

SKRIPSI

PENURUNAN TSS DAN KESADAHAN AIR SUNGAI DENGAN METODE SARINGAN LAMBAT ALIRAN *UPFLOW* MENGGUNAKAN ARANG AKTIF TEMPURUNG KELAPA DAN PASIR KUARSA SEBAGAI MEDIA FILTER

Oleh :

**Bernadina Maria Agustina Bria
0326027**



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**

1871113

PERUMAHAN TANAH DAN KESAWAHAN ALAM SUMBER DEWASA BERSEKUTU
KAWASAN LAMBAT ALAM LUTERAN KAWASAN
ALAM LUTERAN BERSEKUTU MELAKA DAN PASIR MUDA
KAWASAN MELAKA BERSEKUTU

1871113

Perumahan Tanah Agriplan
1871113

PERUMAHAN
TANAH MELAKA

PERUMAHAN TANAH MELAKA BERSEKUTU
KAWASAN LAMBAT ALAM LUTERAN
KAWASAN LAMBAT ALAM LUTERAN
KAWASAN MELAKA BERSEKUTU
1871113

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENURUNAN TSS DAN KESADAHAN AIR SUNGAI DENGAN METODE
SARINGAN LAMBAT ALIRAN *UPFLOW* MENGGUNAKAN
ARANG AKTIF TEMPURUNG KELAPA DAN PASIR KUARSA
SEBAGAI MEDIA FILTER**

Oleh :

Bernadina Maria Agustina Bria

0326027

Menyetujui :

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

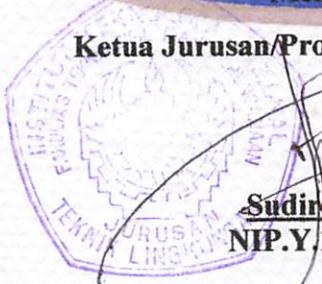
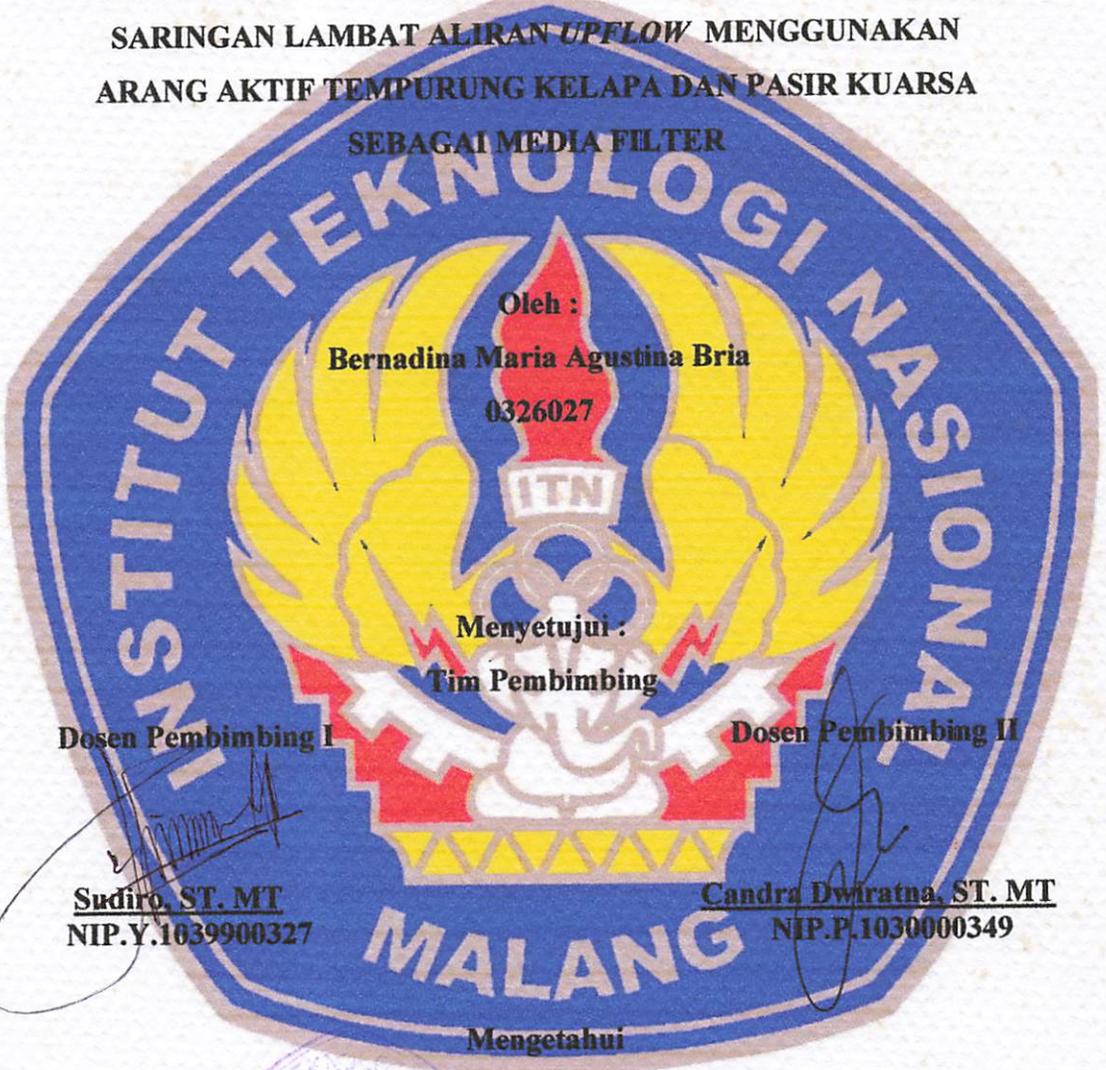
Sudiro, ST. MT
NIP.Y.1039900327

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP.P.1030000349

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan

Sudiro, ST. MT
NIP.Y.1039900327



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENURUNAN TSS DAN KESADAHAN AIR SUNGAI DENGAN METODE
SARINGAN LAMBAT ALIRAN *UPFLOW* MENGGUNAKAN
ARANG AKTIF TEMPURUNG KELAPA DAN PASIR KUARSA
SEBAGAI MEDIA FILTER**

Oleh :

Bernadina Maria Agustina Bria

0326027

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 20 September 2008.

Menyetujui :

Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

Metua

Sekretaris

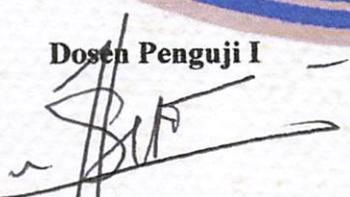

Ir. Agustina Nurul H., MTP
NIP. Y. 1039900214

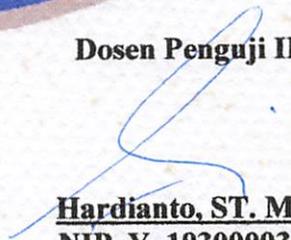

Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II


DR. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi
NIP. 131965844


Hardianto, ST. MT
NIP. Y. 1030000350

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji Syukur dan Terima kasih BagiMU TRI TUNGGAL MAHA KUDUS "ALLAH BAPA, ALLAH PUTRA DAN ALLAH ROH KUDUS" dan PERANTARA BUNDA MARIA atas Segala Kasih, Rahmat dan Berkah yang melimpah dan Sungguh indah dalam sepanjang Perjuangan, Perjalanan kehidupanku dan Dalam setiap DOA yang kupanjatkan. Seperti bunyi SabdaMU "Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur"

Terima kasih Bagimu Kedua Orang Tuaku Tercinta :
Bapak Arnoldus Bria Klau dan Mama Elisabeth Laak
Atas segala dukungan, kasih sayang, doa, perhatian, pengorbanan dan semua yang sudah anak Erna terima dari Bapa dan Mama. Tak akan pernah terbalaskan, anakmu hanya akan berusaha menjadi yang terbaik 'tuk Bapa dan Mama. Doakanku selalu,...

Terima kasih dan Penghargaan sebesar-besarnya untuk Bapak & Ibu Dosen Pengajar yang dengan sabar menuntun, membimbing, membantu dan memberi masukkan tuk bekal dalam meraih cita-cita dan harapan saya di hari-hari selanjutnya.

Terima Kasih untuk Bapak dan Mama Ani :
Bapak Yohanis Nahak dan Mama Gin Klau sekeluarga
Atas perhatian, bantuan, dukungan dan doa yang selalu menyertai anak Erna.

mY bRother N mY sIsTer yang senantiasa membuat aku Tersenyum dan Bersemangat tuk berusaha : Kaka Dus & Merry, Kaka Yann & Enchi, Kaka Sry & Finus, Kaka Jum. Atas perhatian, dukungan dan kasih sayang yang kalian berikan kepada adikmu yang Maniezzz ini,...

My Angel yang masih Lucu-Lucu :
Anakku tersayang Ian Bria, Asni Bria, Anggy Seran, Arin Seran N Joan Seran.

For mY SweeT LovE "Lucky Fernandez" :
Yang selalu perhatian, tempat curahan hatiku, memberi aku semangat dan pengalaman hidup yang indah sehingga aku bisa menghargai kehidupanku sendiri. Makasih tuk cinta, dukungan N doanya selalu, Semoga Qta TETAP Tersenyum bersama dan Tuhan memBerkatimu selalu dalam harapan dan impianmu. Aku akan Selalu Mendukungmu.

Terima kasih untuk Om Rafael Laak sek., Om Pius Nahak sek., Mama Meak, Bapak Lorens Seran sek., Bapak Norce Loe sek., Bapa Egi dan Mama Ulu, Mama Metan dan adik-adikku, Nenekku berdua di Uma Adat Kamanasa, Tanta yang selalu menyayangiku dan Nona Filo Abuk, dan semua Keluarga Besarku Uma Kamanasa serta Uma Umatoos yang selalu mendukung dan mendoakan anak/cucu Erna.

Teman-temanku Tercinta : Mety Saijao (paling bae su,,,), Angkatan 2003 TL ; Umdatur (Kmu bukan aja temanku tapi saudaraku dan keluargaku yang selalu hadir dalam keadaan susah dan senangku dengan kesabaranmu), Mega (tHx power pointx), Yayan (Maafin aku ya,,Tuhan punya rencana dalam setiap langkah Qta), Rizal (Kmu paling baik deh), Arif (Ur tHe best Friend), Titin (maaf,,aku jarang bantuin kmu), Evie(semangat ya Say,,), Mery (jangan cemberut, minta bantuan ma GenK Tung), Jamrud (selalu bwt aku tersenyum), O'oN (kapan nie ngumpul lagi), Syamsul, Ghunt, Yusri, RisQ & Indra (yang awet ya, aku tunggu undangannya), Aban, Laily, Fian, Nurcholis, Dika, Agus, Remon, Ode dan Raymon. THx untuk bantuan dan senyuman yang selalu kalian berikan buat aku. Duluan ya,,,aku akan merindukan kalian semua,,,SEMANGAT!!!!

Ka Tinny dan Ka Ance (ALUMNI) yang selalu mendukung dan memberiku semangat, Ka Evelyn tuk bantuan dan semangat MUDIKA yang tinggi, Ka Timo (tetap semangat!!), Mba Eka (Hajar aja,,termotivasi rek,,), Ka Chia, adikku In Taolin + Ivana + Paul (ayo yang rajin ya,,), Dewi, Efrem, dan semua teman-teman TL yang tidak disebutkan TERIMA KASIH untuk bantuan dan semangatnya.

Keluarga Lingkungan St. Kriatoforus ; Bapak dan Ibu Bin dan segenap keluarga di lingkungan St. Kristoforus, teman-teman MUDIKA ; Ka Evelyn, Rini, Lilis, Ani, Jeko, Fr. Topan N Fr. Triman Cs, Para Suster CP, Sr.Yosefrida dan Sr.Sofi.

Penghuni Sigura-gura V/KAV 3B ; Bapak Budi sek. yang membuat aku sudah nyaman tinggal di rumah, Mas Paul tuk nasehatnya N Devi, Ana, Desy, Hany N Widya. Makasih tuk dukungannya selalu. Veraliza (mawok,,,thx ya!!!!)

Terima kasih untuk semua yang tidak saya sebut dan yang pernah hadir dalam hidupku yang sudah membantu, memberi kekuatan, mendukung dan mendoakan saya. Kalian telah menjadikan hidupku berwarna.

Tuhan Selalu Memberkati.

"Hari ini engkau sedih cobalah berusaha tuk Tersenyum, Hari ini engkau jatuh cobalah berusaha tuk Bangun lagi dan jadikan Hari ini indah Tuk Hari ini"

ABSTRAKSI

Bria, A. M. Bernadina, Sudiro, Candra Dwi Ratna. 2008. **Penurunan TSS dan Kesadahan Air Sungai Dengan Metode Saringan Lambat Aliran *Upflow* Menggunakan Arang Aktif Tempurung Kelapa dan Pasir Kuarsa Sebagai Media Filter**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional Malang.

Salah satu sumber air baku adalah air sungai, dimana saat ini banyak tercemar oleh aktivitas manusia itu sendiri yang menyebabkan menurunnya kualitas air sungai. Parameter TSS dan kesadahan merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas air sungai. Sehingga diperlukan suatu teknologi yang tepat guna dan sederhana yaitu proses filtrasi dengan metode saringan lambat. Dalam proses ini perlu diketahui komposisi media, diameter butir, ketinggian media, waktu filtrasi, kekeruhan dan kecepatan penyaringan yang sangat mempengaruhi mekanisme dan efisiensi kerja filter. Diperlukan juga perbaikan terhadap saringan lambat yang umumnya dipakai yaitu pengendapan awal untuk air baku dengan kekeruhan >10 NTU, pemberian *underdrain* dan mengubah arah aliran *downflow* menjadi *upflow*.

Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan kombinasi arang aktif tempurung kelapa dengan pasir kuarsa sebagai media filter dan menentukan komposisi media filter yang efektif dengan waktu operasi yang sesuai dalam menurunkan konsentrasi TSS dan kesadahan. Reaktor yang digunakan adalah reaktor saringan lambat dengan aliran *upflow* secara kontinyu dengan panjang dan lebar 15cm dan tinggi 160cm. Reaktor ini menggunakan variasi komposisi ketinggian media filter (komposisi arang 30% dan pasir 70%, arang 60% dan pasir 40%, arang 90% dan pasir 10%) dan waktu filtrasi (saat effluent keluar pertama, setelah 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam). Sedangkan diameter media 0.2-0.4 mm dengan kecepatan penyaringan 0.4 m³/m²/jam.

Hasil penelitian diperoleh kombinasi arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa sebagai media filter pada metode saringan lambat aliran *upflow* mampu menurunkan TSS dan kesadahan air sungai. Efisiensi penurunan TSS tertinggi 99.83% pada komposisi ketinggian media pasir 40% dan arang 60% dengan waktu operasi pada saat efluen pertama keluar. Efisiensi penurunan kesadahan tertinggi 89.42% pada komposisi ketinggian media pasir 10% dan arang 90% dengan waktu operasi saat t = 2 jam. Komposisi terbaik untuk penurunan kedua parameter adalah komposisi ketinggian media pasir 10 % dan arang 90 % dengan efisiensi penurunan TSS 99.69% dan kesadahan 89.42% pada waktu operasi 2 jam.

Kata Kunci : Arang Aktif, Kesadahan, Pasir kuarsa, Saringan Lambat aliran *upflow*, dan *Total Suspended Solid*.

ABSTRACT

Bria, A. M. Bernadina, Sudiro, Candra Dwi Ratna. 2008. **Decrease of TSS and Hardness of River Water with Flow Slow Filtering Method of Up flow By Using Charcoal from Coconut Shell Active and Silica Sand as Filter Media.** Thesis, Environment Technical Department of Institute Teknologi Nasional Malang.

One of standard water that usable is river water, where now pollution much of the activity human self that to result in the quality river water is decrease. Parameter TSS and hardness of water is one of that this. From this case, it is need the technology that application and simple is the filtration process with method of flow slow filtering up flow. In the process to need composition media, diameter of media, height media, time of filtration, turbidity and velocity of filtering that very influenced mechanical and work efficiency of filter. To needed regenerate for slow filter that used generally is prasedimentasi for standard water with turbidity >10 NTU, giving underdrain and change of down flow to up flow.

The purpose of this research is to know the capacity of combination of charcoal from coconut shell active with silika sand as media of filter and determining of composition of filter media that effect with operational time which suitable in decrease of concentration TSS and hardness of water. The reactor that use is slow filtering reactor with up flow in continuously with wide length 15 cm and high 160 cm. This reactor using variation of high composition filter media (composition of charcoal 90% and sand 10%, charcoal 30% and sand 70%, charcoal 90% and sand 10%) and time of filtration (time of effluent out in the first time, after 2 hours, 4 hours, 6hours and 8 hours). While the diameter of media 0.2-0.4 mm with velocity of filtering $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hours}$.

Based on the result of the research is the combination of charcoal from coconut shell active and silica sand as media of filter at flow slow filtering up flow methods able to decrease TSS and hardness of river water. The efficiency of the most decrease TSS is 99.83% in combination of height of sand media 40% and charcoal 60% with time operation at the first time of out of effluent. The efficiency of decrease of the most high of hardness of water is 89.42%in composition of height of sand media 10% and charcoal 90% with time operation $t = 2$ hours. The best composition at the height of sand media 10% and charcoal 90% with efficiency decrease TSS is 99.69% and hardness of water is 89.42% at operation time 2 hours.

Key Words : Charcoal active, Hardness of water, Silica sand, Filtering of flow slow up flow and Total Suspended Solid.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kepada Tuhan Yesus dan Perantara Bunda Maria yang telah menganugerahi Berkah dan Rahmat-Nya yang melimpah kepada penyusun, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Penurunan TSS dan Kesadahan Air Sungai dengan Metode Saringan Lambat Aliran *Upflow* Menggunakan Arang Aktif Tempurung Kelapa dan Pasir Kuarsa sebagai Media Filter” ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) di Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Lingkungan.

Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I.
2. Ibu Chandra Dwiratna, ST. MT., selaku Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing II.
3. Ibu Anis Artiyani, ST., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Bapak DR. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi selaku Dosen Penguji I dan Bapak Hardianto, ST. MT., selaku Dosen Penguji II.
5. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MT., selaku Dosen Wali untuk Angkatan Tahun Akademik 2003/2004 Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Kedua Orang Tua saya Tercinta, Bapak Arnoldus Bria Klau dan Mama Elisabeth Laak yang penuh dengan kasih sayang, perhatian, pengorbanan dan setiap lantunan doa dalam membesarkan dan mendidik saya hingga saat ini.
8. Kakak Dus Bria Sek., Kaka Yann Bria Sek., Kaka Finus Seran Sek., Kaka Jum Bria dan anak Ian Bria, Asni Bria, Anggy Seran, Arin Seran dan Joan Seran yang

selalu memberi dukungan, perhatian, semangat dan senyuman buat adik/mama Erna.

9. Keluarga Besar Uma Kamanasa dan Uma Umatoos yang senantiasa selalu mendukung, penuh perhatian dan kasih sayang yang adik/anak/cucu Erna terima.
10. Teman-teman Teknik Lingkungan khususnya Angkatan 2003/2004 dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan yang ada pada laporan skripsi ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang sudah disusun ini.

Akhirnya penyusun berharap Laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, September 2008

Bernadina M. A. Bria

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERSEMBAHAN

ABSTRAKSI/ABSTRACT

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air Baku Utama	5
2.1.1 Air Laut	5
2.1.2 Air Hujan	5
2.1.3 Air Permukaan	6
2.1.4 Air Tanah	7
2.2 Parameter-parameter Air Bersih	7
2.2.1 <i>TSS (Total Suspended Solid)</i>	8
2.2.2 Kesadahan	9
2.3 Filtrasi	10
2.3.1 Definisi Filtrasi	10
2.3.2 Jenis Filtrasi	11
2.4 Saringan Lambat	13
2.5 Jenis Media	17
2.5.1 Arang aktif Tempurung Kelapa	17
2.5.1.1 Struktur Tempurung Kelapa	17
2.5.1.2 Proses Pembuatan Arang aktif	18

2.5.1.3 Arang aktif.....	19
2.5.2 Pasir Kuarsa	21
2.6 Media Filter dan Media Penyangga	22
2.6.1 Media Filter	22
2.6.2 Media Penyangga	25
2.7 Mekanisme Filtrasi	25
2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Filtrasi	27
2.9 Hidrolika Filtrasi	30
2.10 Metode Pengolahan Data	31
2.10.1 Analisis Data Statistik dalam Minitab.....	32
2.10.2 Metode Analisis Data Statistik	32
2.10.2.1 Analisis Statistik Sederhana	32
2.10.2.2 Analisis Regresi.....	34
2.10.2.3 Desain Eksperimen.....	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum	39
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian	39
3.2.1 Bahan Penelitian	39
3.2.2 Peralatan Penelitian	39
3.3 Variabel Penelitian	40
3.4 Tahap Penelitian	41
3.4.1 Analisa Pendahuluan	41
3.4.2 Persiapan Media Penelitian	41
3.4.3 Pengoperasian Alat	42
3.5 Analisa Parameter Uji	42
3.6 Analisa Data	43
3.7 Kerangka Penelitian	43
3.8 Rancangan Alat Proses	46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Sampel	47
4.2 Hasil Penelitian	48
4.3 Analisis Penurunan TSS	50
4.3.1 Analisis Deskriptif	50
4.3.1.1 Komposisi Ketinggian Media Pasir 70% dengan Arang 30%	52
4.3.1.2 Komposisi Ketinggian Media Pasir 40% dengan Arang 60%	52
4.3.1.3 Komposisi Ketinggian Media Pasir 10% dengan Arang 90%	53
4.3.2 Analisis ANOVA	53
4.3.3 Analisis Korelasi	55
4.3.4 Analisis Regresi.....	56
4.3.5 Pembahasan	59
4.4 Analisis Penurunan Kesadahan	66
4.4.1 Analisis Deskriptif	66
4.4.1.1 Komposisi Ketinggian Media Pasir 70% dengan Arang 30%	68
4.4.1.2 Komposisi Ketinggian Media Pasir 40% dengan Arang 60%	68
4.4.1.3 Komposisi Ketinggian Media Pasir 10% dengan Arang 90%	69
4.4.2 Analisis ANOVA	69
4.4.3 Analisis Korelasi	71
4.4.4 Analisis Regresi.....	72
4.4.5 Pembahasan	75

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran.....	82

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1</i> Kesadahan Air	10
<i>Tabel 2.2</i> Ringkasan Parameter-parameter Desain	15
<i>Tabel 2.3</i> Perbedaan antara Saringan Pasir Lambat, Saringan Pasir Lambat aliran <i>upflow</i> dan Saringan Cepat.....	16
<i>Tabel 2.4</i> Nilai Faktor Kebulatan, Faktor Bentuk dan Porositas Berdasarkan Gambaran Bentuk Butiran.....	24
<i>Tabel 2.5</i> Koefisien Korelasi <i>Guilford</i>	33
<i>Tabel 4.1</i> Karakteristik Awal Air Sungai dan Standar Kualitas Air	47
<i>Tabel 4.2</i> Hasil Akhir TSS	48
<i>Tabel 4.3</i> Hasil Akhir Kesadahan	49
<i>Tabel 4.4</i> Persentase Penurunan TSS (%).....	51
<i>Tabel 4.5</i> Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan TSS Terhadap Waktu	54
<i>Tabel 4.6</i> Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan TSS Terhadap Komposisi Ketinggian Media.....	54
<i>Tabel 4.7</i> Korelasi antara Persentase Penurunan TSS dengan Variasi Waktu dan Komposisi Ketinggian Media.....	55
<i>Tabel 4.8</i> Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS.....	56
<i>Tabel 4.9</i> Hasil Uji Kelinearan Analisa Regresi Persentase Penurunan TSS	58
<i>Tabel 4.10</i> Persentase Penurunan Kesadahan (%)	67
<i>Tabel 4.11</i> Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan Kesadahan Terhadap Waktu	70
<i>Tabel 4.12</i> Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan Kesadahan Terhadap Komposisi Ketinggian Media.....	70
<i>Tabel 4.13</i> Korelasi antara Persentase Penurunan Kesadahan dengan Variasi Waktu Filtrasi dan Komposisi Ketinggian Media	71
<i>Tabel 4.14</i> Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Kesadahan	72
<i>Tabel 4.15</i> Hasil Uji Kelinearan Analisa Regresi Persentase Penurunan Kesadahan.....	74

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2.1</i> Bentuk-bentuk butiran media filter	24
<i>Gambar 3.1</i> Kerangka Penelitian	45
<i>Gambar 3.2</i> Rancangan Alat Proses	46
<i>Gambar 4.1</i> Grafik Hubungan Nilai TSS (mg/liter) Akhir terhadap Waktu Pengambilan Sampel	50
<i>Gambar 4.2</i> Grafik Hubungan Persentase Penurunan TSS (%) Akhir terhadap Waktu Pengambilan Sampel	52
<i>Gambar 4.3</i> Grafik Hubungan Nilai Kesadahan (mg/liter) Akhir terhadap Waktu Pengambilan Sampel	66
<i>Gambar 4.4</i> Grafik Hubungan Persentase Penurunan Kesadahan (%) Akhir terhadap Waktu Pengambilan Sampel	68



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komponen lingkungan yang mempunyai peranan cukup besar dalam kehidupan adalah air. Air berperan dalam pemenuhan kebutuhan manusia baik dalam rumah tangga, pertanian maupun industri (Kusnadi, 2006). Karena peranannya tersebut, sehingga berbagai usaha dilakukan untuk memperolehnya dengan memanfaatkan air dari berbagai sumber baik air tanah maupun air permukaan.

Air sungai merupakan salah satu air permukaan yang pada saat ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai air baku. Akan tetapi, pada umumnya air sungai banyak tercemar oleh limbah yaitu berasal dari aktivitas rumah tangga, pertanian, industri maupun rumah sakit yang menyebabkan menurunnya kualitas air sungai. Kualitas air sungai pada umumnya yaitu mengandung zat padat yang terlarut dan tersuspensi sehingga air sungai menjadi keruh, berwarna dan bau. Disamping itu, banyak zat-zat pencemar baik organik maupun anorganik yang bersifat toksik. Sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan oleh masyarakat sebagai air bersih.

Kriteria penilaian untuk mutu atau kualitas air adalah berdasarkan uji fisik, kimia, cemaran logam dan kandungan bakteri. Pada parameter kimia yaitu TSS (*Total Suspended Solid*) bila berlebihan dan dikonsumsi dapat mengganggu kesehatan. Sedangkan kesadahan air yang tinggi dapat menyebabkan sabun atau deterjen tidak bekerja dengan baik dan menimbulkan kerak pada peralatan logam.

Salah satu proses pengolahan yang dapat digunakan untuk menurunkan TSS dan kesadahan adalah proses filtrasi. Proses filtrasi terdiri dari berbagai jenis filter yang ada, saringan lambat merupakan teknologi sederhana tepat guna yang umum dipakai untuk penyediaan air minum dengan *effluent* yang di hasilkan cukup berkualitas. Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh saringan pasir lambat adalah dapat membentuk lapisan (*film*) biologis, disamping proses penyaringan secara fisika juga



menghilangkan kotoran secara bio-kimia sehingga zat besi, mangan dan zat lain yang menimbulkan bau akan hilang (Said, 2007). Metode saringan pasir lambat dengan aliran *upflow* mempunyai kelebihan yaitu beban filter menjadi kecil, kecepatan penyaringan relatif tinggi, waktu pencucian filter relatif panjang dan tidak perlu secara manual (Berita KAI 30/11/2007).

Dalam proses filtrasi ini akan digunakan media filter pasir kuarsa dan arang aktif tempurung kelapa. Pasir kuarsa dapat menyaring padatan tersuspensi dan terlarut, sedangkan arang aktif tempurung kelapa selain sebagai penyaring juga sebagai adsorben. Tempurung kelapa merupakan salah satu hasil alam di Indonesia yang sangat berpotensi dimana selain dimanfaatkan sebagai bahan daur ulang, kerajinan tangan, bahan bakar seperti kayu bakar dan briket juga sebagai arang aktif. Sebagai arang aktif, tempurung kelapa mempunyai kandungan 85-95 % karbon dengan daya serap sebesar 25-100 % (Sembiring & Tuti, 2003). Arang aktif tempurung kelapa sebagai media filter dapat menurunkan jumlah padatan terlarut, termasuk kadar ion-ion dan kandungan logam pada filtrat sebesar 55,68 % pada air tanah dengan ukuran arang aktif antara 1- 4 cm (Purnomo, 2002). Dimana kesadahan disebabkan oleh adanya ion-ion seperti Ca^{++} dan Mg^{++} (Sutrisno, 2006).

Saringan lambat dengan aliran *upflow* dapat bekerja dengan baik bila diketahui komposisi, diameter dan ketinggian media arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa, dimana media filter bagian atas dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter. Waktu filtrasi juga sangat berpengaruh terhadap mekanisme kerjanya. Selain itu kekeruhan dan kecepatan yang tinggi juga sangat mempengaruhi cepat terjadinya proses penyumbatan (media *clogging*) akibat pengendapan zat padat pada permukaan media. Dengan demikian untuk mengatasinya perlu dilakukan pengendapan awal untuk kekeruhan yang lebih besar dari 10 NTU (Said, 2007), perbaikan/peningkatan desain dengan pemberian *underdrain* dan mengubah arah aliran *down flow* menjadi *upflow*. Disamping itu dengan memanfaatkan arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa sebagai media filter diharapkan dapat mengurangi kandungan TSS dan kesadahan



pada air sungai serta pertimbangan teknik dan ekonomi dengan sasaran utamanya dihasilkan filtrat dengan kualitas yang lebih baik dari saringan lambat umumnya dipakai serta biaya yang tetap terjangkau.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nilasari, 2006 pemanfaatan arang aktif tempurung kelapa sebagai media *slow sand filter* untuk menurunkan kekeruhan dan COD pada air sungai, dengan aliran *downflow* didapatkan hasil yang cukup baik yaitu penurunan kekeruhan 91.40 % dan COD 50.57 %. Sedangkan penelitian oleh Said, 2007 teknologi pengolahan air bersih dengan proses saringan lambat “up flow” didapatkan hasil yaitu penurunan kekeruhan 92 %, zat organik 38 % dan konsentrasi zat besi (Fe) 94 %. Hasil penelitian ini muncul pemikiran untuk mencoba menurunkan kandungan TSS dan kesadahan pada air sungai dengan media arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa pada metode saringan lambat dengan aliran *upflow*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah kombinasi arang aktif tempurung kelapa dengan pasir kuarsa mampu digunakan sebagai media filter dengan metode saringan lambat aliran *upflow* untuk menurunkan kandungan TSS dan kesadahan pada air sungai ?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi media filter dan waktu filtrasi terhadap penurunan kandungan TSS dan kesadahan pada air sungai dengan menggunakan metode saringan lambat aliran *upflow* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kemampuan kombinasi arang aktif tempurung kelapa dengan pasir kuarsa sebagai media filter dalam menurunkan kandungan TSS dan kesadahan.
2. Untuk mengetahui komposisi media filter yang efektif dengan waktu operasi yang sesuai dalam menurunkan konsentrasi TSS dan kesadahan.



1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Penelitian ini menggunakan reaktor saringan lambat aliran *upflow* dengan variasi sebagai berikut :
 - Komposisi ketinggian media
 - Waktu filtrasi
3. Parameter yang dianalisa dalam penelitian ini adalah TSS dan kesadahan
4. Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air sungai di Sungai Benanain-Besikama NTT.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air Baku Utama

Beberapa sumber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih dikelompokkan sebagai berikut :

2.1.1 Air Laut

Air laut merupakan bagian terbesar dari muka bumi, sebagai terminal dari sungai dan memiliki kadar garam yang tinggi dibandingkan dengan air daratan serta sifatnya asin karena mengandung garam NaCl.

2.1.2 Air Hujan

Untuk memanfaatkan air hujan sebagai sumber air minum sebaiknya waktu menampung air hujan setelah beberapa lama hujan turun, bukan dimulai pada saat hujan mulai turun. Beberapa sifat kualitas dari air hujan adalah (*Wardiman, 1997*) :

- Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral.
- Air hujan pada umumnya bersifat lebih bersih.
- Dapat bersifat korosif karena mengandung zat-zat yang terdapat di udara seperti NH_3 , CO_2 agresif, ataupun SO_2 . Adanya konsentrasi SO_2 yang tinggi di udara yang tercampur dengan air hujan akan menyebabkan terjadinya hujan asam (*acid rain*).

Dari segi kualitas, air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan. Sehingga air hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil secara terus menerus, karena tergantung pada musim.



2.1.3 Air Permukaan

Merupakan air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri, kota dan lain sebagainya. Beberapa pengotor ini, untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini.

Jenis pengotornya dapat dilihat dari ciri-ciri fisik, kimia dan bakteriologi. Air permukaan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu (*Almsyah, 2007*) :

⊕ Air sungai

Air sungai berasal dari air hujan dan mata air yang mengalir pada permukaan tanah. Secara fisik, air sungai terlihat berwarna coklat dengan tingkat kekeruhan yang tinggi karena bercampur dengan pasir, lumpur, kayu, dan kotoran lainnya. Kualitas air sungai dipengaruhi oleh lingkungan sekitar aliran sungai. Secara umum, kualitas air dihilir (muara) lebih rendah dibandingkan di daerah hulu (mata air). Hal ini terjadi akibat limbah industri, rumah tangga dan limbah pertanian yang dibuang langsung ke sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu terkumpul di muara sungai. Akibatnya, secara fisik, kimia maupun biologi, air di daerah muara sungai sangat rendah dan tidak layak digunakan bahan baku air minum.

⊕ Air rawa atau danau

Air rawa atau danau berasal dari air hujan, air sungai dan mata air. Air tersebut merupakan air permukaan yang berkumpul pada cekungan permukaan tanah. Permukaan air tersebut biasanya berwarna hijau kebiruan. Warna ini disebabkan oleh banyaknya lumut yang tumbuh di permukaan air maupun di dasar danau atau rawa. Selain lumut, warna pada air danau juga dipengaruhi oleh bahan organik (kayu, daun dan bahan organik lainnya) yang membusuk akibat proses dekomposisi oleh mikroorganisme di dalam air. Akibat proses pembusukan tersebut, air danau memiliki kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) yang relatif tinggi. Kebanyakan air danau memiliki kualitas



yang lebih baik dari pada air sungai. Hal tersebut disebabkan tingkat pencemaran di danau relatif lebih kecil dibandingkan di aliran sungai.

Kontinuitas dan kuantitas dari air permukaan dapat dianggap tidak menimbulkan masalah yang besar untuk penyediaan air bersih yang memakai bahan baku air permukaan.

2.1.4 Air Tanah

Air tanah banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melalui lapisan-lapisan tanah. Secara praktis air tanah adalah bebas dari polutan karena berada di bawah permukaan tanah. Tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa air tanah dapat tercemar oleh zat-zat yang mengganggu kesehatan seperti kandungan Fe, Mn, kesadahan yang terbawa oleh aliran permukaan tanah. Air tanah dapat dibedakan menjadi 3 yaitu (*Wardiman, 1997*) :

- Air tanah dangkal
- Air tanah dalam
- Mata air

Dari segi kuantitas, apabila air tanah dipakai sebagai sumber air baku air bersih adalah relatif cukup. Tetapi bila dari segi kontinuitasnya maka pengambilan air tanah harus dibatasi, karena dikhawatirkan dengan pengambilan secara terus menerus akan menyebabkan penurunan muka air tanah. Karena air di alam merupakan rantai yang panjang menurut siklus hidrologi, maka bila terjadi penurunan muka air tanah kemungkinan kekosongannya akan diisi oleh air laut. Peristiwa ini biasa disebut intrusi air laut. Kondisi ini telah banyak dijumpai khususnya di daerah-daerah dekat pantai atau laut.

2.2 Parameter-parameter Air Bersih

Pada umumnya masyarakat yang berada di sekitar aliran sungai, menggunakan air sungai sebagai air baku untuk memenuhi kebutuhan sehari-harinya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas dari air baku dan memerlukan pengolahan lebih



lanjut apabila air baku tersebut kurang memenuhi syarat sebagai air bersih serta harus sesuai dengan standar kualitas air bersih. Berdasarkan kualitasnya terbagi menjadi 3 parameter pokok yaitu :

1. Fisik.

Yang termasuk dalam standar kualitas air bersih secara fisik yaitu suhu, warna, bau, rasa dan kekeruhan.

2. Kimia.

Yang termasuk dalam standar kualitas air secara kimia yaitu : pH (derajat keasaman), Zat padat (*total solid*), zat organik, CO₂, COD, fosfat, kesadahan, magnesium (Mg), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), zink (Zn), klorida (Cl), sulfat (SO₄), sulfida (F), amonia (NH³⁺), nitrat (NO³⁻), nitrit (NO²⁻), phenolik (phenol), arsen (As), timbal (Pb), selenium (Se), kromium (Cr), sianida (CN), Kadnium (Cd), dan air raksa (Hg).

3. Biologi

Yang termasuk dalam standar kualitas air bersih secara biologi yaitu tidak mengandung organisme patogen dan organisme nonpatogen.

2.2.1 TSS (*Total Suspended Solid*)

Merupakan zat-zat yang mempunyai ukuran 10^{-7} μm - 10^{-2} m yang terdiri dari partikel tersuspensi halus dan partikel tersuspensi kasar dengan jumlah berat dalam mg/l kering. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air di antara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang. Zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganis (tanah liat, kwarts) dan organis (protein, sisa tanaman dan ganggang, bakteri).

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi



yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena gaya beratnya. Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut analisa Volume Lumpur (*sludge volume*) dan dapat melalui beratnya disebut analisa Lumpur Kasar atau umumnya disebut Zat Padat Terendap (*settleable solids*) (Alaerts dan Simestri, 1987).

Pengaruh tingginya TSS terhadap aspek kesehatan yakni air akan memberi rasa yang tidak enak pada lidah, rasa mual terutama yang disebabkan karena natrium sulfat dan magnesium sulfat, dan terjadi "*cardiac disease*" yaitu penyebab serangan jantung serta toxaemia pada wanita-wanita hamil. Sehingga pada umumnya, air dengan kandungan total zat padat kurang dari 500 mg/Liter adalah diharapkan untuk penggunaan rumah tangga (Sutrisno, 2006).

2.2.2 Kesadahan

Kesadahan merupakan sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi dua. Ion-ion semacam itu mampu bereaksi dengan sabun membentuk kerak air. Kation-kation penyebab utama dari kesadahan Ca^{++} , Mg^{++} , Sr^{++} , Fe^{++} dan Mn^{++} . Sedangkan anion-anion yang biasa terdapat dalam air adalah HCO_3^- , SO_4 , Cl^- , NO_3^- dan SiO_3 .

Kesadahan dalam air sebagian besar adalah berasal dari kontakannya dengan tanah dan pembentukan batuan. Pada umumnya air sadah berasal dari daerah di mana lapisan tanah atas (*topsoil*) tebal, dan ada pembentukan batu kapur. Air lunak berasal dari daerah di mana lapisan tanah atas tipis dan pembentukan batu kapur jarang atau tidak ada. Yang dimaksud dengan kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion Ca^{++} dan Mg^{++} secara bersama-sama. Ini disebabkan karena kebanyakan kesadahan dalam air alam adalah disebabkan oleh dua kation tersebut (Sutrisno, 2002 dalam Devi, 2006).

Kesadahan biasanya diukur berdasarkan kalsium karbonat (CaCO_3) sampai 50 mg/Liter) akan menyebabkan karat besi. Sedangkan air yang mengandung kalsium



karbonat lebih dari 80 mg/lit jika digunakan untuk mencuci akan memerlukan sabun lebih banyak.

Tabel 2.1 Kesadahan Air

Kelas	1	2	3	4
Kesadahan, mg/Liter	0 – 55	56 – 100	101 – 200	201 – 500
Derajat kesadahan	Lunak	Sedikit sadah	Moderat sadah	Sangat sadah

Sumber : Supirin, 2002.

2.3 Filtrasi

2.3.1 Definisi Filtrasi

Beberapa definisi proses filtrasi antara lain:

- Filtrasi merupakan proses dimana air diupayakan melewati suatu lapisan pasir atau suatu kombinasi bahan butiran untuk memisahkan zat-zat tersuspensi dengan koloid yang ada. (*M. Anis Al-Layla, 1978*).
- Filtrasi merupakan suatu proses penjernihan atau penyaringan air baku melalui media berbutir atau *porous*. Selama melalui media tersebut terjadi pemisahan atau reduksi kandungan material tersuspensi, koloid, bakteri dan organisme lainnya dan mengubah unsur-unsur kimiawi air baku melalui mekanisme filtrasi yang berlangsung di sepanjang hamparan filter atau *filter bed* (*Huisman, 1980 dalam Ferdiansari, 2006*).
- Filtrasi adalah suatu pemisahan padatan dan cairan, dimana cairan ditempatkan melewati suatu media *porous* (serapan) untuk memisahkan zat padat tersuspensi halus yang mungkin ada. (*Reynold, 1982 dalam Ferdiansari, 2006*).



2.3.2 Jenis Filtrasi

Jenis proses filtrasi atau filter diklasifikasikan sebagai berikut (*Masduqi dan Agus 2002*) :

1. Berdasarkan kecepatan aliran :

▪ **Saringan Cepat**

Prinsip dari saringan cepat adalah melewatkan air melalui media berbutir kasar dengan kecepatan tinggi. Pengolahan air dengan menggunakan saringan cepat memerlukan pengolahan pendahuluan seperti koagulasi, flokulasi dan sedimentasi.

▪ **Saringan Lambat**

Prinsip dari saringan lambat adalah melewatkan air melalui media berbutir halus dengan kecepatan rendah. Pengolahan air dengan menggunakan saringan lambat tidak memerlukan pengolahan pendahuluan.

2. Berdasarkan arah aliran :

▪ *Downflow Filter* yaitu proses filter dimana air mengalir secara vertikal/gravitasi dari atas ke bawah.

▪ *Upflow Filter* yaitu proses filter dimana air mengalir secara vertikal dari bawah ke atas.

▪ *Horizontal Filter* yaitu proses filter di mana air mengalir secara horisontal.

3. Berdasarkan media :

▪ *Filter Single Media* yaitu filter dengan satu jenis media.

▪ *Filter Dual Media* yaitu filter dengan dua jenis media.

▪ *Filter Triple Media* yaitu filter dengan tiga jenis media.

▪ *Flotofilter* yaitu filter dengan media sintesis.

4. Berdasarkan tekanan :

▪ *Gravity Filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui *filter bed* secara gravitasi.



- *Pressure Filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui *filter bed* dengan tekanan.

5. Penyaringan langsung

Merupakan proses filtrasi yang dilakukan pada air baku dengan kekeruhan rendah, tetapi yang masih belum memenuhi persyaratan kualitas air, misalnya air sumur dangkal. Jika di perlukan koagulan dapat diinjeksikan pada saluran yang menuju ke filter dan flok-flok yang terjadi langsung disaring tanpa melalui sedimentasi sehingga dapat menghemat bangunan unit pengolahan.

Sistem pengoperasian secara kontinyu dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu (Sundstrom, 1979 dalam Minar, 2005) :

1) Sistem pengoperasian *downflow*.

Sistem *downflow* ini terjadi dimana air limbah atau air proses dialirkan dari atas menuju ke bawah kolom. Sistem ini biasa disebut sistem gravitasi.

Pada prinsipnya aliran *downflow* mampu memberikan hasil yang baik oleh adsorben pada bagian atas kolom. Jadi efektifitas media yang terbaik berada pada bagian atas. Konsentrasi larutan yang teradsorpsi tersebut terjadi pada saat larutan mengalir ke bawah kolom.

Pada umumnya, sistem *downflow* banyak digunakan untuk proses filter yang dimaksud untuk menyaring bahan-bahan kasar atau bahan-bahan tersuspensi.

2) Sistem pengoperasian *upflow*.

Proses pengoperasian dari bawah ke atas yang dikenal dengan sistem *upflow* ini, diharapkan untuk menghindari terjadinya penyumbatan pada media adsorben.

Sistem ini banyak diterapkan dalam pengolahan air proses yang dibutuhkan secara terus-menerus karena resiko adanya *clogging* atau penyumbatan sangat kecil kemungkinan terjadi.



Dalam sistem *upflow* ini, konsentrasi air limbah atau air proses dapat diturunkan dengan baik, penggunaan sistem *upflow* ini mempunyai efektifitas yang tinggi dalam penggunaan media, karena larutan akan mengalami kontak secara merata pada setiap bagian dari media dalam kolom.

3) Sistem pengoperasian *reverse-current* (*biflow*)

Biflow filter adalah sebuah pengembangan *upflow filter*, dalam hal ini ada pemisahan saluran (aliran dari atas dan aliran dari bawah), dimaksudkan untuk mempertahankan porsi aliran dari bawah media dengan menggantikan aliran yang diatas. Pada intinya pembagian filter atas dan bawah benar-benar berdiri sendiri dengan kapasitas yang sama dimaksudkan untuk menghemat struktur dan *underdrain* (penguras). Teknik penyaringan *filter biflow* pada intinya sama dengan filter lainnya yaitu menurunkan padatan yang terjadi sebagai proses penyaringan. Pada waktu cairan reaktor filter pada kedua influent, partikel-partikel bergerak ke permukaan media filter, cairan masuk melalui rongga atau pori-pori media. Dengan demikian terjadinya kontak antara partikel-partikel yang terbawa di dalam cairan akan menempel atau mengumpul pada dinding atau pori-pori media.

2.4 Saringan Lambat

Saringan lambat umumnya menggunakan pasir sebagai media sehingga disebut saringan pasir lambat (*slow sand filter*). Saringan pasir lambat adalah bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan yang tinggi. Proses penyaringan berlangsung secara gravitasi, sangat lambat, dan simultan pada permukaan media. Proses penyaringan merupakan kombinasi antara proses fisis (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis.

Operasional pertama kali terjadi pada tahun 1829 di Inggris. Didesain secara sederhana dengan cara melewatkan air melalui suatu media pasir tanpa bantuan proses kimiawi ataupun mekanis. Aliran air persatuan luas filter ini sangat kecil, dan



selanjutnya dikenal dengan nama saringan pasir lambat (*slow sand filter*). Hingga saat ini banyak kota Eropa yang masih menggunakan proses filtrasi dengan memakai prinsip *slow sand filter* tersebut. (Droste, 1997 dalam Ferdiansari, 2006).

Desain dan operasional *slow sand filter* yang relatif lebih sederhana jika dibandingkan dengan *rapid sand filter* (saringan pasir cepat), membuatnya menjadi alternatif primer bagi pemakaian di negara berkembang.

Keuntungan dari *slow sand filter* ini antara lain :

- ❑ Dapat menghasilkan air dengan kandungan silika, besi, dan alum rendah.
- ❑ Tidak memerlukan pengolahan koagulasi atau flokulasi.
- ❑ Tidak memerlukan bahan kimia (kecuali desinfektan).
- ❑ Mempunyai efisiensi penurunan bakteri yang baik, dimana mampu berfungsi sebagai filter biologis yaitu dapat mengurangi kandungan bakteri pathogenik, dengan terbentuknya formasi "*schmutzdecke*" yang tergantung pada pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan butir diameter media (diperlukan waktu untuk membuat bakteri tumbuh) yang dipengaruhi oleh temperatur (Al Laila, 1978). Selain itu sangat efektif dalam menahan partikel-partikel tersuspensi dalam air, dapat mengurangi warna, rasa dan bau.
- ❑ Periode operasi relatif lama.
- ❑ Pengoperasian dan pemeliharaannya mudah, murah dan hasil filtrat yang berkualitas.
- ❑ Tidak memerlukan perlengkapan lain seperti mesin-mesin.

Sedangkan kerugian dari *slow sand filter* ini adalah :

- ❑ Membutuhkan area yang luas
- ❑ Efisiensi warna rendah
- ❑ Penurunan kekeruhan rendah jika air baku partikel koloid.
- ❑ Perlu pengerukan media teratas untuk dicuci apabila tersumbat.



Saringan pasir lambat dibedakan menjadi saringan pasir lambat aliran ke bawah (*downflow*), aliran ke atas (*upflow*) dan aliran atas dan bawah (*biflow*). Kriteria desain *slow sand filter* dapat dilihat pada *tabel 2.2* dan *tabel 2.3*:

Tabel 2.2 Ringkasan Parameter-Parameter Desain

Item	Kolom		Rate Filtrasi (m/jam)	Aliran Desain (ml/min)	Area Filter (m ²)	Ketebalan Media Filter (mm)		Catatan
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)						
Slow Sand Filter	2500	300	0.20	235	0.072	Sand	900	1
						Gravel 3	100	1
						Gravel 1	100	1
						Gravel support	200	3
Slow Sand Filter With GAC	1600	300	0.20	235	0.072	Sand	500	2
						GAC	150	4
						Sand	250	2
						Gravel 3	100	1
						Gravel 1	100	1
						Gravel support	200	3

Catatan :

1. Kerikil 1 d₁₀ = 6-8 mm (UC<1.41), kerikil 2 d₁₀ = 4-6 mm (UC<1.45), kerikil 3 d₁₀ = 2-4 mm (UC<1.6)
2. Filter Sand d₁₀ = 0.3-0.35 mm, UC<2
3. SSF Gravel Support d₁₀ = 14-16 mm, UC<1.8
4. Granular Activated Carbon, Calgon Carbon F400, d₁₀ = 0.55-0.75 mm (UC,1.9)

Sumber : Gehlen, Irfan dan M. Robin Collins, 2005. *Enhanced Organic Precursor Removal by Gravel Roughing Filter*. <http://www.Google.com/Ind>, dalam Devi, 2006.



Tabel 2.3 Perbedaan antara Saringan Pasir Lambat, Saringan Pasir Lambat aliran *upflow* dan Saringan Pasir Cepat.

No.	Subyek	Saringan Pasir Cepat	Saringan Pasir Lambat	Saringan Pasir Lambat aliran <i>upflow</i>
1.	Kekeruhan air baku	5-10 NTU	< 50 NTU	< 10 NTU
2.	Diameter media	0,40-0,70 mm	0,20-0,40 mm	0,20-0,40 mm
3.	Kedalaman media	0,8-1,0 m	1,0-1,4 m	0,95-1,30 m
4.	Kecepatan filtrasi	4,0-21,0 m/jam	0,1-0,4 m ³ /m ² /jam	0,1-0,4 m ³ /m ² /jam
5.	Pencucian	12-72 jam sekali	20-60 hari sekali	20-60 hari sekali
6.	Cara Pencucian	High rate backwash atau air water backwash	Pasir bagian atas dikeruk, dicuci, dan dipakai lagi atau diganti	Tanpa mengeluarkan atau mengeruk media penyaring, dilakukan pencucian balik
7.	Waktu operasi	12 - <u>24</u> - 72 jam	20 - <u>30</u> - 120 hari	20 - <u>30</u> - 120 hari
8.	Headloss	30-275 cm	100-150 cm	100-150 cm
9.	Penetrasi kekeruhan	Lebih dalam (semua media harus dicuci dengan <i>backwashing</i>)	Hanya di permukaan pasir	Hanya di permukaan pasir
10.	Pengolahan awal	Perlu Koagulasi, Flokulasi dan Sedimentasi	<i>Roughing</i> filter, Prased, Aerasi	<i>Roughing</i> filter, Prased, Aerasi

Sumber : *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, Droste, 1997 dalam www.goggle.com

"Proses Desain IPAM" (Tuesday, March 25, 2008) dan diadaptasi dari berbagai literatur.

Keuntungan dari *slow sand filter* aliran *upflow* ini antara lain :

- ❑ Tidak memerlukan area yang luas.
- ❑ Beban filter menjadi kecil.
- ❑ Sangat efektif dan kecepatan penyaringan relatif tinggi karena penyaringan berjalan secara merata.
- ❑ Waktu pencucian filter relatif panjang dan tidak perlu secara manual.



- ❑ Jika saringan telah jenuh dan buntu dapat dilakukan pencucian balik dengan cara membuka keran penguras. Dengan adanya pengurasan ini, air bersih yang berada di atas lapisan pasir dapat berfungsi sebagai air pencuci media penyaring (*back wash*). Dengan demikian, pencucian media penyaring pada Saringan pasir lambat *upflow* dilakukan tanpa mengeluarkan atau mengeruk media penyaringnya dan dapat dilakukan kapan saja.

(<http://www.Psda.Jawatengah.go.id/Artikel/230505-04.htm>).

Sedangkan kerugian dari *slow sand filter* aliran *uplow* ini adalah :

- ❑ Spesifik untuk air dengan kekeruhan <10 NTU, bila lebih maka perlu dilakukan pengendapan awal (*Said, 2007*).
- ❑ Media filter akan meluas atau tereksansi saat terjadi *clogging* dan dapat memindahkan padatan keluar ke dalam influent (*inlet*) (*Kawamura, 1991*).

2.5 Jenis Media

Media yang digunakan dalam penelitian ini ada dua jenis yaitu arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa dengan media penyangganya adalah kerikil. Arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa dipilih sebagai media filter karena kedua jenis media ini mudah diperoleh dan cukup banyak tersedia.

Arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa terlihat mempunyai bentuk/rupa yang berbeda. Arang aktif tempurung kelapa bentuknya tidak rata dan pasir kuarsa bentuknya hampir bulat (*Sumber : Fair, Geyer dan Okun, 1968*).

2.5.1 Arang Aktif Tempurung Kelapa

2.5.1.1 Struktur Tempurung Kelapa

Dalam klasifikasi tumbuhan, pohon kelapa termasuk dalam *genus : cocos* dan *species : nucifera*. Tempurung merupakan lapisan keras yang terdiri dari lignin, selulosa, metoksil dan berbagai mineral. Kandungan bahan-bahan tersebut beragam sesuai dengan jenis kelapanya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2)



yang cukup tinggi kadarnya pada tempurung. Berat tempurung sekitar 15~19 % dari berat keseluruhan buah kelapa.

2.5.1.2 Proses Pembuatan Arang Aktif

Dasar pemilihan bahan baku (tempurung kelapa) dari arang aktif yang paling menentukan adalah besar kandungan karbon pada bahan tersebut. Kandungan karbon pada suatu bahan setelah melewati proses karbonisasi identik dengan masa arang bahan tersebut. (*Trihendardi, 1997 dalam Suhadak, 2005*).

Proses pembuatan arang aktif secara umum terbagi menjadi tiga tahap yaitu proses dehidrasi, karbonisasi dan aktifasi. Ketiga tahapan proses tersebut akan menghilangkan kotoran-kotoran yang menutupi pori-pori arang dari bahan baku dan menghasilkan residu berupa susunan karbon berpori (porous) yang mempunyai luas permukaan pervolume yang cukup besar (*Benefield et.al, 1997 dalam Suhadak, 2005*).

- ⊕ Proses dehidrasi, dilakukan dengan memanaskan bahan baku sampai suhu 105⁰C selama 24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku tersebut.
- ⊕ Proses karbonisasi, yaitu pemanasan bahan baku hingga mencapai suhu 600-1100⁰C tanpa kontak dengan oksigen maupun udara luar. Proses ini juga disebut proses pirolisis yang akan menguraikan suatu zat menjadi 3 komponen pokok yaitu :
 - Karbon/arang
 - Tar dan methanol
 - Gas (CO₂, CO, CH₄, H dan lainnya

Penghilangan substansi *volatile* (tar dan methanol) bertujuan untuk memunculkan pori pada bahan baku yang telah dipanaskan tersebut sehingga menghasilkan produk akhir yang disebut arang. Parameter yang berperan penting dalam proses karbonisasi tersebut adalah sebagai berikut (*Jankowska, 1991 dalam Suhadak, 2005*) :



- Tinggi suhu akhir karbonisasi
- Lama karbonisasi
- Kecepatan penambahan temperatur

Pada tahap ini, karbon yang dihasilkan mempunyai struktur pori yang masih lemah. Oleh karena itu arang yang telah dihasilkan dari proses karbonisasi masih memerlukan perbaikan struktur porinya melalui proses aktivasi.

⊕ Proses aktivasi merupakan tahapan terakhir dari pembuatan arang aktif yang fungsi utamanya adalah memperkuat struktur pori dari arang dan menambah luas permukaan arang sehingga kemampuan adsorpsi dari arang tersebut semakin tinggi. Proses ini dapat dilakukan dengan 2 macam metode yaitu :

▣ Metode *Vapor Adsorbent Carbon*

Proses aktivasi dengan mengalirkan uap air atau gas CO₂ selama karbonisasi dengan suhu berkisar antara 800-1000^oC. (*Jankowska, 1991 dalam Suhadak, 2005*). Senyawa terikat pada bahan arang akan menguap atau hilang pada pemanasan yang tinggi (*Sudrajad, 1992 dalam Suhadak, 2005*).

▣ Metode *Chemical Impregnating Agent*

Proses aktivasi dilakukan dengan merendam arang dari proses karbonisasi dengan bahan kimia diantaranya ZnCl₂, H₃PO₄, K₂S, HCl, NaOH dan lain sebagainya. Dengan cara merendam arang dalam bahan kimia (HCl) dalam konsentrasi tertentu, setelah itu hasil rendaman dibilas dengan aquades sampai pH netral. Hal ini sangat penting karena HCl bersifat asam dan sangat mempengaruhi keasaman dari arang aktif. Setelah pembilasan dilakukan maka saatnya arang yang masih basah tersebut dikeringkan pada temperatur 300^oC.

2.5.1.3 Arang Aktif

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85 – 95 % karbon, yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan



pemanasan dengan suhu tinggi. Arang aktif mempunyai daya serap tinggi yaitu 25 – 100 % terhadap berat arang aktif dan mempunyai luas permukaan berkisar 300 – 3500 m²/gram (ini berhubungan dengan struktur pori internal) (*Sembiring dan Tuti, 2003*).

■ Densitas = 1.07

■ Kadar air = 11.65 %

■ Kadar selulosa = 61.41 %

■ *Specific gravity* = 2.36

■ Tempurung kelapa mempunyai kadar silikat (SiO₂) yang tinggi.

Kemampuan arang aktif sebagai media filter berhubungan dengan tingkat kemampuan arang aktif sebagai adsorben yang mempunyai daya serap tinggi yaitu 25 – 100 % terhadap berat arang aktif. Dimana adsorpsi mempunyai peranan penting dalam proses filtrasi karena dalam proses adsorpsi dianggap sebagai proses fisikokimia, yaitu ion atau molekul zat pencemar akan ‘diikat’ pada permukaan partikel media, oleh gugus hidroksil atau gugus radikal lainnya, baik pada permukaan kristal mineral atau oleh zat organik, ataupun melalui *substitusi isomorfik* ke dalam struktur kristal ataupun ruang antar lapis kristal. Molekul atau ion dapat menempel atau terikat pada permukaan padatan seperti partikel lempung akibat gaya fisik, seperti gaya tarik Van der Waals, ataupun gaya elektrostatis.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif adalah sebagai berikut (*Sembiring dan Tuti, 2003*):

1. Sifat adsorben

Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan dimana semakin kecil pori-pori arang aktif maka luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah.



2. Sifat serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda-beda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog.

3. pH (derajat keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan (yaitu dengan penambahan garam-garam mineral), ini disebabkan karena mineral-mineral tersebut akan mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

2.5.2 Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa adalah bahan galian yang tersusun atas kristal-kristal silika (SiO_2) dengan berat jenis 2,65 dan mengandung senyawa-senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral-mineral kuarsa seperti granit, granodiorit, kuarsa diorit, kuarsit yang selanjutnya mengalami proses erosi, transportasi dan pengendapan di tepi sungai, danau atau pantai. Pada umumnya pasir kuarsa yang ditemukan di alam mempunyai kemurnian yang berbeda-beda, tergantung material pengotor yang terbawa selama proses pembentukannya, material pengotor tersebut antara lain berupa lempung, zat organik dan berbagai senyawa oksida. Pasir kuarsa telah banyak dimanfaatkan antara lain digunakan sebagai bahan baku dalam industri kaca, *silica gel*, industri keramik, sebagai media filter dalam proses filter, filter dalam industri cat, plastik dan karet dan lain-lain.

Adapun sifat-sifat pasir kuarsa adalah sebagai berikut :

1. Bentuk pasir, ada 4 macam yaitu *Rounded* (bundar), *Sub-angular* (menyudut tanggung), *Angular* (menyudut) dan Gabungan.
2. Ukuran butir yaitu kasar dan halus.



3. Kelulusan, bila ukuran butir besar maka kelulusannya besar dan bila ukuran butir halus maka kelulusan kecil.
4. Ketahanan panas, baik (bila butir pasir tidak berubah fasa pada temperatur tinggi) dan buruk (bila butir pasir berubah fasa).
5. Susunan kimia terdiri atas : SiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO , Al_2O_3 , MgO , TiO_2 dan Fe_2O_3 .
6. Sifat-sifat lainnya yaitu mempunyai daya pengikat terhadap warna, daya tarik terhadap suhu tinggi, partikel bermuatan positif, struktur yang kuat sehingga dapat menerima tekanan yang cukup tinggi dan pasir kuarsa (dengan kandungan mineral utama silika) akan berwarna merah kecoklatan bila dimasukkan dalam larutan besi oksida (*Ahammed and Chaudhuri, 1996 dalam Ardiyanto, 2005*).

2.6 Media Filter dan Media Penyangga

2.6.1 Media Filter

Dalam suatu perencanaan unit filter, langkah awal yang harus diperhatikan adalah melakukan pemilihan media. Media filter yang ideal memiliki ukuran, diameter butiran, *specific gravity*, serta ketebalan tertentu yang dapat memberikan hasil pengolahan yang lebih baik, waktu operasi yang relatif lama, kecepatan filtrasi yang tinggi, serta kehilangan tekanan yang cukup kecil.

Pemilihan media bersifat spesifik untuk setiap bangunan pengolahan air, tak bisa dilepaskan dari pertimbangan akan bentuk dan susunan filter, jenis influen yang difilter, media yang tersedia, proses pengolahan pendahuluan (*pretreatment*), serta kualitas efluen yang diharapkan.

Kriteria pemilihan media filter berdasarkan :

1. Karakteristik Media Filter

Tinjauan terhadap media filter dapat dibagi atas beberapa macam diantaranya adalah :



- a. Jenis media (sifat fisik dan kimia media)
- b. Ketebalan lapisan media
- c. Distribusi ukuran media

Pertimbangan tentang karakteristik media filter perlu dilakukan sehubungan dengan faktor-faktor yang menentukan efisiensi penyaringan, keadaan butiran saat dilakukan pencucian, kemampuannya untuk menahan partikel pengotor sebanyak mungkin dan memiliki umur pakai yang relatif lama.

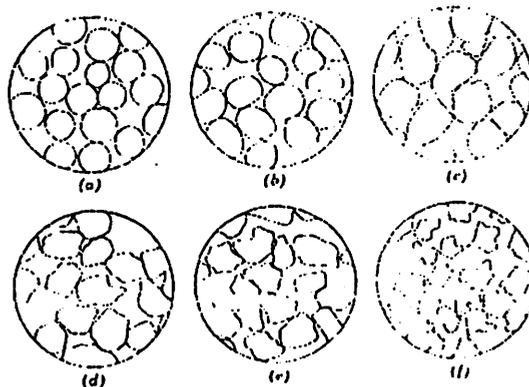
2. Densitas Media Filter

Salah satu faktor yang perlu diketahui dalam penyusunan media filter adalah densitas media. Pada penyusunan media filter yang baik densitas butiran yang berat dengan ukuran butiran yang kecil di tempatkan pada bagian bawah. Sedangkan untuk densitas butiran yang lebih ringan dengan ukuran butiran yang lebih besar ditempatkan pada bagian atas. Hal ini untuk mencegah *clogging* terlalu cepat.

3. Bentuk Butiran dan Porositas Media

Bentuk butiran sangat berpengaruh pada besar kecilnya pori dan luas permukaan media yang terbentuk. Bentuk butiran yang beragam akan mempengaruhi porositas dari media filter. Porositas media adalah rasio volume rongga media terhadap volume media filter. Kelayakan media agar dapat digunakan sebagai media filter adalah bila butiran dapat disusun menjadi media filter dengan ± 0.4 .

Pada gambar dan tabel dibawah ini memperlihatkan bentuk butiran dan nilai porositas media filter yang diklasifikasikan dalam 6 jenis, yang selanjutnya dijelaskan pada *gambar 2.1* dan *tabel 2.4*.



Gambar 2.1 Dentuk-bentuk butiran media filter

(Sumber : Fair, Geyer dan Okun, 1968)

Tabel 2.4 Nilai Faktor Kebulatan, Faktor Bentuk dan Porositas Berdasarkan Gambaran Bentuk Butiran.

Gambaran	Faktor Kebulatan (ψ)	Faktor Bentuk (S)	Porositas (f)
a. Spherical (bulat)	1.00	6.0	0.38
b. Rounded (hampir bulat)	0.98	6.1	0.38
c. Worn (tidak rata)	0.94	6.4	0.39
d. Sharp (tajam)	0.81	7.4	0.40
e. Angular (bersudut-sudut)	0.78	7.7	0.43
d. Crushed (pecahan)	0.70	8.5	0.48

(Sumber : Fair, Geyer dan Okun, 1968)

4. Analisis Gradasi Media Filter

Petunjuk yang perlu diperhatikan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pada media adalah ukuran efektif (*Effective Size*, ES) dan koefisien keseragaman (*Uniformity Coefficient*, UC).

- *Effective Size* (ES) adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10 % dari total kedalaman lapisan media filter.
- *Uniformity Coefficient* (UC) adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % D_{60} dan



nilai *Effective Size* atau D_{10} yang ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini :

$$UC = \frac{D_{60}}{ES}$$

2.6.2 Media Penyangga

Media penyangga berfungsi untuk mencegah media filter masuk ke *underdrain* dan menyebabkan *clogging*. Umumnya lapisan ini berupa butiran kerikil yang ditempatkan diantara media filter dan *underdrain* dan membantu distribusi air pencuci filter agar merata. Perhitungan *headloss* pada media penyangga dapat menggunakan persamaan rumus Carman-Kozeny, tetapi biasanya nilai *headloss* tersebut kecil sekali sehingga dapat diabaikan.

2.7 Mekanisme Filtrasi

Di dalam proses filtrasi, terdapat mekanisme-mekanisme filtrasi sebagai berikut (*Reynold, 1981 dalam Nilasari, 2006*):

❖ *Mechanical Straining*

Mechanical Straining adalah proses penyaringan partikel tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui lubang diantara butiran pasir. Proses ini terjadi pada permukaan filter dan tidak tergantung pada kecepatan filtrasi. Sebagian partikel dari bahan tersuspensi akan terperangkap dalam celah antar butir pasir. Sementara itu, aliran air sepanjang media filter akan menghasilkan gradien kecepatan dan akan menyebabkan partikel-partikel tersebut akan saling kontak dan membentuk butiran yang ukurannya lebih besar. Kontak antara partikulat yang membentuk butiran ini akan tertahan pada media filter yang lebih dalam. *Clogging* pada filter akan mengurangi ukuran pori sehingga secara teoritis akan meningkatkan efisiensi *straining*, dengan bertambahnya waktu akan meningkatkan tahanan (*resistance*) filter



sehingga perlu dipilih butiran yang lebih kasar. (Huisman, 1974 dalam Ferdiansari, 2006).

❖ **Sedimentasi**

Merupakan proses pengendapan partikel atau material tersuspensi yang berukuran lebih halus dari lubang pori pada permukaan butiran. Pada prinsipnya semua butiran filter akan menjadi tempat pengendapan ini. Apabila filtrasi telah berlangsung dalam waktu cukup lama, maka endapan dapat menyebabkan penggerusan endapan sehingga terbawa ke effluen dan mengakibatkan effluen air menjadi buruk dan menandai perlu dilakukan *backwash*.

❖ **Adsorpsi**

Adsorpsi ini merupakan proses yang paling penting dalam filtrasi, karena dapat menghilangkan partikel-partikel koloidal yang berasal dari bahan anorganik maupun organik yang terendapkan. Adsorpsi adalah peristiwa fisika pada permukaan suatu bahan yang tergantung pada *specific affinity* antara adsorbent (zat yang teradsorb) dengan adsorbat (zat yang diadsorpsi). Proses ini dapat terjadi karena secara alamiah pasir kuarsa pada pH normal memiliki muatan negatif, sehingga dapat menarik partikel bermuatan positif dalam bentuk material koloid, seperti kristal dalam karbonat, flok dari besi dan mangan hidroksida, serta kation-kation dari besi, mangan, aluminium, dan lain-lain. Dasar adanya gaya tarik menarik ini adalah karena adanya tarikan fisik antara dua buah partikel (gaya Van der Waals) dan tarikan elektrostatis antara dua muatan yang berbeda (gaya Coulomb). Material koloid yang berasal dari organik (umumnya bermuatan negatif) tidak akan teradsorpsi pada saat filter masih bersih dan baru dioperasikan. Setelah filtrasi dan banyak partikel bermuatan positif yang tertahan di butiran partikel, filter menjadi terlalu jenuh dan bermuatan positif. Sehingga terjadi adsorpsi tingkat kedua, yaitu menarik partikel-partikel koloid yang bermuatan negatif yang berasal dari koloidal organik, seperti anion NO_3^- ,



PO_4^{3-} dan lain-lain. Apabila adsorpsi tingkat kedua ini telah mencapai kelewat jenuh, maka muatan kembali menjadi negatif dan mengadsorpsi muatan positif dan seterusnya. Semakin lama gaya penyeban adsorpsi menjadi menurun kekuatannya yang diakibatkan karena semakin tebalnya kotoran yang menempel di permukaan media filter, begitu pula dengan efisiensi filter juga ikut turun. Sehingga hal ini mengakibatkan banyak kotoran yang melewati filter begitu saja sehingga kualitas efluen menurun dan diperlukan *backwash*. Proses adsorpsi ini mampu menghilangkan partikel yang lebih kecil dari partikel tersuspensi seperti partikel koloid dan molekul kotoran terlarut. Kemampuan adsorpsi hanya terjadi pada jarak yang sangat pendek, tidak lebih dari 0.01 – 1 mm dari permukaan media.

❖ **Aktifitas Kimia**

Merupakan proses dimana impurities terlarut diuraikan menjadi substansi yang sederhana atau diubah menjadi partikel-partikel yang tidak terlarut, sehingga dapat dihilangkan pada proses *straining*, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.

❖ **Aktifitas Biologi**

Merupakan proses dimana terdapat aktifitas biologis pada media filter yang disebabkan oleh adanya mikroorganisme (bakteri) yang terkandung dalam air. Bakteri yang terdapat dalam air baku akan tertahan pada butiran media filtrasi saat air melalui media.

2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Filtrasi

Dalam proses filtrasi terjadi reaksi kimia dan fisika, sehingga banyak faktor-faktor yang saling berkaitan yang akan mempengaruhi pula kualitas air hasil filtrasi, efisiensinya, dan sebagainya. Faktor-faktor tersebut adalah (*Reynold, 1981 dalam Nilasari, 2006*) :



1. Debit filtrasi

Debit filtrasi yang terlalu besar akan menyebabkan turunnya efisiensi filter. Sehingga proses filtrasi tidak dapat berjalan sempurna akibat adanya aliran yang terlalu cepat yang melewati ruang antar butiran media. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media penyaring dengan air. Selain dapat menyebabkan tertutupnya lubang pori sehingga mempercepat terjadinya penyumbatan (*clogging*) dan mengakibatkan proses filtrasi terhenti.

2. Kedalaman media, ukuran dan material

Tebal tipisnya media akan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Media yang terlalu tebal biasanya mempunyai daya saring yang sangat tinggi, tetapi membutuhkan waktu pengaliran yang lama.

Dari segi biaya, media yang terlalu tebal tidaklah menguntungkan dari segi ekonomi. Sebaliknya media yang terlalu tipis selain memiliki waktu pengaliran yang pendek, kemungkinan juga memiliki daya saring yang rendah. Demikian pula dengan ukuran besar kecilnya diameter butiran media filtrasi berpengaruh pada porositas, laju filtrasi, dan juga daya saring, baik itu komposisinya, proporsinya maupun bentuk susunan dari diameter butiran media.

Kedudukan media yang terlalu kasar atau terlalu halus akan menimbulkan variasi dalam ukuran rongga antar butir. Ukuran pori sendiri menentukan besarnya tingkat porositas dan kemampuan menyaring partikel halus yang terdapat dalam air baku. Lubang pori yang terlalu besar akan meningkatkan kecepatan dari filtrasi dan juga akan menyebabkan lolosnya partikel-partikel halus yang akan disaring. Sebaliknya lubang pori yang terlalu halus akan meningkatkan kemampuan menyaring partikel dan juga dapat menyebabkan *clogging* (penyumbatan lubang pori oleh partikel-partikel halus yang tertahan) yang terlalu cepat.



3. Tingkat kekeruhan air baku

Tingkat kekeruhan air baku sangat mempengaruhi efisiensi filtrasi. Konsentrasi kekeruhan yang tinggi dapat mempercepat terjadinya penyumbatan (*clogging*) karena tertutupnya pori-pori dari media filter sehingga perlu dilakukan pengolahan pendahuluan seperti koagulasi, flokulasi dan sedimentasi.

4. Tingkat muka air dan kehilangan tekanan

Tinggi muka air diatas media berpengaruh terhadap besarnya debit filtrasi yang mengalir. Muka air yang tinggi akan meningkatkan laju filtrasi (jika filter masih dalam keadaan bersih). Muka air diatas media akan naik jika terjadi *clogging* (terjadi saat filter dalam keadaan kotor). Selama proses filtrasi berlangsung, besarnya tekanan air yang ada di atas media berbeda dengan yang ada di dasar media. Perbedaan tekanan inilah yang sering disebut *headloss* atau kehilangan tekanan. Besarnya kehilangan tekanan akan meningkat jika filter telah beroperasi dalam beberapa waktu tertentu sehingga filter semakin kotor dan menyebabkan tertutupnya lubang pori media filter dan terjadilah *clogging*.

5. Temperatur air

Adanya perubahan suhu atau temperatur dari air yang akan difiltrasi, menyebabkan massa jenis (*density*), viskositas absolut dan viskositas kinematis dari air akan mengalami perubahan. Selain itu juga akan mempengaruhi daya tarik menarik diantara partikel halus penyebab kekeruhan, sehingga terjadi perbedaan dalam ukuran besar partikel yang akan disaring. Akibat ini juga akan mempengaruhi daya adsorpsi. Akibat dari keduanya ini, akan mempengaruhi terhadap efisiensi daya saring filter.



2.9 Hidrolika Filtrasi

Ketika air (fluida) melewati ruang pori pada butiran media, kehilangan tenaga disebabkan adanya gaya gesek di permukaan media. Aliran yang melewati bukaan pori merupakan fungsi dari beberapa parameter dan untuk memperkirakannya digunakan pipa piezometrik (*Reynold, 1981 dalam Nilasari, 2006*).

$$H_f = f(\epsilon, L, d, \nu, \mu, \rho, g)$$

Dimana : ϵ = Porositas *bed*

L = Tebal *filter bed* (m)

d = Diameter media filter (mm)

ν = Viskositas kinematis (m^2/det)

μ = Viskositas absolut ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)

ρ = Densitas massa (gr/cm^3)

g = Percepatan gravitasi (m/det^2)

Headloss yang terjadi saat fluida melewati ruang pori antar butiran media dapat dihitung berdasarkan persamaan Carmant-Kozeny dan persamaan Rose yang dikembangkan berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach, yaitu (*Reynold, 1981 dalam Nilasari, 2006*):

$$HL = f \frac{L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

Dimana : f = Faktor gesekan

V = Kecepatan rata-rata (m/det)

g = Percepatan gravitasi (m/det^2)

D = Diameter saluran (m)

$$N_R = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu}$$

Dimana : N_R = Bilangan Reynold

Φ = Faktor bentuk partikel (1 untuk lapisan, 0.82 untuk pasir dibulatkan, 0.75 untuk rata-rata pasir, 0.73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut)



- d = Diameter media (mm)
 V_s = Kecepatan filtrasi (m/det)
 ν = Viskositas kinematis (m^2/det)

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34$$

Dimana : C_D = Koefisien drag

$$H = \frac{1,067}{\phi} \cdot C_D \cdot \frac{1}{\alpha^4} \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V_s^2}{g}$$

Dimana : Φ = Faktor bentuk partikel (1 untuk lapisan, 0.82 untuk pasir dibulatkan, 0.75 untuk rata-rata pasir, 0.73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut)

- α = Porositas media
 L = Tebal filter bed
 V_s = Kecepatan filtrasi (m/det)
 g = Percepatan gravitasi (m/det^2)

2.10 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Statistik merupakan sekumpulan konsep dan metode untuk mengumpulkan data, menyajikannya dalam bentuk yang mudah dipahami, menganalisis data, dan mengambil suatu kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dalam situasi yang memiliki ketidakpastian dan variasi. Karena sifat statistik bertolak pada cara berpikir probabilistik, hasil pengolahan data yang menggunakan metode statistik bukanlah hasil pasti, tetapi merupakan hasil taksiran adanya ketidakpastian dan variasi yang terjadi dalam fenomena tertentu. Keunikan ilmu statistik adalah menyertakan jaminan ketidakpastian tertentu. Hasil analisis statistik mampu membuat suatu pernyataan tegas mengenai suatu kejadian didasarkan pada hasil perhitungan statistik yang dilakukan dengan tepat.



Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2, yaitu (*Iriawan dan Astuti, 2006*) :

1. Statistik Deskriptif

Metode statistik yang meringkas, menyajikan dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi. Statistik deskriptif menyajikan data dalam bentuk tabel, grafik, ukuran pemusatan data dan penyebaran data.

2. Statistik Inferensi (Statistik Induktif)

Statistik inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak terlepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data.

2.10.1 Analisis Data Statistik dalam Minitab

Minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik. Minitab menyediakan program-program untuk mengolah data statistik secara lengkap. Beberapa analisis data statistik yang disediakan oleh Minitab yaitu statistik deskriptif, tabulasi silang (*Cross Tabulation*), analisis regresi, desain eksperimen, analisis time series dan pengendalian kualitas statistik. (*Iriawan dan Astuti, 2006*).

2.10.2 Metode Analisis Data Statistik

2.10.2.1 Analisis Statistik Sederhana

Dalam analisa ini akan digunakan (*Iriawan dan Astuti, 2006*) :

1. Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif adalah mengumpulkan, meringkas dan menyajikan data dalam bentuk yang mudah dibaca. Analisis statistik menghitung statistik sederhana seperti rata-rata, standar deviasi, kuartil, median, nilai terbesar dan nilai terkecil.



2. Membuat Grafik

Kegunaannya yaitu agar data informasi lebih menarik dan mudah dipahami. Minitab menyediakan alat untuk membuat grafik-grafik statistik.

3. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi Pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel lainnya meningkat pula. Suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau $|-1|$. Sebaliknya, sebuah hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* pada *tabel 2.5*.

Tabel 2.5. Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistika Dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat

Sumber : Soleh 2005

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

H_0 = Tidak ada korelasi antarvariabel ($\rho=0$).

H_1 = Ada korelasi antarvariabel ($\rho \neq 0$).

dimana ρ adalah korelasi antara antara 2 variabel.



Daerah Penolakan

Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima.

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Untuk membuat interpretasi analisis korelasi, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu :

1. Koefisien korelasi hanya mengukur hubungan linear. Jika ada hubungan nonlinear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.
2. Koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.
3. Kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

2.10.2.2 Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain (*Iriawan dan Astuti, 2006*) :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor.
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respons.
- Model regresi berguna untuk memprediksi pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respons.
- Model regresi memiliki variabel respons (y) dan variabel prediktor (x).

Variabel respons adalah variabel yang di pengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respons sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons dan sering disebut variabel independent karena penelitian bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons dan sering disebut variabel independen karena peneliti bebas mengendalikannya.



Kedua variabel dihubungkan dengan bentuk persamaan matematika. Secara umum, bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut (Iriawan dan Astuti, 2006) :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

Konstanta atau parameter β_0 yang disebut pula intersep adalah nilai variabel respons ketika variabel prediktor bernilai 0 (nol). Kemudian, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ adalah parameter-parameter model regresi untuk variabel x_1, x_2, \dots, x_k . Dalam model regresi, baik variabel respons maupun variabel harus berkala kontinyu. Artinya, skala data untuk kedua variabel harus ratio atau interval.

Pada analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji F yang digunakan untuk mengetahui kelinieran model regresi.

Hipotesis:

$H_0 = Y$ tidak memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

$H_1 = Y$ memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

Pengambilan Keputusan :

Dengan membandingkan statistik F hitung dengan F tabel. Apabila F hitung > dari F tabel, maka kesimpulannya adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Atau variabel Y (variabel terikat) dengan X (variabel bebas) mempunyai hubungan linier

- Uji T digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel bebas.

Hipotesis:

$H_0 =$ koefisien regresi tidak signifikan

$H_1 =$ koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan:

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima



2.10.2.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respon) (*Iriawan dan Astuti, 2006*).

1. Pengantar desain eksperimen

Istilah dalam desain eksperimen, antara lain (*Iriawan dan Astuti, 2006*) :

- Unit eksperimen

Unit eksperimen adalah unit dasar di mana ukuran respons dikumpulkan.

- Faktor

Faktor adalah tipe kondisi berbeda dalam eksperimen yang bisa diubah-ubah. Faktor bersifat kualitatif.

- Level

Level atau sering disebut level faktor adalah cara atau mode berbeda suatu faktor. Apabila faktor bersifat kualitatif, maka level bersifat kuantitatif.

- Perlakuan

Perlakuan (*treatment*) adalah kombinasi level pada faktor berbeda.

- Replikasi

Replikasi suatu perlakuan adalah banyaknya perulangan unit eksperimen pada perlakuan tertentu.

Secara umum, tujuan desain eksperimen adalah (*Iriawan dan Astuti, 2006*) :

1. Menentukan variabel input (faktor) yang berpengaruh terhadap respons.
2. Menentukan variabel input yang membuat respons mendekati nilai yang diinginkan.
3. Menentukan variabel input yang menyebabkan variasi respons kecil.



a. Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

Tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Langkah-langkah melakukan desain eksperimen (*Iriawan dan Astuti, 2006*) :

1. Mengenali permasalahan
2. Memilih variabel respons
3. Menentukan faktor dan level
4. Memilih metode desain eksperimen
5. Melaksanakan eksperimen
6. Analisa data
7. Membuat suatu keputusan

b. Analysis of Variance

Analysis of Variance atau sering dikenal ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respons (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (independen). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel independen adalah data kategori, yaitu skala ordinal atau nominal. Lebih lanjut, ANOVA tidak mempunyai koefisien (parameter) model.

2. Desain Eksperimen Satu Faktor

Merupakan desain eksperimen 1 faktor memiliki 1 faktor.

a. Membuat ANOVA

Setelah data dimasukkan pada worksheet, tahap selanjutnya adalah melakukan analisa data.

b. Interpretasi ANOVA

Adapun hipotesis masalah adalah :

Hipotesis

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$$

(rata-rata sample tiap perlakuan sama)



$$H_1 : \tau_i \neq 0$$

(ada perlakuan yang tidak rata-ratanya tidak sama)

Daerah penolakan

Hipotesis awal akan ditolak apabila nilai F melebihi $F_{\alpha, a-1, N-a}$, dimana α adalah banyak replikasi ditiap level faktor dan N adalah banyaknya seluruh pengamatan. Untuk mendapatkan nilai $F_{\alpha, a-1, N-a}$. Selain menggunakan nilai F , kita bisa pula menggunakan p – value. Hipotesis awal akan ditolak apabila p – value kurang dari α .

3. Desain Faktorial

a. Pengantar Desain Faktorial

Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri dari atas 2 faktor atau lebih. Desain faktorial memungkinkan kita melakukan kombinasi antarlevel faktor.

b. Membuat Desain Faktorial

c. Analisis Desain Faktorial

d. Interpretasi Output Desain Faktorial



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

Metodologi penelitian merupakan acuan dalam melaksanakan penelitian, yang disusun berdasarkan pada pemikiran akan adanya permasalahan dalam ide mencapai tujuan penelitian. Dengan mengikuti langkah-langkah metodologi penelitian, diharapkan penelitian akan berjalan lebih sistematis, terarah dan mengurangi terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan penelitian. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental untuk menentukan efisiensi filter dengan media arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa dalam menurunkan kadar TSS dan kesadahan pada air sungai.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

❑ Sampel air

Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai yang berasal dari DAS Benanain-Besikama di Kabupaten Malaka Barat, NTT.

❑ Media filter yaitu : arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa dengan diameter 0,2 – 0,4 mm.

❑ Media penyangga yaitu kerikil

❑ HCl untuk mengaktifasi arang tempurung kelapa.

❑ Aquades

3.2.2 Peralatan Penelitian

❑ Peralatan Reaktor Saringan Lambat aliran *upflow*.

- Bak penampung sampel sebelum disaring, dilengkapi dengan bukaan katup untuk mengatur debit air yang masuk ke reaktor dan bak penampung sampel sesudah disaring.



- Reaktor Saringan Lambat aliran *upflow*, terbuat dari akrilik dengan ukuran:
 - Panjang : 15 cm
 - Lebar : 15 cm
 - Tinggi : 160 cm
- ▣ Peralatan-peralatan laboratorium lain sebagai penunjang penelitian.

3.3 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel Terikat :

- a. TSS
- b. Kesadahan

2. Variabel Tetap :

- a. Debit aliran adalah 156 mL/menit
- b. Kecepatan penyaringan $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$
- c. Arah aliran : *upflow*
- d. Diameter media filter
 - Pasir kuarsa : 0,2 – 0,4 mm
 - Arang aktif : 0,2 – 0,4 mm
- e. Tebal media penyangga (kerikil) : 25 cm.

Terdiri dari 2 lapisan yaitu :

- Lapisan 1 diameter : 5,0 – 8,0 mm dengan tebal adalah 10 cm
- Lapisan 2 diameter : 15 - 25 mm dengan tebal adalah 15 cm

3. Variabel Bebas :

- a. Variasi komposisi ketinggian media filter
 - Pasir 70 % dan arang 30 %.
 - Pasir 40 % dan arang 60 %.
 - Pasir 10 % dan arang 90 %.

Penentuan komposisi ketinggian media filter didasarkan pada perbandingan komposisi ketinggian antara pasir kuarsa dan arang aktif.



b. Waktu filtrasi :

- Saat effluent keluar pertama
- Setelah 2 jam
- Setelah 4 jam
- Setelah 6 jam
- Setelah 8 jam

Penentuan *range* waktu pengambilan sampel didasarkan pada waktu operasi untuk saringan pasir lambat pada *tabel 2.3*.

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Analisis Pendahuluan

Pada awal penelitian dilakukan analisa pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal sungai yang akan diolah. Parameter yang dianalisa adalah TSS dan kesadahan.

3.4.2 Persiapan Media Penelitian

Persiapan media pada Reaktor saringan lambat aliran *upflow*

A. Media arang aktif tempurung kelapa

- Menyiapkan arang tempurung kelapa
- Arang tempurung kelapa digiling, diayak dengan saringan diameter 0,2 – 0,4 mm kemudian diaktifasi.
- Melakukan pencucian dengan larutan HCl 0,4 N 200 ml pada arang tempurung kelapa sebanyak 100 gram dan selanjutnya dibilas dengan aquades.
- Mengeringkan arang aktif dengan cara memanaskan dalam oven pada suhu 300 °C selama 24 jam.
- Siap digunakan untuk media filter.



B. Media pasir kuarsa

- Menyiapkan pasir kuarsa
- Pasir kuarsa diayak dengan saringan diameter 0,2 – 0,4 mm.
- Melakukan pencucian dengan aquades kemudian dikeringkan dengan cara menjemur.
- Siap digunakan untuk media filter.

C. Media penyangga

- Menyiapkan kerikil dengan diameter 5,0 – 8,0 mm dan 15 - 25 mm.
- Melakukan pencucian dengan aquades kemudian dikeringkan.
- Siap digunakan untuk media.

3.4.3 Pengoperasian Alat

Pengoperasian alat Reaktor saringan lambat aliran *upflow* yaitu :

- a. Mempersiapkan alat reaktor saringan lambat aliran *upflow*.
- b. Air sungai di tampung pada bak penampung
- c. Dari bak penampung yang dilengkapi dengan bukaan katup sebagai pengatur debit, air sungai dialirkan ke reaktor saringan lambat aliran *upflow* yang telah diisi media.
- d. Hasil filtrasi dari reaktor Saringan Lambat aliran *upflow* kemudian ditampung dalam bak penampung dan siap dianalisa. Pada waktu yang telah ditentukan hasil filtrat diambil untuk dianalisa.
- e. Melakukan perlakuan yang sama seperti a, b, c dan d dengan mengganti komposisi media filter.

3.5 Analisa Parameter Uji

Parameter yang diukur adalah :

- TSS yang dianalisa dengan menggunakan metode Gravimetri
- Kesadahan yang dianalisa dengan menggunakan metode Titrimetri



3.6 Analisa Data

Analisa data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan statistik yaitu program MINITAB 14 sebagai alat bantu, terdiri dari :

1. Analisa deskriptif

Analisa ini merupakan analisa paling sederhana dimana mengumpulkan, meringkas dan menyajikan data dalam bentuk yang mudah dibaca.

2. Analisa variansi (ANOVA)

Analisa ini digunakan untuk menguji kesamaan variansi, kesamaan perilaku antara 2 peubah atau lebih dan menentukan penyebab perbedaan perilaku antara 2 peubah atau lebih.

3. Analisa korelasi

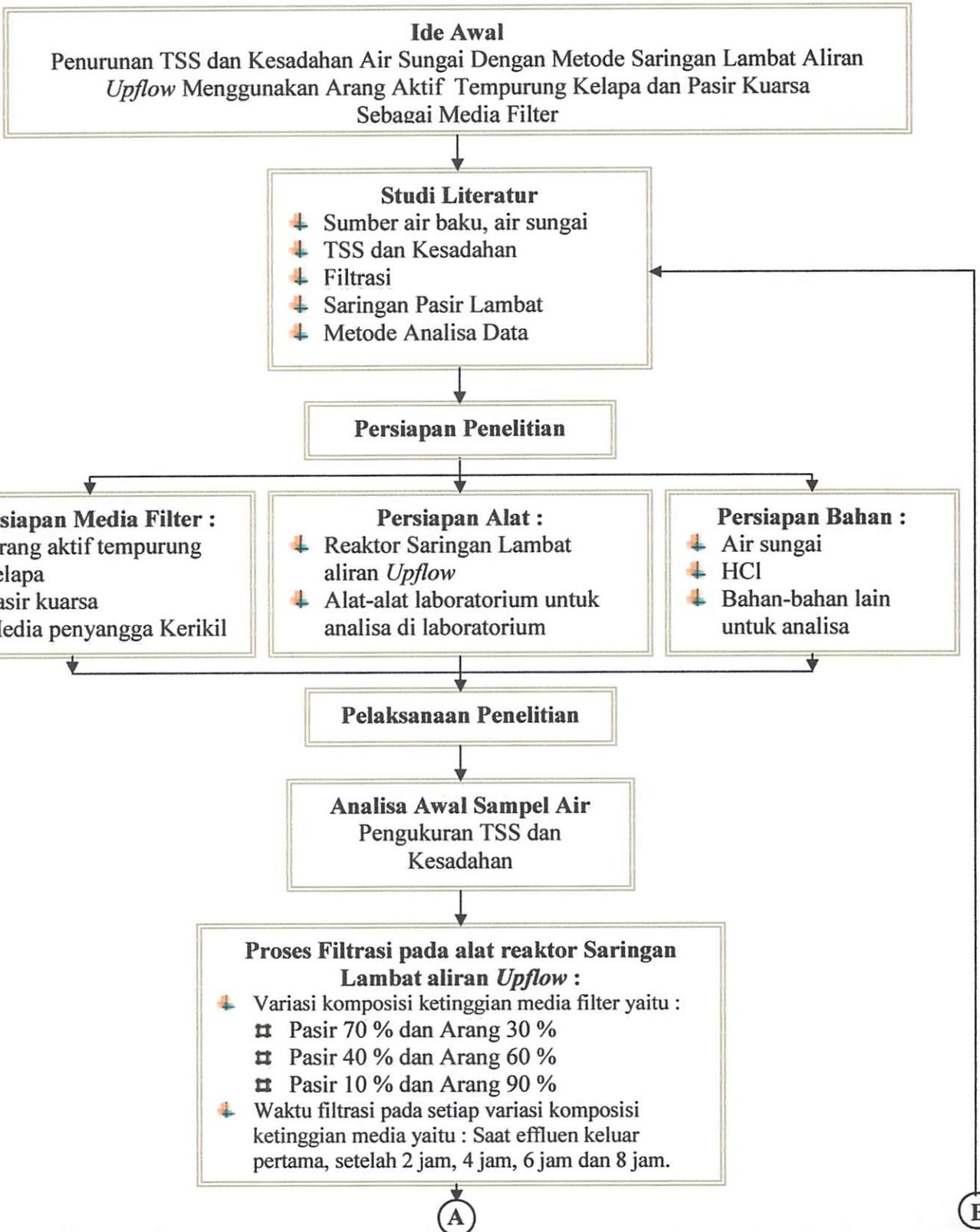
Analisa ini digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Artinya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

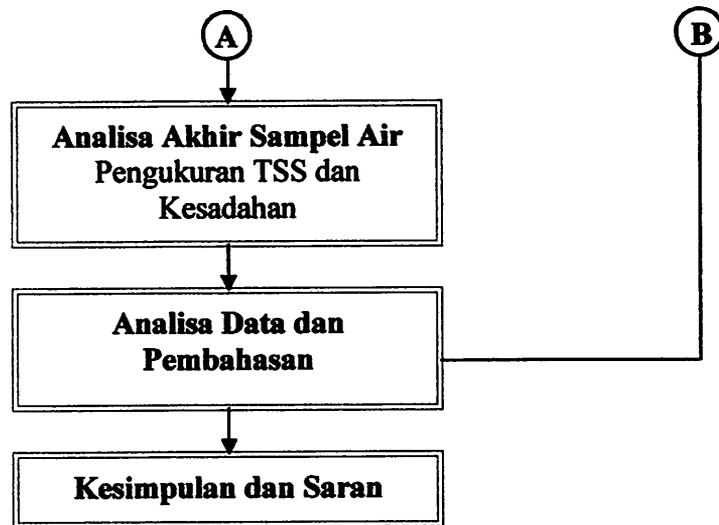
4. Analisa regresi.

Analisa ini digunakan untuk membedakan peubah bebas dan peubah terikat, membuat model taksiran, menentukan kualitas dari model taksiran, menguji keberartian dari koefisien regresi yang telah terbentuk dan menyelidiki kelinieran dari hubungan antara peubah bebas dan peubah terikat.

3.7 Kerangka Penelitian

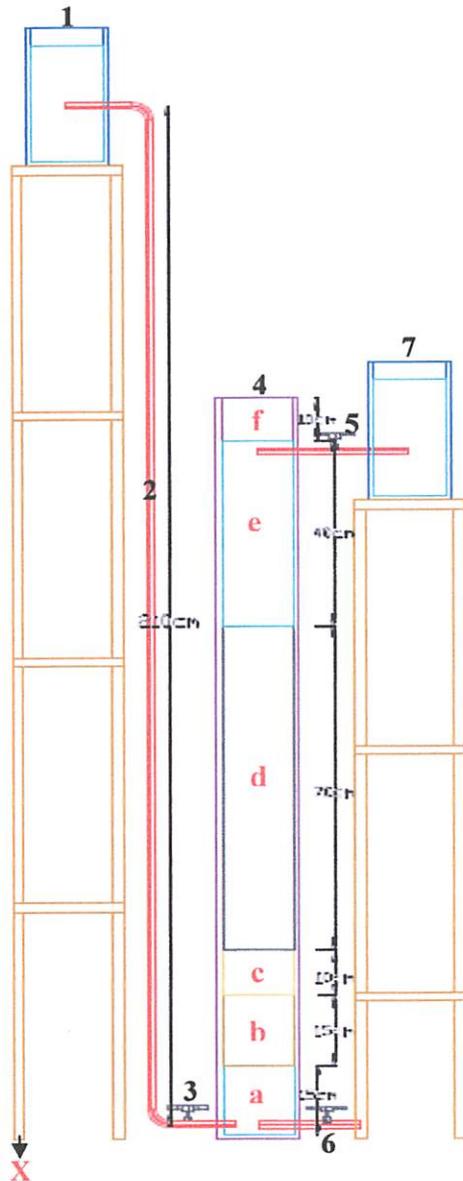
Kerangka penelitian merupakan gambaran umum mengenai tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam penelitian. Adapun kerangka penelitian tersebut dilihat pada *gambar 3.1* :





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.8 Rancangan Alat Proses



Gambar 3.2 Rancangan Alat Proses

Keterangan :

1. Bak Penampung
 2. Pipa
 3. Bukaan katup
 4. Reaktor Saringan Lambat aliran *upflow*
 5. Valve
 6. Valve
 7. Bak Penampung
- X = Penyangga.

Untuk Reaktor saringan lambat aliran

Upflow :

- a. Inlet.
- b. Lapisan media penyangga yaitu kerikil dengan diameter 15 – 25 mm.
- c. Lapisan media penyangga yaitu kerikil dengan diameter 5,0 – 8,0 mm.
- d. Media arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa dengan diameter 0,2 – 0,4 mm.
- e. Outlet.
- f. Ruang bebas (*freeboard*)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Sampel

Air sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai yang berasal dari DAS Sungai Benanain di Besikama, Kecamatan Malaka Barat. Sungai ini merupakan salah satu sungai besar di Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang mempunyai luas Daerah Aliran Sungai (DAS) $\pm 3158 \text{ Km}^2$ dengan letak daerah hilir berada di Kecamatan Malaka Barat. Aliran sungai Benanain di mulai dari Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) mengalir melintasi Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS) dan Kabupaten Belu (Kecamatan Malaka Barat, Weliman dan Malaka Tengah). Debit Sungai Benanain sangat dipengaruhi oleh suplai air dari beberapa anak sungai yaitu Sungai Besi, Sungai Noni, Sungai Fatu, Sungai Bunu, Sungai Muti, Sungai Bun, Sungai Mikoni, Sungai Maubesi dan Sungai Baen. Sehingga pada musim penghujan debit sungai bertambah bahkan meluap (banjir). Karakteristik air sungai yang digunakan berdasarkan parameter yang akan diteliti dalam penelitian ini pada *tabel 4.1* berikut ini.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Air Sungai dan Standar Kualitas Air

Parameter Pencemar Air	Nilai
TSS	42,0 mg/liter
Kesadahan	312,31 mg/liter

Sumber : Hasil penelitian

Pada penelitian ini dititikberatkan untuk mengetahui kemampuan dari kombinasi arang aktif tempurung kelapa dengan pasir kuarsa sebagai media filter dalam menurunkan kandungan TSS dan kesadahan pada air sungai. Indikator kemampuan tersebut adalah persentase penurunan TSS dan kesadahan pada masing-masing komposisi media. Selain itu juga untuk mengetahui komposisi tinggi media filter yang efektif dengan waktu operasi yang sesuai. Indikator efektif tersebut adalah



salah satu variasi komposisi media yang mempunyai konsentrasi penurunan tertinggi, dengan waktu pengoperasian reaktor saringan lambat aliran *upflow*. Sedangkan indikator efisiennya yaitu dilihat dari nilai ekonomis, arang aktif mudah diperoleh dipasaran dengan harga terjangkau dan tidak perlu membutuhkan area yang luas untuk pengoperasian reaktor saringan lambat. Sehingga diharapkan saringan lambat dengan aliran *upflow* mampu menghasilkan efluen yang berkualitas dan mereduksi kandungan TSS dan kesadahan bahkan lebih baik dari saringan lambat yang pada umumnya dipakai.

4.2 Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan secara kontinyu menggunakan Reaktor Saringan Lambat aliran *upflow* dengan menggunakan media arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa. Dengan variasi komposisi ketinggian media filter dan waktu filtrasi. Variasi komposisi ketinggian media filter terdiri dari tiga yaitu pertama ; pasir 70 % dengan arang 30 %, komposisi yang kedua ; pasir 40 % dengan arang 60 % dan komposisi yang ketiga ; pasir 10 % dan arang 90 %.

Sedangkan waktu filtrasi merupakan waktu pengambilan sampel yaitu saat effluent keluar pertama (1), setelah 2 jam (2), setelah 4 jam (3), setelah 6 jam (4) dan setelah 8 jam (5).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data TSS dan kesadahan setelah dilakukan proses kontinyu dapat dilihat pada *tabel 4.2* dan *tabel 4.3* sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Akhir TSS (mg/liter)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	Nilai TSS (mg/liter)
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	0.09
	2	0.18
	3	0.16
	4	0.17
	5	0.27



Komposisi II Media pasir 40 % dengan arang 60 %	1	*0.07
	2	0.3
	3	0.14
	4	0.15
	5	0.29
Komposisi III Media pasir 10 % dengan arang 90 %	1	**0.58
	2	0.13
	3	0.15
	4	0.44
	5	0.31

Sumber : Hasil Penelitian

Keterangan :

* = Nilai Penurunan Terbesar

** = Nilai Penurunan Terkecil

Tabel 4.3 Hasil Akhir Kesadahan (mg/liter)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	Nilai Kesadahan (mg/liter)
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	148.47
	2	150.14
	3	163.81
	4	167.48
	5	**171.15
Komposisi II Media pasir 40 % dengan arang 60 %	1	103.09
	2	105.43
	3	100.09
	4	110.1
	5	123.45
Komposisi III Media pasir 10 %	1	57.39
	2	*33.03
	3	36.03

dengan	4	45.04
arang 90 %	5	47.04

Sumber : Hasil Penelitian

Keterangan :

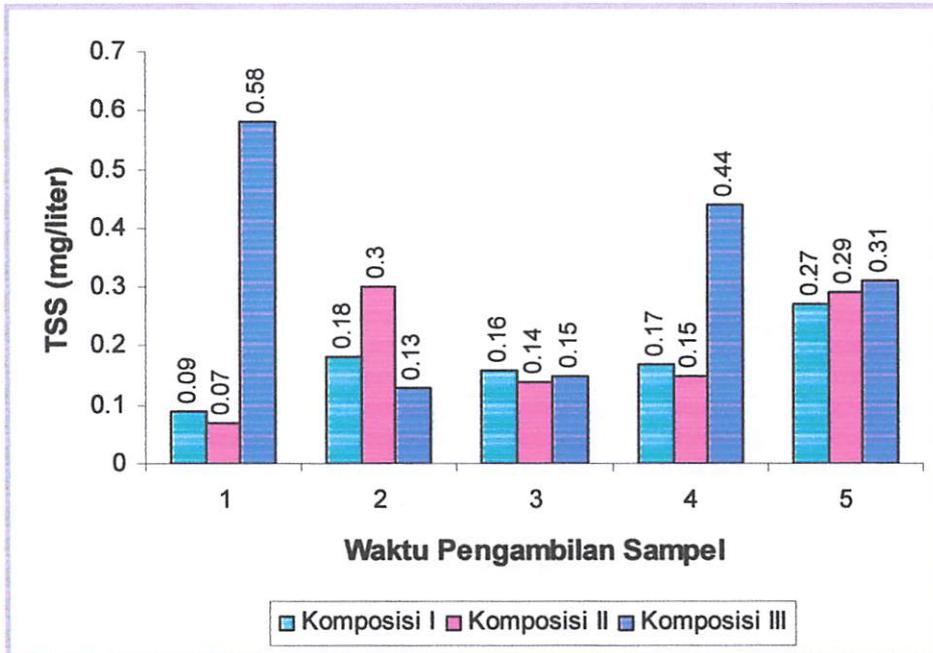
* = Nilai Penurunan Terbesar

** = Nilai Penurunan Terkecil

4.3 Analisis Penurunan TSS

4.3.1 Analisis Deskriptif

Berdasarkan hasil penelitian pada *tabel 4.2* menunjukkan bahwa pada ke tiga variasi komposisi ketinggian media filter yaitu komposisi I ; Media pasir 70 % dengan arang 30 %, komposisi II ; Media pasir 40 % dengan arang 60 % dan komposisi III ; Media pasir 10 % dengan 90 %, ternyata mempunyai kemampuan menurunkan TSS dan tingkat penurunan yang bervariasi. Nilai akhir TSS pada *tabel 4.2* tersebut diplotkan pada *gambar 4.1* berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Nilai TSS (mg/liter) Akhir terhadap Waktu Pengambilan Sampel



Berdasarkan *tabel 4.2* dan *gambar 4.1* menunjukkan bahwa hasil akhir TSS pada masing-masing komposisi ketinggian media berbeda-beda sesuai dengan kemampuan masing-masing media dalam menurunkan TSS pada rentang waktu antara saat pertama kali efluen keluar sampai dengan 8 jam. Berdasarkan data TSS pada *tabel 4.2* maka dapat dicari besarnya penurunan TSS pada tiap-tiap komposisi ketinggian media filter.

Untuk mengetahui persentase penurunan TSS pada setiap variasi komposisi ketinggian media digunakan rumus :

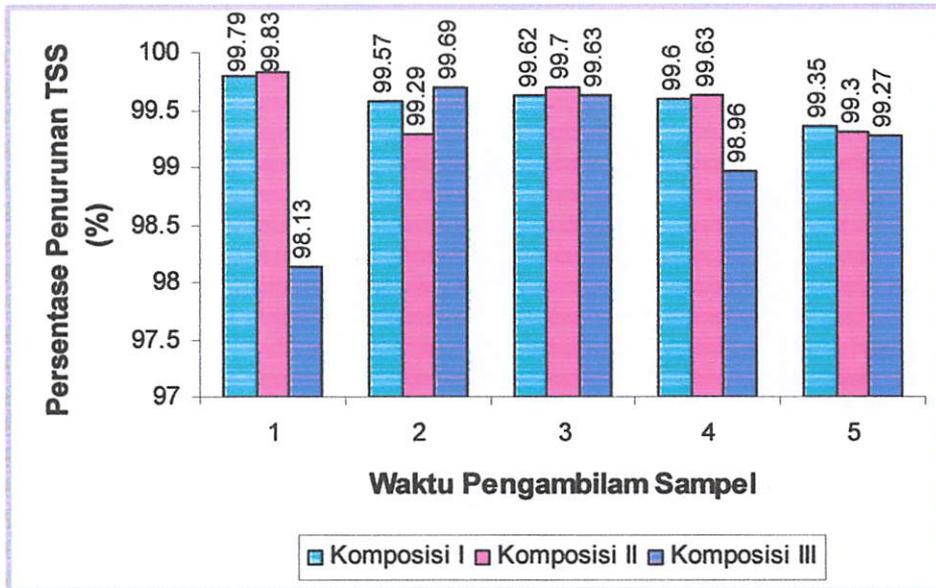
$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir})}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Tabel 4.4 Persentase Penurunan TSS (%)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	Persentase Penurunan TSS (%)
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	99.79
	2	99.57
	3	99.62
	4	99.6
	5	99.35
Komposisi II Media pasir 40 % dengan arang 60 %	1	99.83
	2	99.29
	3	99.7
	4	99.63
	5	99.3
Komposisi III Media pasir 10 % dengan arang 90 %	1	98.13
	2	99.69
	3	99.63
	4	98.96
	5	99.27

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan data persentase penurunan TSS pada *tabel 4.4* maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan TSS pada *gambar 4.2* berikut ini.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Persentase Penurunan TSS (%) terhadap Waktu Pengambilan Sampel

4.3.1.1 Komposisi Ketinggian Media Pasir 70 % dengan Arang 30 %

Berdasarkan *tabel 4.2* dan *gambar 4.1* nilai TSS akhir yang terendah terjadi saat pengambilan sampel pertama sebesar 0.09 mg/liter sedangkan nilai TSS akhir tertinggi saat pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 8$ jam) sebesar 0.27 mg/liter. Dan berdasarkan *tabel 4.4* dan *gambar 4.2* persentase penurunan TSS terbesar adalah 99.79 % pada pengambilan sampel pertama sedangkan persentase penurunan TSS terkecil adalah 99.35 % pada pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 8$ jam).

4.3.1.2 Komposisi Ketinggian Media Pasir 40 % dengan Arang 60 %

Berdasarkan *tabel 4.2* dan *gambar 4.1* nilai TSS akhir yang terendah terjadi saat pengambilan sampel pertama sebesar 0.07 mg/liter sedangkan nilai TSS akhir tertinggi saat pengambilan sampel yang kedua (saat $t = 2$ jam) sebesar 0.3 mg/liter.



Dan berdasarkan *tabel 4.4* dan *gambar 4.2* persentase penurunan TSS terbesar adalah 99.83 % pada pengambilan sampel pertama sedangkan persentase penurunan TSS terkecil adalah 99.29 % pada pengambilan sampel yang kedua (saat $t = 2$ jam).

4.3.1.3 Komposisi Ketinggian Media Pasir 10 % dengan Arang 90 %

Berdasarkan *tabel 4.2* dan *gambar 4.1* nilai TSS akhir yang terendah terjadi saat pengambilan sampel kedua (saat $t = 2$ jam) sebesar 0.13 mg/liter sedangkan nilai TSS akhir tertinggi saat pengambilan sampel pertama sebesar 0.58 mg/liter. Dan berdasarkan *tabel 4.4* dan *gambar 4.2* persentase penurunan TSS terbesar adalah 99.69 % pada pengambilan sampel kedua (saat $t = 2$ jam) sedangkan persentase penurunan TSS terkecil adalah 98.13 % pada pengambilan sampel pertama.

4.3.2 Analisis Varian (ANOVA)

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan TSS, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA satu faktor. Dimana menguji apakah ke-15 perlakuan mempunyai rata-rata (mean) yang sama. Sebagai indikator adalah jika nilai ke-15 perlakuan sama atau identik, maka variabel waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media dapat dikatakan tidak mempengaruhi nilai persentase penurunan TSS. Pada hasil uji ANOVA untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan TSS diantara kelompok perlakuan.

Hipotesa hasil uji ANOVA :

- H_0 = Kelima belas perlakuan adalah identik.
- H_1 = Kelima belas perlakuan adalah tidak identik.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas > 0.05 , H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0.05 , H_0 ditolak.

Hasil uji ANOVA untuk persentase penurunann TSS terhadap waktu dan komposisi ketinggian media dapat dilihat dalam *tabel 4.5* dan *tabel 4.6* berikut ini :



Tabel 4.5 Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan TSS Terhadap Waktu Filtrasi

One-way ANOVA: % Removal versus Waktu					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	0.6242	0.1561	1.60	0.193
Error	40	3.9022	0.0976		
Total	44	4.5264			

Keterangan :

DF = Derajat Bebas, SS = Variasi Residual, MS = Mean Square,
F = Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai *tabel F* pada *lampiran*)
P = Nilai Probabilitas (dengan $\alpha = 0.05$)

Berdasarkan *tabel 4.5* terlihat bahwa : F hitung sebesar 1.60 sedangkan pada *tabel* distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F *tabel* adalah 2.274. Karena nilai F *tabel* > F hitung maka kesimpulannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas adalah 0.193. Karena nilai probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima artinya, ke-15 perlakuan adalah identik. Arti identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunan TSSnya sama.

Tabel 4.6 Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan TSS Terhadap Komposisi Ketinggian Media

One-way ANOVA: % Removal versus Komposisi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Komposisi	2	0.7774	0.3887	4.35	0.019
Error	42	3.7490	0.0893		
Total	44	4.5264			

Berdasarkan *tabel 4.6* terlihat bahwa : F hitung sebesar 4.35 sedangkan pada *tabel* distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F *tabel* adalah 2.274. Karena nilai F *tabel* tersebut < F hitung maka kesimpulannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas adalah 0.019. Karena nilai probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak, artinya ke-15 perlakuan adalah tidak identik. Arti tidak identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunan TSSnya tidak sama.



4.3.3 Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada tidaknya atau kuat lemahnya hubungan antara variabel terikat (persentase penurunan TSS) dengan variabel bebas (variasi komposisi ketinggian media dan waktu filtrasi), maka dianalisa dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada *tabel 4.7* berikut ini :

Tabel 4.7 Korelasi antara Persentase Penurunan TSS dengan Variasi Waktu Filtrasi dan Komposisi Ketinggian Media

Correlations: % Removal, Waktu, Komposisi		
	% Removal	Waktu
Waktu	-0.238 0.115	
Komposisi	-0.380 0.010	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Berdasarkan *tabel 4.7* menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dihitung dengan koefisien korelasi adalah :

- ❑ Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan TSS dengan variasi waktu filtrasi adalah -0.238. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah karena berada diantara 0.2 s/d 0.4. Dan arah hubungan yang negatif menunjukkan hubungan berlawanan arah yang berarti bahwa jika semakin lama waktu filtrasi maka semakin rendah tingkat persentase penurunan TSS dimana rentang waktu yang dimaksud adalah antara jam kali pertama efluen keluar sampai 8 jam. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dengan variasi waktu filtrasi ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.115 (> 0.05) maka korelasinya tidak signifikan.
- ❑ Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan TSS dengan variasi komposisi media adalah -0.380. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah karena berada diantara 0.2 s/d 0.4. Dan arah hubungan yang negatif menunjukkan hubungan berlawanan arah yang berarti peningkatan komposisi ketinggian media berbanding terbalik dengan besarnya



persentase penurunan TSS. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dengan variasi komposisi ketinggian media ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.010 (< 0.05) maka korelasinya signifikan.

4.3.4 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hal ini diketahui berdasarkan nilai koefisien yang menunjukkan bahwa hubungan tersebut mendekati atau sesuai dengan data yang dihasilkan. Berdasarkan model regresi yang akan dibuat dapat diketahui hubungan variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media dalam proses filtrasi terhadap persentase penurunan TSS yang dihasilkan pada proses filtrasi tersebut, dengan menggunakan reaktor saringan lambat aliran *upflow*. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada *tabel 4.8* dan *tabel 4.9* berikut ini :

Tabel 4.8 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS

Regression Analysis: % Removal versus Waktu, Komposisi				
The regression equation is				
% Removal = 99.9 - 0.0267 Waktu - 0.148 Komposisi				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	99.8789	0.1312	761.24	0.000
Waktu	-0.02672	0.01546	-1.73	0.091
Komposisi	-0.14767	0.05356	-2.76	0.009
S = 0.293386 R-Sq = 20.1% R-Sq (adj) = 16.3%				

Keterangan :

T = Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai *tabel T* pada *lampiran*)

S = Standar deviasi, R-Sq dan R-Sq (adj) = Nilai koefisien determinasi model

Berdasarkan *tabel 4.8* dapat diketahui :

1. Persamaan Regresi

$$Y = 99.9 - 0.0267X_1 - 0.148X_2$$



Dimana :

Y = Persentase penurunan TSS (%)

X_1 = Waktu filtrasi (jam)

X_2 = Komposisi ketinggian media (%)

Berdasarkan hasil koefisien persamaan regresi, konstanta sebesar 99.88 % menyatakan bahwa jika variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media konstan maka persentase penurunan TSS adalah 99.88 %. Koefisien regresi sebesar -0.03 untuk variasi waktu filtrasi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penurunan TSS sebesar 0.03 dengan anggapan variabel lainnya konstan. Sedangkan koefisien regresi sebesar -0.15 untuk variasi komposisi ketinggian media (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan komposisi ketinggian media sebesar 1 % akan menurunkan persentase penurunan TSS sebesar 0.15 dengan anggapan variabel lainnya konstan.

2. Uji Signifikan Koefisien Regresi

Hipotesa :

- H_0 : Koefisien regresi tidak signifikan
- H_1 : Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1) Berdasarkan nilai T.

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel, maka apabila : - t hitung < t tabel, maka H_0 diterima.

- t hitung > t tabel, maka H_0 ditolak.

Berdasarkan *tabel 4.8* untuk variasi waktu nilai t hitung adalah -1.73, sedangkan pada tabel distribusi $t_{(0.025,43)}$, nilai t tabel adalah 2.01785, berarti nilai t tabel > t hitung, maka H_0 diterima sehingga koefisien regresi tidak signifikan. Dan nilai t hitung berdasarkan *tabel 4.8* untuk variasi komposisi ketinggian media adalah -2.76 berarti nilai t hitung > nilai t tabel, maka H_0 ditolak sehingga koefisien regresi signifikan.



2) Berdasarkan Nilai Probabilitas.

- Jika probabilitas > 0.05 , H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0.05 , H_0 ditolak.

Berdasarkan *tabel 4.8* nilai P pada variasi waktu pengambilan sampel adalah 0.091 yang berarti probabilitas > 0.05 . Sehingga H_0 diterima yaitu koefisien regresi tidak signifikan, dimana variasi waktu filtrasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan TSS. Sedangkan nilai P pada variasi komposisi media adalah 0.009 yang berarti probabilitas < 0.05 . Sehingga H_0 ditolak yaitu koefisien regresi signifikan, dimana variasi komposisi ketinggian media berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan TSS.

3. Koefisien determinasi.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 20.1 %, hal ini berarti 20.1 % penurunan nilai TSS dipengaruhi oleh variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media. Sedangkan sisanya 79.9 % dipengaruhi oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

4. Uji Kelinearan

Hipotesa :

- H_0 : Y tidak memiliki hubungan linear dengan X
- H_1 : Y memiliki hubungan linear dengan X

Dimana : Y adalah variabel terikat

X adalah variabel bebas

Tabel 4.9 Hasil Uji Kelinearan Analisa Regresi Persentase Penurunan TSS

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.91123	0.45562	5.29	0.009
Residual Error	42	3.61517	0.08608		
Total	44	4.52640			

Pengambilan keputusan :

1) Berdasarkan nilai F.

Penarikan kesimpulan :

- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, H_0 diterima.



- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, H_0 ditolak.

Berdasarkan uji kelinearan pada *tabel 4.9* diperoleh nilai F_{hitung} adalah 5.29, sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,1,43)}$, nilai F_{tabel} adalah 4.068. Karena nilai $F_{hitung} > nilai F_{tabel}$, maka kesimpulannya adalah Y (variabel terikat) memiliki hubungan linear dengan X (variabel bebas). Atau dengan kata lain, persentasi penurunan TSS dengan variasi waktu filtrasi (pertama kali efluen keluar sampai 8 jam) dan komposisi tinggi media mempunyai hubungan linear.

2) Berdasarkan nilai Probabilitas.

- Jika probabilitas > 0.05 , H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0.05 , H_0 ditolak.

Pada *tabel 4.9* nilai probabilitas (P) $0.009 < 0.05$ maka H_0 ditolak. Sehingga model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan TSS.

4.3.5 Pembahasan

Dari hasil penelitian, ketiga variasi komposisi ketinggian media filter mempunyai kemampuan yang bervariasi dalam menurunkan konsentrasi TSS dalam sampel (air sungai). Dalam proses ini, air mengalir secara *upflow* dari bak penampung menuju ke reaktor saringan lambat yang berukuran panjang dan lebar adalah 15 cm dengan tinggi 160 cm, kecepatan penyaringan sebesar $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$. Diameter media yang digunakan adalah 0.2 - 0.4 mm. Media filter yang digunakan adalah arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa. Variasi yang dilakukan adalah waktu filtrasi (waktu pengambilan sampel pada saat efluen pertama keluar, 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam) dan variasi komposisi ketinggian media (pasir 70 % dengan arang 30%, pasir 40 % dengan arang 60 % dan pasir 10 % dengan arang 90 %).

Berdasarkan hasil penelitian, persentase penurunan TSS dari masing-masing komposisi ketinggian media tersebut bervariasi. Pada variasi komposisi ketinggian media pasir 70 % dengan arang 30 %, persentase penurunan TSS pada saat efluen pertama keluar sebesar 99.79 %, pada saat $t = 2$ jam persentasenya mengalami penurunan menjadi 99.57 %. Fluktuasi ini disebabkan karena setelah



beberapa waktu filter beroperasi, maka partikel-partikel tersuspensi yang menempel pada media arang dan pasir terus meningkat. Disamping itu, tekanan air dari bawah ke atas terus meningkat sehingga sebagian media terfluidasi, akibatnya partikel-partikel dan material tersuspensi yang sudah menempel pada permukaan media akan terlepas dan lolos ikut bersama dengan efluen yang keluar (*Kawamura, 1991*).

Pada saat $t = 4$ jam persentase penurunannya mengalami peningkatan menjadi 99.62 %. Fluktuasi ini disebabkan karena waktu kontak sampel air yang lama maka memberi waktu untuk partikel-partikel tersuspensi terserap dan mengendap pada media arang. Dimana salah satu sifat arang aktif adalah semakin lama waktu kontakannya maka semakin banyak tingkat penyerapannya (*Sundstrom, 1979 dalam Minar, 2005*). Selanjutnya pada media pasir sebagian partikel-partikel tersuspensi yang lolos akan terperangkap dan menempel pada permukaan pasir. Melekatnya partikel-partikel tersebut akan memperkecil ukuran rongga yang dapat mempertinggi daya penyaringannya (*Reynold, 1981 dalam purnomo, 2002*).

Pada saat $t = 6$ jam persentase penurunannya kembali mengalami penurunan menjadi 99.6 % hingga pada saat $t = 8$ jam persentase penurunannya menjadi 99.35%. Fluktuasi ini disebabkan karena jika filter sudah bekerja cukup lama, maka kemampuan arang untuk menyerap dan menyaring semakin berkurang demikian juga dengan pasir. Dimana partikel-partikel tersuspensi yang menempel pada permukaan media semakin banyak sehingga kerja filter menjadi menurun, akibatnya berpengaruh terhadap kualitas hasil efluen (*Reynold, 1982 dalam Nilasari, 2006*).

Dalam proses filtrasi ini menunjukkan bahwa dalam *range* waktu 8 jam filter bekerja dengan baik. Hal ini dapat dilihat pada persentase penurunan tertinggi sebesar 99.79 % dan terendah sebesar 99.35 %. Dengan demikian, dilihat dari waktu operasi pada setiap *range* waktu pengambilan air sampel, ternyata media tersebut masih beroperasi dengan baik dengan persentase penurunan yang tinggi. Sedangkan berdasarkan media tersebut, masih memiliki kemampuan yang tinggi dalam menurunkan TSS, akan tetapi komposisi media arang yang kecil sehingga tingkat penyerapannya semakin berkurang.



Pada variasi komposisi ketinggian media pasir 40 % dengan ketinggian arang 60 % persentase penurunan TSS pada saat efluen pertama keluar sebesar 99.83 %, pada saat $t = 2$ jam persentase penurunannya mengalami penurunan menjadi 99.29 %. Fluktuasi ini disebabkan karena partikel-partikel dan material tersuspensi yang sudah tersaring dan terserap pada permukaan arang menutupi sebagian permukaan butiran arang, sehingga sebagian yang tidak terserap dan menempel pada permukaan arang lolos ke media pasir. Pada media pasir sebagian terperangkap dan menempel pada permukaan pasir akan tetapi sebagian lainnya terbawa oleh efluen akibat tergerus oleh efluen. Pada lapisan teratas pasir, partikel dan material tersebut yang lebih berat akan mengendap sedangkan partikel dan material lainnya yang tidak mengendap ikut bersama hasil efluen menyebabkan kualitas air menurun (*Reynold, 1981 dalam Nilasari, 2006*).

Pada saat $t = 4$ jam persentasenya mengalami peningkatan menjadi 99.7 %. Fluktuasi ini disebabkan karena fungsi arang aktif selain menyaring juga mengadsorpsi sehingga partikel-partikel dan material tersuspensi yang melewati media arang, melekat pada permukaan media arang dan terperangkap dalam pori-pori arang. Akan tetapi sebagian yang lolos akan melewati media pasir dan akibat aliran yang berkelok-kelok melalui pori-pori dan lapisan pasir sehingga memberi kesempatan pada partikel tersebut bahkan partikel lain yang lebih halus untuk saling kontak satu sama lain dan membentuk gugusan yang lebih besar yang dapat menahan partikel sampai pada kedalaman tertentu (*Revisi SNI 03-3981-1995*). Peristiwa ini mengakibatkan efluen yang dihasilkan lebih baik dari sebelumnya.

Pada saat $t = 6$ jam persentasenya kembali mengalami penurunan menjadi 99.63 % hingga pada saat $t = 8$ jam persentasenya menjadi 99.3 %. Fluktuasi ini disebabkan karena semakin lamanya waktu maka tingkat penyaringannya menjadi berkurang akibat partikel-partikel tersuspensi yang menempel pada permukaan media bertambah sehingga air sampel yang sudah tersaring pada media terdalam akan mengerus partikel-partikel yang sudah tersaring. Hal ini menyebabkan kualitas air menjadi menurun.



Dalam proses filtrasi ini menunjukkan bahwa dalam *range* waktu 8 jam filter bekerja dengan baik. Pada komposisi media tersebut sudah layak digunakan dengan melihat persentase penurunan tertinggi sebesar 99.83 % dan terendah sebesar 99.29 %. Hal ini menunjukkan bahwa dengan komposisi ketinggian media pasir dan arang yang hampir sama maka tingkat persentase penurunan TSSnya meningkat. Dimana arang aktif berfungsi sebagai penyaring juga mempunyai sifat sebagai adsorben, demikianpun dengan pasir kuarsa berfungsi sebagai penyaring dimana mempunyai struktur yang kuat sehingga mampu menahan tekanan (*Ahammed and Chaudhuri, 1996 dalam Ardiyanto, 2005*). Hal ini yang menyebabkan efluen yang dihasilkan mempunyai kualitas yang lebih baik.

Pada variasi komposisi ketinggian media pasir 10 % dengan ketinggian arang 90 % persentase penurunan TSS pada saat efluen pertama keluar sebesar 98.13 %. Hal ini disebabkan beberapa partikel dari material tersuspensi dapat melewati ruang antar media karena mempunyai ukuran yang lebih kecil dari ruang antar media sehingga memungkinkan sebagian partikel tersuspensi ikut lolos dalam penyaringan (*Reynold, 1982 dalam Dhevy, 2006*).

Sedangkan pada saat $t = 2$ jam persentase penurunannya mengalami peningkatan menjadi 99.69 %. Fluktuasi ini disebabkan karena komposisi arang lebih besar. Hal ini berhubungan dengan sifat arang aktif adalah kekerasannya dan tidak terlalu tebal sehingga memungkinkan proses penyerapannya berlangsung/berjalan secara merata (*Supardi, Poernomo dan Subiyanto, 1998*). Sehingga semakin banyak dan kecil diameter arang aktif maka tingkat penyerapannya semakin cepat (*Benefield, 1982 dalam Suhadak, 2005*).

Pada saat $t = 4$ jam persentase penurunannya mengalami penurunan menjadi 99.63 % hingga pada saat $t = 6$ jam persentase penurunannya menjadi 98.96%. Fluktuasi ini disebabkan karena apabila semakin lama filter bekerja maka terjadi penumpukan partikel-partikel dan material yang terserap oleh arang aktif sehingga menyebabkan penurunan kemampuan arang sebagai media filter. Akibatnya hasil efluennya menjadi menurun.



Dan pada saat $t = 8$ jam persentase penurunannya kembali mengalami peningkatan menjadi 99.27 %. Fluktuasi ini disebabkan karena material koloidal yang berasal dari organik (umumnya bermuatan negatif) tidak akan teradsorpsi pada saat filter masih bersih dan baru di operasikan. Setelah filtrasi dan banyak partikel bermuatan positif yang tertahan di butiran partikel, filter menjadi terlalu jenuh dan bermuatan positif. Sehingga terjadi adsorpsi tingkat ke dua, yaitu menarik partikel-partikel koloid yang bermuatan negatif yang berasal dari koloidal organik (*Reynold, 1982 dalam Ferdiansari, 2006*).

Dalam proses filtrasi ini menunjukkan bahwa dalam *range* waktu 8 jam filter bekerja dengan baik. Hal ini dapat dilihat pada persentase penurunan tertinggi sebesar 99.69 % dan terendah sebesar 98.13 %. Dengan demikian, media tersebut sudah sangat baik untuk digunakan. Dimana komposisi ketinggian media arang yang lebih banyak tingkat penyerapannya tinggi, akan tetapi penyaringannya menjadi berkurang sehingga pada saat melewati media pasir kemungkinan besar partikel-partikel yang tidak tertahan akan lolos.

Peningkatan efisiensi persentase penurunan TSS terjadi pada semua variasi media. Hal ini menunjukkan bahwa pada masing-masing komposisi ketinggian media mampu bekerja dengan baik sebagai media filter. Selain itu, penggunaan aliran *upflow* mempunyai efektifitas yang tinggi dalam penggunaan media, karena air sampel akan mengalami kontak secara merata pada setiap bagian dari media dalam reaktor saringan lambat (*Sundstrom, 1979 dalam Lestari, 2005*).

Pengaruh tekanan air dari bawah ke atas dan media sudah mulai mampat (*clogging*) akan menimbulkan sebagian media ikut terfluidasi akibatnya menurunkan kualitas efluen yang dihasilkan karena sebagian akan kembali ke inlet sedangkan lainnya ikut bersama efluen (*Kawamura, 1991*). Selain itu, pengaruh proses filtrasi yang bekerja secara kontinyu sehingga terjadi proses sedimentasi atau pengendapan partikel atau material tersuspensi pada permukaan media sehingga kerja filter menjadi menurun. Dimana zat padat tersuspensi dapat bersifat organik (tanah liat, kuart) dan anorganik (protein, sisa tanaman dan ganggang, bakteri) juga partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat



menghalangi sinar yang akan menembus suspensi ; sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang (*Alaerts dan Simestri, 1984*).

Berdasarkan hasil uji ANOVA untuk persentase penurunan TSS terhadap waktu filtrasi, nilai F hitung sebesar 1.60 sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F tabel adalah 2.274. Karena nilai F tabel tersebut $>$ F hitung maka kesimpulannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas adalah 0.193. Karena nilai probabilitas $>$ 0.05 maka H_0 diterima ,artinya ke-15 perlakuan adalah identik. Arti identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunan TSSnya sama.

Sedangkan berdasarkan hasil uji ANOVA untuk persentase penurunan TSS terhadap komposisi ketinggian media, F hitung sebesar 4.35 sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F tabel adalah 2.274. Karena nilai F tabel tersebut $<$ F hitung maka kesimpulannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas adalah 0.019. Karena nilai probabilitas $<$ 0.05 maka H_0 ditolak , artinya ke-15 perlakuan adalah tidak identik. Arti tidak identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunan TSSnya tidak sama.

Berdasarkan hasil analisa korelasi menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah antara persentase penurunan TSS dengan variasi waktu filtrasi dengan nilai koefisien korelasi adalah -0.238. Demikian pula antara persentase penurunan TSS dengan variasi komposisi ketinggian media menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah dengan nilai koefisien korelasi adalah -0.380.

Berdasarkan hasil analisa regresi, konstanta sebesar 99.88 % menyatakan bahwa jika variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media konstan maka persentase penurunan TSS adalah 99.88 %. Koefisien regresi sebesar -0.03 untuk variasi waktu filtrasi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 jam dalam filtrasi akan menurunkan persentase penurunan TSS sebesar 0.03 dengan anggapan variabel lainnya konstan. Sedangkan koefisien regresi sebesar -0.15 untuk variasi komposisi ketinggian media (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan



komposisi media sebesar 1 % akan menurunkan persentase penurunan TSS sebesar 0.15 dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Berdasarkan nilai t , untuk variasi waktu filtrasi nilai t hitung adalah -1.73, sedangkan pada tabel distribusi $t_{(0.025,43)}$, nilai t tabel adalah 2.01785, berarti nilai t tabel $>$ t hitung maka H_0 diterima sehingga koefisien regresi tidak signifikan. Kesimpulannya adalah waktu filtrasi tidak berpengaruh terhadap persentase penurunan TSS. Sedangkan untuk variasi komposisi ketinggian media adalah -2.76 berarti nilai t tabel $<$ t hitung, maka H_0 ditolak sehingga koefisien regresi signifikan. Kesimpulannya adalah variabel komposisi ketinggian media memiliki pengaruh terhadap persentase penurunan TSS.

Berdasarkan nilai P pada variasi waktu filtrasi adalah 0.091 yang berarti probabilitas lebih besar dari 0.05. Sehingga H_0 diterima yaitu koefisien regresi tidak signifikan, dimana variasi waktu filtrasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan TSS. Sedangkan nilai P pada variasi komposisi ketinggian media adalah 0.009 yang berarti probabilitas $<$ 0.05. Sehingga H_0 ditolak yaitu koefisien regresi signifikan, dimana variasi komposisi media berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan TSS.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 20.1 %, hal ini berarti 20.1 % penurunan nilai TSS dipengaruhi oleh variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media. Sedangkan sisanya 79.9 % dipengaruhi oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

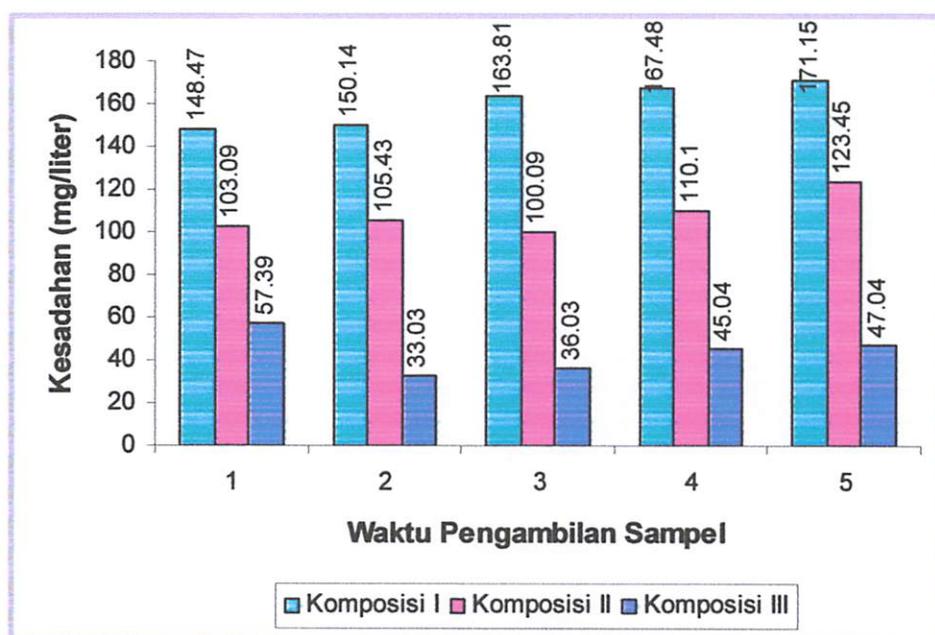
Berdasarkan uji kelinearan diperoleh nilai F hitung adalah 5.29, sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,1,43)}$, nilai F tabel adalah 4.068. Karena nilai F hitung $>$ nilai F tabel, maka kesimpulannya adalah Y (variabel terikat) memiliki hubungan linear dengan X (variabel bebas). Atau dengan kata lain, persentase penurunan TSS dengan variasi waktu filtrasi (pertama kali efluen keluar sampai 8 jam) dan komposisi ketinggian media mempunyai hubungan linear.

Pada nilai probabilitas (P) $0.009 < 0.05$ maka H_0 ditolak. Sehingga model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan TSS.

4.4 Analisis Penurunan Kesadahan

4.4.1 Analisis Deskriptif

Berdasarkan hasil penelitian pada *tabel 4.3* menunjukkan bahwa pada ketiga variasi komposisi ketinggian media filter yaitu komposisi I ; Media pasir 70 % dengan arang 30 %, komposisi II ; Media pasir 40 % dengan arang 60 % dan komposisi III ; Media pasir 10 % dengan 90 %, ternyata mempunyai kemampuan menurunkan kesadahan dan tingkat penurunan yang bervariasi. Nilai akhir kesadahan pada *tabel 4.3* tersebut diplotkan pada *gambar 4.3* berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Nilai Kesadahan (mg/liter) Akhir terhadap Waktu Pengambilan Sampel

Berdasarkan *tabel 4.3* dan *gambar 4.3* menunjukkan bahwa hasil akhir kesadahan pada masing-masing komposisi ketinggian media berbeda-beda sesuai dengan kemampuan masing-masing media dalam menurunkan kesadahan pada rentang waktu antara saat pertama kali efluen keluar sampai dengan 8 jam.



Berdasarkan data kesadahan pada *tabel 4.3* maka dapat dicari besarnya penurunan kesadahan pada tiap-tiap komposisi ketinggian media filter.

Untuk mengetahui persentase penurunan kesadahan pada setiap variasi komposisi ketinggian media digunakan rumus :

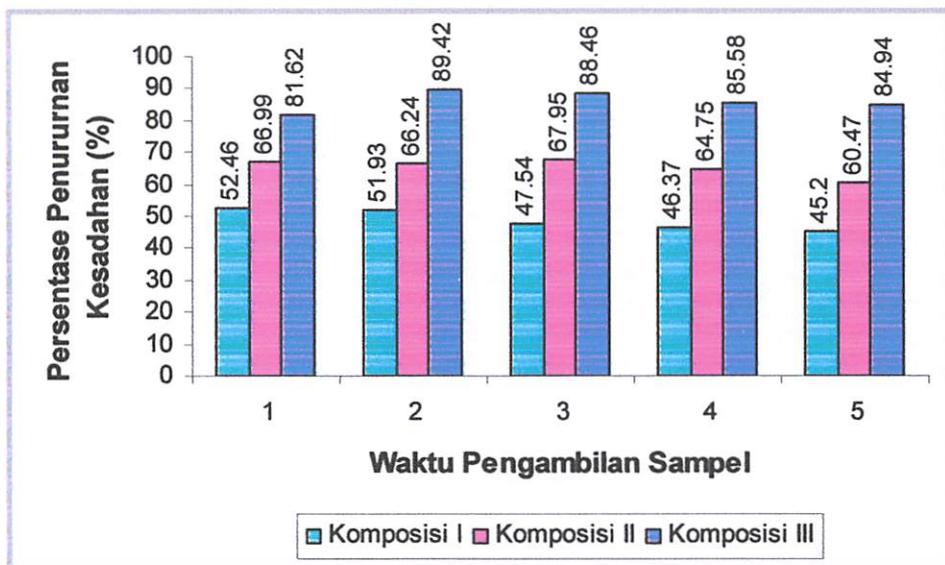
$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir})}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Tabel 4.10 Persentase Penurunan Kesadahan (%)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	Persentase Penurunan Kesadahan (%)
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	52.46
	2	51.93
	3	47.54
	4	46.37
	5	45.2
Komposisi II Media pasir 40 % dengan arang 60 %	1	66.99
	2	66.24
	3	67.95
	4	64.75
	5	60.47
Komposisi III Media pasir 10 % dengan arang 90 %	1	81.62
	2	89.42
	3	88.46
	4	85.58
	5	84.94

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan data persentase penurunan kesadahan pada *tabel 4.10* maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan kesadahan pada *gambar 4.4* berikut ini.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Persentase Penurunan Kesadahan (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

4.4.1.1 Komposisi Ketinggian Media Pasir 70 % dengan Arang 30 %

Berdasarkan *tabel 4.3* dan *gambar 4.3* nilai kesadahan akhir yang terendah terjadi saat pengambilan sampel pertama sebesar 148.47 mg/liter sedangkan nilai kesadahan akhir tertinggi saat pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 8$ jam) sebesar 171.15 mg/liter. Dan berdasarkan *tabel 4.10* dan *gambar 4.4* persentase penurunan kesadahan terbesar adalah 52.46 % pada pengambilan sampel pertama sedangkan persentase penurunan kesadahan terkecil adalah 45.2 % pada pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 8$ jam).

4.4.1.2 Komposisi Ketinggian Media Pasir 40 % dengan Arang 60 %

Berdasarkan *tabel 4.3* dan *gambar 4.3* nilai kesadahan akhir yang terendah terjadi saat pengambilan sampel yang ketiga (saat $t = 4$ jam) sebesar 100.09 mg/liter sedangkan nilai kesadahan akhir tertinggi saat pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 8$ jam) sebesar 123.45 mg/liter. Dan berdasarkan *tabel 4.10* dan *gambar 4.4* persentase penurunan kesadahan terbesar adalah 67.95 % pada pengambilan sampel



yang ketiga (saat $t = 4$ jam) sedangkan persentase penurunan kesadahan terkecil adalah 60.47 % pada pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 8$ jam).

4.4.1.3 Komposisi Ketinggian Media Pasir 10 % dengan Arang 90 %

Berdasarkan *tabel 4.3* dan *gambar 4.3* nilai kesadahan akhir yang terendah terjadi saat pengambilan sampel yang kedua (saat $t = 2$ jam) sebesar 33.03 mg/liter sedangkan nilai kesadahan akhir tertinggi saat pengambilan sampel pertama sebesar 57.39 mg/liter. Dan berdasarkan *tabel 4.10* dan *gambar 4.4* persentase penurunan kesadahan terbesar adalah 89.42 % pada pengambilan sampel yang kedua (saat $t = 2$ jam) sedangkan persentase penurunan kesadahan terkecil adalah 81.62 % pada pengambilan sampel pertama.

4.4.2 Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan kesadahan, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA satu faktor. Dimana menguji apakah ke-15 perlakuan mempunyai rata-rata (mean) yang sama. Sebagai indikator adalah jika nilai ke-15 perlakuan sama atau identik, maka variabel waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media dapat dikatakan tidak mempengaruhi nilai persentase penurunan TSS. Pada hasil uji ANOVA untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan kesadahan diantara kelompok perlakuan.

Hipotesa :

- H_0 = Kelima belas perlakuan adalah identik.
- H_1 = Kelima belas perlakuan adalah tidak identik.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas > 0.05 , H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0.05 , H_0 ditolak.

Hasil uji ANOVA untuk persentase penurunann kesadahan terhadap waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media dapat dilihat dalam *tabel 4.11* dan *tabel 4.12* berikut ini :



Tabel 4.11 Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan Kesadahan Terhadap Waktu Filtrasi

One-way ANOVA: % Removal versus Waktu					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	173	43	0.16	0.956
Error	40	10709	268		
Total	44	10882			

Berdasarkan *tabel 4.11* terlihat bahwa : F hitung sebesar 0.16 sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F tabel adalah 2.274. Karena nilai F tabel tersebut $>$ F hitung maka kesimpulannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas adalah 0.956. Karena nilai probabilitas $>$ 0.05 maka H_0 diterima ,artinya kelima belas perlakuan adalah identik. Arti identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunan kesadahnya sama.

Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA Untuk Persentase Penurunan Kesadahan Terhadap Komposisi Ketinggian Media

One-way ANOVA: % Removal versus Komposisi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Komposisi	2	10479.10	5239.55	546.26	0.000
Error	42	402.85	9.59		
Total	44	10881.95			

Berdasarkan *tabel 4.12* terlihat bahwa : F hitung sebesar 546.26 sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F tabel adalah 2.274. Karena nilai F tabel tersebut $<$ F hitung maka kesimpulannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas adalah 0.000. Karena nilai probabilitas $<$ 0.05 maka H_0 ditolak , artinya kelima belas perlakuan adalah tidak identik. Arti tidak identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunan kesadahnya tidak sama.



4.4.3 Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada tidaknya atau kuat lemahnya hubungan antara variabel terikat (persentase penurunan kesadahan) dengan variabel bebas (variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media), maka dianalisa dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada *tabel 4.13* berikut ini :

Tabel 4.13 Korelasi antara Persentase Penurunan Kesadahan dengan Variasi Waktu Filtrasi dan Komposisi Media

Correlations: % Removal, Waktu, Komposisi		
	% Removal	Waktu
Waktu	-0.096 0.529	
Komposisi	0.979 0.000	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan *tabel 4.13* menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dihitung dengan koefisien korelasi adalah :

- ❑ Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan kesadahan dengan variasi waktu pengambilan sampel adalah -0.096. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan antara kedua variabel karena berada <0.2 . Dan arah hubungan yang negatif menunjukkan hubungan berlawanan arah yang berarti bahwa jika semakin lama waktu filtrasi maka semakin rendah tingkat persentase penurunan kesadahan dimana rentang waktu yang dimaksud adalah antara jam kali pertama efluen keluar sampai 8 jam. Tingkat signifikan persentase penurunan kesadahan dengan variasi waktu filtrasi ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.529 (> 0.05) maka korelasinya tidak signifikan.
- ❑ Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan kesadahan dengan variasi komposisi ketinggian media adalah 0.979. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada diantara 0.9 s/d 1. Dan arah hubungan yang positif menunjukkan hubungan searah yang berarti



peningkatan komposisi ketinggian media sebanding dengan besarnya persentase penurunan kesadahan. Tingkat signifikan persentase penurunan kesadahan dengan variasi komposisi ketinggian media ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.000 (< 0.05) maka korelasinya signifikan.

4.4.4 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hal ini diketahui berdasarkan nilai koefisien yang menunjukkan bahwa hubungan tersebut mendekati atau sesuai dengan data yang dihasilkan. Berdasarkan model regresi yang akan dibuat dapat diketahui hubungan variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media dalam proses filtrasi terhadap persentase penurunan kesadahan yang dihasilkan pada proses filtrasi tersebut, dengan menggunakan reaktor saringan lambat aliran *upflow*. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada *tabel 4.14* dan *tabel 4.15* berikut ini :

Tabel 4.14 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Kesadahan

Regression Analysis: % Removal versus Waktu, Komposisi					
The regression equation is					
% Removal = 31.5 - 0.530 Waktu + 18.7 Komposisi					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	31.481	1.281	24.58	0.000	
Waktu	-0.5303	0.1510	-3.51	0.001	
Komposisi	18.6513	0.5229	35.67	0.000	
S = 2.86419 R-Sq = 96.8% R-Sq(adj) = 96.7%					

Berdasarkan *tabel 4.14* dapat diketahui :

1. Persamaan Regresi

$$Y = 31.5 - 0.530X_1 + 18.7X_2$$

Dimana :

Y = Persentase penurunan Kesadahan (%)



X_1 = Waktu filtrasi (jam)

X_2 = Komposisi ketinggian media (%)

Berdasarkan hasil koefisien persamaan regresi, konstanta sebesar 31.5 % menyatakan bahwa jika variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media konstan maka persentase penurunan kesadahan adalah 31.5 %. Koefisien regresi sebesar -0.530 untuk variasi waktu filtrasi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu filtrasi sebesar 1 jam dalam pengambilan sampel akan menurunkan persentase penurunan kesadahan sebesar 0.530 dengan anggapan variabel lainnya konstan. Sedangkan koefisien regresi sebesar 18.7 untuk variasi komposisi ketinggian media (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan komposisi ketinggian media sebesar 1 % akan meningkatkan persentase penurunan kesadahan sebesar 18.7 dengan anggapan variabel lainnya konstan.

2. Uji Signifikan Koefisien Regresi

Hipotesa :

- H_0 : Koefisien regresi tidak signifikan
- H_1 : Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1) Berdasarkan nilai T.

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel, maka apabila : - t hitung < t tabel, maka H_0 diterima.

- t hitung > t tabel, maka H_0 ditolak.

untuk variasi waktu filtrasi nilai t hitung adalah -3.51 sedangkan untuk variasi komposisi ketinggian media adalah 35.67. Pada tabel distribusi $t_{(0.025,43)}$, nilai t tabel adalah 2.01785, berarti keduanya mempunyai nilai t tabel < t hitung, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga koefisien regresi signifikan. Kesimpulannya adalah variasi waktu filtrasi dan komposisi tinggi media memiliki pengaruh terhadap persentase penurunan kesadahan.

2) Berdasarkan Nilai Probabilitas.

- Jika probabilitas > 0.05, H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0.05, H_0 ditolak.



Berdasarkan *tabel 4.14* nilai P pada variasi waktu filtrasi adalah 0.001 dan nilai P pada variasi komposisi ketinggian media adalah 0.000 yang berarti probabilitas < 0.05 . Sehingga H_0 ditolak yaitu koefisien regresi signifikan, dimana variasi waktu filtrasi dan variasi komposisi ketinggian media berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan kesadahan.

3. Koefisien determinasi.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 96.8 %, hal ini berarti 96.8 % penurunan nilai kesadahan dapat dijelaskan oleh variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media. Sedangkan 3.2 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

4. Uji Kelinearan

Hipotesa :

- H_0 : Y tidak memiliki hubungan linear dengan X
- H_1 : Y memiliki hubungan linear dengan X

Dimana : Y adalah variabel terikat

X adalah variabel bebas

Tabel 4.15 Hasil Uji Kelinearan Analisa Regresi Persentase Penurunan Kesadahan

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	10537.4	5268.7	642.24	0.000
Residual Error	42	344.6	8.2		
Total	44	10881.9			

Pengambilan keputusan :

3) Berdasarkan nilai F.

Penarikan kesimpulan :

- Jika F hitung $>$ F tabel, H_1 diterima.
- Jika F hitung $<$ F tabel, H_1 ditolak.

Berdasarkan uji kelinearan pada *tabel 4.15* diperoleh nilai F hitung adalah 642.24, sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,1,43)}$, nilai F tabel adalah 4.068.



Karena nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel, maka kesimpulannya adalah Y (variabel terikat) memiliki hubungan linear dengan X (variabel bebas). Atau dengan kata lain, persentase penurunan kesadahan dengan variasi waktu pengambilan sampel (pertama kali efluen keluar sampai 8 jam) dan komposisi ketinggian media mempunyai hubungan linear.

4) Berdasarkan nilai Probabilitas.

- Jika probabilitas > 0.05 , H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0.05 , H_0 ditolak.

Pada *tabel 4.15* nilai probabilitas (P) 0.000, (< 0.05) maka H_0 ditolak. Sehingga model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan kesadahan.

4.4.5 Pembahasan

Hasil penelitian ketiga variasi komposisi ketinggian media filter mempunyai kemampuan yang bervariasi dalam menurunkan konsentrasi kesadahan dalam sampel (air sungai). Pada variasi komposisi ketinggian media pasir 70 % dengan arang 30 %, persentase penurunan kesadahan pada saat efluen pertama keluar sebesar 52.46 %, pada saat $t = 2$ jam persentase penurunannya mengalami penurunan menjadi 51.93 %, pada saat $t = 4$ jam persentase penurunannya menjadi 47.54 %, pada saat $t = 6$ jam persentase penurunannya menjadi 46.37 % hingga pada saat $t = 8$ jam persentase penurunannya menjadi 45.2%.

Fluktuasi ini disebabkan karena proses filtrasi yang berjalan secara kontinyu dengan semakin lamanya waktu sehingga molekul dan ion-ion penyebab kesadahan dalam air sampel pada media semakin banyak. Dimana kemampuan arang aktif untuk menyerap berkurang karena komposisi tinggi media yang sedikit, sedangkan kemampuan daya tarik pasir kuarsa terhadap partikel bermuatan positif menurun karena semakin banyaknya partikel-partikel tersuspensi dan ion-ion yang terikat pada permukaan pasir. Akibatnya terjadi media *clogging* sehingga perlu dilakukan *backwash* (Reynold, 1981 dalam Nilasari, 2006).



Dalam proses filtrasi ini menunjukkan bahwa dalam *range* waktu 8 jam kerja filter menjadi menurun. Hal ini dapat dilihat pada persentase penurunan tertinggi sebesar 52.46 % dan terendah sebesar 45.2 %. Dengan demikian, semakin lama waktu operasi filter maka persentase penurunannya semakin menurun.

Pada variasi komposisi ketinggian media pasir 40 % dengan ketinggian arang 60 % persentase penurunan kesadahan pada saat efluen pertama keluar sebesar 66.99%, pada saat $t = 2$ jam persentase penurunannya mengalami penurunan menjadi 66.24 %. Fluktuasi ini disebabkan karena partikel-partikel dan material tersuspensi yang menutupi permukaan arang, menyebabkan partikel dan ion penyebab kesadahan yang tidak terserap akan lolos ke media pasir. Pada media pasir sebagian terperangkap dan diikat pada permukaan pasir, dimana pasir memiliki sifat daya tarik terhadap partikel bermuatan positif (*Ahammed and Chaudhuri, 1996 dalam Ardiyanto, 2005*). Akan tetapi sebagian lainnya yang lolos akan terbawa oleh efluen akibatnya terjadi penurunan kualitas air.

Pada saat $t = 4$ jam persentase penurunannya mengalami peningkatan menjadi 67.95 %. Fluktuasi ini disebabkan karena partikel dan material yang menempel pada permukaan arang, sebagian tergerus oleh karena tekanan air dalam media sehingga memberi kesempatan media untuk mengadsorpsi molekul atau ion penyebab kesadahan. Hal ini menyebabkan kualitas air meningkat. Sedangkan pada media pasir dengan pengaruh gaya Van der Waals dan gaya Coulomb mampu mengikat partikel dan ion-ion penyebab kesadahan dalam air sampel (*Reynold, 1981 dalam Purnomo, 2002*).

Pada saat $t = 6$ jam persentase penurunannya kembali mengalami penurunan menjadi 64.75 % hingga pada saat $t = 8$ jam persentase penurunannya menjadi 60.47 %. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu filtrasi, maka daya serap arang aktif semakin berkurang karena pori-pori arang terisi penuh oleh partikel dan ion-ion penyebab kesadahan (*Anonin, 1983 dalam Suhadak, 2005*). Demikian juga dengan media pasir kuarsa, apabila partikel dan ion-ion penyebab kesadahan terus menerus bertambah maka kemampuan mengikatnya akan berkurang



menyebabkan partikel dan ion-ion yang tidak terikat akan lolos dengan hasil efluen akibatnya kualitas air menurun.

Dalam proses filtrasi ini menunjukkan bahwa dalam *range* waktu 8 jam kerja filter menjadi menurun dengan persentase penurunan tertinggi pada saat $t = 4$ jam sebesar 67.95 % dan terendah pada $t = 8$ jam sebesar 60.47 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi ini, media filter dapat beroperasi dengan waktu optimum pada saat $t = 4$ jam dengan persentasi penurunan kesadahan sebesar 67.95 %.

Pada variasi komposisi ketinggian media pasir 10 % dengan ketinggian arang 90 % persentase penurunan kesadahan pada saat efluen pertama keluar sebesar 81.62%. Pada saat $t = 2$ jam persentase penurunannya mengalami peningkatan menjadi 89.42 %. Fluktuasi ini disebabkan karena keadaan media yang mampu untuk menyerap dan menyaring partikel dan ion-ion penyebab kesadahan pada air sampel. Dimana komposisi tinggi media arang aktif yang besar sehingga tingkat penyerapannya tinggi (*Benefield, 1982 dalam Ferdiansari, 2006*).

Pada saat $t = 4$ jam persentase penurunannya mengalami penurunan menjadi 88.46 %, pada saat $t = 6$ jam persentase penurunannya menjadi 85.58 % hingga pada saat $t = 8$ jam persentase penurunannya menjadi 84.94 %. Fluktuasi ini disebabkan karena aktifitas media yang terus-menerus dengan waktu yang semakin bertambah sehingga gaya penyeban adsorpsi menjadi menurun kekuatannya yang diakibatkan karena semakin tebalnya kotoran yang menempel di permukaan filter, begitu pula dengan efisiensi filter juga ikut turun. Sehingga hal ini mengakibatkan banyak kotoran yang melewati filter begitu saja mengakibatkan kualitas efluen menurun (*Metcalf & Eddy, 1991 dalam Ferdiansari, 2006*).

Dalam proses filtrasi ini menunjukkan bahwa dalam *range* waktu 8 jam kerja filter menjadi menurun dengan persentase penurunan tertinggi pada saat $t = 2$ jam sebesar 89.42 % dan terendah pada saat efluen pertama keluar sebesar 81.62 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi ini, media filter dapat beroperasi dengan waktu optimum pada saat $t = 2$ jam dengan persentasi penurunan kesadahan sebesar 89.42 %.



Peningkatan efisiensi persentase penurunan kesadahan terjadi pada semua variasi media. Hal ini menunjukkan bahwa pada masing-masing komposisi ketinggian media mampu bekerja dengan baik. Dimana pada proses filtrasi ini setiap media memiliki kemampuan untuk menyaring dan mengadsorpsi. Pada arang aktif memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena berdasarkan jenis bahannya tempurung kelapa memiliki struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi. Sehingga apabila dipanaskan dengan suhu yang tinggi maka akan mengandung padatan pori sebesar 85-95 % karbon, dimana arang aktif mempunyai daya serap tinggi yaitu 25-100 % terhadap berat arang aktif dan mempunyai luas permukaan berkisar 300-3500 m^2/gram (Simbiring dan Sinaga, 2003).

Sedangkan pasir kuarsa secara alamiah pada pH normal memiliki muatan negatif, sehingga dapat menarik partikel bermuatan positif dalam bentuk material koloidal seperti kristal dalam karbonat, flok dari besi dan aluminium hidroksida, serta kation – kation dari besi, mangan, aluminium dan lain-lain. Dasar adanya gaya tarik menarik ini adalah karena adanya tarikan fisik antara dua buah partikel (gaya Van der Waals) dan tarikan elektrostatis antara dua muatan yang berbeda (gaya Coulomb) (dalam Ferdiansari, 2006). Dimana kesadahan dalam air terutama disebabkan oleh ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} juga oleh Mn^{2+} dan Fe^{2+} dan semua kation yang bermuatan dua (Alaerts dan Simestri, 1984).

Berdasarkan hasil uji ANOVA untuk persentase penurunan TSS terhadap waktu, nilai F hitung sebesar 0.16 sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F tabel adalah 2.274. Karena nilai F tabel tersebut $>$ F hitung maka kesimpulannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas adalah 0.956. Karena nilai probabilitas $>$ 0.05 maka H_0 diterima, artinya ke-15 perlakuan adalah identik. Arti identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunannya sama.

Sedangkan berdasarkan hasil uji ANOVA untuk persentase penurunan kesadahan terhadap komposisi ketinggian media, F hitung sebesar 546.26 sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,7,37)}$, nilai F tabel adalah 2.274. Karena nilai F tabel tersebut $<$ F hitung maka kesimpulannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai



probabilitas adalah 0.000. Karena nilai probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak, artinya ke-15 perlakuan adalah tidak identik. Arti tidak identik tersebut adalah dari ke-15 perlakuan tersebut, ada perlakuan yang rata-rata persentase penurunannya tidak sama.

Berdasarkan hasil analisa korelasi dengan nilai hubungan pada tabel koefisien korelasi Guilford (Soleh, 2005), menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan antara kedua variabel antara persentase penurunan kesadahan dengan variasi waktu filtrasi dengan nilai koefisien korelasi adalah -0.096. Sedangkan hubungan antara persentase penurunan kesadahan dengan variasi komposisi ketinggian media menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi adalah 0.979.

Berdasarkan hasil analisa regresi, konstanta sebesar 31.48 % menyatakan bahwa jika variasi waktu filtrasi dan komposisi tinggi media konstan maka persentase penurunan kesadahan adalah 31.48 %. Koefisien regresi sebesar -0.53 untuk variasi waktu pengambilan sampel (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 jam dalam filtrasi akan menurunkan persentase penurunan kesadahan sebesar 0.53 dengan anggapan variabel lainnya konstan. Sedangkan koefisien regresi sebesar 18.65 untuk variasi komposisi ketinggian media (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan komposisi ketinggian media sebesar 1 % akan meningkatkan persentase penurunan kesadahan sebesar 18.65 dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Berdasarkan nilai t , untuk variasi waktu filtrasi nilai t hitung adalah -3.51 sedangkan untuk variasi komposisi ketinggian media adalah 35.67. Pada tabel distribusi $t_{(0.025,43)}$, nilai t tabel adalah 2.01785, berarti keduanya mempunyai nilai t tabel $< t$ hitung, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga koefisien regresi signifikan. Kesimpulannya adalah variasi waktu filtrasi dan komposisi tinggi media memiliki pengaruh terhadap persentase penurunan kesadahan.

Berdasarkan nilai P pada variasi waktu filtrasi adalah 0.001 dan nilai P pada variasi komposisi ketinggian media adalah 0.000 yang berarti probabilitas lebih kecil dari 0.05. Sehingga H_0 ditolak yaitu koefisien regresi signifikan, dimana variasi



waktu filtrasi dan variasi komposisi ketinggian media berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan kesadahan.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 96.8 %, hal ini berarti 96.8 % penurunan nilai kesadahan dipengaruhi oleh variasi waktu filtrasi dan komposisi ketinggian media. Sedangkan sisanya 3.2 % dipengaruhi oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

Berdasarkan uji kelinearan diperoleh nilai F hitung adalah 642.24, sedangkan pada tabel distribusi $F_{(0.05,1,43)}$, nilai F tabel adalah 4.068. Karena nilai F hitung > nilai F tabel, maka kesimpulannya adalah Y (variabel terikat) memiliki hubungan linear dengan X (variabel bebas). Atau dengan kata lain, persentase penurunan kesadahan dengan variasi waktu filtrasi (pertama kali efluen keluar sampai 8 jam) dan komposisi ketinggian media mempunyai hubungan linear.

Pada nilai probabilitas (P) 0.000, (<0.05) maka H_0 ditolak. Sehingga model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan kesadahan.

Perlu diketahui bahwa pemilihan jenis media yang digunakan sangat penting yaitu pada arang aktif memiliki kandungan karbon yang besar (*Trihendardi, 1997 dalam Suhadak, 2005*). Kelebihan yang dimiliki oleh arang aktif tempurung kelapa yaitu mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mengadsorpsi dan menyaring material tersuspensi, partikel koloid dan ion-ion. Sedangkan pasir kuarsa mempunyai sifat-sifat yang berperan penting dalam proses filtrasi. Kelebihan yang dimiliki oleh pasir kuarsa yaitu dengan strukturnya yang kuat sehingga mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mengikat dan menyaring material dan ion dalam air sampel. Hal ini berhubungan dengan struktur pembentuknya dan sifat permukaan masing-masing media. Selain itu, arah aliran *upflow* yaitu mampu menghambat terjadinya penyumbatan (*clogging*) sehingga kecepatan penyaringannya meningkat, tidak memerlukan biaya operasi yang mahal, tidak memerlukan area yang luas dan menghasilkan efluen yang berkualitas baik (*Said, 2006*).

Kekurangan yang terjadi yaitu apabila filtrasi yang berjalan terus menerus mempercepat terjadinya penyumbatan pada media arang aktif. Dimana campuran arang aktif bekas dan lumpur (material tersuspensi dan partikel koloid) yang



terkandung dalam air menyebabkan terjadinya penyumbatan besar (*Supardi, Poernomo dan Subiyanto, 1998*).



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Kombinasi arang aktif tempurung kelapa dan pasir kuarsa sebagai media filter pada metode saringan lambat aliran *upflow* mampu menurunkan TSS dan kesadahan air sungai. Persentase penurunan TSS tertinggi sebesar 99.83 % pada komposisi ketinggian media pasir 40 % dan arang 60 % dengan waktu operasi pada saat efluen pertama keluar. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu tersebut efektifitas media paling baik dalam menurunkan kandungan TSS karena keadaan media yang masih bersih sehingga tingkat penyaringan dan penyerapannya tinggi.
2. Komposisi terbaik untuk penurunan kedua parameter yaitu komposisi ketinggian media pasir 10 % dan arang 90 % dengan efisiensi penurunan TSS sebesar 99.69 % dan kesadahan sebesar 89.42 % pada waktu operasi 2 jam. Persentase penurunan kesadahan tertinggi sebesar 89.42 % pada komposisi ketinggian media pasir 10 % dan arang 90 % dengan waktu operasi saat $t = 2$ jam.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi waktu filtrasi yang lebih lama sehingga dapat diketahui sampai waktu berapa jam filter masih dapat beroperasi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada air baku lain sehingga dapat bermanfaat untuk penyediaan air yang memenuhi standar kualitas air yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1984. **Metode Penelitian Air**. Usaha Nasional, Surabaya.
- Al – Laila, M Anis, Shamin Ahmad and E. Joe Middlebrooks, 1997. **Water Supply Engineering Design**. Ann Arbor Science, Michigan.
- Almsyah S, 2007. **Merakit Sendiri Alat Penjernih Air untuk Rumah Tangga**. PT Kawan Pustaka, Jakarta.
- Astagini, Manik, 2006. **Uji Kemampuan Karbon Aktif Sekam Padi Untuk Menurunkan Kandungan Zat Warna dan Krom Limbah Cair Industri Tekstil**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITN Malang.
- Ardiyanto F, 2005. **Filtrasi Bakteri dari Air Tanah dengan Media Pasir Berlapis Aluminium Hidroksida $Al(OH)_3$** . Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITN Malang.
- Cahyana H. Gede, 2008. **Proses Desain IPAM**. www.google.com/Gedeonwww
- Dhevy K, 2006. **Pemanfaatan *Rouling Filter* Aliran Vertikal Dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan Dan Kesadahan Pada Air Sungai**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITN Malang.
- Ferdiansari Marisa, 2006. **Studi Kinerja Slow Sand Filter Skala Rumah Tangga**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Herlambang A, 2005. **“Plus-Minus Teknologi Penjernih Air”**
<http://www.psda.Jawatengah.go.id/Artikel/230505-04.htm>
- Irawan Nur dan Astuti P. Septin, 2006. **Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Kawamura S, 1991. **Integrated Design And Operation Of Water Treatment Facilities**. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc.
- Kuesnaedi, 2006. **Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum**. Penerbit Swadaya, Jakarta.
- Lestari N. Minar, 2005. **Uji Kemampuan Filter Batu Marmer Dalam Menurunkan Kadar Besi Dan Mangan Pada Air Tanah Dengan Menggunakan Aliran**

- downflow, biflow dan upflow.** Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITN Malang.
- Masduqi, A dan Agus S, 2002. **Satuan Operasi.** Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Nilasari D, 2006. **Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Media Slow Sand Filter Untuk Menurunkan Kekeruhan Dan COD Air Sungai.** Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, ITN Malang.
- Purnomo H, 2002. **Penelitian Penyediaan Air Bersih dengan Metode Penyaringan Sederhana Menggunakan Uji Model Fisik.** Jurusan Teknik, Universitas Brawijaya Malang.
- Sutrisno Totok, dkk, 2006. **Teknologi Penyediaan Air Bersih.** PT Asdi Mahasatya, Jakarta.
- Said I. Nusa, 2007. **Teknologi Pengolahan Air Bersih Dengan Proses Saringan Pasir Lambat “Up Flow”**(online),
http://benesyah.edublogs.org/files/2007/03/01c_pasir.PPT.
<http://www.inawater.com/news/wm>
- Suhadak F. M, 2005. **Penurunan Kadar Fenol Dengan Karbon aktif Tempurung Kemiri.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Supirin, 2002. **Pelestarian Sumber Daya Tanah Dan Air.** Penerbit Adi, Yogyakarta.
- Sembiring T. Meilita dan Tuti Sarma Sinaga, 2003. **Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya).** Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Supardi, Poernomo H, Subiyanto H, 1998. **Penggunaan Arang Sebagai Penyerap Limbah Strontium Radioaktif Cair Cara Sinambung.** Jurnal Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta.
- Wardiman, D., 1997. **Rekayasa Lingkungan.** Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Lampiran

- ⊕ **Dokumentasi Penelitian**

- ⊕ **Perhitungan Desain Reaktor Saringan Lambat**

- ⊕ **Prosedur Analisa TSS dan Kesadahan**

- ⊕ **Surat Keterangan & Hasil Analisa Laboratorium**

- ⊕ **Hasil Statistik dengan menggunakan MINITAB 14**

- ⊕ **Tabel T & Tabel F**

- ⊕ **Revisi SNI 03-3981-1995**

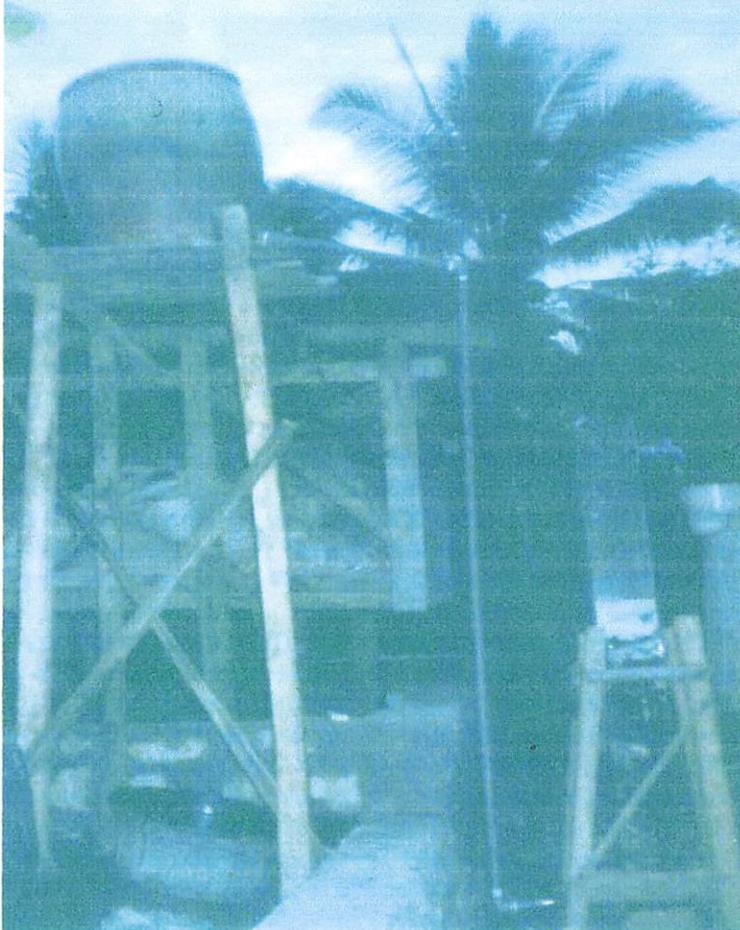
- ⊕ **Standart Kualitas Air Minum**

LAMPIRAN A

Dokumentasi Penelitian

Rangkaian Alat Reaktor Saringan Lambat aliran *Upflow*

+ Rangkaian alat reaktor.

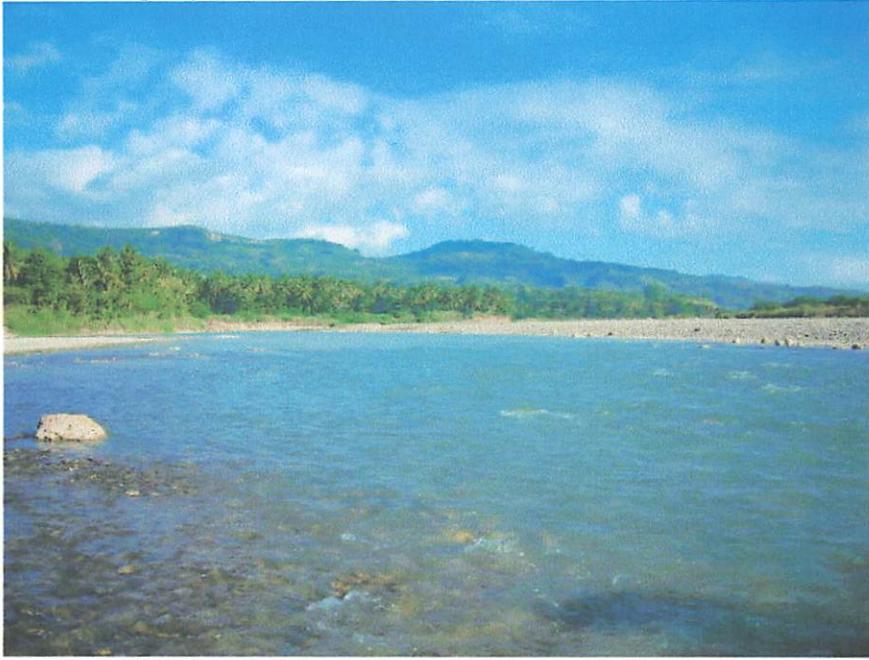


✚ Reaktor saringan lambat aliran *upflow*

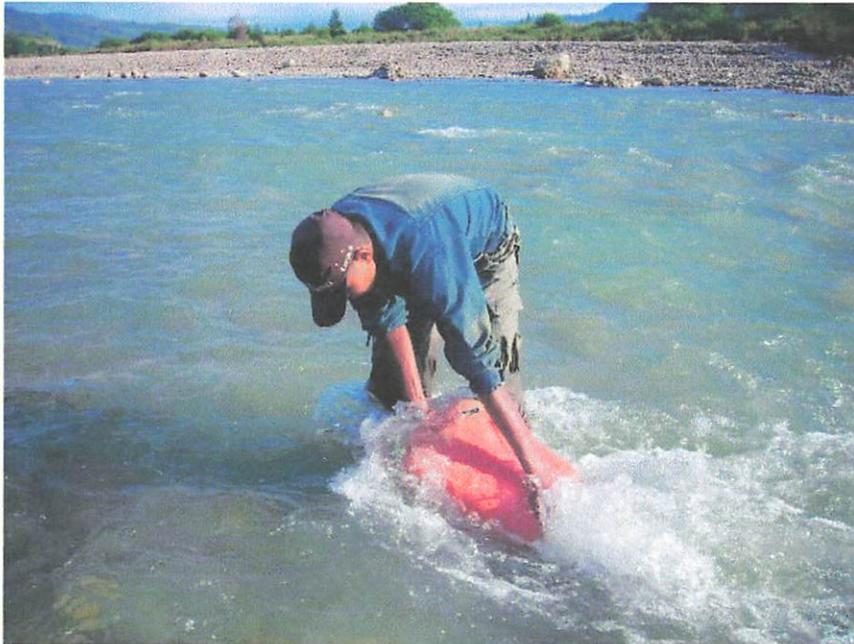


DOKUMENTASI PENELITIAN

- ✚ Lokasi dan pengambilan air sungai

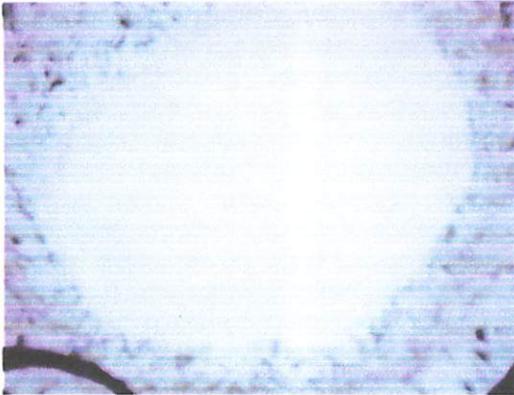


Sumber air baku : Air sungai Benanain-Besikama



Pengambilan air sampel

✦ Media yang digunakan :



Pasir kuarsa



Arang aktif tempurung kelapa

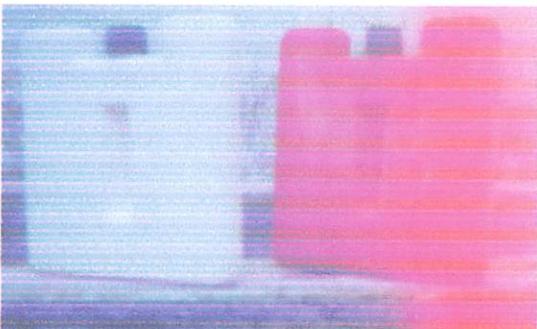


Sampel air sungai

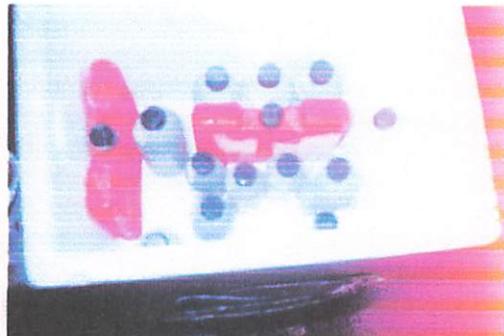


Hasil filtrasi

✦ Pengawetan sampel air



Cool pack sebagai pendingin

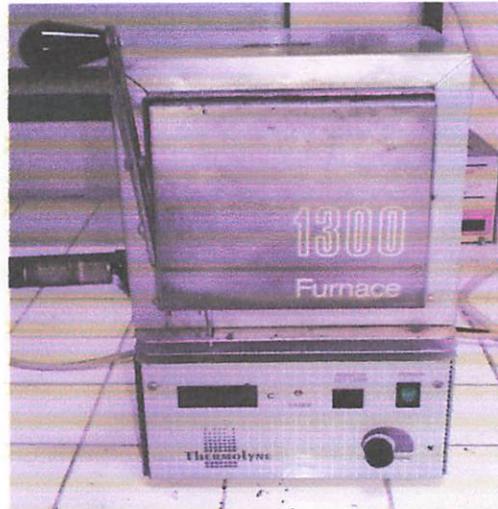


Boks tempat sampel

↳ Peralatan yang digunakan dalam analisa



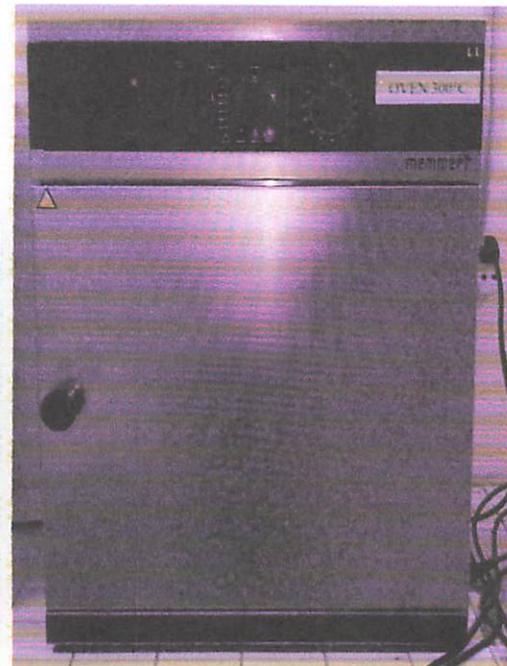
Timbangan analitik



Furnace



Desikator



Oven

LAMPIRAN B

Perhitungan Desain

Reaktor Saringan Lambat

PERHITUNGAN

Kriteria Desain : Kecepatan filtrasi = 5 - 10 m³/m²/hari
Dimensi kolom = Panjang = Lebar = 15 cm.

Dapat dihitung :

- Luas permukaan (A) = p x l
= 0,15 m x 0,15 m
= 0,0225 m²
- Kecepatan (V) = 10 m³/m²/hari x $\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$ x $\frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}}$
= 6,944 x 10⁻³ m³/m²/menit
- Debit (Q) = V x A
= 6,944 x 10⁻³ m³/m²/menit x 0,0225 m²
= 1,56 x 10⁻⁴ m³/menit x $\frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3}$ x $\frac{1 \text{ l}}{1 \text{ dm}^3}$ x $\frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}}$
= 2,6 x 10⁻³ l/detik

Cek kecepatan filtrasi :

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \rightarrow V = \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{menit}}{0,0225 \text{ m}^2} \\ &= 6,93 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{menit} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 9,979 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \sim 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Pada ruang inlet dapat diketahui :
Volume inlet = Luas alas x tinggi
= 0,0225 m² x 0,15 m
= 3,375 x 10⁻³ m³

Bila diketahui : Tinggi media = 0,95 m

Dimana ; - untuk kerikil (media penyangga) = 0,25 m

- untuk pasir dan arang aktif = 0,7 m

Suhu operasi 25 °C, v = 0,9186 x 10⁻⁶ m²/dtk.

1. Perhitungan untuk media penyangga (kerikil)

Terdiri dari 2 lapisan dengan diameter :

➤ Lapisan 1 dengan ϕ 5,0 – 8,0 mm (tebal lapisan = 0,1 m)

➤ Lapisan 2 dengan ϕ 15 – 25 mm (tebal lapisan = 0,15 m)

Bila Faktor bentuk (Φ) = 0,78

Porositas (ϵ) = 0,43

❑ Untuk lapisan 1 (tebal lapisan = 0,1 m)

- Volume filter = Volume total media dan rongga
= Luas alas x tinggi bed
= $0,0225 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m}$
= $2,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Volume rongga = Volume air dalam filter
= Volume filter x porositas
= $2,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 0,43$
= $9,675 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$▪ A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{9,675 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,1 \text{ m}} = 9,675 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$▪ \text{Kecepatan (V)} \rightarrow Q = V \cdot A \text{ maka } V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{menit}}{9,675 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$= 0,016 \text{ m/menit}$$

$$= 2,69 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}$$

$$▪ N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,78 \times 8 \times 10^{-3} \text{ m} \times 2,69 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{dtk}}$$

$$= 1,827$$

- C_D (koefisien Draff) untuk nilai $N_{Re} > 1$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$= \frac{24}{1,827} + \frac{3}{\sqrt{1,827}} + 0,34$$

$$= 15,696$$

- Kehilangan tekanan untuk filter pada media

$$\text{Bila : } g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$$

$$L = 0,15 \text{ m}$$

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g}$$

$$= 1,067 \frac{15,696 \times 0,1 \text{ m} \times (2,69 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{dtk})^2}{0,78 \times 8 \times 10^{-3} \times (0,43)^4 \times 9,8 \text{ m} / \text{dtk}^2}$$

$$= 5,797 \times 10^{-5} \text{ m.}$$

❑ Untuk lapisan 2 (tebal lapisan = 0,15 m)

- Volume filter = Volume total media dan rongga
= Luas alas x tinggi bed
= $0,0225 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m}$
= $3,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Volume rongga = Volume air dalam filter
= Volume filter x porositas
= $3,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 0,43$

$$= 1,451 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$\blacksquare A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{1,451 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,15 \text{ m}} = 9,675 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{Kecepatan (V)} \rightarrow Q = V \cdot A \text{ maka } V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{menit}}{9,675 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\ &= 0,016 \text{ m/menit} \\ &= 2,69 \times 10^{-4} \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

$$\blacksquare N_{\text{Re}} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,78 \times 0,025 \text{ m} \times 2,69 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{dtk}} = 5,71$$

▪ C_D (koefisien Drag) untuk nilai $N_{\text{Re}} > 1$

$$\begin{aligned} C_D &= \frac{24}{N_{\text{Re}}} + \frac{3}{\sqrt{N_{\text{Re}}}} + 0,34 \\ &= \frac{24}{5,71} + \frac{3}{\sqrt{5,71}} + 0,34 \\ &= 5,799 \end{aligned}$$

▪ Kehilangan tekanan untuk filter pada media

$$\text{Bila : } g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$$

$$L = 0,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L &= 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g} \\ &= 1,067 \frac{5,799 \times 0,15 \text{ m} \times (2,69 \times 10^{-4} \text{ m/dtk})^2}{0,78 \times 0,025 \times (0,43)^4 \times 9,8 \text{ m/dtk}^2} \\ &= 1,028 \times 10^{-5} \text{ m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan untuk media arang dan pasir kuarsa

Bila diketahui : diameter = 0,2 - 0,4 mm

Faktor bentuk (Φ) = 0,94

Porositas (ϵ) = 0,39

▣ Untuk 30 % arang (tebal lapisan = 0,21 m)

- Volume filter = Volume total media dan rongga
= Luas alas x tinggi bed
= $0,0225 \text{ m}^2 \times 0,21 \text{ m}$
= $4,725 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Volume rongga = Volume air dalam filter
= Volume filter x porositas
= $4,725 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 0,39$
= $1,843 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$\blacksquare A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{1,843 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,21 \text{ m}} = 8,775 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{Kecepatan (V)} \rightarrow Q = V \cdot A \text{ maka } V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{menit}}{8,775 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\ &= 0,018 \text{ m/menit} \\ &= 2,977 \times 10^{-4} \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

$$\blacksquare N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,94 \times 0,004 \text{ m} \times 2,977 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{dtk}} = 1,219$$

▪ C_D (koefisien Draff) untuk nilai $N_{Re} > 1$

$$\begin{aligned} C_D &= \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34 \\ &= \frac{24}{1,219} + \frac{3}{\sqrt{1,219}} + 0,34 \\ &= 22,745 \end{aligned}$$

▪ Kehilangan tekanan untuk filter pada media

$$\text{Bila : } g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$$

$$L = 0,21 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L &= 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g} \\ &= 1,067 \frac{22,745 \times 0,21 \text{ m} \times (2,977 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{dtk})^2}{0,94 \times 0,004 \text{ m} \times (0,39)^4 \times 9,8 \text{ m} / \text{dtk}^2} \\ &= 5,298 \times 10^{-4} \text{ m} \end{aligned}$$

□ Untuk 60 % arang (tebal lapisan = 0,42 m) .

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{Volume filter} &= \text{Volume total media dan rongga} \\ &= \text{Luas alas} \times \text{tinggi bed} \\ &= 0,0225 \text{ m}^2 \times 0,42 \text{ m} \\ &= 9,45 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{Volume rongga} &= \text{Volume air dalam filter} \\ &= \text{Volume filter} \times \text{porositas} \\ &= 9,45 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 0,39 \\ &= 3,686 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$\blacksquare A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{3,686 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,42 \text{ m}} = 8,775 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{Kecepatan (V)} \rightarrow Q = V \cdot A \text{ maka } V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{menit}}{8,775 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \end{aligned}$$

$$= 0,018 \text{ m/menit}$$

$$= 2,968 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}$$

$$\blacksquare N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,94 \times 0,004 \text{ m} \times 2,968 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}}$$

$$= 1,215$$

- C_D (koefisien Draf) untuk nilai $N_{Re} > 1$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$= \frac{24}{1,215} + \frac{3}{\sqrt{1,215}} + 0,34$$

$$= 22,815$$

- Kehilangan tekanan untuk filter pada media

Bila : $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$

$L = 0,42 \text{ m}$

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g}$$

$$= 1,067 \frac{22,815 \times 0,42 \text{ m} \times (2,968 \times 10^{-4} \text{ m/dtk})^2}{0,94 \times 0,004 \text{ m} \times (0,39)^4 \times 9,8 \text{ m/dtk}^2}$$

$$= 1,057 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

- Untuk 90 % arang (tebal lapisan = 0,63 m)

- Volume filter = Volume total media dan rongga
= Luas alas x tinggi bed
= $0,0225 \text{ m}^2 \times 0,63 \text{ m}$
= $0,014 \text{ m}^3$
- Volume rongga = Volume air dalam filter
= Volume filter x porositas
= $0,014 \text{ m}^3 \times 0,39$
= $5,46 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

$$\blacksquare A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{5,46 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,63 \text{ m}} = 8,667 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- Kecepatan (V) $\rightarrow Q = V \cdot A$ maka $V = \frac{Q}{A}$
$$= \frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{menit}}{8,667 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$= 0,018 \text{ m/menit}$$

$$= 2,968 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}$$

$$\blacksquare N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,94 \times 0,004 \text{ m} \times 2,968 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}}$$

$$= 1,215$$

- C_D (koefisien Draf) untuk nilai $N_{Re} > 1$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$= \frac{24}{1,215} + \frac{3}{\sqrt{1,215}} + 0,34$$

$$= 22,815$$

- Kehilangan tekanan untuk filter pada media

Bila : $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$

$L = 0,63 \text{ m}$

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g}$$

$$= 1,067 \frac{22,815 \times 0,63 \text{ m} \times (2,968 \times 10^{-4} \text{ m/dtk})^2}{0,94 \times 0,004 \text{ m} \times (0,39)^4 \times 9,8 \text{ m/dtk}^2}$$

$$= 1,485 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

Bila diketahui : diameter = 0,2 - 0,4 mm

Faktor bentuk (Φ) = 0,98

Porositas (ε) = 0,38

- ▣ Untuk 70 % pasir kuarsa (tebal lapisan = 0,49 m)

- Volume filter = Volume total media dan rongga
= Luas alas x tinggi bed
= $0,0225 \text{ m}^2 \times 0,49 \text{ m}$
= $0,011 \text{ m}^3$
- Volume rongga = Volume air dalam filter
= Volume filter x porositas
= $0,011 \text{ m}^3 \times 0,38$
= $4,18 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

- $A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{4,18 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,49 \text{ m}} = 8,531 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

- Kecepatan (V) → $Q = V \cdot A$ maka $V = \frac{Q}{A}$
= $\frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{menit}}{8,531 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$
= 0,018 m/menit
= $3,046 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}$

- $N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,004 \text{ m} \times 3,046 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{dtk}}$
= 1,3

- C_D (koefisien Draff) untuk nilai $N_{Re} > 1$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$= \frac{24}{1,3} + \frac{3}{\sqrt{1,3}} + 0,34$$

$$= 21,43$$

- Kehilangan tekanan untuk filter pada media

Bila : $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$

$L = 0,49 \text{ m}$

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g}$$

$$= 1,067 \frac{21,43 \times 0,49 \text{ m} \times (3,046 \times 10^{-4} \text{ m/dtk})^2}{0,98 \times 0,004 \text{ m} \times (0,38)^4 \times 9,8 \text{ m/dtk}^2}$$

$$= 1,298 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

- ▣ Untuk 40 % pasir kuarsa (tebal lapisan = 0,28 m)

- Volume filter = Volume total media dan rongga
= Luas alas x tinggi bed
= $0,0225 \text{ m}^2 \times 0,28 \text{ m}$
= $6,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Volume rongga = Volume air dalam filter
= Volume filter x porositas
= $6,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 0,38$
= $2,394 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

- $A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{2,394 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,28 \text{ m}} = 8,55 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

- Kecepatan (V) $\rightarrow Q = V \cdot A$ maka $V = \frac{Q}{A}$
= $\frac{1,56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{menit}}{8,55 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$
= $0,0182 \text{ m/menit}$
= $3,046 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}$

- $N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,004 \text{ m} \times 3,046 \times 10^{-4} \text{ m/dtk}}{0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{dtk}}$
= 1,3

- C_D (koefisien Draf) untuk nilai $N_{Re} > 1$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$= \frac{24}{1,3} + \frac{3}{\sqrt{1,3}} + 0,34$$

$$= 21,43$$

- Kehilangan tekanan untuk filter pada media

Bila : $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$

$L = 0,28 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 H_L &= 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g} \\
 &= 1,067 \frac{21,43 \times 0,28m \times (3,046 \times 10^{-4} m / dtk)^2}{0,98 \times 0,004m \times (0,38)^4 \times 9,8m / dtk^2} \\
 &= 7,416 \times 10^{-4} m.
 \end{aligned}$$

- Untuk 10 % pasir kuarsa (tebal lapisan = 0,07 m)
 - Volume filter = Volume total media dan rongga
 = Luas alas x tinggi bed
 = $0,0225 m^2 \times 0,07 m$
 = $1,575 \times 10^{-3} m^3$
 - Volume rongga = Volume air dalam filter
 = Volume filter x porositas
 = $1,575 \times 10^{-3} m^3 \times 0,38$
 = $5,985 \times 10^{-4} m^3$

Dari volume rongga maka dapat dihitung :

- $A = \frac{volume}{h} = \frac{3,985 \times 10^{-4} m^3}{0,07m} = 8,55 \times 10^{-3} m^2$

- Kecepatan (V) $\rightarrow Q = V \cdot A$ maka $V = \frac{Q}{A}$

$$= \frac{1,56 \times 10^{-4} m^3 / menit}{8,55 \times 10^{-3} m^2}$$

$$= 0,0182 m/menit$$

$$= 3,046 \times 10^{-4} m/dtk$$

- $N_{Re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_s}{\nu} = \frac{0,98 \times 0,004m \times 3,046 \times 10^{-1} m / dtk}{0,9186 \times 10^{-6} m^2 / dtk}$

$$= 1,3$$

- C_D (koefisien Draff) untuk nilai $N_{Re} > 1$

$$\begin{aligned}
 C_D &= \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34 \\
 &= \frac{24}{1,3} + \frac{3}{\sqrt{1,3}} + 0,34 \\
 &= 21,43
 \end{aligned}$$

- Kehilangan tekanan untuk filter pada media

Bila : $g = 9,8 m/dtk^2$
 $L = 0,07 m$

$$\begin{aligned}
 H_L &= 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_s^2}{\phi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g} \\
 &= 1,067 \frac{21,43 \times 0,07m \times (3,046 \times 10^{-4} m / dtk)^2}{0,98 \times 0,004m \times (0,38)^4 \times 9,8m / dtk^2} \\
 &= 1,854 \times 10^{-4} m.
 \end{aligned}$$

3. Kehilangan Tekanan pada asesoris pipa pengatur debit :

- Akibat Valve :

Valve yang digunakan adalah *ball valve*, $\beta = 20 \rightarrow K_v = 1,84$

$$\begin{aligned}\Delta h &= K_v \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 1,84 \frac{(1,11 \times 10^{-4} \text{ m / dtk})^2}{2 \times 9,8 \text{ m / dtk}^2} \\ &= 1,157 \times 10^{-9} \text{ meter.}\end{aligned}$$

- Akibat Belokan :

Sudut belokan $90^\circ \rightarrow K_b = 0,98$ dengan belokan halus (berangsur-angsur)

$$\begin{aligned}H_b &= K_b \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,98 \frac{(1,11 \times 10^{-4} \text{ m / dtk})^2}{2 \times 9,8 \text{ m / dtk}^2} \\ &= 6,16 \times 10^{-10} \text{ meter.}\end{aligned}$$

- Total kehilangan tekanan pada pipa pengatur debit :

$$\begin{aligned}H_s &= \Delta h + H_b \\ &= 1,157 \times 10^{-9} \text{ meter} + 6,16 \times 10^{-10} \text{ meter} \\ &= 1,773 \times 10^{-9} \text{ meter}\end{aligned}$$

- Beda elevasi pada 2 tiuk :

$$\begin{aligned}El &= 2,10 \text{ m} - 1,60 \text{ m} \\ &= 0,5 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Kehilangan Total pada :

- Perlakuan media dengan komposisi pasir kuarsa 70 % dan arang 30 %

$$\begin{aligned}H_L \text{ total} &= El + H_{L \text{ media}} + H_s \\ &= 0,5 \text{ m} + (1,028 \times 10^{-5} \text{ m} + 5,797 \times 10^{-5} \text{ m} + 5,298 \times 10^{-4} \text{ m} + 1,298 \\ &\quad \times 10^{-3} \text{ m}) + 1,773 \times 10^{-9} \text{ m} \\ &= 0,5 \text{ m} + 1,896 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0,501896 \text{ meter}\end{aligned}$$

- Perlakuan media dengan komposisi pasir kuarsa 40 % dan arang 60 %

$$\begin{aligned}H_L \text{ total} &= El + H_{L \text{ media}} + H_s \\ &= 0,5 \text{ m} + (1,028 \times 10^{-5} \text{ m} + 5,797 \times 10^{-5} \text{ m} + 1,057 \times 10^{-3} \text{ m} + 7,416 \\ &\quad \times 10^{-4} \text{ m}) + 1,773 \times 10^{-9} \text{ m} \\ &= 0,5 \text{ m} + 1,867 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0,501867 \text{ meter}\end{aligned}$$

- Perlakuan media dengan komposisi pasir kuarsa 10 % dan arang 90 %

$$\begin{aligned}H_L \text{ total} &= El + H_{L \text{ media}} + H_s \\ &= 0,5 \text{ m} + (1,028 \times 10^{-5} \text{ m} + 5,797 \times 10^{-5} \text{ m} + 1,485 \times 10^{-3} \text{ m} + 1,854 \\ &\quad \times 10^{-4} \text{ m}) + 1,773 \times 10^{-9} \text{ m} \\ &= 0,5 \text{ m} + 1,739 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0,501739 \text{ meter}\end{aligned}$$

LAMPIRAN C

Prosedur Analisa

TSS & Kesadahan

Analisa Total Suspended Solid (TSS) Metode Gravimetri

❖ Prinsip Analisa

Bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah Zat Padat Tersuspensi.

❖ Alat-alat

- a) Cawan penguapan, diameter 90 mm, kapasitas 100 ml, terbuat dari porselin atau platina.
- b) Oven untuk pemanasan 105°C .
- c) Desikator
- d) Timbangan analitis
- e) Filter kertas biasa atau filter fiber glass
- f) Bejana isap (suction flask), kapasitas 500 ml atau 1000 ml, serta alat pompa vakum (diperlukan jika perkiraan jumlah TSS sangat banyak).

❖ Pengawetan Sampel

Jika harus dilakukan pengawetan, maka volume sampel yang harus disediakan adalah 200 ml dengan cara didinginkan pada suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Waktu pengawetan maksimum yang dianjurkan adalah 7 hari dengan batasan maksimum 14 hari.

❖ Cara Kerja

1. Cuci cawan dengan air keran kemudian bilas dengan air suling.
2. Panaskan filter kertas+cawan dalam oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat.

3. Pemanasan biasanya cukup 1 jam. Namun pemanasan perlu diulang sampai didapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
4. Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet ke dalam alat penyaringan yang sudah ada filter kertasnya.
5. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati-hati dan kemudian di tempatkan pada yang digunakan. Masukkan filter kertas+cawan tersebut ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator hingga suhu ruang dan kemudian timbang dengan cepat.
6. Ulangi pemanasan dan penimbangan sampai beratnya konstan atau berkurangnya berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg. Biasanya pemanasan 1 sampai 2 jam sudah cukup.
7. Agar supaya hasil lebih teliti, harap dibuat duplikat.
8. Formula perhitungan yang digunakan :

$$\text{mg/l Zat Tersuspensi} = \frac{(a - b) \times 1000}{c}$$

Dimana :

a = berat filter+cawan+residu sesudah pemanasan 105 °C (mg)

b = berat filter+cawan (sudah dipanaskan 105 °C) (mg)

c = ml sampel

(Sumber : Alaerts dan Santika, 1987)

**ANALISA KESADAHAN TOTAL
MELALUI TITRASI EDTA**

❖ **Prinsip Analisa**

Eriochrome Black T (eriokrom Hitam T) adalah sejenis indikator yang berwarna merah muda bila berada dalam larutan yang mengandung ion kalsium dan magnesium dengan pH 10.0 ± 0.1 .

Sejenis molekul lain yaitu asam etilendiamintetraasetat dan garam-garam natriumnya (EDTA), dapat membuat pasangan kimiawi (chelated complex) dengan ion-ion kesadahan dan beberapa jenis ion lain. Pasangan tersebut lebih kuat daripada hubungan antara indikator dengan ion-ion kesadahan. Oleh karena itu pada pH larutan akan berubah menjadi biru yaitu disaat jumlah molekul EDTA yang ditambahkan sebagai titran, sama (ekuivalen) dengan jumlah ion kesadahan dalam sampel dan molekul indikator terlepas dari ion kesadahan.

Perubahan semakin jelas bila pH tinggi, namun pH yang tinggi dapat menyebabkan ion-ion kesadahan hilang dari larutan, karena terjadi pengendapan $Mg(OH)_2$ dan $CaCO_2$. Pada pH > 9 , $CaCO_3$ sudah mulai terbentuk sehingga titrasi harus selesai dalam waktu 5 menit. Pembentukan $Mg(OH)_2$ pada sampel air alam (air sungai, air tanah) belum terjadi pada pH 10.

❖ **Alat-alat**

- a) Labu takar 250 ml (untuk larutan bufer).
- b) Botol plastik 250 ml (untuk menyimpan larutan bufer).
- c) Karet penghisap (untuk larutan bufer dan HCl).
- d) 2 labu takar 1 liter (untuk larutan EDTA dan standart Ca^{2+}).
- e) Botol plastik 1 liter (untuk larutan EDTA).
- f) Erlenmeyer 500 ml (untuk standart Ca^{2+}) dan erlenmeyer 250 ml (untuk menyiapkan sampel).
- g) Corong (untuk standart Ca^{2+}).
- h) Gelas ukur (untuk 1 +1 HCl).

- i) Pembakar bunsen atau pemanas listrik lengkap (untuk standard Ca^{2+}).
- j) Buret 25 atau 50 ml (untuk titrasi dengan EDTA).
- k) Pipet
- l) Beker 100 ml bentuk tinggi (untuk titrasi).
- m) Mortir (untuk membuat bubuk indikator)
- n) Botol tutup kaca (untuk menyimpan indikaor)

❖ Pengawetan Sampel

Ion Ca^{2+} dan Ca^{2+} tidak hilang selama pengawetan hanya dapat mengendap sebagai CaCO_3 dan Mg(OH)_2 kalau pH terlalu tinggi (>9). Bila sampel harus disimpan lebih dari 2 hari, lebih baik diasamkan sampai $\text{pH} \leq 5$ dahulu atau dasamkan 1 jam sebelum analisa supaya semua endapan CaCO_3 dan lain-lain terlarut kembali.

❖ Reagen

a. Larutan bufer $\text{pH } 10.0 \pm 0.1$:

Larutan 1.179 gram garam di-natrium EDTA (hidrat) p.a.* dan 780 mg $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (magnesium sulfat) atau 644 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (magnesium klorida) dalam ± 50 ml air suling. Tambahkan larutan ini pada 16.9 gram NH_4Cl dan 143 ml NH_4OH pekat yang sudah berada dalam labu takar 250 ml, kocok dan encerkan sampai menjadi 250 ml dengan air suling. Simpanlah larutan bufer ini dalam botol plastik ; tutuplah dengan baik agar NH_3 (amoniak) tidak dapat keluar dan CO_2 (karbon dioksida) tidak dapat masuk. Larutan ni tahan selama 1 bulan. Pipet dengan karet pengisap selalu digunakan untuk memindahkan 1 atau 2 ml larutan bufer ke dalam sampel.

b. Larutan standard EDTA (titran) 0.01 M :

Larutan 3.723 gram garam di-natrium EDTA (hidrat) p.a. dalam air suling dan encerkan dalam labu takar sampai menjadi 1 liter. Dengan demikian 1 ml larutan EDTA sesuai dengan 1 mg kesadahan yang dinyatakan sebagai CaCO_3 . Larutan EDTA ini sebaiknya disimpan di botol plastik karena EDTA

dapat melarutkan ion-ion Ca^{2+} dan Al^{2+} pada dinding kaca biasa . Larutan EDTA harus distandardkan dengan larutan standard primer Ca^{2+} . Perlu perhatikan bahwa larutan EDTA ini dapat menua.

c. Larutan standart primer Ca^{2+} :

Tuangkan 1 gram CaCO_3 tanpa (hidrat) p.a.* * ke dalam gelas erlenmeyer 500 ml melalui corong yang ditempatkan di atas gelas erlenmeyer tuangkan sedikit demi sedikit larutan 1 + 1 HCl (yaitu larutan yang terdiri dari setengah bagian HCl pekat dan setengah bagian air suling yang telah dibuat terlebih dahulu dalam gelas penmgukur 100 ml). Tambahkan 200 ml air suling dan didihkan larutan tersebut diatas pembakar bunsen selama beberapa menit supaya semua CO_2 hilang, dinginkan sebelum menambahkan beberapa tetes indikator metil merah. Bila warna kuning muncul ($\text{pH} > 6$) tambahkan 1 + 1 HCl sampai warna menjadi oranye. Bila warna merah muncul ($\text{pH} < 4$) tambahkan 1 + 1 NH_4OH juga sampai warna menjadi oranye. Warna oranye menunjukkan pH larutan ± 5 . Kadar larutan standard primer Ca^{2+} tersebut adalah 400,44 mg Ca^{2+} .

d. Indikator campuran Eriochrome Black T dan NaCl :

Campurkan 200 mg celupan Eriochrome Black T dengan 100 gram NaCl kemudian giling dalam mortir sampai bubuk halus. Simpan dalam botol kaca tertutup dengan baik. Dengan demikian dapat bertahan sampai lebih dari 1 tahun. Bila berupa larutan, indikator tidak sestabil.

Keterangan : * = pakai 2 H_2O air kristal seperti TITRIPLEX III (merek).

** = atau garam Ca^{2+} yang lain, yang berlaku sebagai standard primer.

❖ Cara kerja

1. Dalam gelas erlenmeyer 250 ml, tuangkan sampai sebanyak kurang lebih 30 ml (kalau perlu larutan sampel sudah diencerkan) yang akan memerlukan antara 3 sampai 15 ml titran EDTA. Dengan perkataan lain, sampel 30 ml ini harus mengandung sekitar 3 sampai 15 mg/l kesadahan sebagai CaCO_3 . Tambahkan beberapa tetes HCl pekat sampai pH menjadi ± 3 (cek dengan

kertas pH) dan kocoklah selama beberapa menit supaya CO₂ terlarut lenyap ke udara.

2. Ambil sampel dari butir 1 di atas sebanyak 25 ml dan encerkan menjadi 50 ml dalam beker 100 ml bentuk tinggi. Tambahkan 1 sampai 2 ml larutan bufer ; biasanya 1 ml sudah cukup untuk memberi nilai pH yang tetap yaitu 10 ± 0,1. Tambahkan ± 0,15 gram bubuk campuran NaCl dan Eriochrome Black T. Kemudian titrasikan dengan larutan EDTA. Titration harus dilakukan cukup pelan dengan waktu tunggu beberapa detik antara 2 penambahan titrasi, namun titrasi harus selesai dalam waktu 5 menit disaat warna merah hilang sama sekali menjadi biru. Selama titrasi larutan sampel harus diaduk misalnya dengan pengaduk magnetis.
3. Untuk mendapatkan hasil yang teliti, maka harus dibuat duplikat setiap analisa.
9. Formula perhitungan yang digunakan :

$$\begin{aligned} \text{Kesadahan (sebagai mg CaCO}_3\text{/l)} &= \frac{(A \times 1,0009 \times 1000)}{B} \times f \\ &= 1000,9 \times \frac{A}{B} \times f \end{aligned}$$

Dimana :

A = ml titrasi EDTA

B = ml sampel (sebelum diencerkan)

1,0009 = ekuivalensi antara 1 ml EDTA 0,01 M dan 1 mg kesadahan sebagai CaCO₃.

f = faktor perbedaan antara kadar larutan EDTA 0,01 M menurut standardisasi dengan CaCO₃ (f ≤ 1).

Atau :

$$\text{Kesadahan (mmol/l)} = \frac{(A \times 0,01 \times 1000) \times f}{B}$$

Catatan : bagi Ca²⁺ dan Mg²⁺ berlaku 50 mg/l sebagai CaCO₃ ≡ 1 meq/l.

(Sumber : Alaerts dan Santika, 1987)

LAMPIRAN D

Surat Keterangan

&

Hasil Analisa Laboratorium



**LABORATORIUM KIMIA ANALITIK
FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
UNIVERSITAS NUSA CENDANA**

Jln. Adisucipto Penfui Kupang. Telp. (0380) 881597

SURAT KETERANGAN

No. 004/FST/LAB/KA/2008

Yang bertanda tangan dibawah ini Kepala Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana, menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :

N a m a : Bernadina M.A. Bria/0326027

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jurusan : Teknik Lingkungan

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut : Teknologi Nasional Malang

yang bersangkutan telah melakukan analisis sampel air dengan parameter total suspended solid (TSS) dan kesadahan total. Adapun data hasil pengukuran (Terlampir).

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana perlunya.



Mengetahui
Dekan

Drs. M.J. Pella, MSc

Kupang, 15 Juli 2008
a.n. Ka. Laboratorium

Luther Kadang, MSi

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK UNDANA
LABORATORIUM KIMIA ANALITIK**

HASIL ANALISIS

Pengirim Sampel : Bemadina Bria
Sumber Sampel : Benanaim_Besikama-NTT
Parameter : TSS dan Kesadahan Total

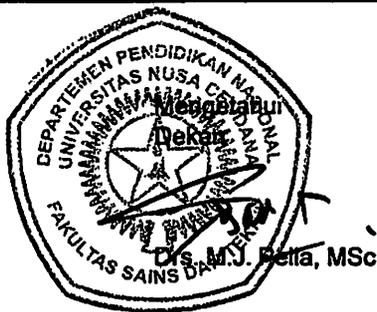
I. Total Suspended Solid

No	Waktu	Ratio	mg/L	No	waktu	Ratio	mg/L	No	Waktu	Ratio	mg/L
1	T = 0 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.58	1	T = 0 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.08	1	T = 0 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.08
2	T = 0 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.51	2	T = 0 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.05	2	T = 0 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.10
3	T = 0 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.64	3	T = 0 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.08	3	T = 0 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.08
1	T = 2 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.15	1	T = 2 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.26	1	T = 2 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.19
2	T = 2 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.12	2	T = 2 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.26	2	T = 2 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.16
3	T = 2 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.12	3	T = 2 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.38	3	T = 2 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.19
1	T = 4 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.12	1	T = 4 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.13	1	T = 4 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.12
2	T = 4 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.16	2	T = 4 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.16	2	T = 4 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.12
3	T = 4 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.18	3	T = 4 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.14	3	T = 4 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.23
1	T = 6 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.4	1	T = 6 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.12	1	T = 6 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.13
2	T = 6 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.42	2	T = 6 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.11	2	T = 6 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.17
3	T = 6 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.49	3	T = 6 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.23	3	T = 6 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.21
1	T = 8 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.28	1	T = 8 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.3	1	T = 8 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.22
2	T = 8 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.39	2	T = 8 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.33	2	T = 8 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.28
3	T = 8 jam	Pasir 10% Arang 90%	0.25	3	T = 8 jam	Pasir 70% Arang 30%	0.25	3	T = 8 jam	Pasir 40% Arang 60%	0.32

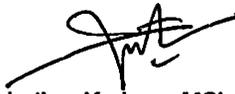
II. Kesadahan Total

No.	Waktu	Ratio	mg/L	No.	Waktu	Ratio	mg/L	No.	Waktu	Ratio	mg/L
1	T = 0 jam	Pasir 10% Arang 90%	54.05	1	T = 0 jam	Pasir 40% Arang 60%	106.10	1	T = 0 jam	Pasir 70% Arang 30%	148.13
2	T = 0 jam	Pasir 10% Arang 90%	56.05	2	T = 0 jam	Pasir 40% Arang 60%	102.09	2	T = 0 jam	Pasir 70% Arang 30%	150.14
3	T = 0 jam	Pasir 10% Arang 90%	62.06	3	T = 0 jam	Pasir 40% Arang 60%	101.09	3	T = 0 jam	Pasir 70% Arang 30%	147.13
1	T = 2 jam	Pasir 10% Arang 90%	32.03	1	T = 2 jam	Pasir 40% Arang 60%	106.10	1	T = 2 jam	Pasir 70% Arang 30%	152.14
2	T = 2 jam	Pasir 10% Arang 90%	33.03	2	T = 2 jam	Pasir 40% Arang 60%	108.10	2	T = 2 jam	Pasir 70% Arang 30%	148.13
3	T = 2 jam	Pasir 10% Arang 90%	34.03	3	T = 2 jam	Pasir 40% Arang 60%	102.09	3	T = 2 jam	Pasir 70% Arang 30%	150.14
1	T = 4 jam	Pasir 10% Arang 90%	36.03	1	T = 4 jam	Pasir 40% Arang 60%	96.090	1	T = 4 jam	Pasir 70% Arang 30%	176.16
2	T = 4 jam	Pasir 10% Arang 90%	36.03	2	T = 4 jam	Pasir 40% Arang 60%	106.10	2	T = 4 jam	Pasir 70% Arang 30%	158.14

3	T = 4 jam	Pasir 10% Arang 90%	36.03	3	T = 4 jam	Pasir 40% Arang 60%	98.09	3	T = 4 jam	Pasir 70% Arang 30%	157.14
1	T = 6 jam	Pasir 10% Arang 90%	44.04	1	T = 6 jam	Pasir 40% Arang 60%	110.10	1	T = 6 jam	Pasir 70% Arang 30%	166.15
2	T = 6 jam	Pasir 10% Arang 90%	46.04	2	T = 6 jam	Pasir 40% Arang 60%	108.10	2	T = 6 jam	Pasir 70% Arang 30%	172.15
3	T = 6 jam	Pasir 10% Arang 90%	45.04	3	T = 6 jam	Pasir 40% Arang 60%	112.10	3	T = 6 jam	Pasir 70% Arang 30%	164.15
1	T = 8 jam	Pasir 10% Arang 90%	46.04	1	T = 8 jam	Pasir 40% Arang 60%	132.12	1	T = 8 jam	Pasir 70% Arang 30%	170.15
2	T = 8 jam	Pasir 10% Arang 90%	48.04	2	T = 8 jam	Pasir 40% Arang 60%	120.11	2	T = 8 jam	Pasir 70% Arang 30%	171.15
3	T = 8 jam	Pasir 10% Arang 90%	47.04	3	T = 8 jam	Pasir 40% Arang 60%	118.11	3	T = 8 jam	Pasir 70% Arang 30%	172.15



Kupang, 15 Juli 2008
a.n. Ka. Labortorium


Luther Kadang, MSi

Hasil Akhir TSS dan Kepadatan

1. Parameter TSS (mg/liter)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	TSS (mg/liter)			Rata-rata (mg/liter)
		I	II	III	
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	0.08	0.10	0.08	0.09
	2	0.19	0.16	0.19	0.18
	3	0.12	0.12	0.23	0.16
	4	0.13	0.17	0.21	0.17
	5	0.22	0.28	0.32	0.27
Komposisi II Media pasir 40 % dengan arang 60 %	1	0.08	0.05	0.08	0.07
	2	0.26	0.26	0.38	0.3
	3	0.13	0.16	0.14	0.14
	4	0.12	0.11	0.23	0.15
	5	0.3	0.33	0.25	0.29
Komposisi III Media pasir 10 % dengan arang 90 %	1	0.58	0.51	0.64	0.58
	2	0.15	0.12	0.12	0.13
	3	0.12	0.16	0.18	0.15
	4	0.4	0.42	0.49	0.44
	5	0.28	0.39	0.25	0.31

2. Parameter Kepadatan (mg/liter)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	Kepadatan (mg/liter)			Rata-rata (mg/liter)
		I	II	III	
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	148.13	150.14	147.13	148.47
	2	152.14	148.13	150.14	150.14
	3	176.16	158.14	157.14	163.81
	4	166.15	172.15	164.15	167.48
	5	170.15	171.15	172.15	171.15
Komposisi II	1	106.10	102.09	101.09	103.09

Media pasir 40 % dengan arang 60 %	2	106.10	108.10	102.09	105.43
	3	96.090	106.10	98.09	100.09
	4	110.10	108.10	112.10	110.1
	5	132.12	120.11	118.11	123.45
Komposisi III Media pasir 10 % dengan arang 90 %	1	54.05	56.06	62.06	57.39
	2	32.03	33.03	34.03	33.03
	3	36.03	36.03	36.03	36.03
	4	44.04	46.04	45.04	45.04
	5	46.04	48.04	47.04	47.04

3. Persentase Penurunan TSS (%)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	Persentase Penurunan TSS (%)			Rata-rata (%)
		I	II	III	
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	99.81	99.76	99.81	99.79
	2	99.55	99.62	99.55	99.57
	3	99.71	99.71	99.45	99.62
	4	99.69	99.6	99.5	99.6
	5	99.48	99.33	99.24	99.36
Komposisi II Media pasir 40 % dengan arang 60 %	1	99.81	99.88	99.81	99.83
	2	99.38	99.38	99.1	99.29
	3	99.81	99.62	99.67	99.67
	4	99.71	99.74	99.45	99.64
	5	99.29	99.21	99.40	99.31
Komposisi III Media pasir 10 % dengan arang 90 %	1	98.62	99.64	98.48	98.91
	2	99.64	99.71	99.71	99.81
	3	99.71	99.62	99.57	99.64
	4	99.05	99	98.83	98.95
	5	99.33	99.07	99.40	99.26

4. Persentase Penurunan Kesadahan (%)

Variasi Komposisi Media Filter	Pengambilan Sampel	Persentase Penurunan Kesadahan (%)			Rata-rata (%)
		I	II	III	
Komposisi I Media pasir 70 % dengan arang 30 %	1	52.57	51.93	52.89	52.46
	2	51.29	52.57	51.93	51.93
	3	43.59	49.36	49.68	47.54
	4	46.8	44.88	47.44	46.37
	5	45.52	45.2	44.88	45.2
Komposisi II Media pasir 40 % dengan arang 60 %	1	66.03	67.31	67.63	66.99
	2	66.03	65.39	67.31	66.24
	3	69.23	66.03	68.59	67.95
	4	64.75	65.39	64.11	64.75
	5	57.7	61.54	62.18	60.47
Komposisi III Media pasir 10 % dengan arang 90 %	1	82.69	82.05	80.13	81.62
	2	89.74	89.42	89.10	89.42
	3	88.46	88.46	88.46	88.46
	4	85.9	85.26	85.58	85.58
	5	85.26	84.62	84.94	84.94

LAMPIRAN E

Hasil Statistik

dengan menggunakan **MINITAB 14**

8/5/2008 6:33:41 PM

Results for : Worksheet 1 (TSS)

Correlations: % Removal, Waktu, Komposisi

	% Removal	Waktu
Waktu	-0.238 0.115	
Komposisi	-0.380 0.010	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Removal versus Waktu, Komposisi

The regression equation is
 $\% \text{ Removal} = 99.9 - 0.0267 \text{ Waktu} - 0.148 \text{ Komposisi}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	99.8789	0.1312	761.24	0.000	
Waktu	-0.02672	0.01546	-1.73	0.091	1.0
Komposisi	-0.14767	0.05356	-2.76	0.009	1.0

S = 0.293386 R-Sq = 20.1% R-Sq(adj) = 16.3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.91123	0.45562	5.29	0.009
Residual Error	42	3.61517	0.08608		
Total	44	4.52640			

Source	DF	Seq SS
Waktu	1	0.25707
Komposisi	1	0.65416

Unusual Observations

Obs	Waktu	% Removal	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	0.00	98.6200	99.4359	0.0928	-0.8159	-2.93R
33	0.00	98.4800	99.4359	0.0928	-0.9559	-3.43R

R denotes an observation with a large standardized residual.

One-way ANOVA: % Removal versus Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	0.6242	0.1561	1.60	0.193
Error	40	3.9022	0.0976		
Total	44	4.5264			

S = 0.3123 R-Sq = 13.79% R-Sq(adj) = 5.17%

Individual 95% CIs For Mean Based on

Correlations: % Removal, Waktu, Komposisi

	Waktu	Komposisi
Waktu	1.000	0.118
Komposisi	0.118	1.000

Cell Contents: formula for calculation
E-Value

Regression Analysis: % Removal versus Waktu, Komposisi

The regression equation is
% Removal = 99.8 - 0.123(Waktu) + 0.148(Komposisi)

Regression	Constant	99.800	0.148	0.000	0.000
	Waktu	-0.123	0.000	0.000	0.000
	Komposisi	0.148	0.000	0.000	0.000

S = 0.233500 R-Sq = 20.1 R-Adjusted = 18.3

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.9188	0.4594	11.33	0.000
Residual Error	41	3.6117	0.0881		
Total	43	4.5305			

Source	DF	SS
Waktu	1	0.1237
Komposisi	1	0.8851

Model Observations

Obs	Waktu	% Removal	Obs	Waktu	% Removal
1	0.00	99.8000	22	0.00	99.4800
2	0.00	99.8000	23	0.00	99.4800

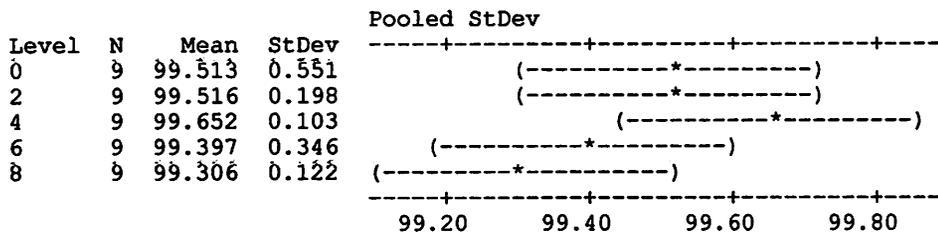
1 detected an observation with a large standardized residual..

One-way ANOVA: % Removal versus Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	0.4594	0.1149	11.33	0.000
Error	40	3.6021	0.0901		
Total	44	4.0615			

S = 0.30127 R-Sq = 11.10% R-Adjusted = 8.11%

Individual 95% CIs for Mean Based on

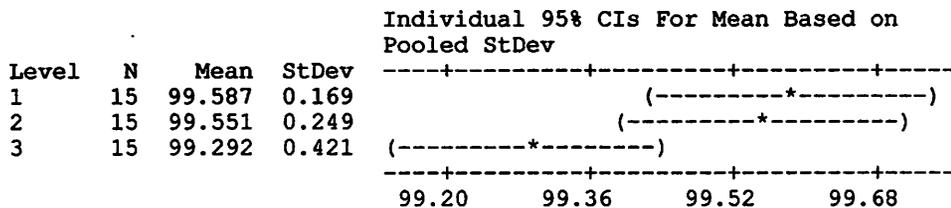


Pooled StDev = 0.312

One-way ANOVA: % Removal versus Komposisi

Source	DF	SS	MS	F	P
Komposisi	2	0.7774	0.3887	4.35	0.019
Error	42	3.7490	0.0893		
Total	44	4.5264			

S = 0.2988 R-Sq = 17.17% R-Sq(adj) = 13.23%



Pooled StDev = 0.299

8/5/2008 8:40:49 PM

Results for : Worksheet 1 (kesadahan)

Correlations: % Removal, Waktu, Komposisi

	% Removal	Waktu
Waktu	-0.096 0.529	
Komposisi	0.979 0.000	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Removal versus Waktu, Komposisi

The regression equation is
 $\% \text{ Removal} = 31.5 - 0.530 \text{ Waktu} + 18.7 \text{ Komposisi}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	31.481	1.281	24.58	0.000	
Waktu	-0.5303	0.1510	-3.51	0.001	1.0
Komposisi	18.6513	0.5229	35.67	0.000	1.0

S = 2.86419 R-Sq = 96.8% R-Sq(adj) = 96.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	10537.4	5268.7	642.24	0.000
Residual Error	42	344.6	8.2		
Total	44	10881.9			

Source	DF	Seq SS
Waktu	1	101.2
Komposisi	1	10436.2

Unusual Observations

Obs	Waktu	% Removal	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	8.00	57.700	64.542	0.740	-6.842	-2.47R
33	0.00	80.130	87.435	0.906	-7.305	-2.69R

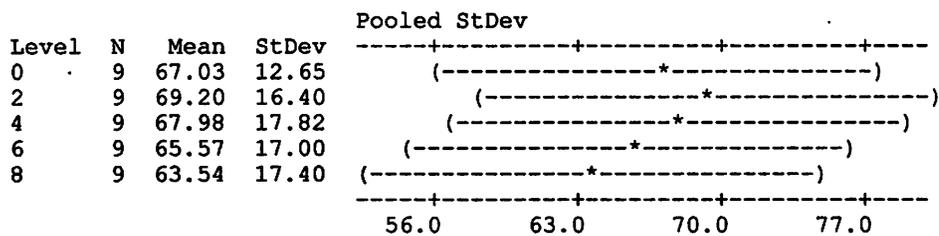
R denotes an observation with a large standardized residual.

One-way ANOVA: % Removal versus Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	173	43	0.16	0.956
Error	40	10709	268		
Total	44	10882			

S = 16.36 R-Sq = 1.59% R-Sq(adj) = 0.00%

Individual 95% CIs For Mean Based on

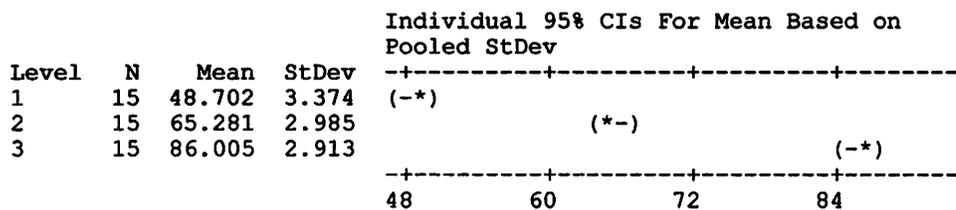


Pooled StDev = 16.36

One-way ANOVA: % Removal versus Komposisi

Source	DF	SS	MS	F	P
Komposisi	2	10479.10	5239.55	546.26	0.000
Error	42	402.85	9.59		
Total	44	10881.95			

S = 3.097 R-Sq = 96.30% R-Sq(adj) = 96.12%



Pooled StDev = 3.097

LAMPIRAN F

TABEL T

&

TABEL F

TABEL T

df	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,025$	df	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,025$
1	6.314	12.706	101	1.660	1.984
2	2.920	4.303	102	1.660	1.983
3	2.353	3.182	103	1.660	1.983
4	2.132	2.776	104	1.660	1.983
5	2.015	2.571	105	1.659	1.983
6	1.943	2.447	106	1.659	1.983
7	1.895	2.365	107	1.659	1.982
8	1.860	2.306	108	1.659	1.982
9	1.833	2.262	109	1.659	1.982
10	1.812	2.228	110	1.659	1.982
11	1.796	2.201	111	1.659	1.982
12	1.782	2.179	112	1.659	1.981
13	1.771	2.160	113	1.658	1.981
14	1.761	2.145	114	1.658	1.981
15	1.753	2.131	115	1.658	1.981
16	1.746	2.120	116	1.658	1.981
17	1.740	2.110	117	1.658	1.980
18	1.734	2.101	118	1.658	1.980
19	1.729	2.093	119	1.658	1.980
20	1.725	2.086	120	1.658	1.980
21	1.721	2.080	121	1.658	1.980
22	1.717	2.074	122	1.657	1.980
23	1.714	2.069	123	1.657	1.979
24	1.711	2.064	124	1.657	1.979
25	1.708	2.060	125	1.657	1.979
26	1.706	2.056	126	1.657	1.979
27	1.703	2.052	127	1.657	1.979
28	1.701	2.048	128	1.657	1.979
29	1.699	2.045	129	1.657	1.979
30	1.697	2.042	130	1.657	1.978
31	1.696	2.040	131	1.657	1.978
32	1.694	2.037	132	1.656	1.978
33	1.692	2.035	133	1.656	1.978
34	1.691	2.032	134	1.656	1.978
35	1.690	2.030	135	1.656	1.978
36	1.688	2.028	136	1.656	1.978
37	1.687	2.026	137	1.656	1.977
38	1.686	2.024	138	1.656	1.977
39	1.685	2.023	139	1.656	1.977
40	1.684	2.021	140	1.656	1.977
41	1.683	2.020	141	1.656	1.977
42	1.682	2.018	142	1.656	1.977
43	1.681	2.017	143	1.656	1.977
44	1.680	2.015	144	1.656	1.977
45	1.679	2.014	145	1.655	1.976
46	1.679	2.013	146	1.655	1.976
47	1.678	2.012	147	1.655	1.976
48	1.677	2.011	148	1.655	1.976
49	1.677	2.010	149	1.655	1.976
50	1.676	2.009	150	1.655	1.976

51	1.675	2.008	151	1.655	1.976
52	1.675	2.007	152	1.655	1.976
53	1.674	2.006	153	1.655	1.976
54	1.674	2.005	154	1.655	1.975
55	1.673	2.004	155	1.655	1.975
56	1.673	2.003	156	1.655	1.975
57	1.672	2.002	157	1.655	1.975
58	1.672	2.002	158	1.655	1.975
59	1.671	2.001	159	1.654	1.975
60	1.671	2.000	160	1.654	1.975
61	1.670	2.000	161	1.654	1.975
62	1.670	1.999	162	1.654	1.975
63	1.669	1.998	163	1.654	1.975
64	1.669	1.998	164	1.654	1.975
65	1.669	1.997	165	1.654	1.974
66	1.668	1.997	166	1.654	1.974
67	1.668	1.996	167	1.654	1.974
68	1.668	1.995	168	1.654	1.974
69	1.667	1.995	169	1.654	1.974
70	1.667	1.994	170	1.654	1.974
71	1.667	1.994	171	1.654	1.974
72	1.666	1.993	172	1.654	1.974
73	1.666	1.993	173	1.654	1.974
74	1.666	1.993	174	1.654	1.974
75	1.665	1.992	175	1.654	1.974
76	1.665	1.992	176	1.654	1.974
77	1.665	1.991	177	1.654	1.973
78	1.665	1.991	178	1.653	1.973
79	1.664	1.990	179	1.653	1.973
80	1.664	1.990	180	1.653	1.973
81	1.664	1.990	181	1.653	1.973
82	1.664	1.989	182	1.653	1.973
83	1.663	1.989	183	1.653	1.973
84	1.663	1.989	184	1.653	1.973
85	1.663	1.988	185	1.653	1.973
86	1.663	1.988	186	1.653	1.973
87	1.663	1.988	187	1.653	1.973
88	1.662	1.987	188	1.653	1.973
89	1.662	1.987	189	1.653	1.973
90	1.662	1.987	190	1.653	1.973
91	1.662	1.986	191	1.653	1.972
92	1.662	1.986	192	1.653	1.972
93	1.661	1.986	193	1.653	1.972
94	1.661	1.986	194	1.653	1.972
95	1.661	1.985	195	1.653	1.972
96	1.661	1.985	196	1.653	1.972
97	1.661	1.985	197	1.653	1.972
98	1.661	1.984	198	1.653	1.972
99	1.660	1.984	199	1.653	1.972
100	1.660	1.984	200	1.653	1.972

(Sumber: Sudjana, 2002)

TABEL F ($\alpha = 5\%$)

df	Df 1	Df 2	Df 3	Df 4	Df 5
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42
46	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42
47	4.05	3.20	2.80	2.57	2.41
48	4.04	3.19	2.80	2.57	2.41
49	4.04	3.19	2.79	2.56	2.40
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40
51	4.03	3.18	2.79	2.55	2.40

52	4.03	3.18	2.78	2.55	2.39
53	4.02	3.17	2.78	2.55	2.39
54	4.02	3.17	2.78	2.54	2.39
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38
56	4.01	3.16	2.77	2.54	2.38
57	4.01	3.16	2.77	2.53	2.38
58	4.01	3.16	2.76	2.53	2.37
59	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37
61	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37
62	4.00	3.15	2.75	2.52	2.36
63	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36
64	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36
66	3.99	3.14	2.74	2.51	2.35
67	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35
68	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35
69	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35
71	3.98	3.13	2.73	2.50	2.34
72	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
73	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
74	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34
76	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33
77	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33
78	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
79	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
81	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33
82	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33
83	3.96	3.11	2.71	2.48	2.32
84	3.95	3.11	2.71	2.48	2.32
85	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
86	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
87	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
88	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
89	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32
91	3.95	3.10	2.70	2.47	2.31
92	3.94	3.10	2.70	2.47	2.31
93	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
94	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
95	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
96	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
97	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
98	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
99	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
101	3.94	3.09	2.69	2.46	2.30
102	3.93	3.09	2.69	2.46	2.30
103	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
104	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
105	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30

106	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
107	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
108	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
109	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
110	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
111	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
112	3.93	3.08	2.68	2.45	2.29
113	3.93	3.08	2.68	2.45	2.29
114	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29
115	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29
116	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
117	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
118	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
119	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
121	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
122	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
123	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
124	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
126	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
127	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
128	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
129	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
130	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
131	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
132	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
133	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
134	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
135	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
136	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
137	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
138	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
139	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
140	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
141	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
142	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
143	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
144	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
145	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
146	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
147	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
148	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
149	3.90	3.06	2.67	2.43	2.27
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
151	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
152	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
153	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
154	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
155	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
156	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
157	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
158	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
159	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27

160	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
161	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
162	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
163	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
164	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
165	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
166	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
167	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
168	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
169	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
170	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
171	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
172	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
173	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
174	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
175	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
176	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27
177	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27
178	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26
179	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26
180	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
181	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
182	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
183	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
184	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
185	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
186	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
187	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
188	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
189	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
190	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
191	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
192	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
193	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
194	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
195	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
196	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
197	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
198	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
199	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26

(Sumber: Sudjana, 2002)

LAMPIRAN G

Revisi SNI 03-3981-1995

“ Perencanaan instalasi saringan pasir lambat ”

Pendahuluan

Saringan pasir lambat adalah bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi. Proses penyaringan berlangsung secara gravitasi, sangat lambat, dan simultan pada seluruh permukaan media. Proses penyaringan merupakan kombinasi antara proses fisis (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis. Saringan pasir lambat lebih cocok mengolah air baku, yang mempunyai kekeruhan sedang sampai rendah, dan konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) sedang sampai tinggi. Kandungan oksigen terlarut tersebut dimaksudkan untuk memperoleh proses biokimia dan biologis yang optimal. Apabila air baku mempunyai kandungan kekeruhan tinggi dan konsentrasi oksigen terlarut rendah, maka sistem saringan pasir lambat membutuhkan pengolahan pendahuluan, yang direncanakan terpisah dari standar ini.

Bagi pasir media yang baru pertama kali dipasang dalam bak saringan memerlukan masa operasi penyaringan awal, secara normal dan terus menerus selama waktu kurang lebih tiga bulan. Tujuan operasi awal adalah untuk mematangkan media pasir penyaring dan membentuk lapisan kulit saringan (*schmutsdecke*), yang kelak akan berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses biokimia dan proses biologis. Selama proses pematangan, kualitas filtrat atau air hasil olahan dari saringan pasir lambat, biasanya belum memenuhi persyaratan air minum.

Ukuran media pasir saringan yang sangat kecil akan membentuk ukuran pori-pori antara butiran media juga sangat kecil. Meskipun ukuran pori-porinya sangat kecil, ternyata masih belum mampu menahan partikel koloid dan bakteri yang ada dalam air baku. Akan tetapi dengan aliran yang berkelok-kelok melalui pori-pori saringan dan juga lapisan kulit saringan, maka gradien kecepatan yang terjadi memberikan kesempatan pada partikel halus, untuk saling berkontak satu sama lain, dan membentuk gugusan yang lebih besar, yang dapat menahan partikel sampai pada kedalaman tertentu, dan menghasilkan filtrat yang memenuhi persyaratan kualitas air minum.

Sejalan dengan proses penyaringan, bahan pencemar dalam air baku akan bertumpuk dan menebal di atas permukaan media pasir. Setelah melampaui perioda waktu tertentu, tumpukan tersebut menyebabkan media pasir tidak dapat merembeskan air sebagai mana mestinya, dan bahkan menyebabkan debit efluen menjadi sangat kecil, dan air yang ada di dalam bak saringan mengalir melalui saluran pelimpah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa media pasir penyaring sudah mampat (*clogging*). Untuk memulihkan saringan yang mampat, pengelola harus segera mengangkat dan mencuci media pasir menggunakan alat pencuci pasir. Saringan pasir lambat akan beroperasi secara normal kembali, kurang lebih dua hari setelah melakukan pengangkatan atau pencucian media pasir. Petunjuk teknis untuk pemulihan media penyaring dapat dibaca dalam SNI 03-3982-1995, Tata cara pengoperasian dan perawatan instalasi saringan pasir lambat.

Perencanaan instalasi saringan pasir lambat

1 Ruang lingkup

Standar ini memuat persyaratan umum, persyaratan teknis, dan perencanaan instalasi saringan pasir lambat sebagai pegangan bagi penyelenggara pembangunan untuk mengolah air baku dengan kekeruhan ≤ 50 mg/Liter SiO_2 menjadi air minum.

2 Acuan normatif

SNI 03-1756-1990, Cara penentuan kekerasan pasir untuk aduk dan beton
 SNI 03-1749-1990, Cara penentuan besar butir agregat untuk aduk dan beton
 SNI 03-2928-1992, Pintu air pengatur sorong
 SNI 03-2414-1991, Metoda pengukuran debit sungai dan saluran terbuka
 SNI 06-2412-1991, Metoda pengambilan contoh kualitas air
 SNI 06-2413-1995, Metoda pengujian kualitas fisika air

3 Istilah dan definisi

3.1

saringan pasir lambat

salah satu cara pengolahan air baku untuk menghasilkan air bersih, beroperasi secara gravitasi serempak, terjadi proses fisis, proses biokimia dan proses biologis

3.2

instalasi saringan pasir lambat

bak yang direncanakan dengan kriteria tertentu dan diisi dengan media penyaring dengan ukuran butiran tertentu

3.3

kedalaman bak saringan

jumlah dari tinggi bebas, tinggi air di atas media pasir, tebal pasir penyaring, tebal kerikil penahan dan *underdrain*

3.4

saluran pengumpul bawah (*underdrain*)

saluran yang direncanakan untuk mengumpulkan dan mengalirkan air hasil penyaringan ke dalam saluran keluaran (*ou^tlet*)

3.5

tinggi bebas (*freeboard*)

ruang atau jarak antara permukaan air maksimum dengan dinding teratas

3.6

air baku

air yang mutunya memenuhi ketentuan baku mutu air baku yang berlaku

3.7

air minum

air yang mutunya memenuhi ketentuan baku mutu air minum yang berlaku

4 Persyaratan

4.1 Persyaratan umum

Perencanaan instalasi saringan pasir lambat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) tersedia air baku yang akan diolah;
- b) tersedia pengelola instalasi saringan pasir lambat;
- c) tersedia lahan untuk pembangunan/penempatan instalasi;

4.2 Persyaratan teknis

Persyaratan teknis memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a) kecepatan penyaringan 0,1 m/jam sampai dengan 0,4 m/jam.
- b) luas permukaan bak dihitung dengan rumus :

$$A = \left(\frac{Q}{V} \right) \dots\dots\dots 1)$$

dengan:

- Q = Debit air baku (m³/jam)
- V = Kecepatan penyaringan (m/jam)
- A = Luas permukaan bak (m²)

- c) luas permukaan bak (A) = P x L. 2)
- d) panjang bak (P) : lebar bak (L) = (1 sampai dengan 2) : 1 3)
- e) jumlah bak minimal 2 buah
- f) kedalaman bak, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Kedalaman saringan pasir lambat

No.	Kedalaman (D)	Ukuran (m)
1.	Tinggi bebas (<i>freeboard</i>)	0,20 s.d 0,30
2.	Tinggi air di atas media pasir	1,00 s.d 1,50
3.	Tebal pasir penyaring	0,60 s.d 1,00
4.	Tebal kerikil penahan	0,15 s.d 0,30
5.	Saluran pengumpul bawah	0,10 s.d 0,20
	J u m l a h	2,05 s.d 3,30

g) Media penyaring dengan kriteria sebagai berikut :

- 1) jenis pasir yang mengandung kadar SiO₂ lebih dari 90 %;
- 2) diameter efektif (*effective size - ES*) butiran 0,2 mm sampai dengan 0,4 mm;
- 3) koefisien keseragaman (*uniformity coefficient - UC*) butiran 2 sampai dengan 3;
- 4) cara menentukan ES dan UC sebagai berikut:

(a) ES = P₁₀ 4)

$$b) UC = \left(\frac{P_{60}}{P_{10}} \right) \dots\dots\dots 5)$$

dengan:

- ES = Diameter efektif butiran pasir.
- UC = Koefisien keseragaman butiran pasir.
- P_{60} = butiran pasir efektif terkecil.
- P_{10} = butiran pasir efektif terbesar

- 5) berat jenis 2,55 gr/cm³ sampai dengan 2,65 gr/cm³ ;
- 6) kelarutan pasir dalam air selama 24 jam kurang dari 3,0 % beratnya;
- 7) kelarutan pasir dalam HCl selama 4 jam kurang dari 3,5 % beratnya

h) Media penahan

Jenis kerikil tersusun dengan lapisan teratas butiran kecil dan berurutan ke butiran kasar pada lapisan paling bawah; gradasi butir media kerikil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Gradasi butir media kerikil

No.	Diameter kerikil rata-rata (mm)	Ketebalan (cm)	Lapisan ke (dari atas ke bawah)
1	3 s.d 4	5 s.d 10	ke - 1
2	10 s.d 30	10 s.d 20	ke - 2
Total ketebalan media kerikil		15 s.d 30	

i) Air baku dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) kekeruhan \leq 50 mg/Liter SiO₂
- 2) oksigen terlarut \geq 6 mg/Liter,
- 3) total koliform \leq 500 MPN per 100 mL.

j) Perlengkapan bak saringan

- 1) Saluran masukan (*Inlet*) ditentukan sebagai berikut :
 - (a) saluran tertutup atau terbuka dapat dilihat pada Gambar B.1.2 Lampiran B;
 - (b) dilengkapi dengan bak pembagi atau penenang air baku;
 - (c) dilengkapi dengan katup (*check valve*) untuk saluran tertutup dan pintu air ditambah sekat ukur untuk saluran terbuka;
 - (d) dilengkapi dengan penahan cucuran air baku di atas pasir penyaring supaya tidak merusak permukaan pasir.
- 2) Saluran keluaran (*Outlet*) ditentukan sebagai berikut :
 - (a) saluran tertutup dapat dilihat pada Gambar B.2.(A) dan Gambar B.2.(B) pada Lampiran B;
 - (b) dilengkapi dengan katup pengatur debit efluen;
 - (c) dilengkapi dengan alat ukur debit;
 - (d) dilengkapi dengan sistem perpipaan yang dapat mengalirkan air olahan;
 - (e) dilengkapi dengan bak penampung air olahan dengan muka air di atas permukaan media penyaring 50 mm sampai dengan 100 mm;
- 3) Saluran pengumpul bawah (*Underdrain*) ditentukan sebagai berikut :
 - (a) saluran-saluran memanjang dengan tutup berlubang atau pipa dilengkapi *nozzle*; dapat dilihat pada Gambar B.3. (A) Lampiran B, dengan ketentuan sebagai berikut:

- (1) lebar saluran dari as ke as 25 cm sampai dengan 30 cm;
 - (2) dalam saluran 10 cm sampai dengan 20 cm;
 - (3) jumlah saluran sebanyak 5 lajur ke arah panjang bak saringan.
 - (4) pada bagian atas saluran diberi tutup batu belah, pelat beton atau tegel. Lebar pelat beton 25 cm sampai 30 cm; panjang 25 cm sampai 30 cm; tebal pelat 5 cm sampai 10 cm; Jarak antara penutup 1 cm sampai dengan 2 cm, dan atau lebih kecil dari ukuran butir kerikil penahan yang paling besar;
 - (5) kemiringan saluran pengumpul ke arah outlet 1% sampai dengan 2%;
 - (6) lantai saluran pengumpul bawah harus datar atau rata;
- (b) susunan bata cetak, slab beton pracetak, lantai beton berlubang, balok beton pracetak berlubang dan sebagainya; dapat dilihat pada Gambar B.3. (B) Lampiran B, dengan ketentuan sebagai berikut:
- (1) lebar saluran dari as ke as 40 cm sampai dengan 50 cm;
 - (2) dalam saluran 10 cm sampai dengan 20 cm;
 - (3) tebal dinding saluran 10 cm;
 - (4) jumlah saluran sebanyak 5 lajur ke arah panjang bak saringan;
 - (5) pada bagian atas saluran diberi tutup pelat beton. Lebar pelat beton 40 cm sampai 50 cm; panjang 40 cm sampai 50 cm; tebal pelat 10 cm sampai 20 cm; serta jarak antara pelat penutup saluran 1 cm;
 - (6) kemiringan saluran pengumpul ke arah outlet 1% sampai dengan 2%;
 - (7) lantai saluran pengumpul bawah harus datar atau rata;
- (c) jaringan pipa manifold (pipa utama), dan pipa lateral (cabang) yang diberi lubang (*orifice*) pada bagian bawahnya; dapat dilihat pada Gambar B.3. (C) Lampiran B dengan ketentuan sebagai berikut:
- (1) diameter pipa manifold 20 cm sampai dengan 30 cm;
 - (2) diameter pipa lateral 7,5 cm sampai dengan 10 cm. Jarak antar pipa lateral 20 cm sampai dengan 25 cm. Pipa lateral dipasang sisi kiri dan sisi kanan pipa manifold;
 - (3) diameter lubang pada pipa lateral (*orifice*) 0,6 cm sampai dengan 1,2 cm; lubang dibuat pada seluruh badan pipa lateral.
 - (4) jarak antar *orifice* 5 cm sampai dengan 10 cm;
 - (5) kemiringan pipa manifold ke arah outlet 1% sampai dengan 2%;
- 4) Pelimpah ditentukan sebagai berikut :
- (1) berbentuk saluran terbuka atau tertutup;
 - (2) dipasang pada inlet saringan;
 - (3) permukaan ambang pelimpah tepat pada permukaan air maksimum saringan yang bersangkutan;
 - (4) air pelimpah dapat dialirkan ke dalam tangki khusus, untuk dimanfaatkan ulang ke dalam bak pembagi atau dibuang langsung ke badan air penerima.
- 5) Penguras ditentukan sebagai berikut :
- (1) tampungan air dengan ketentuan:
 - dipasang tepat di bawah terjunan inlet, dan di tengah-tengah kedua sisi memanjang saringan;
 - ambang tampungan kurang lebih 30 cm di bawah permukaan pasir penyaring maksimum;
 - penampang atas tampungan diberi tutup;
 - dihubungkan dengan pipa penguras dan dilengkapi dengan katup.
 - (2) air kurasan dapat dialirkan ke dalam tangki khusus atau dibuang ke badan air penerima

k) Pencucian pasir sebagai berikut :

- 1) Alat pencucian tipe hidrolik dapat dilihat pada Gambar B.4.1 Lampiran B:
 - (a) luas penampang atas 1 m^2 dapat mencuci pasir sekitar $8 \text{ m}^3/\text{jam}$,
 - (b) tersedia bak/tangki untuk mencampurkan pasir dengan air pencuci,
 - (c) tersedia pompa dengan ejektor untuk mengalirkan campuran air dan pasir ke atas tangki pencuci,
 - (d) kecepatan air berpasir $\geq 1,5 \text{ m/detik}$.
- 2) Alat pencucian tipe manual dapat dilihat pada Gambar B.4.3 Lampiran B:
 - (a) untuk debit saringan $\leq 3 \text{ Liter/detik}$;
 - (b) kapasitas pencuci = kapasitas pasir per saringan yang akan dicuci;
 - (c) tersedia pompa untuk penyemprotan air pencuci;
 - (d) bak dilengkapi dengan katup.

5 Cara pengerjaan

5.1 Air baku

Lakukan penyeleksian air baku sebagai berikut :

- a) carilah data potensi air baku setempat;
- b) tentukan debit air baku maksimum, rata-rata dan minimum;
- c) catatlah data muka air baku maksimum dan minimum;
- d) kumpulkan data dan informasi mengenai hak guna air baku;
- e) periksa kualitas air baku.

5.2 Penentuan ukuran

5.2.1 Ukuran dan jumlah bak

Lakukan pekerjaan berikut :

- a) tentukan kecepatan penyaring;
- b) hitunglah besar debit pengolahan;
- c) hitung luas permukaan bak;
- d) tentukan jumlah bak dengan minimal 2 bak;
- e) tentukan kedalaman bak seperti pada Tabel 1.

5.2.2 Perlengkapan bak saringan

- a) tentukan saluran masukan (*inlet*), saluran keluaran (*outlet*), saluran pengumpul bawah (*underdrain*), pelimpah, penguras dan tinggi bebas (*freeboard*);
- b) tentukan tipe pencucian pasir penyaring.

5.3 Media penyaring dan penahan

5.3.1 Media penyaring

Lakukan pekerjaan sebagai berikut :

- a) identifikasi potensi pasir lokal;
- b) periksa kualitas pasir;
- c) tentukan gradasi pasir dengan analisis ayakan.

5.3.2 Media penahan

Lakukan pekerjaan berikut :

- a) identifikasi potensi kerikil;

- b) tentukan kualitas kerikil;
- c) tentukan gradasi kerikil dengan analisis ayakan.

5.4 Lahan Instalasi

Lakukan pekerjaan berikut :

- a) tentukan kebutuhan lahan untuk menempatkan instalasi, kantor, rumah jaga dan lain-lain;
- b) carilah data topografi, geologi berdasarkan ketentuan yang berlaku.

5.5 Pembiayaan

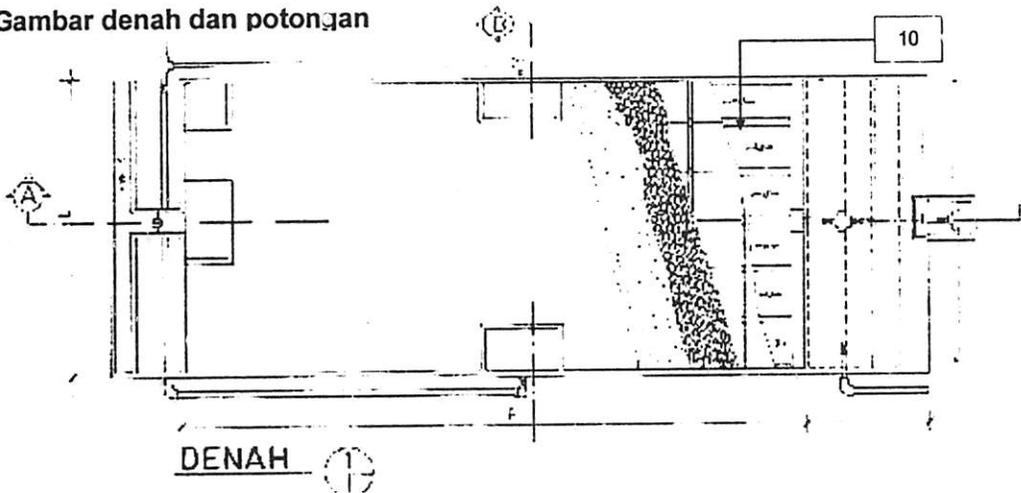
Lakukan pekerjaan berikut :

- a) carilah daftar harga bahan lokal;
- b) hitunglah volume pekerjaan berdasarkan ketentuan yang berlaku;
- c) hitunglah biaya pembangunan saringan pasir lambat.

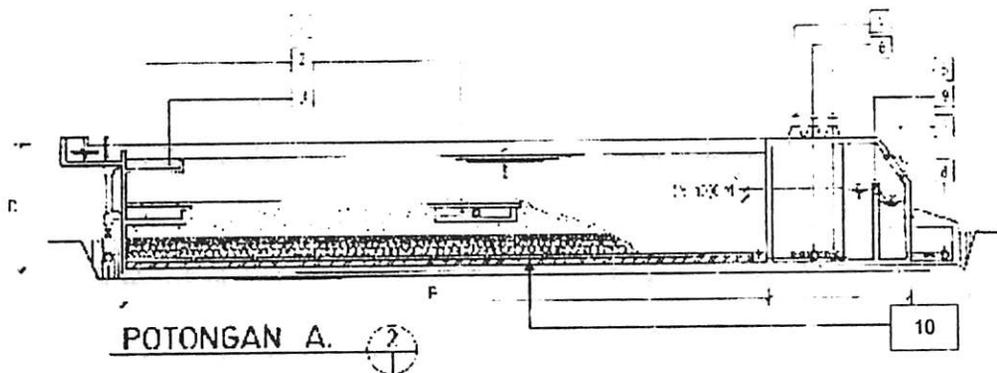
Lampiran A
(Informatif)**Daftar istilah**

saluran masukan	:	<i>inlet</i>
saluran keluaran	:	<i>outlet</i>
melampai, menghindari	:	<i>by-pass</i>
tersumbat, mampat	:	<i>clogging</i>
saluran pengumpul air di bawah media penahan	:	<i>underdrain</i>
diameter efektif	:	<i>effective size (ES)</i>
koefisien keseragaman	:	<i>uniformity coefficient (UC)</i>
air hasil olahan	:	<i>filtrate</i>
lapisan kulit saringan tempat berlangsung proses biokimia dan proses biologis	:	<i>schmutsdecke</i>
media pasir penyaring sudah mampat	:	<i>clogging</i>
Jumlah perbandingan terbesar	:	<i>Most Probable Number (MPN)</i>
Tinggi bebas	:	<i>free board</i>

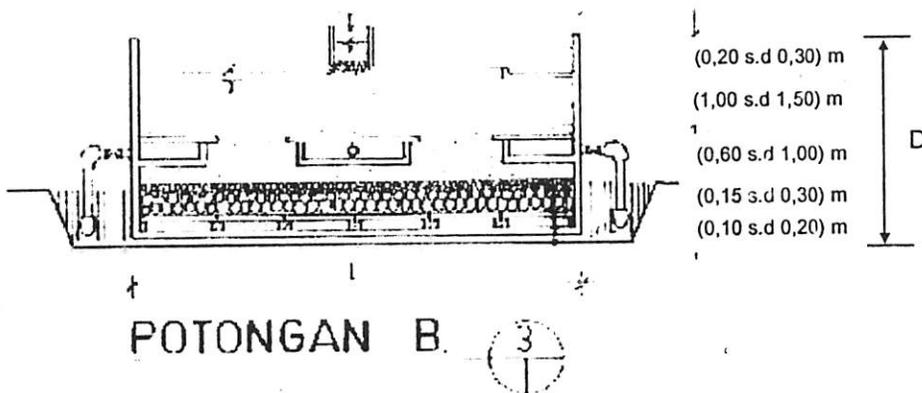
B.1 Gambar denah dan potongan



Gambar B.1.1 Denah instalasi saringan pasir lambat



Gambar B.1.2 Potongan - A instalasi saringan pasir lambat



Gambar B.1.3 Potongan - B instalasi saringan pasir lambat

Keterangan:

1. Saluran masukan (*inlet*).
2. Penguras.
3. Pelimpah.
4. Katup keluran (*outlet*).
5. Katup keluran (*outlet*).
6. Katup pengatur untuk pengisian bak dari bawah.
7. Pintu untuk memeriksa debit pada alat ukur effluen.
8. Pipa *filtrate* ke reservoir.
9. Alat ukur debit *filtrate*.
10. Saluran pengumpul bawah (*underdrain*).

LAMPIRAN H

Standard Kualitas Air Minum

Standard Kualitas Air Minum Berdasarkan KepMenKes RI No.

907/MENKES/SK/VII/2002

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Teknik Pengujian
FISIKA				
1.	Bau	-	tidak berbau	Organoleptik
2.	Rasa	-	normal	Organoleptik
3.	Warna	TCU	maks.15	Spektrofotometri
4.	Total Padatan Terlarut (TDS)	mg/l	maks. 1000	Gravimetri
5.	Kekeruhan	NTU	maks. 5	Spektrofotometri
6.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3°C	Termometer
KIMIA				
7.	Besi (Fe)	mg/l	maks 0.3	AAS
8.	Kesadahan sebagai CaCO ₃	mg/l	maks. 500	Titrimetri
9.	Klorida (Cl)	mg/l	maks 250	Argentometri
10.	Mangan (Mn)	mg/l	maks 0.1	AAS
11.	pH	-	6.5 - 8.5	pH meter
12.	Seng (Zn)	mg/l	maks. 8	AAS
13.	Sulfat (SO ₄)	mg/l	maks 250	Spektrofotometri
14.	Tembaga (Cu)	mg/l	maks. 1	AAS
15.	Klorin (Cl ₂)	mg/l	maks. 5	Titrimetri
16.	Amonium (NH ₄)	mg/l	maks 0.15	Spektrofotometri (Nesler)
KIMIA ANORGANIK				
17.	Arsen (As)	mg/l	maks. 0.01	AAS
18.	Fluorida (F)	mg/l	maks 1.5	Spektrofotometri
19.	Krom heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	maks 0.05	AAS
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	maks. 0.003	AAS
21.	Nitrat (NO ₃)	mg/l	maks 50	Spektrofotometri (Brusin)
22.	Nitrit (NO ₂)	mg/l	maks 3	Spektrofotometri (NED)
23.	Sianida (CN)	mg/l	maks 0.07	Destilasi
24.	Timbal (Pb)	mg/l	maks. 0.01	AAS
25.	Raksa (Hg)	mg/l	maks 0.001	AAS
MIKROBIOLOGI				
24.	E. Coli	APM/100ml	negatif	MPN
25.	Total Bakteri Koliform	APM/100ml	negatif	MPN