

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian pemanfaatan air bekas mandi. Penelitian pemanfaatan limbah air bekas mandi di landaskan pada penggunaan reaktor rapid sand filter. Untuk lebih lanjut metode penelitian ini disusun sebagai pedoman dalam melaksanakan ide penelitian yang akan menjawab tujuan penelitian. Penyusunan tahapan penelitian bertujuan sebagai penjabar alur penelitian yang akan dilakukan agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1:

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Tetap

1. Parameter yang diuji pada ketebalan 15 cm, 18 cm dan 21 cm adalah parameter kekeruhan.
2. Parameter yang diuji pada ketebalan 21 cm media pasir, zeolit, dan GAC adalah parameter COD, BOD, Kekeruhan, dan TSS.
3. Susunan filter terdiri dari pasir, zeolit, GAC, dan kerikil.
4. Ukuran filter yang digunakan adalah persegi dengan Panjang ; 40 cm Lebar ; 40 cm Tinggi ; 80 cm
5. Debit (Q) filtrasi adalah $5,7 \times 10^{-7} m^3/det.$

3.2.2 Variable Bebas

1. Ketinggian media pasir adalah 15 cm, 18 cm, dan 21 cm.
2. Ketinggian media zeolit adalah 15 cm, 18 cm, dan 21 cm.
3. Pengambilan sampel media pasir dan zeolit pada menit ke-2, ke-5, ke-8, ke-11, ke-15, ke-20, dan ke-25.
4. Pengambilan sampel media gabungan pada menit ke-5, ke-15, ke-25, dan ke-35.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

3.3.1 Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dimulai dengan tahapan pembuatan reaktor RSF sampai pada proses pengujian sampel hasil pengolahan dengan parameter yang di amati. Pengambilan data primer juga diambil berdasarkan kebutuhan untuk melakukan perhitungan matematis yang berkaitan dengan parameter ataupun mekanisme dari reaktor RSF. Adapun data primer yang dibutuhkan adalah data pengayakan, *sieve test*, debit, luas area, dan kecepatan filtrasi. Kriteria desain juga termasuk dalam data yang menjadi acuan utama atau dasar dari RSF.

Secara umum filtrasi adalah proses yang digunakan pada pengolahan air bersih untuk memisahkan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya alga, virus, dan koloid-koloid tanah (Selintung, 2012). Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat mekanisme filtrasi sebagai berikut:

- a. Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
- b. Sedimentasi
- c. Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- d. Koagulasi dalam *filterbed*
- e. Aktivitas biologis

Menurut Masduqi, kriteria desain yang harus dipenuhi dalam unit filtrasi :

Tabel 3.1 Kriteria Desain Filtrasi

Karakteristik	NILAI	
	RENTANG	TIPIKAL
multi media		
Anthrasit		
a Kedalaman (mm)	420 – 530	460

Karakteristik		NILAI	
		RENTANG	TIPIKAL
b	ES (mm)	0,95 – 1	1
c	UC	1,55 - 1,75	<1,75
Pasir			
a	Kedalaman (mm)	150 – 230	230
b	ES (mm)	0,45 - 0,55	0,5
c	UC	2,5 - 2,6	1,6
Garnet			
a	Kedalaman (mm)	75 – 155	75
b	ES (mm)	0,2 - 0,35	0,2
c	UC	1,6 – 2	<1,6
kecepatan filtrasi (l/det - m ²)		2,72 - 6,8	4,08

Sumber : Masduqi, (2002).

Jenis media yang bisa digunakan adalah semua material yang stabil, berpori, seperti granular pasir, krikil, antrasit, *glass*, dan plastik. Berdasarkan susunan media suatu saringan, maka saringan dapat dibedakan menjadi filter multimedia, filter media ganda dan filter media tunggal. Pembagian jenis saringan cepat berdasarkan perlakuan awalnya yang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa jenis yang dikenal antara lain Penyaring langsung, Penyaringan Dua Tahap, dan Penyaringan konvensional (Lindu, 2000). Pembagian saringan cepat dapat dikelompokkan atas penyaring kecepatan konstan dan Penyaring kecepatan *Declining*, (Carnwell. dkk, 1984). Kriteria desain menurut SNI-6774-2008 untuk unit filtrasi (saringan cepat) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.2 Kriteria Desain *Rapid Sand Filter*

No.	Unit	Saringan biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5}$	Minimum 5 bak	-
2.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 – 11	12 – 33

No.	Unit	Saringan biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
3.	Media pasir			
	a. Tebal (mm)	300 - 700	300 - 700	300 - 700
	b. Media ganda	300 - 600	300 - 600	300 - 600
No.	Unit	Saringan biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
	c. ES	0,3 - 0,7	0,3 - 0,7	-
	d. UC	1,2 - 1,4	1,2 - 1,4	1,2 - 1,4
4.	Media antransit			
	a. Tebal (mm)	400 - 500	400 - 500	400 - 500
	b. ES	1,2 - 1,8	1,2 - 1,8	1,2 - 1,8
	c. UC	1,5	1,5	1,5
5.	Bottom filter			
	a.kedalaman (mm)	80 - 100	80 - 100	-
	Ukuran butir (mm)	2 - 5	2 - 5	-

Sumber : SNI-6774-2008

Data karakteristik limbah air bekas mandi juga menjadi data primer yang digunakan pada penelitian ini. Hal tersebut digunakan sebagai pembandingan untuk menghitung efisiensi dari reaktor rapid sand filter. Karakteristik dari air bekas mandi meliputi parameter Kekeruhan, TSS (*Total Suspended Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*).

3.3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data ini diperoleh dari hasil pencarian di tempat instansi terkait, penelitian terdahulu, website resmi yang memberikan informasi tentang data pengayakan, *sieve test*, debit, luas area, dan kecepatan filtrasi.

3.4 Lokasi Penelitian

Laboratorium rancang bangun dan kualitas air jurusan teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia.

3.5 Parameter Pengujian Penelitian

Penetapan parameter yang akan di uji dilakukan dengan melihat karakteristik dari limbah air bekas mandi. Parameter limbah air bekas mandi yang akan di uji dengan RSF harus dapat dengan mudah dikontrol dan disesuaikan dengan variabel-variabel yang telah dibuat. Menurut purnama (2007), BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme di dalam badan air untuk memecah (mendegradasi) bahan organik yang ada didalam badan air tersebut. COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar senyawa organik dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Bahan buangan organik juga dapat bereaksi dengan oksigen yang terlarut didalam air mengikuti reaksi oksidasi. Semakin banyak bahan organik yang ada di dalam air, maka semakin sedikit sisa kandungan oksigen yang terlarut di dalamnya (Setiawan, 2007).

Menurut Supradata (2005), proses pengolahan secara fisik (filtrasi dan sedimentasi) yang terjadi di dalam media reaktor, yang ditandai dengan penurunan konsentrasi TSS juga turut mempengaruhi penurunan konsentrasi COD pada *outlet* air limbah. Kecenderungan penurunan konsentrasi COD yang sejalan dengan penurunan konsentrasi BOD mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis). Hal senada juga dinyatakan oleh Effendi (2003), bahwa komposisi padatan yang terdapat dalam limbah domestik 70% merupakan bahan organik.

3.5.1 Kekeruhan

Kekeruhan di dalam air disebabkan oleh adanya air tersuspensi, seperti lempung, lumpur, zat organik, plankton dan zat-zat halus lainnya. Kekeruhan merupakan sifat optis suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya (Maryani, 2014). Kekeruhan pada penelitian ini diuji dengan menggunakan Turbidimeter .

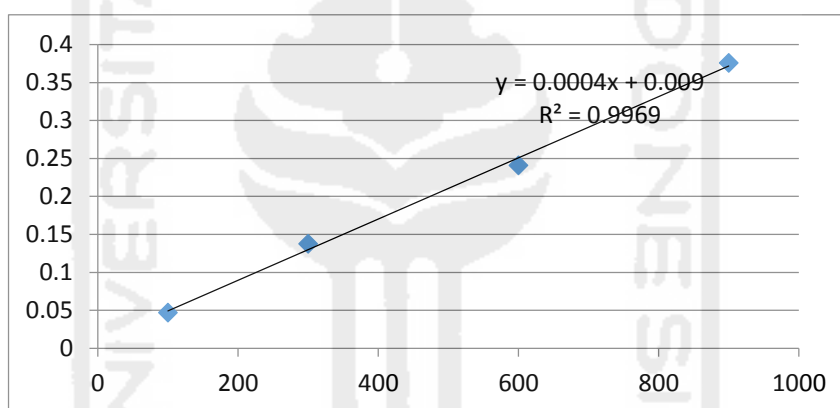
3.5.2 Total Suspended Solid (TSS)

Total padatan tersuspensi adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $>1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori $0,45\ \mu\text{m}$.

Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang terlarut dalam air, mineral dan garam-garamnya. Penyebab utama terjadinya TSS adalah bahan anorganik berupa ion-ion yang umum dijumpai di perairan. Laju penurunan TSS lebih disebabkan adanya proses fisik (filtrasi dan sedimentasi) yang sangat dipengaruhi oleh porositas media (Supradata, 2005).

3.5.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Uji *Chemical Oxygen Demand* biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari pada uji BOD. Karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD (Fardiaz, 1992). Perhitungan parameter COD menggunakan kurva kalibrasi yang telah ditetapkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Grafik Kurva Kalibrasi COD

Tabel 3.3 KHP Standar

No	Sampel ID	Type	Conc	WL 600.00
1	STD 1	Standard	100.000	0.047
2	STD 4	Standard	300.000	0.138
3	STD 6	Standard	600.000	0.241
4	STD 9	Standard	900.000	0.376

3.5.4 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik

yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk medegradasi bahan organik. Pengukuran selama 5 hari pada suhu 20°C ini hanya menghitung sebanyak 68 % bahan organik yang teroksidasi (Fardiaz, 1992).

3.6 Objek Penelitian

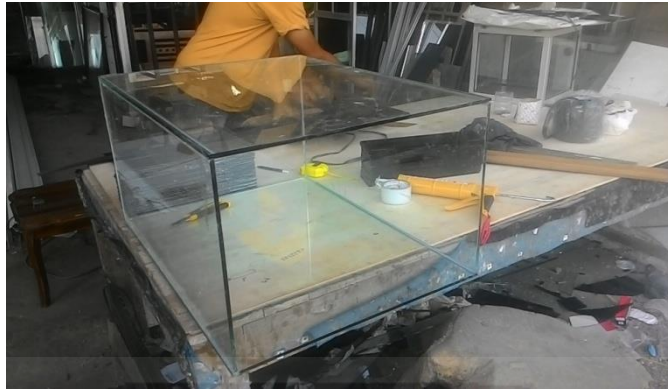
Objek penelitian adalah air bekas mandi yang akan di uji berdasarkan parameter yang telah ditetapkan dan akan diolah dengan menggunakan reaktor *rapid sand filter*.

3.6.1 Operasional Reaktor *Rapid Sand Filter* (RSF)

Operasional penggunaan dan pembuatan RSF dilakukan dengan manual tanpa sistem otomatis. Pengaliran RSF dilakukan dengan cara gravitasi (*down flow*). Pembuatan reaktor RSF dengan menggunakan kaca dengan ketebalan 5 mm. berdasarkan ketebalannya, kaca tersebut kuat menahan tekanan yang diberikan oleh media dan air yang dialirkan ke dalam reaktor RSF. Berikut adalah gambar disaat pembuatan reaktor RSF ditunjukkan pada gambar 3.2 dan 3.3:



Gambar 3.2 Reaktor *Rapid Sand Filter* (RSF),1.



Gambar 3.3 Reaktor *Rapid Sand Filter* (RSF),2.

Running filter dilakukan setelah semua persiapan selesai, selain itu ada beberapa peralatan tambahan yang digunakan untuk menunjang optimalisasi dari pengujian filter. Peralatan yang digunakan antara lain ditunjukkan pada gambar 3.4 dan 3.5 :



Gambar 3.4 Tempat pengaliran air



Gambar 3.5 Bak Pengumpul Air Limbah Bekas Mandi

Berikut adalah peralatan dan bahan dalam penelitian :

Alat :

1. Media filter persegi
2. Pipa 25 mm 1 buah (4 meter)
3. Bak pengumpul (ember besar) 1 buah
4. Ball valve 1 buah
5. Penggaris
6. Pan ayakan
7. Timbangan

Bahan :

1. Media pasir 25 Kg
2. Media karbonaktif 25 Kg
3. Media zeolit 25 Kg
4. Air bekas mandi 60 liter
5. Media penyangga krikil 10 Kg

Penelitian dimulai dengan mengalirkan air limbah bekas mandi sebanyak 60 L yang sebelumnya ditampung terlebih dahulu di bak penampung. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu mencari *trend* data dan mencari ketebalan yang efektif dari setiap media filter. Pada penelitian ini karbon aktif tidak uji *trend* datanya, dikarenakan semakin tebal karbon maka akan semakin bagus efektifitasnya, hal ini disebabkan oleh pori-pori yang ada pada karbon aktif tersebut. Berikut adalah media yang digunakan sebagai media penyaring limbah air bekas mandi ditunjukkan pada Gambar 3.6., Gambar 3.7., dan Gambar 3.8.



Gambar 3.6 Media Pasir Silika

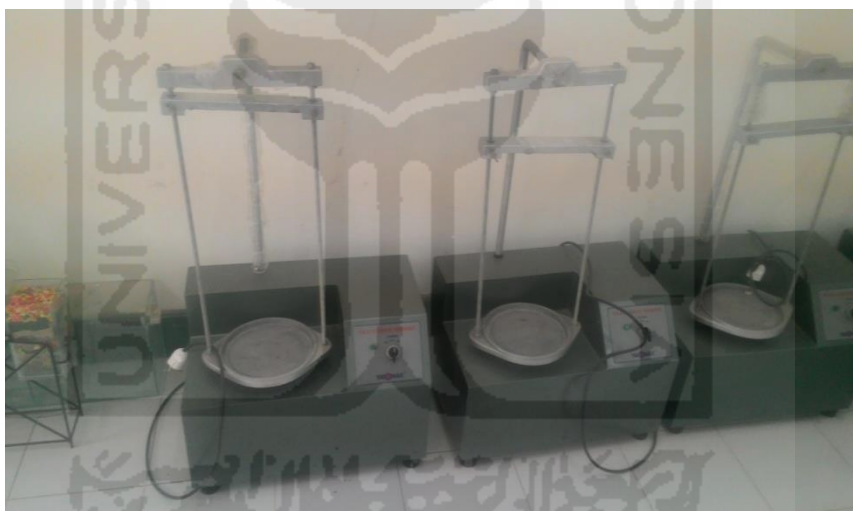


Gambar 3.7 Media Zeolit



Gambar 3.8 Media Karbon Aktif

Dalam menentukan ukuran diameter dari media yang akan digunakan, terlebih dulu dilakukan pengayakan dan melihat *stock sand* yang tersedia pada media yang akan digunakan. Pengayak dan ayakan agregat ditunjukkan pada gambar 3.9 dan 3.10 sebagai berikut:



Gambar 3.9 Pengayak Otomatis



Gambar 3.10 Ayakan Agregat Media

Dengan ukuran butiran telah yang didapatkan, maka media filter telah siap untuk diuji. Kemurnian pasir merupakan salah satu dari faktor optimalnya kerja dari suatu filter. Maka dari itu filter sebaiknya di cuci terlebih dahulu sampai tidak menyisakan partikel-partikel pengganggu dengan air bersih. Berikut adalah proses pencucian filter dapat dilihat pada gambar 3.11 sebagai berikut:



Gambar 3.11 Proses Pencucian Media

Setelah media filter selesai dicuci, dialirkan air limbah bekas mandi untuk di ambil sampelnya dan meguji efektifitasnya. Dalam proses pembersihan media dibutuhkan waktu yang cukup lama dengan diaduk-aduk secara terus-menerus hingga media terlihat bersih dan siap untuk dipakai. Proses pencucian ditunjukkan pada gambar 3.12 sebagai berikut:



Gambar 3.12 RSF Dengan Bak *Disperse*.

Pemasangan media gabungan dilakukan untuk pengujian air limbah bekas mandi dengan parameter yang telah di tentukan. Media gaungan ditunjukkan pada gambar 3.13 dan 3.14 :



Gambar 3.13 RSF Dengan *Mix Medium*



Gambar 3.14 *Running RSF Mix Medium*

3.6.2 Metode Sampling

Metode sampling yang digunakan dalam menguji air sampel pada reaktor RSF mengacu pada SNI dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 3.4 Metode Pengujian Air Bekas Mandi.

Parameter	SNI	Metode
COD	SNI 06- 6989.2:2004	Refluks tertutup
kekeruhan	SNI 06-6989.25-2005	Nefelometer
TSS	SNI 06-9689.3.2004	Gravimetric
BOD	SNI M.69-1990-03	BOD5

Dalam menghitung konsentrasi COD digunakan SNI 06-6989.2-2004, dengan pengambilan absorbansi menggunakan spektrofotometer yang hasilnya akan di plot pada kurva kalibrasi dengan rumus :

$$Y = bx+a \dots\dots\dots(3.1)$$

Y = Absorbansi

b = 0,0004

a = 0,009

Dalam menghitung konsentrasi BOD digunakan SNI M.69-1990-03 metode pengujian kadar kebutuhan oksigen biokimiawi dalam air dengan rumus :

$$\text{Oksigen Terlarut } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{V \times N \times 8000 \times f}{50} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$V = \text{mL } Na_2 S_2 O_3$$

$$N = \text{Normalitas } Na_2 S_2 O_3$$

F = faktor (Volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereaksi $Mn_2 SO_4$ dan alkali iodide azida)

Dalam menghitung konsentrasi TSS digunakan SNI 06-6989.3-2004 metode pengujian gravimetri dengan rumus :

$$TSS \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \dots\dots\dots(3.3)$$

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

Dalam menghitung konsentrasi kekeruhan digunakan SNI 06-6989.25-2005 metode pengujian nefelometer dengan rumus :

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fP \dots\dots\dots(3.4)$$

A = kekeruhan dalam NTU contoh yang di encerkan

fp = Faktor pengenceran

3.7 Trial Running RSF

Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu dilakukan *trial running* terhadap reaktor RSF dengan menggunakan air yang belum terkontaminasi agar saat running dapat bekerja secara optimal. Trial running dilakukan untuk mengontrol debit yang masuk dan keluar dari filter, dengan sistem kontinu maka debit yang masuk dan keluar haruslah sama. Di rencanakan debit (0,05 m³/Hari) pada air bekas mandi di dapatkan dari kegiatan mandi per-seorangan. Air yang telah digunakan untuk kegiatan mandi akan menghasilkan 60 L/org/hari.

Untuk menentukan debit (m³/det) maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q \text{ m}^3/\text{hari} = \frac{\text{Volume (L/org/hari)}}{1000} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$Q \text{ m}^3/\text{det} = \frac{Q \text{ m}^3/\text{hari}}{86400} \dots\dots\dots(3.6)$$

Untuk mencari luas area reaktor RSF digunakan rumus :

$$a = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

Untuk menentukan kecepatan reaktor RSF digunakan rumus

$$Q = a \times V \dots\dots\dots(3.7)$$

$$V = \frac{Q}{a} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(3.9)$$

Untuk menentukan jumlah reaktor yang akan digunakan :

$$N = 12 \times Q \text{ m}^3/\text{det}^{0,5} \dots\dots\dots(3.10)$$

3.8 Analisis Statistik

Untuk menjawab masalah penelitian, dikumpulkan sejumlah data yang menjadi bukti empiris. Dalam proses penelitian, setelah data dikumpulkan maka langkah berikutnya adalah menyajikan data. Pengolahan data dilakukan dalam dua tahap yaitu pengujian persyaratan (asumsi) dan pengujian hipotesis. Pengujian asumsi dilakukan untuk menentukan apakah pengolahan data menggunakan statistika parametris yang memungkinkan hasil pengolahan data digeneralisir pada populasinya. Bila berdasarkan pengujian asumsi menunjukkan bahwa asumsi terpenuhi maka pengolahan data menggunakan statistika parametrik sedang kan bila tidak terpenuhi maka pengolahan data menggunakan statistika nonparametrik.

Penelitian perbandingan merupakan penelitian yang membandingkan kedua kelompok populasi atau lebih dalam satu variabel. Dalam penelitian perbandingan pengujian asumsi juga dilakukan untuk menentukan apakah

pengolahan data menggunakan statistika parametrik atau nonparametrik. Pengujian asumsi meliputi pengujian atas keacakan sampel, normalitas data dan homogenitas varians.

Untuk menjelaskan hasil dibutuhkan pengujian statisti dengan t test uji perbandingan yang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{D} = E \frac{d}{n} \dots \dots \dots (3.11)$$

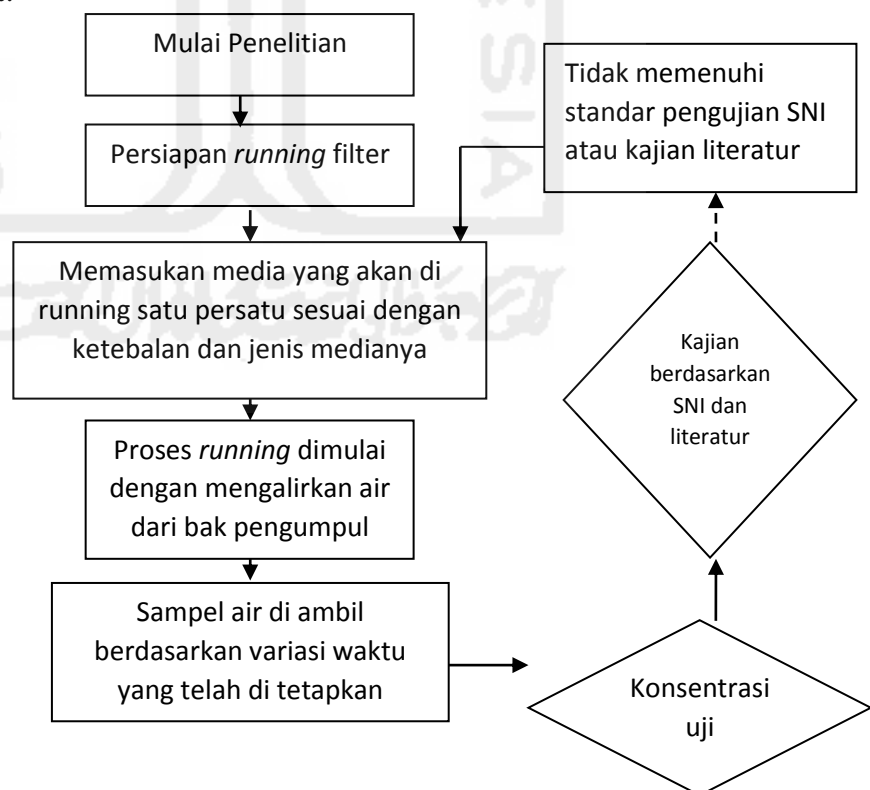
$$s = \sqrt{\frac{(n E d^2 x (E d)^2)}{n(n-1)}} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$D = m1 - m1 \dots \dots \dots (3.13)$$

$$RK = \frac{(d-D)}{s/\sqrt{n}} \dots \dots \dots (3.14)$$

3.9 Langkah Proses *Running Filter*

Running filter dilakukan 3 kali agar mendapatkan hasil removal terbaik dari ketebalan media yang telah di tetapkan. Untuk proses *running* dapat dilihat pada proses berikut:



Gambar 3.15 Langkah Proses *Running Filter*