap karbon aktif (bilangan iodium) merupakan persyaratan utama untuk menilai kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Oleh karena itu, setiap produk karbon aktif yang dihasilkan harus dianalisis bilangan iodiumnya. Prosedur bilangan iodium mengacu pada standar (*AWWA B 604-72 (American Water Work Association Standart)*). Bilangan iodium merupakan jumlah miligram iodium yang terserap oleh suatu gram karbon. Perhitungan bilangan iodium berdasarkan standart *AWWA B604-74* adalah sebagai berikut :

$$\text{Bilangan iodium} = \frac{x}{m} D$$

$$X = \frac{N1 \times 12693,0 - (2,2 (N2 \times 126,93)) \times \text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{\text{Sampel (gram)}} \times D$$

Dengan :

$\frac{x}{m}$  = Berat Iodium dalam miligram (mg) yang diserap oleh 1 gram karbon aktif

N1 = Normalitas larutan iodium

N2 = Normalitas larutan thiosulphure

A =  $N1 \times 12693$

B =  $N2 \times 126,93$

C = Normalitas residual filtrat

D = Faktor koreksi (Terlampir)

#### 4.3.6 Prosedur Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Tahapan prosedur yang dilakukan dalam analisis COD berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.15-2004. Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) refluks terbuka dengan refluks terbuka secara titrimetri adalah sebagai berikut :

1. Pipet 10 mL contoh uji, masukkan kedalam erlenmeyer 250 mL.
2. Tambahkan 0,2 g serbuk  $\text{HgSO}_4$  dan beberapa batu didih.
3. Tambahkan 5 mL larutan kalium dikromat,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,25 N.
4. Tambahkan 15 mL pereaksi asam sulfat – perak sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin.
5. Hubungkan dengan pendingin Liebig dan didihkan diatas hot plate selama 2 jam.
6. Dinginkan dan cuci bagian dalam dari pendingin dengan air suling hingga volume contoh uji menjadi lebih kurang 70 mL.
7. Dinginkan sampai temperatur kamar, tambahkan indikator ferroin 2 sampai dengan 3 tetes, titrasi dengan larutan Ferro ammonium sulfat (FAS) 0,1 N sampai warna merah kecoklatan, catat kebutuhan larutan FAS.

8. Lakukan langkah 3.5 a) sampai dengan 3.5 g) terhadap air suling sebagai blanko. Catat kebutuhan larutan FAS. Analisis blanko ini sekaligus melakukan pembakuan larutan FAS dan dilakukan setiap penentuan KOK.

Perhitungan analisa COD adalah sebagai berikut :

#### 1. Normalitas larutan FAS

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{(V1)(N1)}{V2}$$

dengan pengertian :

V1 adalah volume larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> yang digunakan, mL;

V2 adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan, mL;

N1 adalah Normalitas larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

#### 2. Kadar KOK

$$\text{KOK (mg/L O}_2\text{)} = \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{mL. Contoh-Uji}}$$

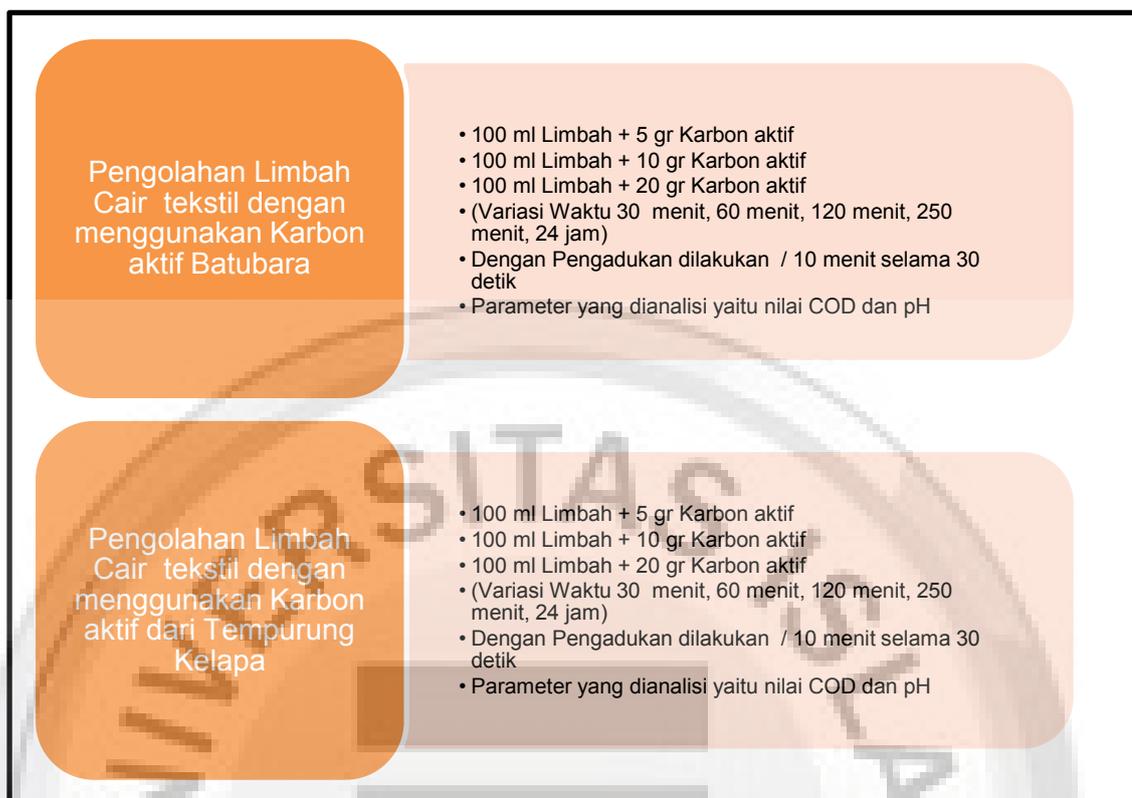
dengan pengertian :

A adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, mL;

B adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh, mL;

#### 4.3.7 Prosedur percobaan adsorpsi

Dalam proses adsorpsi ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu waktu kontak dan jumlah pengadukan. Waktu kontak adalah waktu yang diperlukan dalam proses adsorpsi untuk adsorbat kontak dengan adsorbent. Prosedur percobaan adsorpsi dilakukan dengan metode seperti pada Gambar 4.4 di bawah ini.



**Gambar 4.4**  
**Proses Adsorpsi**

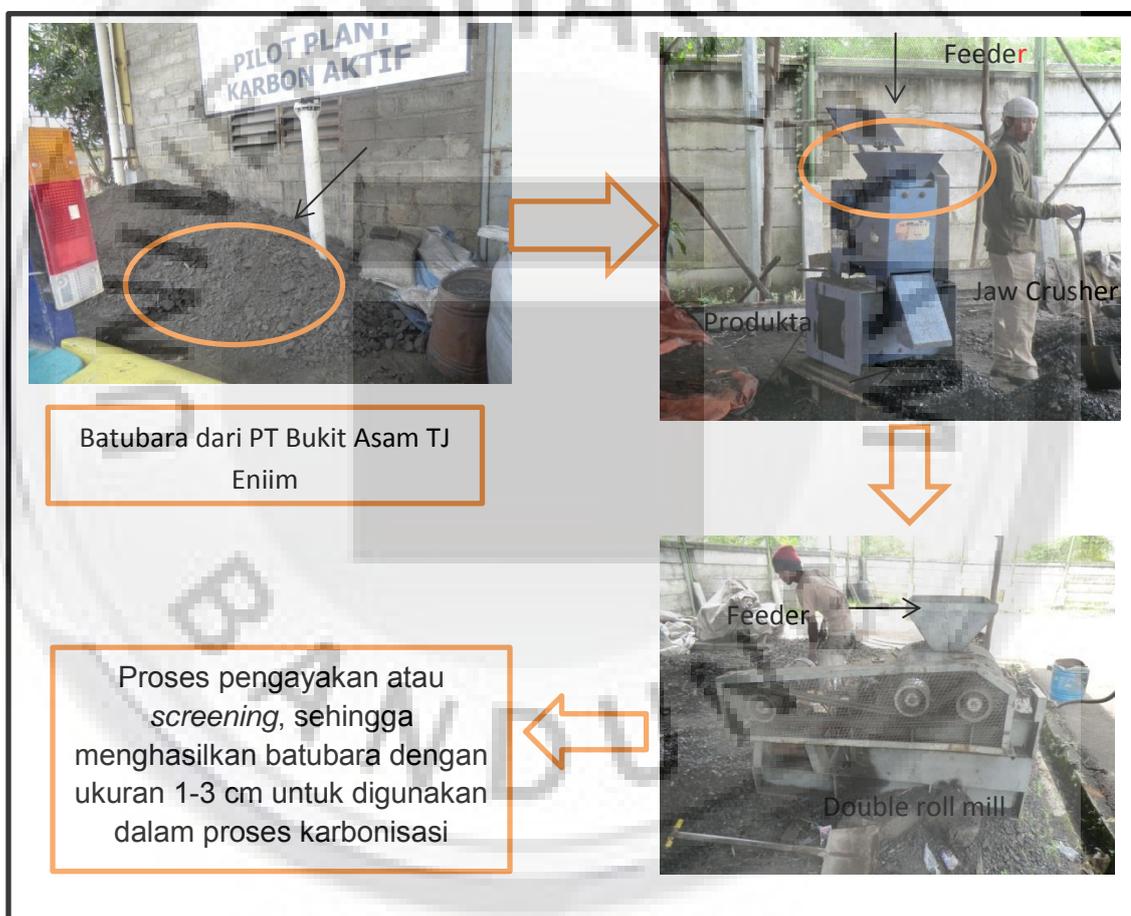
#### 4.4 Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian ini terdiri atas tiga tahap, yaitu pembuatan karbon aktif batubara di *pilot plant* Palimanan, pengamatan proses penanganan limbah cair tekstil di PT INDO-RAMA *Syhnthetic* tbk Purwakarta, pengambilan sampel limbah cair tekstil dan penelitian pengaruh penggunaan karbon aktif terhadap penurunan COD dan pH limbah cair tekstil yang dilakukan di Laboratorium, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara Bandung. Keterangan pelaksanaan kegiatan adalah sebagai berikut :

##### 4.4.1 Pembuatan karbon aktif di *pilot plant* Palimanan

Pembuatan karbon aktif batubara dan tempurung kelapa dilakukan di *pilot plant* karbon aktif, yang terletak di Kecamatan Palimanan, Kota Cirebon, Jawa Barat, dengan skala *pilot* kapasitas 1 ton/hari menggunakan alat *rotary kiln*.

Batubara yang digunakan merupakan batubara sub-bituminus yang berasal dari PT Bukit Asam (persero) tbk. Pembuatan karbon aktif dimulai dengan kegiatan preparasi batubara dan tempurung kelapa, untuk memperoleh ukuran 1-3 cm. Dalam proses pembuatan karbon aktif tempurung kelapa sama dengan prosedur pembuatan karbon aktif batubara dengan menggunakan alat yang sama, perbedaannya hanya pada bahan baku yang digunakan. Gambar 4.5 memperlihatkan preparasi bahan baku batubara.



**Gambar 4.5**  
Kegiatan preparasi batubara di *pilot plant* Palimanan

Setelah diperoleh batubara dan tempurung kelapa yang berukuran 1-3 cm, tahap selanjutnya adalah proses karbonisasi. Proses karbonisasi ini merupakan proses perubahan material organik menjadi karbon, melalui pemanasan dalam ruang *rotary kiln* dengan oksigen terbatas pada suhu 500 - 600°C. Jumlah umpan

batubara atau tempurung kelapa yang masuk ke dalam *rotary kiln* yaitu 100 kg/Jam, dengan laju umpan tersebut dibutuhkan waktu di dalam *kiln* selama  $\pm 2$  Jam. *Rotary kiln* adalah reaktor berbentuk horizontal yang beroperasi secara berputar pada kemiringan dan kecepatan putar tertentu. *Rotary kiln* di Palimanan mempunyai dimensi, dengan ukuran panjang  $\pm 8$  meter, diameter 120 cm dengan ketinggian keseluruhan  $\pm 4$  meter. Foto 4.1



Foto 4.1  
*Rotary kiln*

*Rotary kiln* terdiri atas delapan bagian utama yaitu :

1. *Feeder*, untuk memasukan umpan
2. *Boiler*, unit penghasil (produksi) uap untuk mengaktifkan bahan baku.
3. *Burner*, adalah sumber panas dengan bahan bakar solar dan berfungsi sebagai pemanas reaktor
4. *Refraktor/kiln*, reaktor untuk proses karbonisasi dan aktifasi
5. *Scrubber*, unit pemisah abu, gas, dan tar
6. *Cooler*, untuk mempercepat pendinginan karbon aktif hasil proses
7. *Line steam*, untuk mendistribusikan *steam* dari *boiler* ke dalam *refraktor/reaktor*

8. *Line stack*, untuk pengeluaran pembuangan gas buang. Gambar 4.6 memperlihatkan beberapa peralatan *rotary kiln*.

Pada proses karbonisasi terjadi perubahan struktur awal yang meliputi proses dehidrasi, dan pirolisis, terjadi dekomposisi komponen-komponen. Pada tahap ini zat-zat yang mudah menguap akan hilang dan terbentuk struktur pori awal. Struktur pori awal ini menentukan pembentukan struktur pori-pori, kekuatan porositas dan luas permukaan karbon aktif. Untuk memperoleh struktur pori awal yang dapat menghasilkan pori dan luas permukaan besar, maka pemilihan jenis bahan baku, preparasi, dan kondisi proses karbonisasi perlu diperhatikan.

Proses karbonisasi terjadi tahap-tahap yang meliputi, pada suhu di atas  $100^{\circ}\text{C}$  terjadi penghilangan air dan bahan-bahan volatil yang keluar dari permukaan dan dari dalam padatan. Kemudian pada suhu di atas  $200^{\circ}\text{C}$  mulai terjadi degradasi atau dekomposisi bahan atau jaringan polimerik induknya seperti hilangnya sejumlah molekul karbondioksida, asam alifatik, karbonil dan alkohol, dan terbentuk hasil seperti air, metanol, fenol dan lain-lain yang menghasilkan suatu komposisi dengan perbandingan C/H dan C/O yang semakin besar karena hilangnya hidrogen dan oksigen. Pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  struktur awal terbentuk, semakin tinggi suhu pembentukan struktur karbon semakin besar akibat terurainya molekul-molekul utama pada jaringan polimer. Proses karbonisasi ini menghasilkan produk berupa arang atau semikokas. Dehidrasi/dekomposisi umumnya terjadi pada suhu di atas  $700^{\circ}\text{C}$ , menghasilkan hampir 80% unsur karbon.

Terdapat persyaratan arang tempurung kelapa atau semikokas untuk karbon aktif yang ditetapkan dalam SNI seperti pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.3**  
**Spesifikasi Arang Tempurung Kelapa Untuk Karbon Aktif (SNI 1996)**

Komposisi	Ukuran	Satuan
Air	3 – 10	%

Kadar Abu	1 – 2	%
Zat Terbang	15 – 20	%
Karbon	70 – 80	%
Densitas Semu	0,4 – 0,5	gr/cm <sup>3</sup>
Densitas Nyata	1,5 – 2,0	gr/cm <sup>3</sup>

Spesifikasi arang tempurung kelapa pada Tabel 4.1 menjadi acuan dalam memperoleh spesifikasi arang batubara (semikokas) untuk karbon aktif. Sehingga hasil dari proses karbonisasi diharapkan menghasilkan karakteristik seperti Tabel 4.1.

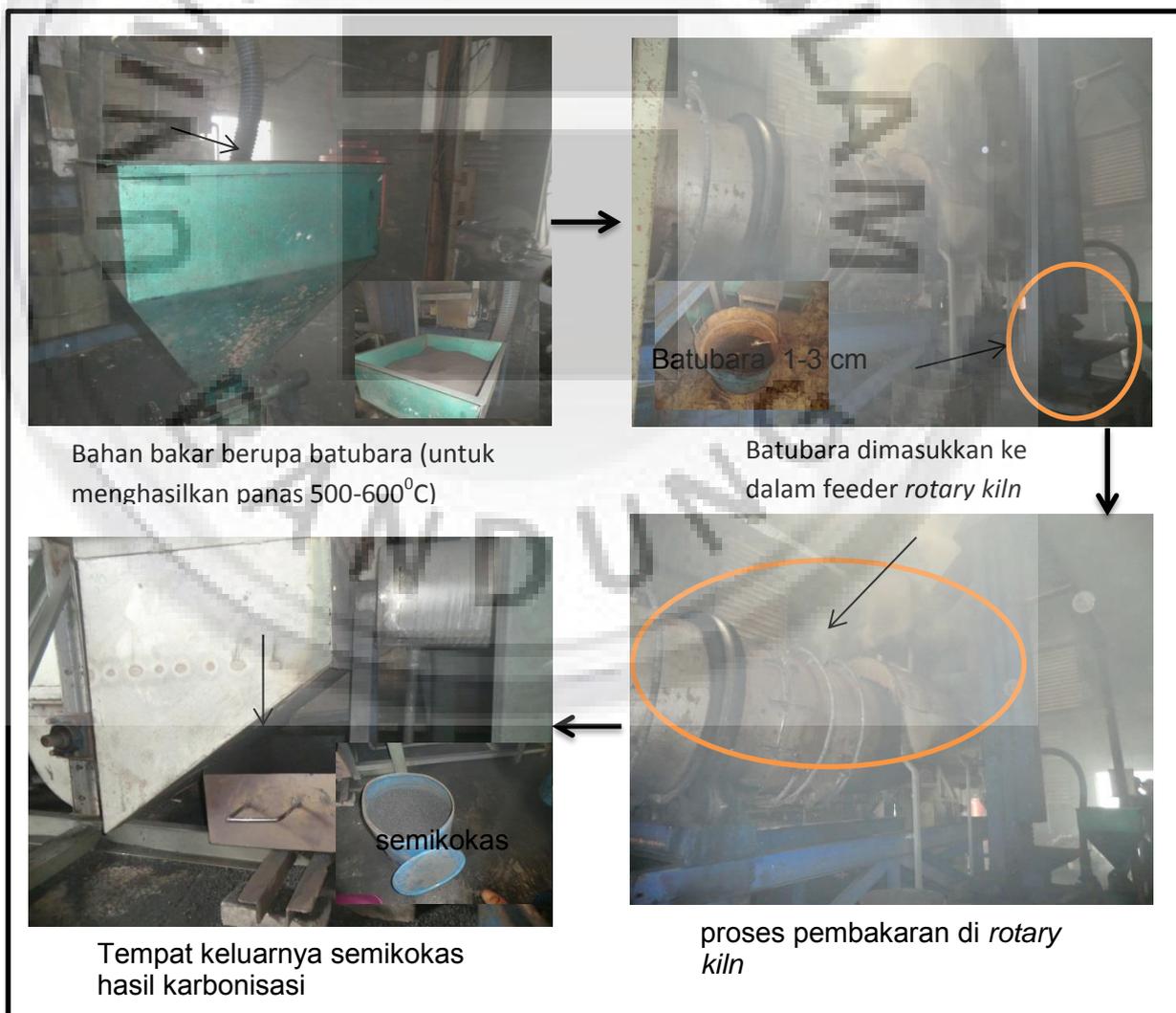
Proses kedua setelah karbonisasi adalah aktivasi dengan menggunakan alat yang sama, namun kondisi prosesnya berbeda. Aktivasi berlangsung pada suhu  $\pm 900^{\circ}\text{C}$ , pada saat suhu  $900^{\circ}\text{C}$  tercapai, umpan arang tempurung kelapa atau semikokas dimasukkan ke dalam *rotary kiln* dengan laju umpan 35 kg/jam yang membutuhkan waktu tinggal di dalam *kiln*  $\pm 4-5$  Jam. Laju uap selama aktivasi berlangsung yaitu 180 kg/jam. Reaksi antara *char* (arang) dan uap harus kontak dengan seluruh permukaan internal untuk membuka pori-pori yang tertutup *tar*. *Tar* adalah bahan/material yang apabila pada suhu tinggi berbentuk gas dan apabila suhu kamar berubah menjadi padat. *Tar* terbentuk pada saat karbonisasi dan menutupi pori-pori struktur karbon awal. Uap air yang masuk pada saat aktivasi akan bereaksi dengan *tar* membentuk gas CO dan H<sub>2</sub>, akibatnya *tar* yang menutupi pori-pori hilang/terbuka. Pori-pori terbuka, volume pori dan luas permukaan semakin besar.

Spesifikasi karbon aktif yang diinginkan mengacu pada spesifikasi karbon aktif komersil yang ditetapkan pada SNI 1987 dengan penguraian seperti pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.4**  
**Spesifikasi karbon aktif komersil yang ditetapkan oleh SNI 1987**

No	Parameter	Satuan	Kualitas karbon aktif (SNI,1987)/komersil
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	15-25
2	Air	%	4-15
3	Abu	%	2-10
4	Bilangan iodium	mg/g	750-1200 (200-1200)*
5	Karbon aktif murni	%	60-80
7	Bilangan metilen biru	mg/g	60-120
8	Kerapatan jenis curah	g/ml	0,30-0,55

\* Karbon aktif dengan bilangan iodium 200-400 mg/gr dijual di pasaran

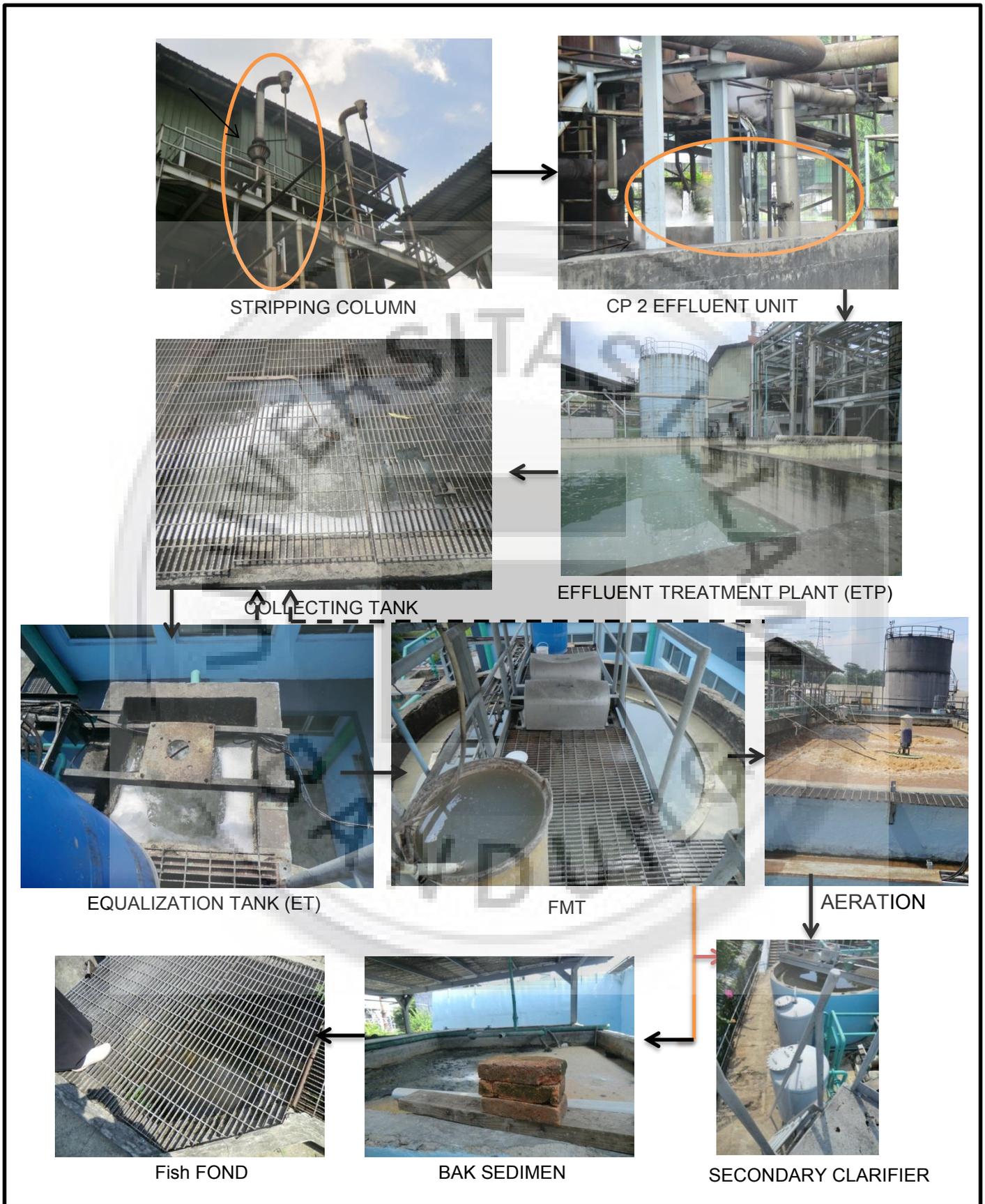


**Gambar 4.6**  
**Kegiatan Karbonisasi di Pilot Plant Palimanan**

#### **4.4.2 Proses Pengolahan Limbah Cair di PT INDO-RAMA *Syhntetic* tbk Purwakarta dan Proses Pengambilan sampel limbah Cair di Inlet dan Outlet**

Limbah cair yang akan diuji cobakan berasal dari PT INDO-RAMA *Syhntetic* tbk Purwakarta. Di perusahaan tersebut proses pengolahan limbah cair dilakukan dengan sistem biologikal dengan memanfaatkan mikroorganisme, berikut merupakan proses pengolahan di PT INDORAMA.





Gambar 4.7  
Pengolahan Limbah Cair Tekstil di PT INDO-RAMA Syhntetic tbk Purwakarta

Limbah cair yang ada di PT INDO-RAMA *Syhnthetic* tbk Purwakarta ini kemudian akan diuji cobakan dengan memanfaatkan karbon aktif untuk menurunkan COD dan pH nya, berikut merupakan skema proses pengambilan sampel limbah cair.



Gambar 4.8  
Proses Pengambilan Sampel Limbah Cair di PT INDO-RAMA

#### 4.4.3 Penelitian Pengaruh Penggunaan Karbon Aktif Terhadap Penurunan COD dan pH Limbah Cair Tekstil

Karbon aktif batubara dan tempurung kelapa yang dihasilkan dari *pilot palnt* karbon aktif Palimanan kemudian diujikan kepada limbah cair tekstil dari PT INDO-RAMA, sehingga dari penelitian ini dapat diketahui proses adsorpsi yang mempengaruhi terhadap penurunan COD dan pH limbah cair tekstil. Dalam pengujian ini juga digunakan karbon aktif tempurung kelapa yang berasal dari

pengguna budidaya ikan mas. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral Batubara Bandung.

Menurut Metcalf and Eddy (1991), COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi dengan cara menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam. Beberapa bahan organik tertentu yang terdapat pada air limbah, kebal terhadap degradasi biologis dan ada beberapa diantaranya yang beracun meskipun pada konsentrasi yang rendah. Bahan yang tidak dapat digradasi secara biologis tersebut akan didegradasi secara kimiawi melalui proses oksidasi, jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi tersebut dikenal dengan *chemical oxygen demand*. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Maka konsentrasi COD dalam air harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan. Seperti pada BOD (*Biological Oxygen Demand*), perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar biasanya dapat lebih dari 200 mg/L dan pada industri dapat mencapai 60.000 mg/L (UNESCO,WHO/UNEP, 1992).

Dalam pengujian ini dilakukan pengujian bilangan Iodin karbon aktif yang digunakan dan pengujian limbah cair sebelum proses. Pengujian adsorpsi ini dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu seperti persentase karbon aktif yang digunakan dalam 100 mL limbah cair tekstil, waktu tinggal, jenis karbon aktif yang digunakan dan jumlah pengadukan. Gambar 4.5 memperlihatkan proses

penggunaan karbon aktif untuk penurunan nilai COD dan pH limbah cair tekstil. Selain pengujian COD juga dilakukan pengujian pH limbah cair tersebut, sehingga dapat diketahui kondisi pH limbah cair tekstil sebelum dan sesudah penambahan karbon aktif. pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasamaan atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter berdasarkan SNI 06-6989.11-2004.



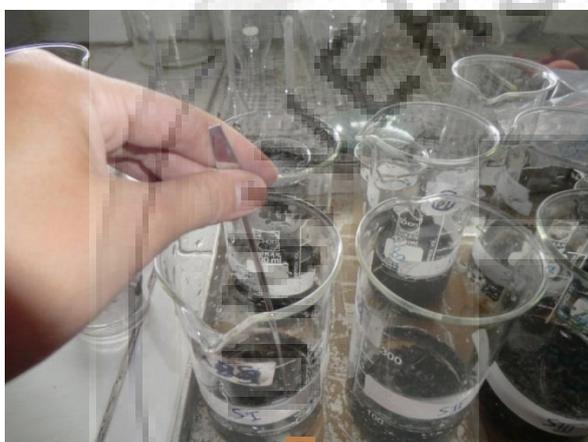
Foto 4.2  
pH meter



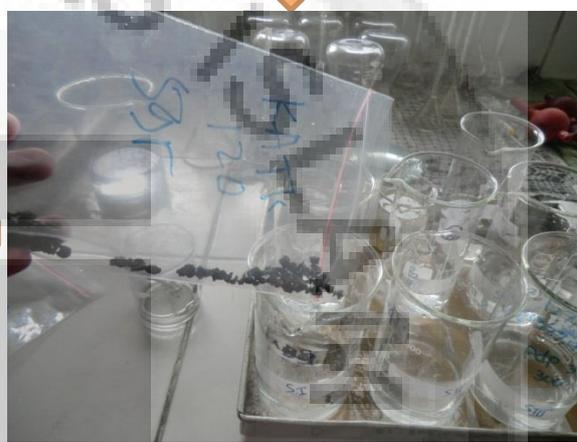
Karbon aktif TK lod 104 5gr, 10gr, 20 gr  
 Karbon aktif TK lod 791 5gr, 10gr, 20 gr  
 Karbon aktif BB lod 346 5gr, 10gr, 20 gr



Sampel Limbah cair tekstil 100 mL



Dilakukan pengadukan setiap 10 menit



Karbon Aktif dimasukkan ke dalam sampel Limbah cair tekstil 100 mL, kemudian dibiarkan selama 30 menit, 60 menit, 2 Jam, 4 Jam dan 24 Jam



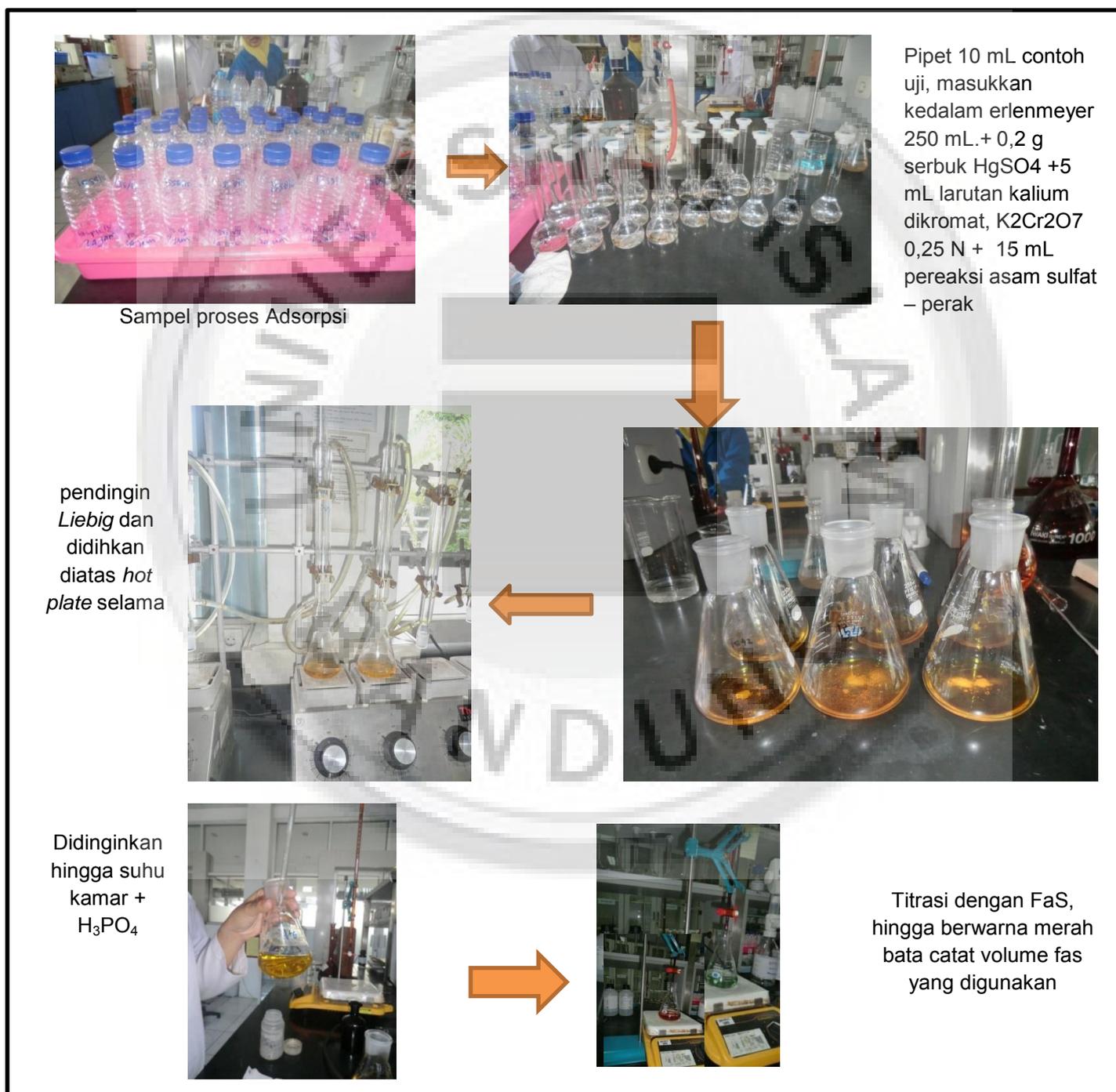
Sampel disaring dengan kertas wathmant No 42



Sampel dimasukkan ke dalam botol dan dilakukan uji lab nilai COD dan pH

**Gambar 4.9**  
**Proses Adsorbsi**

Sampel proses adsorpsi kemudian dimasukkan ke Laboratorium lingkungan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara Bandung. Gambar 4.6 memperlihatkan proses pengujian nilai COD.



Gambar 4.10  
Proses Analisa COD

#### 4.5 Hasil Penelitian

Seperti telah dijelaskan dalam bab kegiatan penelitian, tahap pertama penelitian adalah proses preparasi dan proses karbonisasi. Preparasi menghasilkan batubara dan tempurung kelapa dengan ukuran 1-3 cm yang akan digunakan untuk proses karbonisasi. Proses karbonisasi menghasilkan arang batubara (semikokas) dan arang tempurung kelapa, dengan karakteristik yang mencakup analisis kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon aktif padat, seperti yang tercantum pada Tabel 4.6. Keempat jenis karakteristik ini mengacu pada karakteristik arang tempurung kelapa untuk karbon aktif ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Sedangkan karakteristik batubara yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.5

**Tabel 4.5**  
**Karakteristik Batubara yang Digunakan**

Nama contoh	Kadar air % adb	Kadar abu % adb	Zat terbang % adb	Karbon tertambat % adb
Batubara peringkat rendah	11,0-20,0	2,0 - 8,0	37,0-41,0	37,0-40,0

**Tabel 4.6**  
**Hasil analisa karakteristik Semikokas dan Arang Kelapa**

Sample	Air (%)	Abu (%)	Zat Terbang (%)	Karbon Padat (%)
Semikokas	1.31	10.27	16.42	80
Arang Kelapa	1.34	1.02	15.60	82

Setelah proses karbonisasi, tahap selanjutnya adalah proses aktivasi. Proses aktivasi menghasilkan karbon aktif batubara dan karbon aktif tempurung kelapa. Berdasarkan hasil analisa luas permukaan dan pori-pori, karbon aktif batubara memiliki mayoritas pori-pori jenis makro yang umumnya digunakan untuk

penyerapan senyawa berbobot molekul tinggi. Sedangkan karbon aktif tempurung kelapa pori-porinya sebagian besar terdiri dari pori-pori jenis mikro yang sangat baik digunakan untuk senyawa berbobot molekul rendah. Adapun karakterisasinya dapat dilihat pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7**  
**Hasil Karakterisasik Karbon Aktif**

Sampel	Kode Sampel	Air (%)	Abu (%)	Bilangan Iodin (mg/gr)
Karbon Aktif Batubara	KABB 347	4.2	14.60	346.92
Karbon Aktif Tempurung Kelapa	KATK 791	10.68	2.74	791.32
Karbon Aktif Komersial	KATK 104	7.79	28.82	104.42

Pada Tabel 4.7 terlihat, kadar KATK 790 memiliki kadar abu terendah dan bilangan iodin tertinggi. Sedangkan kadar abu KATK 104 mencapai 28.82% dan bilangan iodiumnya sebesar 104.42mg/gr. Kadar abu mempengaruhi proses pembentukan pori-pori. Oleh karena itu bilangan iodin karbon aktif batubara lebih rendah dari karbon aktif tempurung kelapa (KATK 791), karena kadar abu batubara lebih tinggi dari kadar abu tempurung kelapa yang mencapai < 1%.

Berdasarkan rancangan percobaan, selanjutnya karbon aktif hasil proses aktivasi digunakan untuk pengolahan limbah cair tekstil. Hasil proses adsorpsi dengan karbon aktif batubara dan karbon aktif tempurung kelapa diperoleh data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8**  
**Hasil Analisa COD dan pH**

Sebelum Percobaan		Sesudah percobaan			
COD (ppm)	pH	No Sample	Waktu Kontak	COD (ppm)	pH
			(menit)		
1008	7.19	I	30	881	7.33
		II		786	7.2

Sebelum Percobaan		Sesudah percobaan			
COD (ppm)	pH	No Sample	Waktu Kontak	COD (ppm)	pH
			(menit)		
		III		790	7.06
		IV		718	7.66
		V		711	7.24
		VI		601	7.65
		VII		836	7.57
		VIII		828	7.35
		IX		639	7.39
		I		803	7.25
		II		796	7.44
		III		739	7.07
		IV		600	7.4
		V	60	441	7.52
		VI		494	7.65
		VII		981	7.36
		VIII		641	7.49
		IX		651	7.63
		I		755	8
		II		782	8.01
		III		740	8
		IV		604	7.97
		V	120	521	8.12
		VI		490	8.19
		VII		309	8.06
		VIII		622	8.12
		IX		675	8.05
		I		792	8.05
		II		785	8.08
		III		905	8.18
		IV		812	8.01
		V	240	824	8.09
		VI		633	8.18
		VII		824	7.99
		VIII		749	8.01
		IX		748	8.04
		I	24 Jam	965	7.97
		II		789	8.02

Sebelum Percobaan		Sesudah percobaan			
COD (ppm)	pH	No Sample	Waktu Kontak	COD (ppm)	pH
			(menit)		
		III		827	7.86
		IV		819	8.01
		V		643	8.21
		VI		561	8.28
		VII		890	8.05
		VIII		774	7.86
		IX		681	8.11

Keterangan :

Sampel I = Karbon Aktif Tempurung Kelapa komersil 5 gr

Sampel II = Karbon aktif Tempurung kelapa komersil 10 gr

Sample III = Karbon aktif Tempurung kelapa komersil 20 gr

Sampel IV = Karbon aktif Tempurung kelapa 5 gr

Sampel V = Karbon aktif Tempurung kelapa 10 gr

Sampel VI = Karbon aktif Tempurung kelapa 20 gr

Sampel VII = Karbon aktif Batubara 5 gr

Sampel VIII = Karbon aktif Batubara 10 gr

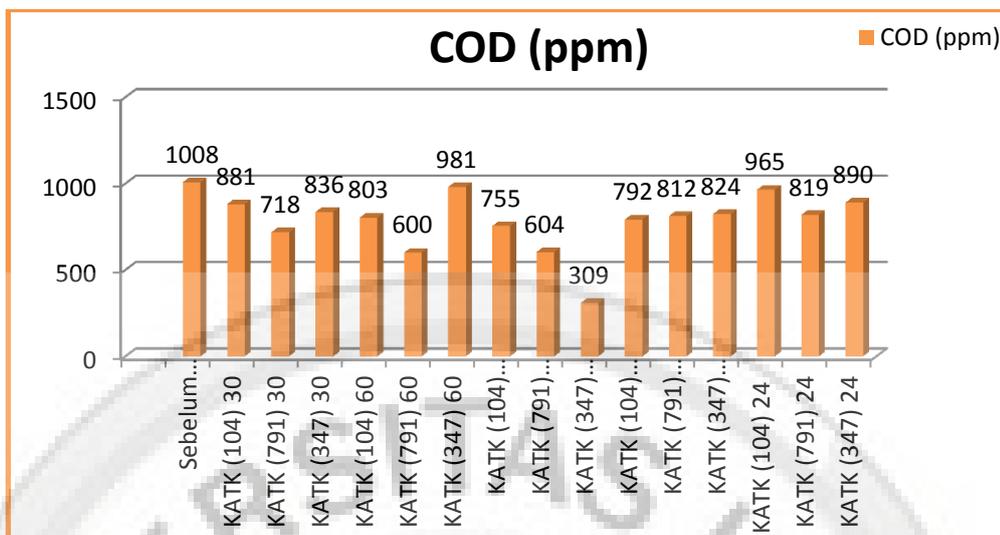
Sampel XI = Karbon aktif Batubara 20 gr

#### 4.5.1 Pengaruh penggunaan karbon aktif tempurung kelapa dan karbon aktif batubara dengan komposisi 5 gram terhadap penurunan COD

Hasil proses adsorpsi penggunaan karbon aktif tempurung kelapa dan karbon aktif batubara dengan komposisi 5 gram terhadap penurunan COD dapat dilihat pada tabel 4.9 dan Grafik 4.11 di bawah ini.

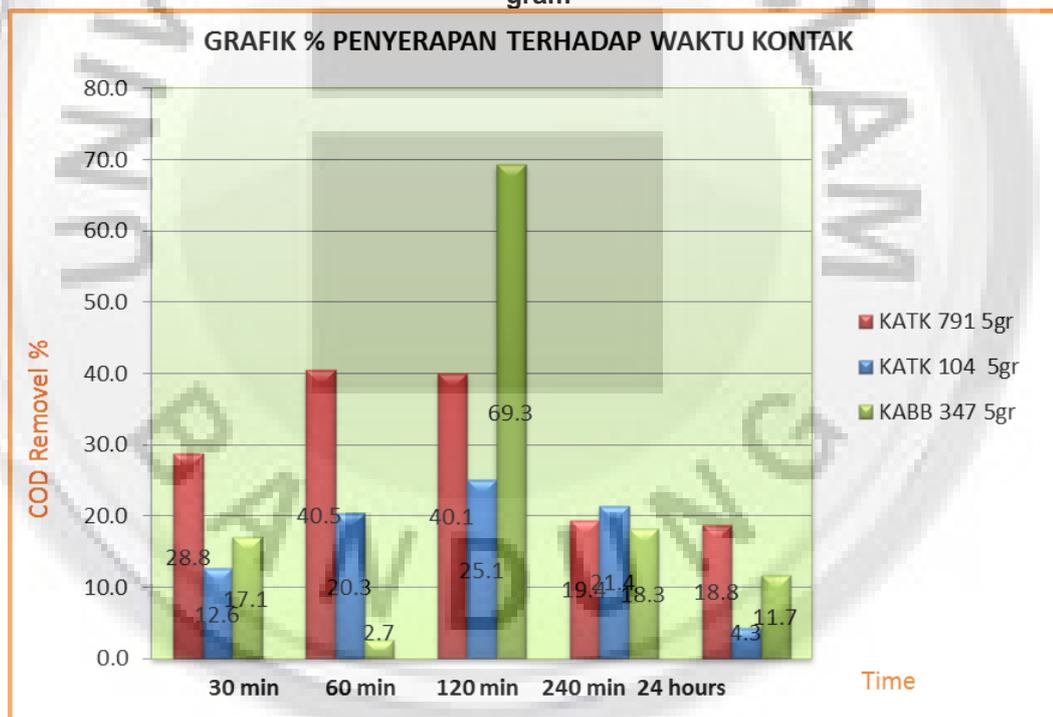
**Tabel 4.9**  
**Data COD Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif**  
**sebanyak 5 gram**

Sebelum Percobaan	Sesudah percobaan Karbon Aktif			
COD (ppm)	No Sample	Waktu Kontak	COD (ppm)	Karbon Aktif
		(menit)		
1008	KATK (104) 30	30	881	5 gram
	KATK (791) 30		718	
	KABB (347) 30		836	
	KATK (104) 60	60	803	
	KATK (791) 60		600	
	KABB (347) 60		981	
	KATK (104) 120	120	755	
	KATK (791) 120		604	
	KABB (347) 120		309	
	KATK (104) 240	240	792	
	KATK (791) 240		812	
	KABB (347) 240		824	
	KATK (104) 24	24	965	
	KATK (791) 24		819	
	KABB (347) 24		890	



Gambar 4.11

Grafik COD Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif Sebanyak 5 gram



Gambar 4.12

Grafik Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan COD dengan 5 gram karbon aktif

Grafik 4.12 menunjukkan penurunan COD tertinggi tercapai pada waktu kontak 120 menit dengan persentase penurunan mendekati 70%. Nilai ini diperoleh dengan penggunaan KABB 347 yang memiliki luas permukaan lebih rendah dari KATK 791. Secara teoritis semakin tinggi bilangan Iodin maka semakin besar

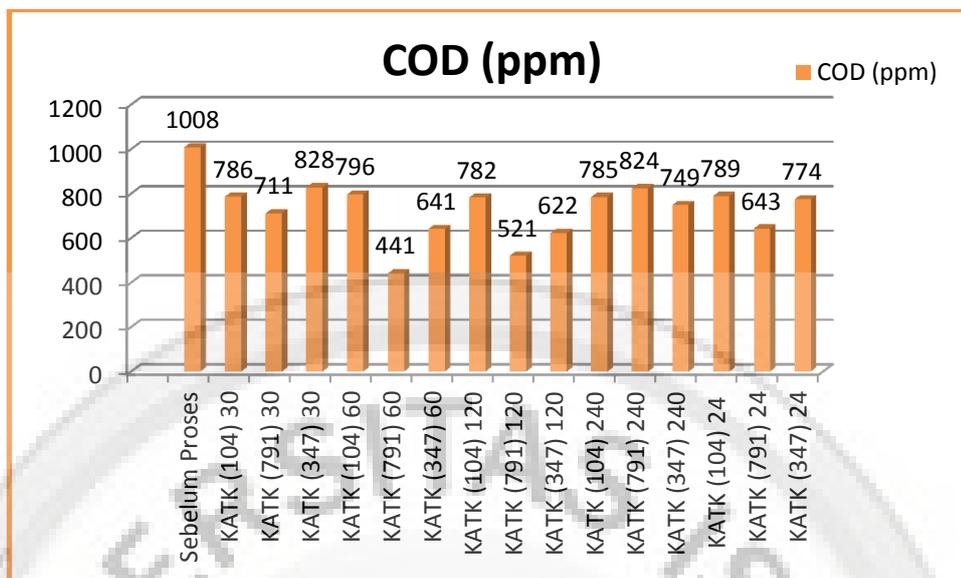
kemampuan penyerapan terhadap suatu zat adsorbat. Namun pada kenyataannya pada waktu kontak 120 menit KABB 347 memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik dari KATK 791.

Jika membandingkan kemampuan penyerapan kedua jenis karbon aktif tempurung kelapa, terlihat KATK 791 lebih baik dari KATK 104. Kecuali pada waktu kontak 240 menit, KATK 104 penyerapannya lebih baik dari KATK 791, demikian pula jika dibandingkan terhadap karbon aktif batubara.

#### 4.5.2 Pengaruh penggunaan karbon aktif tempurung kelapa dan karbon aktif batubara dengan komposisi 10 gram terhadap penurunan COD

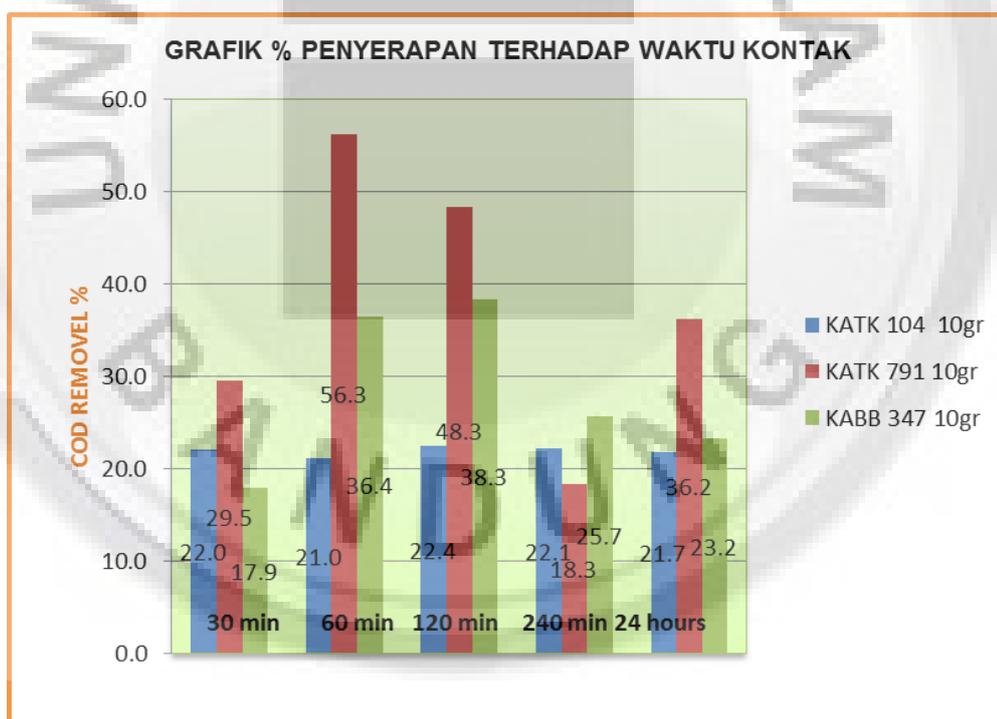
**Tabel 4.10**  
Data COD Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif sebanyak 10 gram

Sebelum Percobaan	Sesudah percobaan			Karbon Aktif
COD (ppm)	No Sample	Waktu Kontak (menit)	COD (ppm)	
1008	KATK (104) 30	30	786	10 gram
	KATK (791) 30		711	
	KABB (347) 30		828	
	KATK (104) 60	60	796	
	KATK (791) 60		441	
	KABB (347) 60		641	
	KATK (104) 120	120	782	
	KATK (791) 120		521	
	KABB (347) 120		622	
	KATK (104) 240	240	785	
	KATK (791) 240		824	
	KABB (347) 240		749	
KATK (104) 24	24	789		
KATK (791) 24		643		
KABB (347) 24		774		



4.13

**Grafik COD Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif Sebanyak 10 gram**



**Gambar 4.14**

**Grafik Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan COD dengan 10 gram karbon aktif**

Pada Gambar 4.14 di atas memperlihatkan bahwa dengan penggunaan karbon aktif 10 gram KATK 791 memiliki kemampuan penyerapan COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan KATK 104 dan KABB 347, kecuali pada waktu kontak

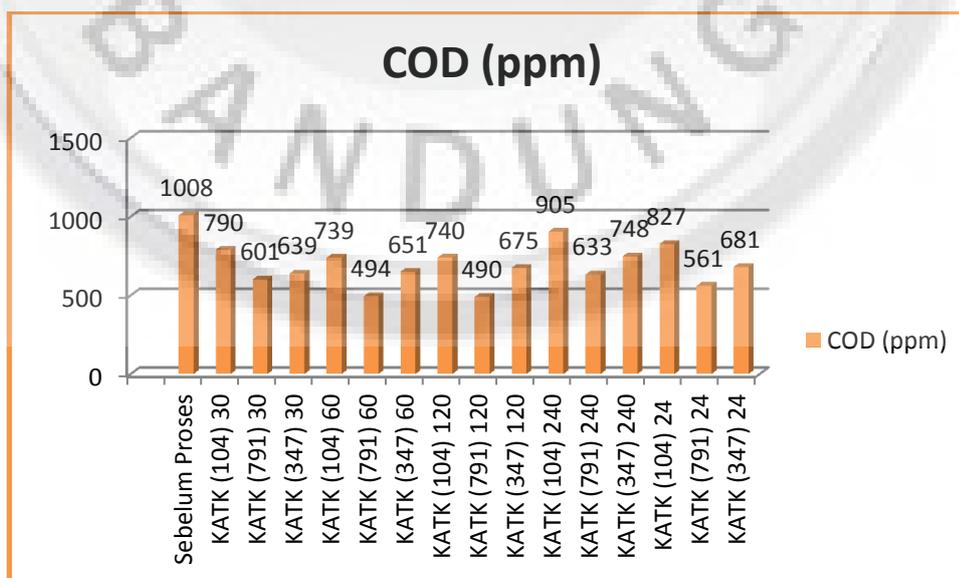
240 menit KABB 347 tingkat penyerapannya lebih tinggi dibandingkan dengan KATK 791 dan KATK 104. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi bilangan lodin maka akan semakin meningkat pula penyerapan COD nya. Jika membandingkan karbon aktif tempurung kelapa (KATK 104) dan karbon aktif batubara (KABB 347), secara keseluruhan terlihat KABB 37 memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik dari KATK 104, kecuali pada waktu kontak 30 menit. Secara keseluruhan Grafik 5.2 menunjukkan pola adsorpsi yang sama kecuali pada waktu kontak 30 menit dan 240 menit, jika mengacu pada masa penggunaan karbon aktif yang cukup lama di industri-industri (dapat mencapai waktu bulanan), maka kemungkinan setelah waktu kontak 240 menit, terjadi pola adsorpsi yang sama dalam waktu yang lama. Pada satu waktu, adsorpsi akan mengalami jenuh dengan tidak terjadinya kembali penurunan COD atau COD naik dengan nilai semula sebelum proses adsorpsi

Penyerapan COD maksimal yang ditunjukkan oleh Grafik 5.2 di atas mencapai 56.3% yaitu pada waktu kontak 60 menit dengan KATK 791.

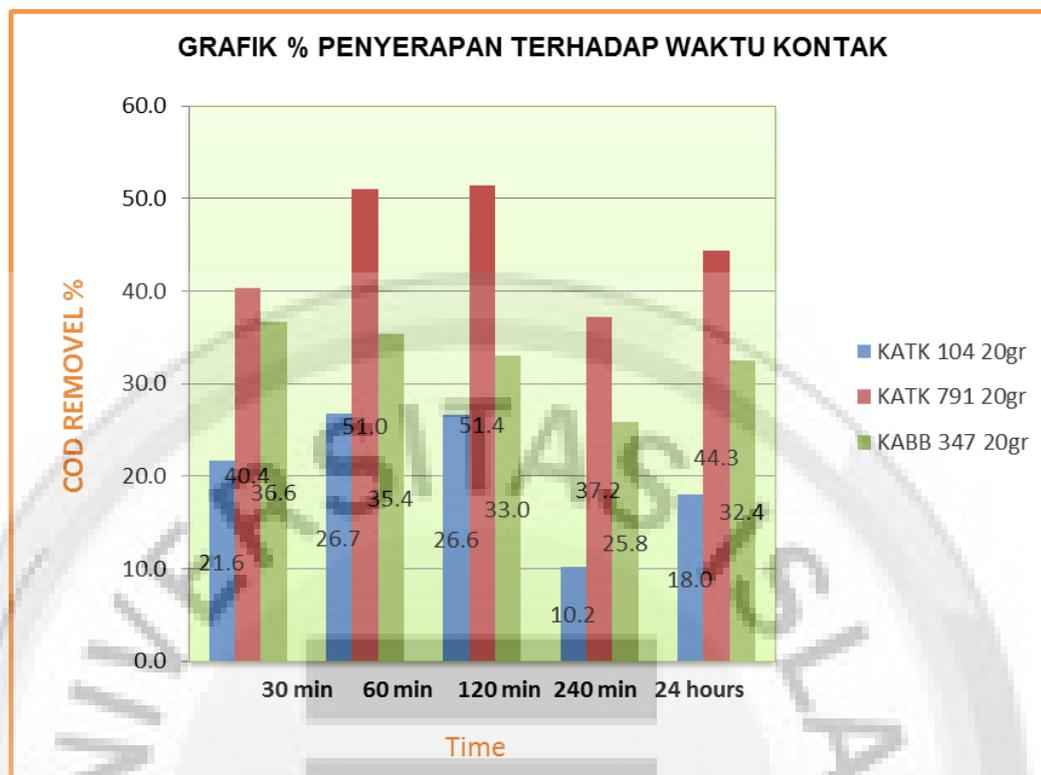
#### **4.5.3 Pengaruh penggunaan karbon aktif tempurung kelapa dan karbon aktif batubara dengan komposisi 20 gram terhadap penurunan COD**

**Tabel 4.11**  
**Data COD Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif**  
**sebanyak 20 gram**

Sebelum Percobaan	Sesudah percobaan			Karbon Aktif
COD (ppm)	No Sample	Waktu Kontak	COD (ppm)	
		(menit)		
1008	KATK (104) 30	30	790	20 gram
	KATK (791) 30		601	
	KABB (347) 30		639	
	KATK (104) 60	60	739	
	KATK (791) 60		494	
	KABB (347) 60		651	
	KATK (104) 120	120	740	
	KATK (791) 120		490	
	KABB (347) 120		675	
	KATK (104) 240	240	905	
	KATK (791) 240		633	
	KABB (347) 240		748	
	KATK (104) 24	24	827	
	KATK (791) 24		561	
	KABB (347) 24		681	



**Gambar 4.15**  
**Grafik COD Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif Sebanyak 20 gram**

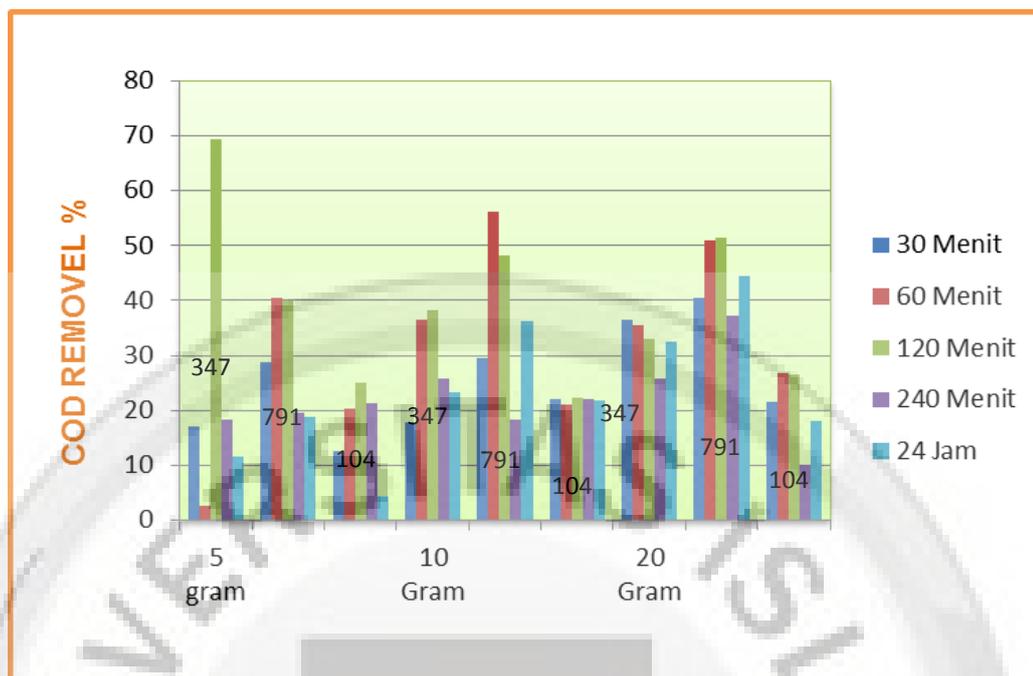


**Gambar 4.16**

**Grafik Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan COD dengan 20 gram karbon aktif**

Grafik 4.16 di atas menunjukkan bahwa % penyerapan hanya mencapai 51.4 % yang paling maksimal yaitu dengan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa (KATK 791) dengan bilangan Iodin 791 pada waktu 120 menit. Grafik 5.3 juga memperlihatkan bahwa KATK 791 memiliki kemampuan penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan KATK 104 dan KABB 347.

#### 4.5.4 Pengaruh penggunaan karbon aktif tempurung kelapa dan karbon aktif batubara dengan komposisi 5 , 10 dan 20 gram terhadap penurunan COD



**Gambar 4.17**

**Grafik Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan COD dengan 5, 10 dan 20 gram karbon aktif**

Grafik 4.17 memperlihatkan bahwa dari keseluruhan hasil penelitian, penurunan/penyerapan COD ini yang paling maksimal terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan menggunakan karbon aktif batubara 5 gram, yang mencapai persentase penyerapan hampir 70%. Kondisi ini diperoleh dengan penggunaan KABB 347. Pada kondisi ini KATK 791 yang memiliki kemampuan penyerapan tertinggi (bilangan lodin tertinggi) persentase adsorbsinya sangat rendah. KATK 791 menunjukkan tingkat penyerapan tertinggi pada penggunaan karbon aktif sebanyak 10 gram dengan persentase mencapai 60%. Jika membandingkan KABB 347 dengan KATK 791, meskipun KABB 347 memiliki persentase penyerapan tertinggi, terlihat bahwa KATK 791 lebih tinggi tingkat penyerapan dibandingkan dengan KABB 347. Sedangkan KATK 104 yang merupakan karbon aktif yang digunakan dan dijual untuk pemurnian air pada budidaya ikan hias memiliki tingkat adsorpsi terendah pada semua waktu kontak. Grafik 5.4 menunjukkan bahwa terjadi

kecenderungan semakin banyak karbon aktif yang digunakan semakin tinggi persentase penurunan COD. Namun pada waktu kontak perlu diperhatikan, tidak selalu penggunaan karbon aktif banyak tingkat penyerapan tinggi.

Proses adsorpsi berdifusi mulai dari pori-pori makro menuju pori-pori mikro. Peristiwa ini mengalir keseluruhan permukaan karbon aktif dengan kecepatan berbeda, tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi proses difusi, seperti pengadukan (tekanan), ukuran partikel, suhu dan sebagainya. Selama proses adsorpsi berlangsung, maka zat adsorbat akan terus mengalir menuju pori-pori disekitarnya, hingga pada satu waktu pori-pori tersebut terisi adsorbat dan mengalami jenuh.

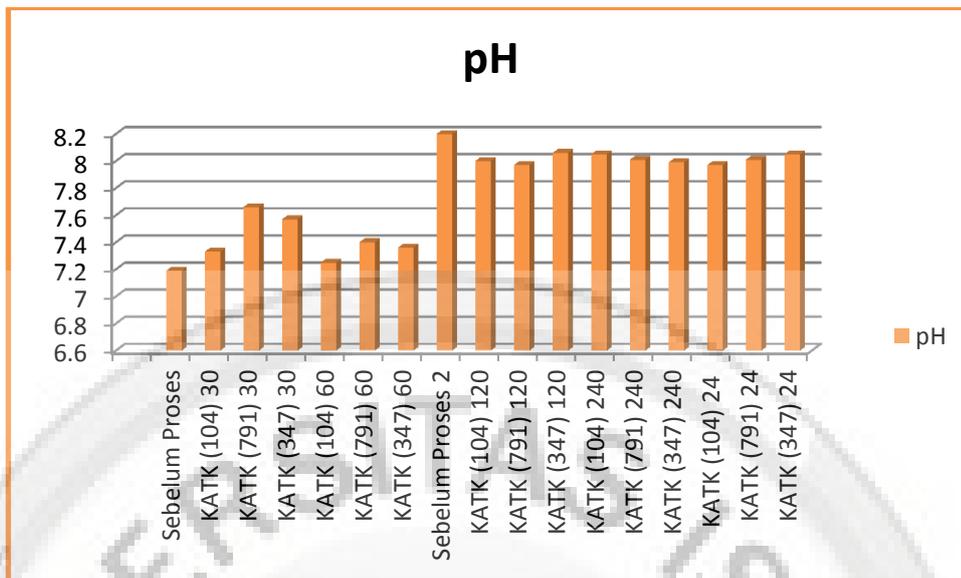
#### 4.5.5 Hasil penelitian pH sebelum dan sesudah proses adsorpsi

Berikut merupakan hasil penelitian pH sebelum dan sesudah proses adsorpsi.

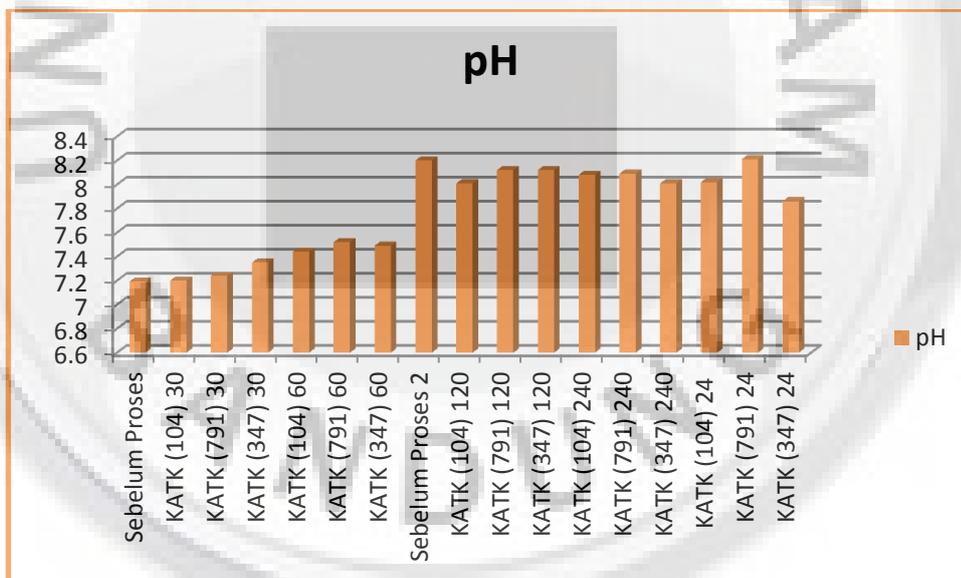
**Tabel 4.12**  
**Data pH Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif sebanyak 5 gram, 10 gram dan 20 gram**

Sebelum Percobaan	Sesudah percobaan			Karbon Aktif
pH	No Sample	Waktu Kontak (menit)	pH	
7.19	KATK (104) 30	30	7.33	5 gram
	KATK (791) 30		7.66	
	KABB (347) 30		7.57	
	KATK (104) 60	60	7.25	
	KATK (791) 60		7.4	
	KABB (347) 60		7.36	
	KATK (104) 120	120	8	
	KATK (791) 120		7.97	
	KABB (347) 120		8.06	
	KATK (104) 240	240	8.05	
	KATK (791) 240		8.01	
	KABB (347) 240		7.99	
KATK (104) 24	24	7.97		

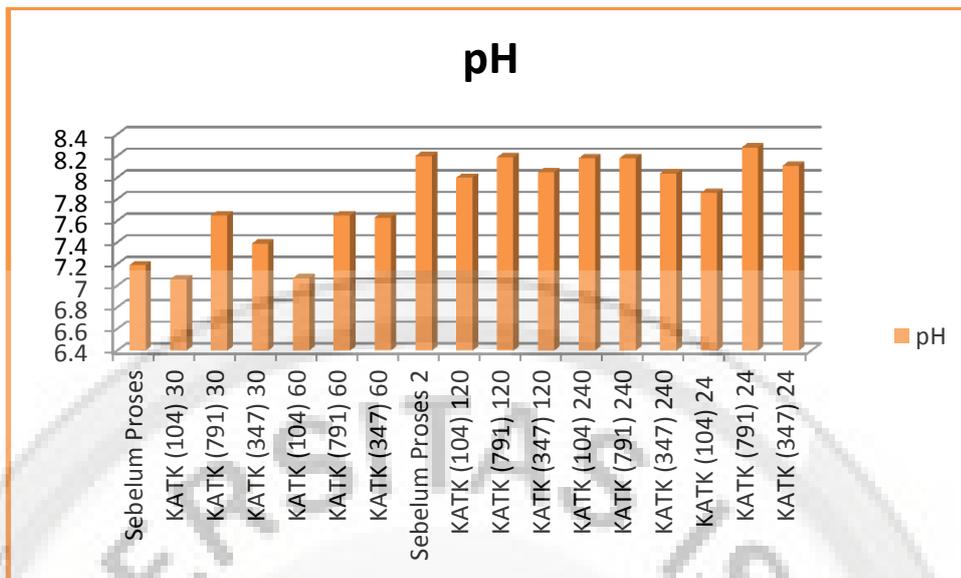
Sebelum Percobaan	Sesudah percobaan			Karbon Aktif
pH	No Sample	Waktu Kontak	pH	
		(menit)		
	KATK (791) 24		8.01	10 gram
	KABB (347) 24		8.05	
	KATK (104) 30	30	7.2	
	KATK (791) 30		7.24	
	KABB (347) 30		7.35	
	KATK (104) 60	60	7.44	
	KATK (791) 60		7.52	
	KABB (347) 60		7.49	
	KATK (104) 120	120	8.01	
	KATK (791) 120		8.12	
	KABB (347) 120		8.12	
	KATK (104) 240	240	8.08	
	KATK (791) 240		8.09	
	KABB (347) 240		8.01	
	KATK (104) 24	24	8.02	
	KATK (791) 24		8.21	
	KABB (347) 24		7.86	
	KATK (104) 30	30	7.06	
	KATK (791) 30		7.65	
	KABB (347) 30		7.39	
	KATK (104) 60	60	7.07	
	KATK (791) 60		7.65	
	KABB (347) 60		7.63	
	KATK (104) 120	120	8	
	KATK (791) 120		8.19	
	KABB (347) 120		8.05	
	KATK (104) 240	240	8.18	
	KATK (791) 240		8.18	
	KABB (347) 240		8.04	
	KATK (104) 24	24	7.86	
	KATK (791) 24		8.28	
	KABB (347) 24		8.11	



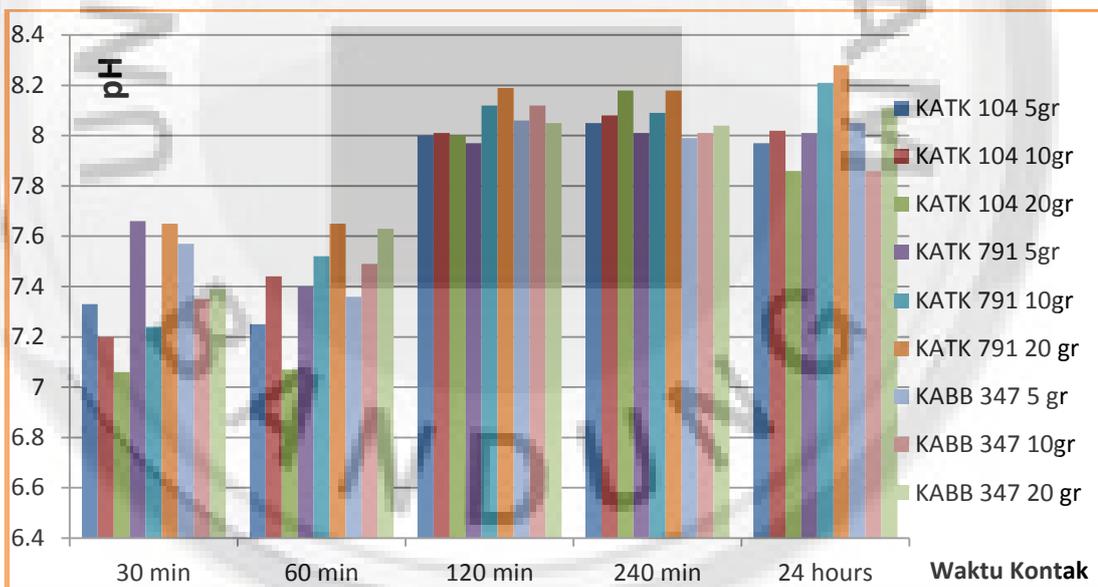
Gambar 4.18 Grafik Hasil Pengamatan pH setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif sebanyak 5 gram



4.19 Grafik Hasil Pengamatan pH setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif sebanyak 10 gram



**Gambar 4.20**  
**Grafik Hasil Pengamatan pH setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif sebanyak 20 gram**



**Gambar 4.21**  
**Grafik Nilai pH setelah penambahan karbon aktif**