

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan arang aktif pada penelitian ini adalah limbah mebel kayu jati. Proses pengarangan limbah kayu jati menggunakan *retort* dengan temperatur 500 °C selama 4 jam. Setelah arang sudah jadi proses selanjutnya yaitu memotong-motong arang menjadi ukuran kecil-kecil (*granular*), selanjutnya setelah arang dipotong-potong arang diaktifkan dengan cara kimia. Pengarangan dan pengaktifan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan Laboratorium Energi yang berada di kecamatan Jetis. Limbah cair rumah sakit di reaksikan dengan arang aktif dan batu zeolit menggunakan alat uji adsorpsi limbah cair rumah sakit secara kontinu dan hasilnya akan diuji baku mutu air, dan kadar logam berat di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP). Selain itu sisa atau bekas arang aktif diujikan Scanning Electron Microscopy (SEM) di Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

3.2.1.1 Retort

Retort yang digunakan untuk proses pengarangan berbentuk silinder dengan dimensi sebagai berikut : mempunyai tegangan listrik 220 Volt, 3 phasa, suhu maksimum yang dihasilkan 1600 °C, diameter tabung bagian dalam 20 cm dan tinggi 45 cm, daya yang dibutuhkan mencapai 5500 Watt. *Retort* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Retort*

3.2.1.2 Oven

Oven digunakan untuk pengeringan arang yang telah di aktifkan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dan juga sudah di netralkan menggunakan aquades (H_2O). Proses mengeringkan menggunakan oven dilakukan selama 48 jam dengan suhu $150\text{ }^{\circ}C$. Oven yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *oven*

3.2.1.3 *Furnace*

Alat ini digunakan guna untuk pemanasan atau *treatment* suatu material yang berupa logam ataupun non logam. Penelitian menggunakan *furnace* untuk memanaskan arang yang telah diaktifkan menggunakan larutan asam

sulfat (H_2SO_4) dan sudah di netralkan dengan aquades (H_2O) dengan temperatur $800\text{ }^\circ\text{C}$ selama dua jam. Disamping untuk memanaskan arang yang telah diaktifkan *furnace* ini juga digunakan untuk mengetahui mutu dari arang aktif dengan pemanasannya, *Furnace* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Furnace*

3.2.1.4 Alat-alat Kimia dan Perkakas

Alat-alat ini digunakan sebagai sarana pelarutan dan pengaktifan arang dengan zat kimia, serta digunakan untuk pengukuran banyaknya zat kimia yang akan digunakan sekaligus proses penetralan arang dari H_2SO_4 . Alat-alat ini terdiri dari gelas ukur, toples, ember, corong air, dan gayung. Alat-alat kimia dan perkakas dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Alat-alat bantu

3.2.1.5 Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menghitung berat arang aktif dan zeolit yang akan digunakan untuk proses adsorpsi menggunakan alat uji adsorpsi limbah cair rumah sakit. Timbangan digital yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Timbangan Digital

3.2.1.6 Masker

Masker ini berfungsi untuk memberikan perlindungan wajah khususnya saluran pernapasan untuk melindungi pernapasan, debu /partikel yang terbang, lebih kusus bau yang menyengat pada saat proses pengaktifan dan pengovenan arang. Masker yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Masker

3.2.1.7 Sarung Tangan

Sarung tangan disini terdiri dari dua jenis sarung tangan yaitu : sarung tangan APD yang dikenal sebagai *safety glove* digunakan untuk melindungi tangan dari panas dan kotoran saat mengoperasikan *retort*, dan sarung tangan latek digunakan pada saat pemrosesan arang baik penghancuran arang maupun pada saat mereaksikan arang dengan zat kimia. Contoh sarung tangan dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 (A) Sarung tangan APD (B) sarung tangan latek

3.2.1.8 Stopwatch

Alat ini digunakan untuk menghitung laju aliran dan juga debit aliran dari alat uji adsorpsi limbah cair. Stopwatch yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 *Stopwatch*

3.2.1.9 Botol

Botol disini digunakan untuk tempat /wadah sampel limbah cair rumah sakit yang sudah di reaksikan dengan arang aktif dan batu zeolit yang selanjutnya siap di ujikan. Botol yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Botol Plastik

3.2.1.10 Kamera

Kamera digunakan untuk mengambil gambar atau dokumentasi pada saat pengujian dan kegiatan laboratorium dilakukan, sehingga memudahkan dalam proses analisa maupun penulisan naskah laporan tugas akhir. Kamera yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 3.10.



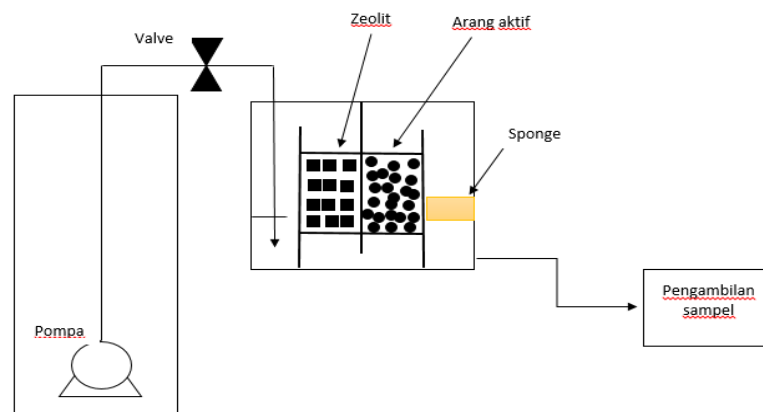
Gambar 3.10 Kamera

3.2.1.11 Alat Uji Adsorpsi Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah rumah sakit mengandung banyak bakteri dan zat – zat yang berbahaya bagi lingkungan, yang bersifat cemaran dan beracun, warna yang pekat dan bau yang tidak sehat. Maka dari itu dilakukan *treatment* menggunakan alat penetralisir limbah cair. Metode yang digunakan adalah secara kimia fisika, dengan menggunakan adsorben berupa arang aktif dan zeolit. Gambar penampang dan skema aliran pada alat uji adsorpsi limbah cair rumah sakit dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan 3.12 berikut.



Gambar 3.11 Alat Uji Adsorpsi Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Zeolit Dan Arang Aktif Dari Bahan Limbah Industri Mebel Kayu Jati secara Aliran Kontinu.



Gambar 3.12 Skema Aliran pada Alat Penetralisir Limbah Cair

3.2.2 Bahan Penelitian

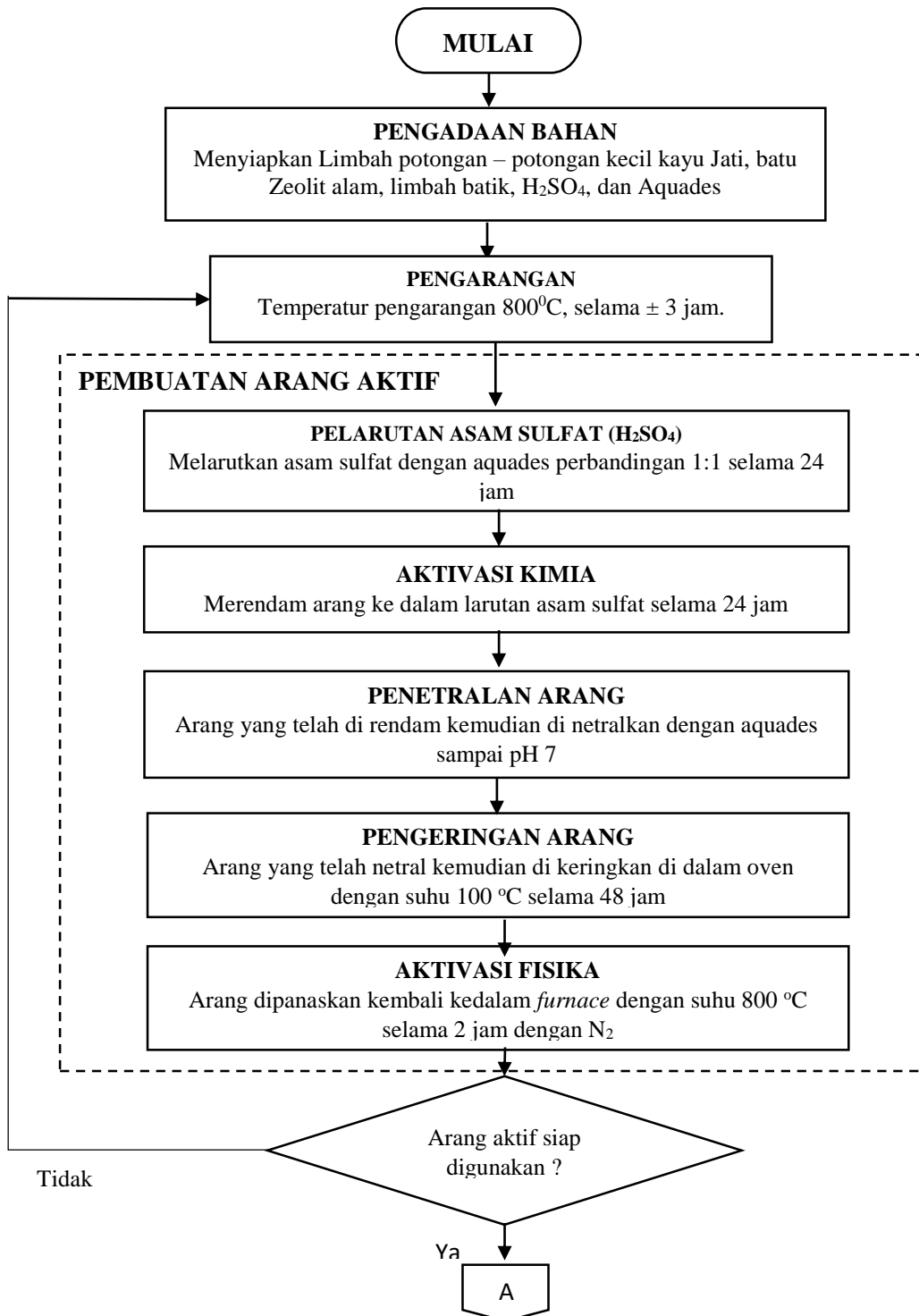
Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan arang aktif ini adalah limbah mebel kayu jati yang berasal dari industri mebel kayu jati. Limbah kayu jati kemudian diarangkan selanjutnya diaktifkan sehingga menjadi karbon aktif. Karbon aktif digunakan sebagai penyerap polutan limbah cair rumah sakit pada saat proses *treatment* berlangsung. Selain menggunakan karbon aktif penelitian ini juga menggunakan batu zeolit sebagai adsorben dari limbah cair rumah sakit. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

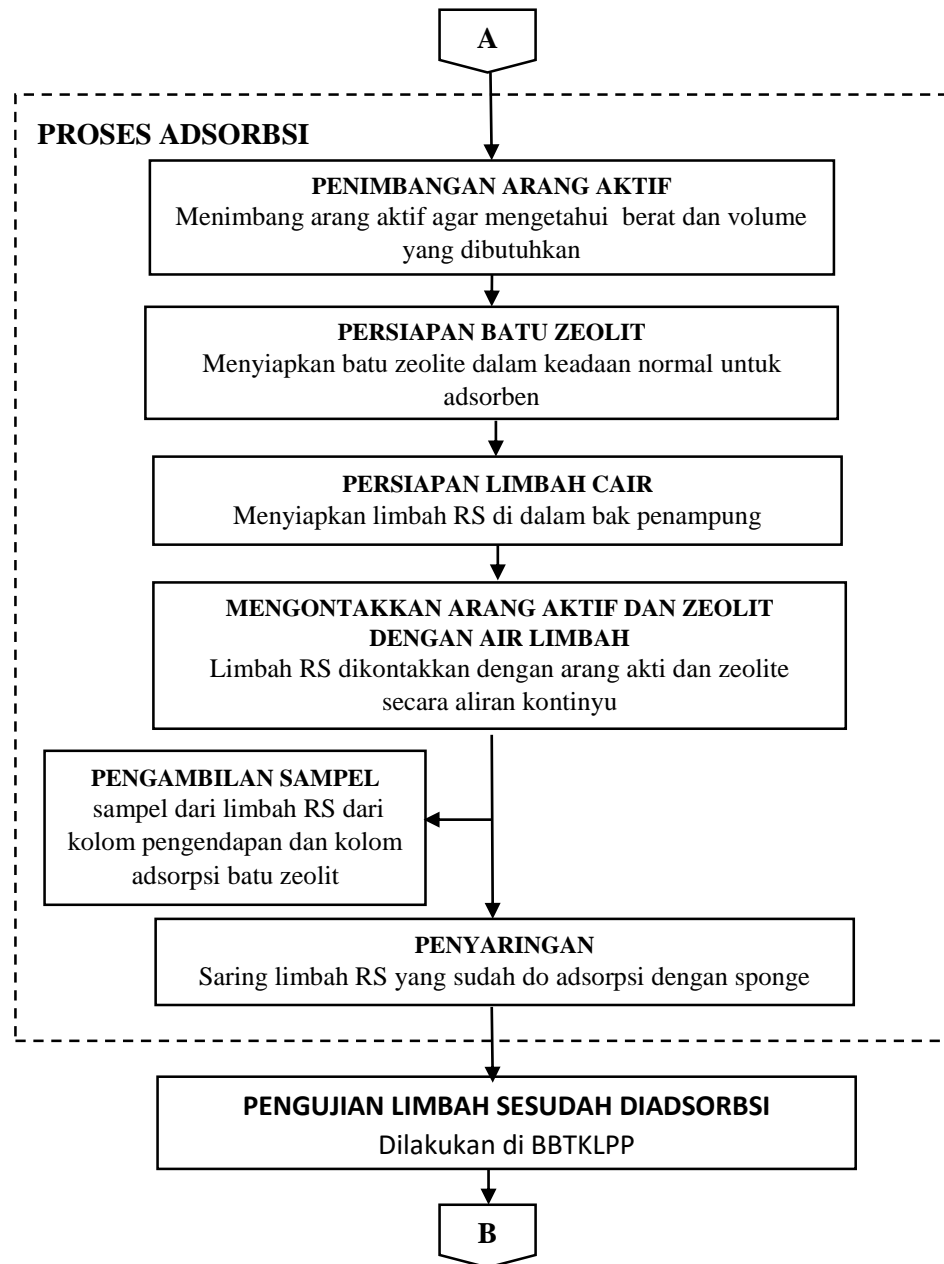
Tabel 3.2 Bahan penelitian

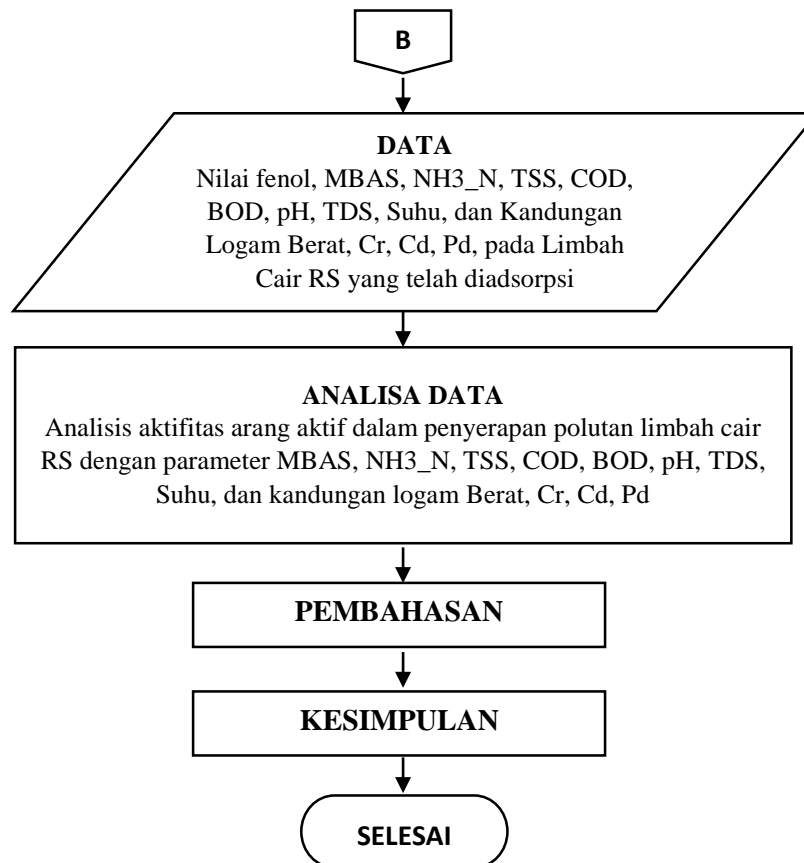
No.	Nama Bahan	Jumlah	Keterangan
1.	Potongan kayu Jati	10 kg	Bahan baku arang
2	Batu Zeolit alam	2 kg	Adsorben
3.	Asam sulfat (H ₂ SO ₄)	8 liter	Bahan pengaktif arang
4.	<i>Aquades</i> (air murni)	250 liter	Pelarut asam sulfat dan penetral arang dari asam sulfat
5.	Limbah rumah sakit	100 liter	Obyek penelitian

3.3 Diagram Alur Penelitian

Alur atau sistematika penelitian ini seperti pada Gambar 3.13.







Gambar 3.13 Diagram alur penelitian

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

Tahap persiapan alat dan bahan dimulai dengan kegiatan pengumpulan limbah kayu Jati, limbah ini didapat dari pengrajin properti rumah tangga di daerah sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Sebelum dilakukan tahap selanjutnya, limbah kayu Jati tersebut dibersihkan terlebih dahulu, sekiranya sudah bersih dari kotoran-kotoran maupun sampah, kemudian dilakukan pengeringan limbah kayu Jati dengan cara dijemur secara langsung di bawah sinar matahari sampai kadar air seimbang. Selain itu Batu Zeolit pun segera disiapkan sebagai salah satu media adsorben yang juga akan digunakan sebagai penyerap polutan pada limbah cair rumah sakit. Setelah semua bahan yang diperlukan telah siap, alat-alat yang diperlukan dalam proses pengurangan juga perlu dipersiapkan, diantaranya: *retort* 1 unit dengan kapasitas ± 1 kg, sarung tangan dan *tool set*.

3.5 Pembuatan Arang Kayu Jati

Proses pembuatan arang atau pengarangan menggunakan tungku pengarangan (*retort*) yang terbuat dari logam dengan kapasitas *retort* kurang lebih 1 kg. Pada proses pembuatan arang ini, bahan baku kayu yang digunakan adalah potongan limbah kayu Jati. Sebelum dimasukkan kedalam *retort*, potongan limbah kayu Jati terlebih dahulu dijemur di bawah sinar matahari dengan asumsi untuk mengurangi kadar air. Hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu pengarangan pada mesin *retort*. Semakin sedikit kadar air pada potongan limbah kayu Jati (bahan baku arang) maka proses pengarangan akan lebih cepat. Proses penjemuran potongan limbah kayu Jati dapat dilihat pada Gambar 3.14 berikut .



Gambar 3.14 Potongan Limbah Kayu Jati yang Sedang Dijemur

Setelah potongan limbah kayu Jati dijemur, kemudian dimasukkan ke dalam *retort* dengan kapasitas ± 1 kg. Temperatur pengarangan yang digunakan pada *retort* adalah 500°C . Proses pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air dan tar yang terkandung pada potongan limbah kayu Jati (bahan baku arang) ke lingkungan sehingga hanya tersisa arang dan abu. Proses pengarangan dilakukan selama ± 3 jam sampai dengan asap putih sudah tidak keluar dari *retort*. Setelah asap tidak keluar dari *retort*, pemanasan pengarangan dihentikan. Pendinginan arang dilakukan di dalam *retort* sampai temperaturnya sesuai dengan suhu kamar, lama pendinginan di dalam *retort* selama 24 jam. Selain untuk mendinginkan *retort*, hal tersebut juga untuk memadamkan bara yang ada

pada arang hasil pembakaran. Arang yang telah didinginkan dalam *retort* selanjutnya dikeluarkan dan diangin-anginkan di tempat terbuka hingga tercapai kondisi seimbang dengan udara lingkungan. Setelah proses selesai, arang yang dihasilkan hanya 1/3 dari berat bahan baku awal, hal ini di karenakan banyaknya kadar air maupun tar dan gas-gas lain yang menguap/hilang pada saat proses pemanasan/pengarangan sedang berlangsung. Gambar Proses pengarangan dan arang yang sudah jadi dapat dilihat pada Gambar 3.15 dan Gambar 3.16 berikut.



Gambar 3.15 Proses Pengarangan



Gambar 3.16 Potongan Limbah Kayu Jati yang Sudah Menjadi Arang

Secara garis besar, proses pengarangan dapat dijelaskan seperti tahapan berikut :

1. Pengumpulan potongan limbah kayu Jati sebagai bahan baku arang.

2. Potongan limbah kayu Jati yang sudah dikumpulkan, kemudian dijemur di bawah sinar matahari dengan harapan untuk mengurangi kadar air yang terkandung.
3. Setelah kadar air sedikit berkurang, kemudian potongan limbah kayu Jati dimasukkan ke tungku pengarangan (*retort*) dengan kapasitas ± 1 kg.
4. Potongan limbah kayu Jati dipanaskan dengan suhu 500°C selama ± 3 jam.
5. Setelah 3 jam, proses pemanasan dihentikan. *Retort* didinginkan selama ± 24 jam sampai mencapai suhu ruangan.
6. Arang yang sudah jadi dikeluarkan dari dalam *retort* dan diangin-anginkan di tempat terbuka hingga tercapai kondisi seimbang dengan udara lingkungan.

3.6 Pengaktifan Arang Aktif

Pengaktifan arang kayu dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan di samping bahan baku yang digunakan. Pengaktifan arang membutuhkan waktu sekitar 24 jam. Proses pengaktifan arang dapat dilihat pada tahapan berikut :

1. Pemotongan Arang

Sebelum diaktifkan arang terlebih dahulu dipotong – potong hingga berukuran *granular*. Hal ini dilakukan agar diperoleh arang aktif yang berkualitas. Gambar proses pemotongan arang dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Proses Pemotongan Arang

2. Persiapan Alat dan Perkakas

Alat-alat ini berfungsi sebagai sarana pengaktifan arang dengan zat kimia dan digunakan untuk proses pengadsorbsian limbah. Alat-alat ini terdiri dari gelas ukur, toples, ember, corong air, dan gayung. Alat-alat kimia dan perkakas dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Alat-Alat Kimia

3. Pelarutan Asam Sulfat (H_2SO_4)

Pada proses pengaktifan arang ini, pereaksi yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat dilarutkan dengan aquades dengan perbandingan 50% untuk mendapatkan larutan asam sulfat 50%. Untuk proses pengaktifan arang diperlukan 8 liter larutan, jadi digunakan 4 liter asam sulfat dan 4 liter aquades yang dilarutkan. Gambar proses pelarutan asam sulfat pekat dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Proses Pelarutan Asam Sulfat

4. Perendaman Arang Aktif Kedalam Larutan

Setelah diperoleh larutan asam sulfat 50%, arang yang akan diaktifkan dimasukkan ke dalam larutan pereaksi (direndam). Perendaman ini dilakukan selama 24 jam agar penyerapannya maksimal. Gambar proses perendaman dapat dilihat pada Gambar 3.20 berikut.



Gambar 3.20 Perendaman Arang

5. Penetralan Arang Setelah di Rendam Asam Sulfat

Proses penetralan ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan asam sulfat pada arang. Kandungan asam sulfat pada arang dapat merusak alat yang akan digunakan selanjutnya. Penetralan arang aktif dilakukan dengan cara terus menerus menyirami arang aktif dengan aquades sampai pH air setelah disiramkan menjadi 7 atau netral. Proses penetralan ditunjukkan pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Penyiraman Arang Dengan Aquades

6. Pengovenan Arang

Arang yang sudah dinetralkan selanjutnya dimasukkan kedalam *oven* untuk dipanaskan. Proses pemanasan ini bertujuan untuk mengembangkan pori dan luas permukaan dari arang yang akan diaktifkan. Suhu yang digunakan pada saat pengovenan adalah $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan waktu 48 jam. Proses pengovenan dapat dilihat pada Gambar 3.22 berikut.



Gambar 3.22 Arang dalam Oven

7. Pengaktifan Arang

Arang yang sudah dioven selama 48 jam kemudian di masukan kedalam *furnace* untuk dipanaskan kembali dengan suhu $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam. Pada saat pemanasan di dalam *furnace* pada saat bersamaan dikontakkan nitrogen kedalam *furnace*, pengontakkan nitrogen bertujuan untuk memaksimalkan pengaktifan arang.

3.7 Pengujian Adsorpsi Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Alat Uji

Sebelum dilakukan pengujian ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan, diantaranya menyiapkan bahan – bahan yang akan digunakan saat pengujian, yaitu :

1. Menyiapkan Adsorben

Adsorben yang akan digunakan seperti arang aktif dan Zeolit ditimbang terlebih dahulu sesuai kapasitas dari alat uji yang digunakan. Pada pengujian ini digunakan arang aktif sebanyak 200 gram dan Zeolit 2 kg untuk satu kali

variasi debit. Arang aktif dan Zeolit yang telah siap pakai dapat dilihat pada Gambar 3.23 dan Gambar 3.24 berikut.



Gambar 3.23 Arang Aktif dalam Saringan Arang Aktif



Gambar 3.24 Zeolit dalam Saringan Zeolit 1 dan 2

2. Menyiapkan Limbah Cair Rumah Sakit

Sebelum dilakukan pengujian, limbah cair rumah sakit dari RS PKU Muhammadiyah Gamping terlebih dahulu disiapkan di dalam bak/drum sebagai bahan yang akan diuji. Untuk 1 kali pengujian dibutuhkan sekitar 30 L limbah cair rumah sakit. Limbah cair rumah sakit yang telah siap dapat dilihat pada Gambar 3.25 berikut.



Gambar 3.25 Limbah Cair Rumah Sakit

3.7.1 Proses Pengujian

Langkah – langkah pada proses pengujian adsorpsi limbah cair rumah sakit dengan alat uji aliran kontinu dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat penetralisir limbah cair rumah sakit beserta kabel kelistrikan untuk pompa.
2. Menyaring dan memasukkan sampel limbah cair RS ke dalam bak drum sebanyak ± 100 liter.
3. Menimbang Zeolit sebanyak 2 kg.
4. Menimbang arang aktif sebanyak 200 gram (untuk sekali pengujian).
5. Memasang filter sponge ke dalam kolom filtrasi.
6. Menyiapkan stopwatch, gelas ukur 1000 ml, dan kamera.
7. Mulai menyalakan pompa untuk mengalirkan limbah.
8. Mengatur putaran katup (*valve*) untuk mendapatkan variasi debit.
9. Mencatat waktu penyalaan alat dari mulai pompa dinyalakan untuk dapat mengatur variasi waktu pengambilan sampel hasil *treatment* dan

mencatat waktu tunggu dalam kolom filtrasi/adsorpsi (seksi uji) alat penetralisir.

10. Menggunakan gelas ukur dan stopwatch untuk menghitung debit aliran.
11. Mengambil sampel uji hasil *treatment* dan masukan dalam botol.
12. Mengulangi pengambilan sampel pada variasi waktu pengambilan sampel yang sudah ditentukan.
13. Mengulangi langkah 1-12 untuk variasi debit yang berbeda.

Pengujian dilakukan pada alat uji adsorpsi limbah cair rumah sakit aliran kontinu. Proses *treatment* limbah cair batik dapat dilihat pada gambar 3.26 berikut.



Gambar 3.26 Proses Pengujian

3.7.2 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi adalah penyerapan arang aktif limbah cair, sebelum proses penyerapan dilakukan pengadanan limbah cair rumah sakit. Limbah cair rumah sakit didapat dari rumah sakit PKU Muhammadiyah Gamping, Yogyakarta. Pada saat pengadsorbsian limbah cair rumah sakit ini terjadi reaksi penyerapan kandungan logam berat, bakteri jahat, dan warna pada limbah oleh arang aktif dan batu zeolit. Proses yang terjadi adalah sebagai berikut :

- a. Limbah pada awalnya akan dimasukkan ke dalam drum pertama yaitu drum penampung limbah, drum ini juga berfungsi sebagai bak pengendapan. Pada drum penampung limbah ini diharapkan akan terjadi pengendapan warna atau padatan tersuspensi dalam limbah cair RS, drum ini difasilitasi level kedalaman pompa agar pompa tidak menyedot air di dasar drum yang sebagai media pengendapan. Dalam satu kali pengendapan terjadi dalam kurun waktu kurang lebih satu hari.
- b. Setelah limbah selama kurang lebih satu hari di dalam drum penampung maka limbah selanjutnya dipompakan menuju sistem filtrasi dengan pompa celup. Pada pemompaan limbah cair ini, debit air yang akan masuk ke dalam kolom filtrasi dapat diatur sedemikian rupa sehingga akan berpengaruh pada lama waktu tinggal limbah cair pada masing-masing kolom filtrasi/adsorpsi.
- c. Dalam sistem filtrasi/kolom adsorpsi Zeolit dan arang aktif terdapat beberapa skema aliran dan terbagi dalam tiga unit kolom yaitu: 1). Kolom pengendapan, 2). Kolom adsorpsi Zeolit, 3). Kolom adsorpsi arang aktif, dan 4). Kolom filtrasi *sponge*. Beberapa skema aliran tersebut akan dijelaskan lebih detail seperti di bawah ini :
 1. Mula-mula aliran akan menuju pada kolom pertama yang difungsikan sebagai kolom pengendapan kedua dari sistem penetralisir limbah cair batik. Cairan berjalan dari drum penampung pertama dialirkan menuju kolom pengendapan pada sistim filtrasi/adsorpsi, aliran dari atas ke bawah. Dalam kolom ini terdapat kotak sekat yang berfungsi menghambat aliran turbulen air yang akan memasuki kolom ini. Tujuan dari kolom ini adalah untuk mengendapkan polutan tersuspensi yang masih terkandung di dalam limbah cair batik pada drum penampung awal. Pada kolom ini dilengkapi kran untuk mengambil sampel limbah cair untuk diuji di laboratorium kandungan logam berat, baku mutu air, dan warnanya terhadap pengaruh pengendapan.

2. Selanjutnya limbah cair akan mengalir menuju kolom adsorpsi Zeolit.
Aliran yang terjadi pada kolom ini dikarenakan level air pada kolom pengendapan sudah terlewati dan air akan mengalir ke kolom adsorpsi Zeolit dari atas turun ke bawah dengan melewati pecahan batu Zeolit aktif. Dengan bentuk aliran seperti ini diharapkan logam berat, dan bau tak sedap dari limbah cair batik dapat terserap pada rongga pori batu Zeolit. Kolom ini dilengkapi kran untuk mengambil sampel limbah cair untuk mengetahui tingkat adsorpsi Zeolit terhadap limbah cair rumah sakit.
 3. Setelah limbah cair rumah sakit melewati kolom adsorpsi Zeolit selanjutnya limbah cair akan mengalir ke kolom adsorpsi arang aktif, pada kolom ini aliran akan mengalir dari bawah menuju ke atas atau dari kolom adsorpsi Zeolit bagian bawah mengalir ke kolom adsorpsi arang aktif bagian bawah. Tujuan aliran ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya sumbatan arang aktif pada saringan karena mengendapnya arang aktif jika aliran dialirkan dari atas ke bawah. Dengan aliran ke atas ini diharapkan arang aktif dapat sedikit terapung sehingga terdapat celah pada antar butirnya yang akan memaksimalkan proses adsorpsi arang aktif karena seluruh permukaan kontak arang aktif akan terkena limbah cair. Pada kolom ini juga dilengkapi kran untuk mengambil sampel limbah cair untuk mengetahui tingkat adsorpsi arang aktif terhadap limbah cair rumah sakit.
 4. Setelah limbah melewati kolom adsorpsi arang aktif selanjutnya limbah cair akan mengalir ke kolom filtrasi *sponge*. Pada kolom ini limbah cair akan disaring untuk terakhir kalinya setelah melewati beberapa kolom *treatment*. Tujuan filtrasi ini adalah untuk menghilangkan pengotor dan kemungkinan masih adanya butiran arang aktif yang terikut pada air limbah.
- d. Setelah melewati kolom filtrasi *sponge* selanjutnya air limbah akan dialirkan pada bak penampung akhir dan sampel air limbah dari masing–

masing kolom filtrasi yang telah direaksikan dengan adsorben selanjutnya akan diuji kadar logam berat, warna, serta bau.

- e. Menganalisa kandungan logam berat Cr (*Crom*), Cd (*cadmium*), Pb (timbal) baku mutu air, dan warna air limbah Rumah sakit yang belum diabsorpsi dengan arang aktif maupun yang sudah diabsorpsi oleh arang aktif.