

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Limbah

1. Pengertian Air Limbah

Ada beberapa pengertian tentang air limbah, antara lain:

- a. Air limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.²⁴
- b. Air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair yang apabila dibuang ke lingkungan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan.²⁵
- c. Air limbah adalah campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang dihasilkan dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan.²⁶

2. Sumber Air Limbah

Sumber air limbah berasal dari beberapa sumber, antara lain berasal dari limbah rumah tangga, perkotaan dan industri.^{27, 28, 29}

a. Rumah tangga (*domestic wastes water*)

Limbah rumah tangga dihasilkan berbagai macam zat organik maupun anorganik, misalnya air bekas memasak, air buangan bekas cucian, air bekas mandi, dan lain sebagainya.

b. Perkotaan (*municipal wastes water*)

Air buangan yang berasal dari perkotaan misalnya air buangan dari daerah perkantoran, perdagangan, hotel, selokan, tempat ibadah, restoran, tempat-tempat umum, dan lain sebagainya.

c. Industri (*industrial wastes water*)

Air buangan industri misalnya air limbah dari pabrik tekstil, pabrik tahu, pabrik baja, pabrik cat, pabrik karet, dan sebagainya.

Cemaran yang dihasilkan oleh industri dapat berupa logam berat seperti merkuri, timbal, tembaga, dan juga berupa panas.

3. Karakteristik Air Limbah

Ada tiga jenis sifat yang terkandung di dalam air limbah dalam menentukan karakteristik air limbah, yaitu: ^{2, 27, 29, 30}

a. Sifat fisik

Sifat fisik air limbah meliputi jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan padatan total, alkalinitas, salinitas, daya hantar listrik, temperatur, kekeruhan, warna, dan bau. Beberapa sifat fisik air limbah dapat dikenali secara visual, tetapi untuk mengetahui hasil yang lebih akurat maka dapat dilakukan uji laboratorium.

b. Sifat kimia

Karakteristik air limbah ditentukan oleh BOD, COD, dan logam berat seperti air raksa, kromium, kadmium, besi, nikel, arsen, selenium, mangan, dan aluminium.

c. Sifat Biologis

Bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air terdiri dari berbagai macam senyawa. Bahan-bahan seperti gula, pati, selulosa akan diubah oleh mikroorganisme menjadi senyawa kimia sederhana seperti karbondioksida, air, dan amoniak. Bakteri patogen yang biasanya terdapat dalam air limbah yaitu bakteri golongan *E.coli*.

B. Industri Batik

Adapun proses pembuatan batik yaitu sebagai berikut:

1. Pencucian mori

Pencucian kain mori dilakukan untuk menghilangkan kanji, kemudian kain dimasukkan ke minyak jarak dalam abu merang agar kain menjadi lemas dan untuk meningkatkan daya serap terhadap pewarna. Kain mori kemudian dijemur, selanjutnya dilakukan pengeplongan yaitu kain dipalu untuk menghaluskan lapisan kain agar kain mudah dibatik.³¹

2. Mola

Membuat pola diatas kain mori dengan cara meniru pola yang sudah ada. Pada proses ini bisa dilakukan dengan pensil ataupun langsung dengan canting.³²

3. Membatik atau nyanting

Nyanting merupakan proses pemberian malam ke kain mori yang dimulai dengan nglowong atau menggambar garis luar pola dan isen-isen.³² Proses isen-isen dilakukan pembuatan isian di dalam pola yang telah dibuat. Setelah itu dilanjutkan dengan mengeblok kain yang tidak akan diwarnai atau diwarnai dengan warna lain.³¹

4. Pewarnaan

Pencelupan kain mori yang sudah dibatik ke cairan warna berulang kali sampai mendapatkan warna yang diinginkan.³³

5. Pelorodan

Merupakan proses penghilangan malam yang menempel pada kain mori. Menghilangkan malam yang ada pada kain mori dengan cara dikerok dengan lempengan logam dan dibilas dengan air bersih, lalu diangin-anginkan hingga kering.³¹ Pelorodan juga dapat dilakukan dengan merendam kain di dalam air panas yang sudah dicampuri bahan untuk mempermudah lepasnya malam. Malam akan terlarut dalam air panas sehingga terlepas dari kain. Selanjutnya bilas dengan air bersih dan diangin-anginkan.³³

C. Karakteristik Limbah Batik

Kualitas limbah cair industri batik tergantung jenis proses yang dilakukan, pada umumnya limbah cair bersifat basa dan kadar organik yang tinggi yang disebabkan oleh sisa-sisa pematikan. Pada proses pewarnaan umumnya merupakan penyumbang sebagian kecil limbah organik, namun menyumbang wama yang kuat, yang mudah terdeteksi, dan hal ini dapat mengurangi keindahan perairan.³⁴

Proses industri batik menghasilkan limbah yang memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik-karakteristik tersebut terdiri dari beberapa parameter sebagai berikut: ⁹

1. Karakteristik fisika meliputi padatan terlarut (*suspend solids*), kekeruhan, warna, bau, dan temperatur.
2. Karakteristik kimia meliputi pH, COD, BOD, alkalinitas, kesadahan, logam berat, bahan organik dan anorganik.
3. Karakteristik biologi yaitu mikroorganisme termasuk bakteri, virus, protozoa dan partikel-partikel halus organik.

Berdasarkan penelitian tentang limbah cair industri batik di Jetis, Sidoarjo, karakteristik limbah batik dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Analisis Air Limbah Batik

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah	Hasil Analisa
1	pH		6-9	6,95
2	TSS	mg/L	50	160,00
3	COD	mg/L O ₂	150	400,00
4	BOD	mg/L O ₂	50	164,00
5	Sulfida	mg/L H ₂ S	0,5	0,01
6	Ammonia total	mg/L NH ₃ -N	8	4,51
7	Total kromium	mg/L Cr	1	0,06
8	Minyak dan lemak	mg/L	3,6	600,00
9	Phenol	mg/L	1	0,00

Sumber : ⁵

D. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia.²⁹ Bahan buangan organik akan dioksidasi oleh kalium bikromat (K₂Cr₂O₇) menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion krom. Kalium bikromat digunakan sebagai pengoksidasi pada jalannya reaksi tersebut.¹¹ Nilai COD yang semakin tinggi maka semakin tinggi pula kadar oksigen terlarut untuk oksidasi dan oksigen yang tersedia untuk organisme perairan semakin rendah.

Metode pengukuran COD dilakukan dengan menggunakan peralatan reflux, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Pada prinsipnya pengukuran

COD adalah penambahan sejumlah kalium bikromat sebagai oksidator pada sampel yang diketahui volumenya dan ditambahkan asam pekat serta katalis perak sulfat (Ag_2SO_4), kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya dilakukan titrasi sehingga kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung, dengan demikian nilai COD dapat ditentukan.⁹

Jumlah kalium bikromat yang dipakai pada reaksi oksidasi menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan organik. Semakin banyak jumlah kalium bikromat yang dipakai, maka semakin banyak pula oksigen yang diperlukan. Reaksi oksidasi ini dinyatakan berakhir, jika terjadi perubahan dari warna kuning menjadi hijau.¹¹

Metode pengolahan limbah cair yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai COD antara lain dengan penyaringan dan osmosis, pertukaran ion, saringan pasir, pengumpulan dan pengendapan, serta penyerapan karbon atau adsorpsi. Pengelolaan limbah cair dengan cara adsorpsi dapat mengurangi pengotoran oleh bahan organik, partikel termasuk benda yang tidak dapat diuraikan ataupun gabungan antara warna, bau, dan rasa.²⁸

E. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses mengumpulkan senyawa-senyawa terlarut yang terdapat dalam larutan pada permukaan. Antar permukaan yang dimaksud bisa antara cairan dan gas, zat padat atau cairan, bahkan penyerapan dipergunakan pada permukaan zat padat dan zat kental.²⁸

Pada proses adsorpsi menggunakan istilah adsorban dan adsorben. Adsorben adalah suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon aktif, sedangkan adsorban adalah merupakan suatu media atau senyawa yang diserap.³⁵

Secara garis besar mekanisme adsorpsi terhadap senyawa terlarut adalah zat yang akan diserap atau zat teradsorpsi berpindah dari larutannya menuju lapisan luar dari adsorben, kemudian zat tersebut menempel di permukaan adsorben dan pada akhirnya diserap oleh permukaan dalam atau pori-pori kecil pada adsorben.³⁶ Dengan mekanisme tersebut senyawa-senyawa dalam air limbah yang dapat

menyebabkan tingginya COD dapat diserap sehingga nilai COD dapat turun.

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Adsorpsi fisika

Adsorpsi fisika terjadi karena gaya Van Der Waals, yaitu bila gaya tarik menarik molekular antara zat terlarut dengan pelarut lebih kecil daripada gaya tarik menarik antara zat terlarut dengan adsorben, maka dengan demikian zat terlarut akan teradsorpsi pada permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika bersifat *reversible* atau dapat kembali.³⁵ Contoh adsorpsi fisika yaitu adsorpsi oleh karbon aktif. Akibat terjadi gaya Van Der Waals, maka polaritas zat terlarut yang akan diserap juga sangat menentukan kemampuan penyisihan zat terlarut.¹¹

2. Adsorpsi kimia

Pada adsorpsi kimia, terjadi reaksi kimia di permukaan padatan antara zat terlarut dengan padatannya dan biasanya bersifat *irreversible* atau tidak dapat kembali.³⁷

F. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu:^{38,39}

1. Sifat adsorban

Adsorben dapat mengadsorpsi berbagai jenis senyawa, tetapi kemampuan adsorpsinya berbeda-beda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa terlarut yang akan diserap.

2. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak pula senyawa atau zat yang akan diadsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

3. Suhu

Reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi bersifat eksotermis, sehingga dengan peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang terserap.

4. pH (derajat keasaman)

Adsorpsi akan meningkat bila pH rendah atau dalam kondisi asam. Begitu sebaliknya jika pH dinaikkan yaitu dengan penambahan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu kontak

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu larutan, maka akan dibutuhkan waktu untuk mengadsorpsi senyawa-senyawa yang ada dalam larutan secara maksimal. Pengadukan juga mempengaruhi waktu kontak. Pengadukan bertujuan untuk memberi kesempatan pada adsorben untuk kontak dengan adsorbat.

G. Karbon Aktif

1. Pengertian

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya.⁴⁰ Karbon aktif berupa padatan berpori yang mengandung 87-97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan material lain. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga pori-pori yang ada pada karbon aktif mengalami pengembangan yang bergantung pada metode aktivasi yang digunakan.⁴¹

Karbon aktif bersifat sangat aktif, tetapi dalam waktu 60 jam biasanya karbon aktif menjadi jenuh dan sampai tahap tertentu karbon aktif dapat direaktivasi kembali. Oleh karena itu, karbon aktif di kemas dalam kemasan yang kedap udara.⁴²

2. Bahan Baku Karbon Aktif

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan yang seperti kayu, serbuk gergaji, batu bara, tempurung kelapa, maupun residu-residu dari proses pengolahan minyak bumi.¹¹

Dilihat dari sifat fisiknya, bahan baku yang berfisik keras akan menghasilkan karbon aktif yang penggunaannya sesuai untuk penyerapan gas, sedangkan bahan baku karbon aktif yang berfisik lunak seperti limbah pertanian dengan kadar lignin, hemiselulosa, dan selulosa tinggi lebih sesuai untuk tujuan penyerapan cairan.⁴⁰

Pemanfaatan limbah bahan alam sebagai bahan baku karbon aktif telah banyak dilakukan, diantaranya ialah tongkol jagung. Tongkol jagung mengandung selulosa 41% dan hemiselulosa 36%. Berdasarkan penelitian tentang karbon aktif dari tongkol jagung didapatkan bahwa karbon aktif tongkol jagung telah memenuhi persyaratan karakteristik karbon aktif yang meliputi kadar air, kadar zat terbang dan kadar abu, serta kadar karbon terikat. Pemanfaatan untuk menurunkan logam Fe dan Cu dalam limbah cair batik, dapat mengadsorpsi logam Fe dan Cu berturut-turut yaitu 63,32% dan 79,15%.⁴³ Bahkan pada penelitian lain daya adsorpsi karbon aktif tongkol jagung pada logam Pb mencapai 94,70%.¹⁴

Bahan lainnya yang digunakan sebagai karbon aktif yaitu sekam padi. Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari bahan sekam padi memiliki kemampuan mengadsorpsi bahan-bahan organik sehingga dapat menurunkan nilai COD limbah tahu sebesar 90%.¹⁹ Begitu pula dengan karbon aktif dari biji kapuk yang mampu menurunkan COD limbah cair kelapa sawit sebesar 73,28%.²¹

3. Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif secara umum dilakukan dengan 3 tahap yaitu dehidrasi, karbonasi, dan aktivasi.

a. Proses dehidrasi

Proses dehidrasi dilakukan dengan memanaskan bahan baku yang bertujuan untuk menghilangkan seluruh kandungan air dan

menurunkan kelembaban. Bahan yang dihasilkan pada proses ini adalah bahan baku yang kering.⁴⁴

b. Proses karbonasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas. Proses ini biasanya dilakukan di dalam tanur. Tujuan karbonisasi adalah untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap. Pada proses karbonasi terjadi penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan baku membentuk air, uap asam asetat, tar-tar, dan hidrokarbon.⁴⁵

c. Proses aktivasi

Aktivasi adalah bagian dalam proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka dan memperbesar pori-pori yaitu dengan memecahkan ikatan hidrokarbon sehingga arang mengalami perubahan, baik fisika maupun kimia, yang menjadikan luas permukaan bertambah besar dan berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi.⁴¹

Terdapat dua metode aktivasi yaitu aktivasi fisika dan kimia:

1) Aktivasi fisika

Karbon diaktivasi menggunakan gas CO_2 atau uap pada temperatur $500\text{-}800^\circ\text{C}$. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik karbon aktif yang dihasilkan melalui proses aktivasi fisika antara lain adalah bahan dasar, laju aliran kalor, laju aliran gas, proses karbonasi sebelumnya, suhu pada saat proses aktivasi, agen pengaktivasi yang digunakan, lama proses aktivasi, dan alat yang digunakan.⁴⁵

2) Aktivasi kimia

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan larutan kimia sebagai aktivator. Zat aktivator akan memasuki pori dan membuka

permukaan karbon aktif yang masih tertutup.^{45,37} Bahan kimia yang dapat digunakan antara lain HCl, H₃PO₄, ZnCl₂, KOH.^{46,47}

4. Kualitas Karbon Aktif

Standar kualitas karbon aktif berdasarkan persyaratan Standar Nasional Indonesia dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Karbon Aktif

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar air	Max 15%
Kadar abu	Max 10%
Kadar zat terbang	Max 25%
Kadar karbon	Max 65%
Daya serap terhadap iodium	Minimum 750 mg/g

Sumber:⁴⁸

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung di dalam karbon aktif yang dinyatakan dalam persen. Pengujian ini untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Metode yang digunakan adalah gravimetri dimana analisis berdasarkan penimbangan perbedaan massa awal dan massa akhir sampel setelah perlakuan.⁴⁸

H. Tanaman Jagung

1. Morfologi Jagung

Jagung memiliki nama latin *Zea mays*. Jagung merupakan tanaman rerumputan tropis yang dapat beradaptasi dengan baik terhadap perubahan iklim. Tanaman ini memiliki masa hidup 70-210 hari. Meskipun tanaman jagung umumnya berketinggian 1 meter sampai 3 meter, namun ada jenis tanaman jagung yang dapat mencapai tinggi 6 m. Tinggi tanaman biasa diukur dari permukaan tanah hingga ruas teratas sebelum bunga jantan. Tanaman jagung merupakan satu satunya tanaman yang bunga jantan dan betinanya terpisah.⁴⁹

Tanaman jagung berakar serabut yang terdiri dari tiga tipe akar yaitu akar seminal, akar adventif, dan akar udara. Akar seminal tumbuh dari radikula dan embrio. Akar adventif yang disebut juga akar tunjang,

sedangkan akar udara merupakan akar yang keluar dari dua atau lebih buku terbawah dekat permukaan tanah.⁵⁰

Jagung mempunyai batang tunggal, meski terdapat kemungkinan munculnya cabang anakan pada beberapa genotipe dan lingkungan tertentu. Batang tanaman jagung terdiri atas buku dan ruas.⁵¹

Daun jagung tumbuh pada setiap buku, berhadapan satu sama lain. Jumlah daun terdiri dari 8-48 helai dalam satu tanaman. Daun terdiri dari tiga bagian yaitu kelopak daun, lidah daun, dan helaian daun.⁵⁰

Bunga jantan terletak di ujung batang, sedangkan perbungaan betina terletak di ketiak daun.⁵¹ Penyerbukan pada tanaman jagung terjadi apabila serbuk sari dari bunga jantan jatuh dan menempel pada rambut tongkol.⁵⁰

Biji jagung tersusun rapi pada tongkol. Satu tongkol terdapat 200-400 biji. Biji jagung terdapat tiga bagian yaitu bagian paling luar yang disebut pericarp, bagian kedua disebut endosperm yang merupakan cadangan makanan biji, dan bagian paling dalam yaitu embrio.⁵¹

Klasifikasi jagung:⁵⁰

Kingdom : Plantae
Divisio : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Ordo : Cyperales
Family : Poaceae
Genus : Zea
Species : *Zea mays* L.

2. Kulit Jagung

Kulit jagung atau klobot jagung merupakan kulit terluar yang menutupi biji jagung. Kulit jagung ini juga merupakan lembaran modifikasi daun yang membungkus tongkol jagung. Bentuknya memanjang dan merupakan bangun pita (ligulatus), ujung daun runcing (acutus), serta tepi daun rata (integer). Secara morfologi, kulit jagung mempunyai permukaan yang kasar dan berwarna hijau muda sampai hijau

tua. Jumlah rata-rata kulit jagung dalam satu tongkol adalah 12-15 lembar.⁵² Kandungan kulit jagung dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan Kulit Jagung

Komponen	%
Lignin	15
Abu	5.09
Alkohol sikloheksana	4.57
Selulosa	44.08

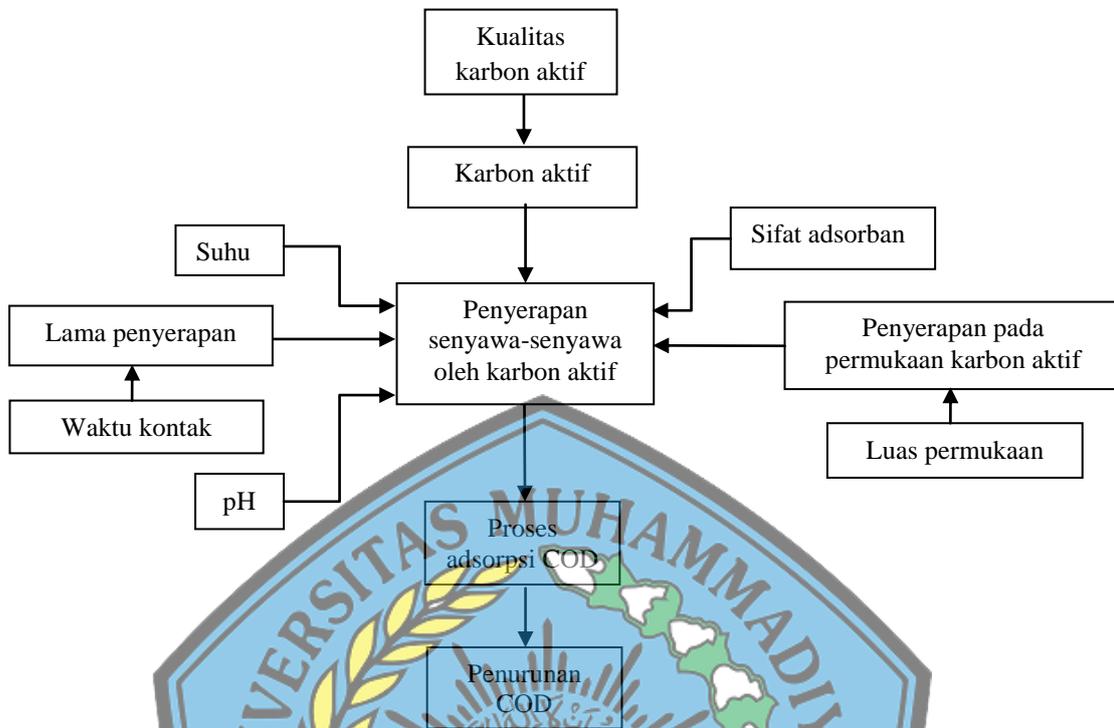
Sumber: ¹⁷

3. Pembuatan Karbon Aktif ¹⁴

Pada penelitian sebelumnya pada pembuatan karbon aktif tongkol jagung yaitu menjemur potongan tongkol jagung di bawah sinar matahari selama 7-8 hari, kemudian menghaluskan potongan tongkol jagung menggunakan blender. Tongkol jagung dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 300°C selama 1,5 jam sampai menjadi arang tongkol jagung. Setelah itu menghaluskan arang dengan ayakan 70 mesh.

Tahap selanjutnya arang direndam dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N. Kemudian mengaduknya dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit lalu mendiamkannya selama 24 jam. Setelah itu memisahkan arang aktif yang sudah diaktivasi dengan larutan HCl 0,1 N menggunakan kertas saring *whatman*, kemudian mencuci arang aktif sampai pH arang aktif tersebut netral dengan menggunakan aquades. Langkah selanjutnya yaitu mengeringkan arang aktif yang berada di wadah pada suhu 105°C menggunakan oven selama 3 jam untuk melakukan proses pengeringan dan penghilangan kadar air yang masih terdapat di dalam arang.

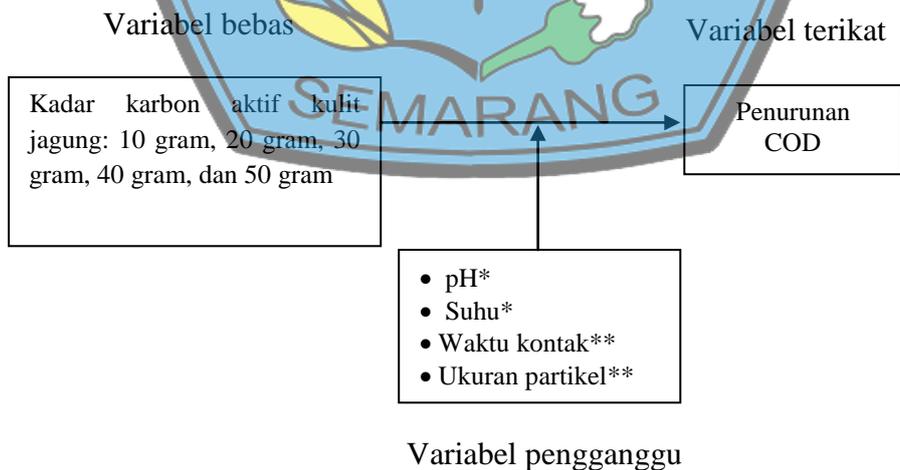
I. Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Sumber : 28-30, 32,35, 3-39

J. Kerangka Konsep



Keterangan:

* = dilakukan pengukuran

** = dikendalikan

Gambar 2.2 Kerangka Konsep

K. Hipotesis

Ada pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik.

