

No. TA 1030/S1-TL/0823-P

**KINERJA PAKET IPA METODE *CONTINUOUS DISCHARGES FLOW* (CDF)
DENGAN PENAMBAHAN MEDIA FILTER KARBON AKTIF DALAM
MENYISIHKAN TDS DAN KEKERUHAN AIR BAKU ARTIFISIAL**

TUGAS AKHIR

Oleh:

**NABILA TRI SAFIRA
1910941008**

Dosen Pembimbing:

**RIDWAN, M.T
RERI AFRIANITA, M.T**



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2023**

No. TA 1030/S1-TL/0823-P

**KINERJA PAKET IPA METODE *CONTINUOUS DISCHARGES FLOW* (CDF)
DENGAN PENAMBAHAN MEDIA FILTER KARBON AKTIF DALAM
MENYISIHKAN TDS DAN KEKERUHAN AIR BAKU ARTIFISIAL**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-I
Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Andalas

Oleh:

NABILA TRI SAFIRA
1910941008

Dosen Pembimbing:

RIDWAN, M.T

RERI AFRIANITA, M.T



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

KINERJA PAKET IPA METODE *CONTINUOUS DISCHARGES FLOW* (CDF) DENGAN PENAMBAHAN MEDIA FILTER KARBON AKTIF DALAM MENYISIHKAN TDS DAN KEKERUHAN AIR BAKU ARTIFISIAL

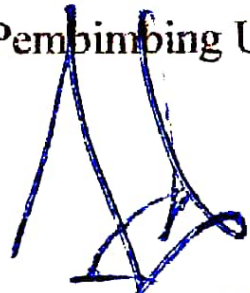
Nama : Nabila Tri Safira

NIM : 1910941008

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal: 01 Agustus 2023

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,



Ridwan, M.T

NIP. 197906112002121004

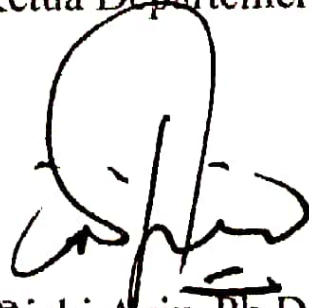
Kopembimbing,



Reri Afrianita, M.T

NIP.197704172006042002

Disahkan oleh:
Ketua Departemen,



Rizki Aziz, Ph.D

NIP. 197610312005011001

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir yang ditulis dengan judul: **Kinerja Paket IPA Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF) dengan Penambahan Media Filter Karbon Aktif dalam Menyisihkan *Total Dissolved Solids* (TDS) dan Kekeruhan Air Baku Artifisial** adalah benar hasil kerja/karya saya sendiri dan bukan merupakan tiruan hasil kerja/karya orang lain, kecuali kutipan pustaka yang sumbernya dicantumkan. Jika kemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Nabila Tri Safira
NIM.1910941008

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk menganalisis kinerja Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) metode Continuous Discharges Flow (CDF) menggunakan media filter karbon aktif dan pasir kuarsa dalam menyisihkan parameter Total Dissolved Solid (TDS) dan kekeruhan. Penelitian menggunakan reaktor skala laboratorium berukuran $1,55 \times 0,44 \times 1,20 \text{ m}^3$ dengan material plat besi. Reaktor terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan dengan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), unit flokulasi hidrolis dengan baffle channel, unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi. Unit sedimentasi menggunakan nilai CDF 10% dari debit aliran masuk, resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas cone 13% terhadap luas permukaan, dan posisi cone 66% terhadap ketinggian. Sampel air baku artifisial memiliki nilai TDS awal 1.108 mg/L dan kekeruhan 114,38 NTU dengan menggunakan debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam. Hasil penelitian menunjukkan kinerja paket IPA dengan media tunggal berupa pasir kuarsa dalam menyisihkan TDS secara berturut-turut adalah 11,08%, 10,74%, dan 10,62% dengan nilai TDS akhir 985,20 mg/L, 989,00 mg/L, dan 990,30 mg/L, sedangkan efisiensi penyisihan kekeruhan adalah 97,80%, 96,66%, dan 95,61% dengan nilai kekeruhan akhir 2,57 NTU, 3,82 NTU, dan 5,03 NTU. Sementara kinerja paket IPA dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dalam menyisihkan TDS adalah sebesar 91,03%, 81,56%, dan 74,85% dengan nilai TDS akhir 99,40 mg/L, 204,30 mg/L, dan 278,70 mg/L, sedangkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 98,39%, 97,65%, dan 96,42% dengan nilai kekeruhan akhir 1,85 NTU, 2,69 NTU, dan 4,10 NTU. Penambahan media filter karbon aktif di unit filtrasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan parameter TDS dan kekeruhan pada Paket IPA metode CDF.

Kata kunci: Continuous Discharge Flow (CDF), filtrasi, kekeruhan, Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA), Total Dissolved Solid (TDS)



ABSTRACT

The research aims to analyze the performance of the Water Treatment Plant (WTP) Package Continuous Discharges Flow (CDF) method using activated carbon and quartz sand filter media in removing Total Dissolved Solid (TDS) and turbidity parameters. The study used a laboratory-scale reactor measuring $1.55 \times 0.44 \times 1.20 \text{ m}^3$ with iron plate material. The reactor consists of a hydraulic coagulation unit in the form of a plunge with Poly Aluminum Chloride (PAC) coagulant, a hydraulic flocculation unit with a baffle channel, a CDF method sedimentation unit, and a filtration unit. The sedimentation unit uses a CDF value of 10% of the inflow discharge, 100% recirculation of CDF flow, a cone area ratio of 13% to surface area, and a cone position of 66% to height. The artificial raw water sample has an initial TDS value of 1,108 mg/L and turbidity of 114.38 NTU using a discharge of 240 L/h, 360 L/h, and 480 L/h. The results showed that the performance of the WTP package with a single media in the form of quartz sand in setting aside TDS was 11.08%, 10.74%, and 10.62% respectively with final TDS values of 985.20 mg/L, 989.00 mg/L, and 990.30 mg/L, while the efficiency of turbidity removal was 97.80%, 96.66%, and 95.61% with final turbidity values of 2.57 NTU, 3.82 NTU, and 5.03 NTU. The performance of the WTP package with dual media in the form of activated carbon and quartz sand in removing TDS is 91.03%, 81.56%, and 74.85% with final TDS values of 99.40 mg/L, 204.30 mg/L, and 278.70 mg/L, while the turbidity removal efficiency is 98.39%, 97.65%, and 96.42% with final turbidity values of 1.85 NTU, 2.69 NTU, and 4.10 NTU. The addition of activated carbon filter media in the filtration unit can increase the removal efficiency of TDS and turbidity parameters in the CDF method WTP Package.

Keywords: Continuous Discharge Flow (CDF), filtration, Total Dissolved Solid (TDS), turbidity, Water Treatment Plant (WTP) Package



KATA PENGANTAR



Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Kinerja Paket IPA Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF) dengan Penambahan Media Filter Karbon Aktif dalam Menyisihkan *Total Dissolved Solids* (TDS) dan Kekeruhan Air Baku Artifisial”**. Shalawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW telah membawa kita menuju alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti saat ini, *Allahumma shalli'ala saydina muhammad wa'alaali muhammad*. Penulisan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Strata-1 pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua yang saya sayangi dan cintai Ayahanda alm. Trismayadi dan Ibunda Asmariansi yang telah menjadi orang tua terbaik yang selalu senantiasa mendo'akan disetiap tegak dan sujudnya, memberikan semangat, motivasi, kasih sayang, dan dukungan baik secara moril maupun materil untuk penulis sejak dilahirkan hingga saat ini. Kakanda-kakanda tersayang Reza Gunawan dan Amalia Oktami yang menjadi *supporting system*, memberikan semangat, dukungan, doa, dan kesabaran yang sangat besar dalam menguatkan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah meridhoi kita berkumpul di jannahnya;
2. Papa, Mama, Kak Mutia dan seluruh keluar besar yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil, memberikan do'a, semangat, motivasi, dan kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Lingkungan ini dengan berkah dan lancar. Semoga Allah memberikan keberkahan dan kemudahan atas segala urusannya;

3. Bapak Ridwan, M.T dan Ibu Reri Afrianita, M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu dan dengan sabar memberikan ilmu, saran, bimbingan, arahan, dukungan, dan do'a dan semangat yang sangat berharga bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Bapak dan Ibu selalu dimudahkan urusannya;
4. Ibu Prof. Shinta Indah, Ph.D dan ibu Prof. Vera Surtia Bachtiar, Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan serta motivasi yang membangun selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Ibu dimudahkan urusannya;
5. Bapak Rizki Aziz, Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas;
6. Ibu Yega Serlina, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir dan Ibu Yommi Dewilda, M.T selaku Ketua Prodi Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah membantu memberikan arahan dalam menjalani setiap tahapan Tugas Akhir;
7. Ibu Yega Serlina, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik dan orang tua kedua penulis selama perkuliahan yang dengan semangat memberikan dukungan, bimbingan, dan doa-doa terbaik demi kelancaran penulis selama menuntut ilmu di Departemen Teknik Lingkungan;
8. Bapak dan Ibu dosen serta karyawan-karyawati Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan ilmu yang sangat berharga baik dalam pengerjaan Tugas Akhir ini maupun untuk masa yang akan datang;
9. Uni Firda Winengsih selaku analis Laboratorium Hidrolika Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan dan Ibu Syofni, S.Si selaku analis Laboratorium Air Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan bantuan, dukungan, arahan dan semangat selama melakukan penelitian untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini;
10. Teman terdekat penulis Tika Syabrinna si paling sabar (semoga) dan Dili si paling ovt, terima kasih atas kehadirannya dalam hidup penulis, terima kasih telah membuat penulis dapat membuka diri, terima kasih telah membantu, menghibur, dan memotivasi penulis, terima kasih atas semua pengalaman

yang membuat masa perkuliahan ini menjadi lebih bahagia dan bermakna. Semoga sukses dan lancar untuk urusan kedepannya;

11. Teman-teman tercinta Salwa *pick me girl*, Kak Dia, Savira Ponita, Fizza, Salwa Salbil, Rose, Ika, Manda, Dinda, Fifiy, Hasna, Tiva serta partner *cirlcle* “Tiba Tiba Teman” Lala dan Ami, terima kasih telah mengisi masa perkuliahan penulis menjadi lebih bahagia dan bermakna, senang bisa mengenal kalian. Semoga sukses untuk urusan kedepannya dan sampai bertemu kembali di lain waktu;
12. Rekan penelitian penulis satu-satunya Vira Ponita Ahimsyih yang telah berjuang bersama penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sabar dan semangat. Semoga sukses selalu kedepannya;
13. Rekan-rekan “Brigezwati” tercinta Farida, Septia, Alya dan Juwi, terima kasih atas eksistensinya di masa penyelesaian Tugas Akhir penulis, terima kasih telah membantu, menghibur, memotivasi, dan memberikan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lebih seru dan lancar, senang bisa mengenal kalian. Semoga sukses dan dilancarkan segala urusannya;
14. Rekan-rekan asisten dan praktikan Laboratorium Hidrolika Lingkungan, Tugas Besar Menggambar Rekayasa, TPAM, TPALE, PBPAM dan PBPAL, serta rekan-rekan mentoring yang telah setia bekerjasama menjadi partner penulis dalam menjalankan amanah dan terima kasih atas bantuan, dukungan dan do’a yang diberikan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga diberkahi segala urusannya;
15. Rekan-rekan Ligo’ Akhwat, Kak Rindu, Dini, Arah, Fifiy, Rose, Ulan, Vira, terima kasih telah memberikan penulis dukungan, saran, do’a dan nasihat, serta senantiasa mengingatkan penulis untuk istiqomah di jalan Allah SWT dan menguatkan keimanan dan ketaqwaan dalam proses hijrah, terima kasih telah kebersamai dan berjuang bersama. Semoga Allah meridhoi kita berkumpul di jannahnya;
16. Teman-teman KKN Meraki Sikabu, terkhususnya Dhie, Nadia, Ipit, Debora, Ocha, Salsa, Dila, Ipeh, Midah, dan Puji yang telah mengisi masa perkuliahan penulis menjadi lebih bermakna, terima kasih atas dukungan, bantuan dan

pengalamannya, senang bisa mengenal kalian. Semoga sukses untuk kedepannya;

17. Rekan-rekan FORISTEK yang telah mengenalkan penulis dalam dunia dakwah dan ukhuwah islamiyah yang benar-benar tulus, terima kasih telah kebersamai dan berjuang bersama. Semoga dimudahkan segala urusannya;
18. Teman-teman seperjuangan EQUIVALENT yang tidak akan pernah bisa ditemukan beragam sifat dan karakter di tempat dan waktu lain, terima kasih telah banyak mengajarkan hal-hal yang luar biasa, terima kasih telah mengisi hari-hari penulis selama masa perkuliahan baik dengan suka maupun duka, terima kasih atas bantuan, do'a, dukungan, dan motivasi serta semangat yang teman-teman berikan. Semoga kita sukses di dunia dan di akhirat;
19. Uda Anggi dan Uda Arya yang telah membantu penulis selama penelitian dan proses penyelesaian Tugas Akhir;
20. Uda, uni, rekan dan adik-adik anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) Fakultas Teknik, Universitas Andalas yang selalu memberikan semangat, dukungan, do'a dan arahan kepada penulis selama masa perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir;
21. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menerima segala bentuk kritik dan saran demi kesempurnaan laporan ini dan perbaikan di masa yang akan datang. Semoga Allah SWT membalas kebaikan dengan yang lebih baik, Aamiin ya Robbal 'Aalamiin.

Padang, Agustus 2023

Nabila Tri Safira

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan tujuan Penelitian	3
1.2.1 Maksud Penelitian	3
1.2.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	7
2.2 Sumber Air Baku.....	7
2.3 Standar Kualitas Air Minum	8
2.4 Kekeruhan	12
2.5 <i>Total Dissolved Solid (TDS)</i>	12
2.6 Paket Instalasi Air Minum (IPA)	13
2.7 Koagulasi.....	14
2.8 Flokulasi	17
2.9 Sedimentasi	19
2.10 Filtrasi	22
2.11 Media Filter	25
2.12 Metode <i>Continuous Discharge Flow (CDF)</i>	27
2.13 Analisis Korelasi <i>Rank Spearman</i>	29
2.14 Penelitian Terdahulu	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum.....	35
3.2 Tahapan Penelitian.....	35
3.2.1 Studi Literatur.....	37
3.2.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	37
3.2.3 Pengujian Reaktor.....	48
3.2.4 Pengoperasian Reaktor.....	49
3.2.5 Pengambilan Data.....	50
3.2.6 Analisis dan Pembahasan.....	52

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum.....	55
4.2 Perancangan Alat.....	55
4.2.1 Unit Koagulasi.....	55
4.2.2 Unit Flokulasi.....	56
4.2.3 Unit Sedimentasi.....	57
4.2.4 Unit Filtrasi.....	58
4.2.5 Rekapitulasi Perhitungan Desain Unit Paket IPA.....	59
4.3 Air Baku Artifisial.....	66
4.4 Dosis Optimum Koagulan.....	66
4.5 Analisis Penyisihan TDS dan Kekeruhan.....	67
4.5.1 Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi.....	67
4.5.2 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi.....	71
4.5.3 Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi.....	75
4.5.4 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi.....	80
4.5.5 Efisiensi Penyisihan TDS pada Paket IPA.....	84
4.5.6 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Paket IPA.....	86
4.5.7 Rekapitulasi Hasil Penelitian.....	88

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	90
5.2 Saran.....	91

DAFTAR PUSTAKA.....	xiv
----------------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Kualitas Air Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	11
Tabel 2.2	Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi	16
Tabel 2.3	Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi.....	19
Tabel 2.4	Kriteria Desain Unit Sedimentasi	21
Tabel 2.5	Perbandingan Saringan Pasir Cepat dan Saringan Pasir Lambat.....	23
Tabel 2.6	Kriteria Perencanaan Unit Filtrasi	24
Tabel 2.7	Interpretasi Nilai r	29
Tabel 2.8	Penelitian Terdahulu	31
Tabel 3.1	Pengambilan Data dan Percobaan Parameter TDS.....	51
Tabel 3.2	Pengambilan Data dan Percobaan Parameter Kekeruhan.....	52
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Desain Unit Koagulasi	56
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Desain Unit Flokulasi.....	57
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Desain Unit Sedimentasi.....	58
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Desain Unit Filtrasi	59
Tabel 4.5	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Desain Paket IPA Metode CDF	60
Tabel 4.6	Karakteristik Air Baku Artifisial	66
Tabel 4.7	Penentuan Dosis Optimum Koagulan PAC	66
Tabel 4.8	Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi pada Penelitian Sebelumnya.....	69
Tabel 4.9	Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi.....	71
Tabel 4.10	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Sedimentasi Metode CDF oleh Penelitian Sebelumnya.....	73
Tabel 4.11	Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi.....	75
Tabel 4.12	Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya.....	77
Tabel 4.13	Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi.....	79

Tabel 4.14	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya.....	81
Tabel 4.15	Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi.....	84
Tabel 4.16	Rincian Data Pengukuran Parameter TDS dari Paket IPA dengan Variasi Media Filter.....	85
Tabel 4.17	Rincian Data Pengukuran Parameter Kekeruhan dari Paket IPA dengan Variasi Media Filter.....	86
Tabel 4.18	Rekapitulasi Hasil Penelitian.....	89



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Paket IPA	14
Gambar 2.2	Bangunan Koagulasi dengan Terjunan.....	17
Gambar 2.3	Flokulasi dengan <i>Baffle Channel</i>	18
Gambar 2.4	Filter Media Ganda	26
Gambar 2.5	Gaya yang Bekerja pada Partikel atau Flok	27
Gambar 2.6	<i>Layout</i> Reaktor Paket IPA Metode CDF	28
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan penelitian	36
Gambar 3.2	Reaktor Paket IPA Metode CDF	37
Gambar 3.3	<i>Layout</i> Reaktor Paket IPA Metode CDF	38
Gambar 3.4	Potongan <i>Layout</i> Paket IPA Metode CDF.....	38
Gambar 3.5	Pompa Air.....	39
Gambar 3.6	Bejana 110 L.....	39
Gambar 3.7	Gelas Ukur 500 mL	40
Gambar 3.8	Wadah Koagulan PAC	40
Gambar 3.9	<i>Magnetic Stirrer</i>	41
Gambar 3.10	Kuvet Kaca	41
Gambar 3.11	Spektrofotometer Uv-vis	42
Gambar 3.12	<i>Stopwatch</i>	42
Gambar 3.13	Neraca Analitik.....	43
Gambar 3.14	<i>Jar Test</i>	43
Gambar 3.15	pH meter.....	44
Gambar 3.16	TDS meter	44
Gambar 3.17	Koagulan PAC.....	45
Gambar 3.18	<i>Kaolin Clay</i> dan NaCl	46
Gambar 3.19	Media Filter Karbon Aktif.....	47
Gambar 3.20	Media Filter Pasir Kuarsa	47
Gambar 4.1	<i>Layout</i> Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Tunggal	62
Gambar 4.2	Potongan Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Tunggal	63
Gambar 4.3	<i>Layout</i> Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Ganda	64
Gambar 4.4	Potongan Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Ganda	65

Gambar 4.5	Perbandingan TDS Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu	68
Gambar 4.6	Efisiensi penyisihan TDS di Unit Sedimentasi	70
Gambar 4.7	Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu	72
Gambar 4.8	Efisiensi penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi.....	73
Gambar 4.9	Perbandingan TDS Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu	76
Gambar 4.10	Efisiensi penyisihan TDS di Unit Filtrasi.....	77
Gambar 4.11	Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu	80
Gambar 4.12	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi	83
Gambar 4.13	Perbandingan Efisiensi Penyisihan TDS pada Paket IPA dengan Variasi Media Filter	85
Gambar 4.14	Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Paket IPA dengan Variasi Media Filter	87



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Peraturan
- Lampiran 1A SNI 19-6449-2000 tentang Metode Pengujian Koagulasi dan Flokulasi dengan Cara Jar;
- Lampiran 1B SNI 06-6989.25-2005 tentang Air dan air limbah- Bagian 25: Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer;
- Lampiran 1C SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air;
- Lampiran 1D Standar Operasional Prosedur Conductance meter SOP-PH102-2021
- Lampiran 1E Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan
- Lampiran 2 Perhitungan Desain Alat
- Lampiran 3 Data Hasil Penelitian
- Lampiran 4 Dokumentasi





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia karena selalu digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Air bersih yang digunakan harus memenuhi standar kualitas tertentu sebagai air baku untuk air minum. Air baku yang digunakan untuk penyediaan air bersih di kota-kota besar di Indonesia sebagian besar berasal dari air permukaan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perkotaan. Adanya pengaruh tersebut dapat menyebabkan turunnya kualitas air baku dari waktu ke waktu baik dari parameter fisik, kimia maupun biologi terutama di wilayah hilir sungai. Salah satu bentuk penurunan kualitas fisik air baku yang dapat diidentifikasi secara langsung yaitu adanya *Total Dissolved Solid* (TDS) dan kekeruhan pada air baku tersebut.

Berdasarkan penelitian Ofiyen & Puryanti (2022), pada Sungai Batang Arau terjadi penurunan kualitas fisik air baku dengan didapatkan nilai TDS sungai adalah sebesar 1.040,50 mg/L. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Ramadhawati dkk. (2021), terhadap kualitas air Sungai Cisadane, didapatkan nilai kekeruhan 105,50 NTU akibat aliran dari sumber air alami dan industri mengalir ke muara dan menumpuk di hilir sungai. Agar air yang mengandung TDS dan kekeruhan tinggi dapat dikonsumsi, maka air baku harus diolah terlebih dahulu.

Instalasi pengolahan air dapat digunakan dalam menyisihkan parameter TDS dan kekeruhan yang tinggi pada air baku agar layak untuk dikonsumsi. Instalasi pengolahan air merupakan proses pengurangan konsentrasi pencemar di dalam air sehingga kualitas air dapat ditingkatkan dalam memenuhi persyaratan kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan yaitu <300 mg/L untuk parameter TDS dan <3 NTU untuk parameter kekeruhan. Instalasi pengolahan air adalah unit paket yang terdiri dari proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi untuk mengolah

air baku melalui proses fisik, kimia, atau biologi tertentu untuk menghasilkan air minum yang memenuhi standar mutu yang sesuai (SNI 6774:2008).

Salah satu pengembangan metode terbaru pada paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) adalah menggunakan unit sedimentasi metode *Continous Discharges Flow* (CDF). Metode CDF merupakan aliran buangan secara kontinu pada zona pengendapan yang mengakibatkan terjadinya aliran ke bawah (*downflow*). Aliran buangan yang kontinu dan terkendali karena kebocoran ini bertujuan memperbesar resultan gaya ke bawah yang bekerja pada partikel, sehingga laju pengendapan partikel/flok menjadi lebih besar dan akan meningkatkan tingkat penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi (Ridwan dkk., 2021). Hasil penelitian yang dilakukan Yolandita (2022), menyatakan bahwa unit sedimentasi metode CDF dengan nilai aliran bukaan 6% dari debit aliran masuk mampu menyisihan kekeruhan pada air baku sebesar 92,44% dengan kekeruhan awal 110,24 NTU menjadi 8,33 NTU.

Unit filtrasi juga merupakan salah satu unit yang dapat menyisihkan parameter TDS dan kekeruhan. Filtrasi adalah proses pengolahan air secara fisik untuk menghilangkan partikel padat dalam air dengan melewati air melalui material berpori dengan ketebalan dan diameter butiran tertentu (Ratna N.N. & Purnomo, 2020). Adapun media yang digunakan dalam filtrasi antara lain adalah pasir, kerikil, dan karbon aktif (Hartuno dkk., 2014). Pasir kuarsa merupakan media filter berupa pasir putih hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan lumpur atau tanah dan sedimen pada air (Daulay dkk., 2019). Pasir kuarsa biasanya digunakan sebagai media filtrasi pada tahap awal untuk mengolah air kotor menjadi air bersih. Karbon aktif merupakan media adsorpsi berwarna hitam yang mampu mengadsorpsi gas dan senyawa kimia tertentu, dan sifat adsorpsinya selektif tergantung pada ukuran pori atau volume dan luas permukaan. Karbon aktif digunakan untuk menghilangkan zat organik, logam, bau dan kontaminan lainnya (Laos & Selan, 2016).

Reaktor Paket IPA yang terdiri dari unit koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi yang pada umumnya telah dilakukan berbagai variasi untuk meningkatkan efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan

Anggika (2022), pengembangan kinerja Paket IPA menggunakan unit sedimentasi metode CDF dengan nilai bukaan CDF 10% dari debit aliran masuk, resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas *cone* 13% terhadap luas permukaan unit sedimentasi, posisi ketinggian *cone* 66% terhadap dasar zona pengendapan, media filter pasir kuarsa dengan variasi debit 240 L/jam, 360 L/jam, 480 L/jam, dapat menyisihkan kekeruhan awal sebesar 124,91 NTU dengan efisiensi penyisihan secara berturut-turut adalah 98,72%, 97,46%, dan 96,46% menjadi 1,60 NTU, 3,18 NTU, dan 4,43 NTU. Pada penelitian tersebut belum diukur nilai parameter TDS yang dapat disisihkan oleh paket IPA metode CDF, dan nilai parameter kekeruhan akhir air baku belum memenuhi baku mutu untuk setiap variasi debit. Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Ningrum (2020), unit filtrasi dengan susunan media filter karbon aktif dan pasir kuarsa memberikan efisiensi penyisihan TDS sebesar 99,46% dengan TDS awal 204 mg/L menjadi 1,10 mg/L dan kekeruhan sebesar 88,17% dengan kekeruhan awal 87,10 NTU menjadi 10,30 NTU. Reaktor Paket IPA metode CDF belum dilakukan pengukuran kinerja terhadap penyisihan parameter TDS. Penambahan media filter berupa karbon aktif pada unit filtrasi Paket IPA metode CDF dilakukan dalam upaya untuk memberikan pengaruh terhadap peningkatan dalam penyisihan TDS dan kekeruhan pada air baku.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan penambahan media filter berupa karbon aktif dan pasir kuarsa pada unit filtrasi. Penambahan karbon aktif sebagai media filter di Paket IPA metode CDF diharapkan mampu mengolah air baku dengan parameter TDS yang tinggi disamping dengan parameter kekeruhan yang tinggi pula. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui kinerja Paket IPA dalam menyisihkan TDS dan kekeruhan air baku setelah dilakukan penambahan media filter berupa karbon aktif pada unit filtrasi.

1.2 Maksud dan tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja Paket IPA metode CDF menggunakan karbon aktif dan pasir kuarsa sebagai media filter pada unit filtrasi dalam menyisihkan TDS dan kekeruhan pada air baku.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan pada unit sedimentasi metode CDF;
2. Menganalisis efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan pada unit filtrasi dengan media filter karbon aktif dan pasir kuarsa;
3. Menganalisis efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan pada Paket IPA metode CDF;
4. Menganalisis pengaruh variasi debit produksi dan penambahan media karbon aktif pada unit filtrasi dalam menyisihkan parameter TDS dan kekeruhan pada Paket IPA metode CDF.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menyempurnakan kinerja Paket IPA menggunakan unit sedimentasi metode CDF dalam penyisihan TDS dan kekeruhan air baku;
2. Menjadi alternatif dalam upaya meningkatkan efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan air baku pada penelitian sebelumnya;
3. Hasil dari penelitian diharapkan dapat diterapkan pada skala lapangan di Paket IPA.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan reaktor Paket IPA yang terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, unit flokulasi hidrolis dengan *baffle channel*, unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi dengan media ganda;
2. Unit sedimentasi metode CDF menggunakan bukaan 10% dari debit aliran masuk, resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas *cone* 13% terhadap luas permukaan unit sedimentasi dan ketinggian posisi *cone* 66% terhadap dasar zona pengendapan;

3. Unit filtrasi menggunakan media tunggal berupa pasir kuarsa, dan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa sebagai variasi;
4. Penelitian ini menggunakan debit desain 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam sebagai variasi debit;
5. Penelitian menggunakan sampel air baku artifisial dengan karakteristik tingkat TDS dan kekeruhan;
6. Air baku artifisial yang dibuat pada penelitian ini memiliki nilai TDS 1.108 mg/L dan kekeruhan 114,38 NTU;
7. Koagulan yang digunakan adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dengan dosis optimum ditentukan melalui *jar test*;
8. Pengukuran TDS dan kekeruhan air dilakukan dari *outlet* unit sedimentasi metode CDF dan *outlet* unit filtrasi;
9. Penelitian dilakukan sebanyak dua kali pengulangan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi studi literatur yang membahas tentang dasar-dasar teori, air baku, sumber air baku, persyaratan air baku, karakteristik parameter TDS dan kekeruhan air, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, metode CDF, dan penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang memuat studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengujian reaktor, tata cara pengoperasian alat, pengambilan data, serta analisis dan pembahasan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data hasil percobaan yang telah dilakukan dan pembahasan mengenai hubungan peningkatan debit terhadap efisiensi

penyisihan TDS dan kekeruhan air baku dari air hasil olahan unit sedimentasi, unit filtrasi, dan paket IPA metode CDF.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang diuraikan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Air bersih adalah kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari. Air bersih yang digunakan kualitasnya harus memenuhi syarat kesehatan dan layak untuk diminum (Subekti, 2012). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, air minum yang aman bagi kesehatan yaitu jika memenuhi kriteria fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif.

Instalasi Pengolahan Air Bersih (IPA) merupakan instalasi untuk mengolah air baku menjadi air bersih yang mempunyai kualitas aman untuk dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari. Instalasi pengolahan air memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas air bersih melalui proses fisika, kimia, dan biologi. Proses ini dapat mengubah air baku yang sebelumnya tidak aman bagi manusia menjadi air bersih yang aman untuk dikonsumsi (Gustinawati, 2018).

2.2 Sumber Air Baku

Berdasarkan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, air baku adalah air yang dihasilkan dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, atau air hujan yang memenuhi standar mutu tertentu untuk digunakan sebagai air minum. Unit instalasi pengolahan air dapat digunakan untuk mengolah air baku agar dapat memenuhi persyaratan air minum. Parameter air baku sangat bergantung pada area yang telah dilewatinya, terutama untuk air permukaan. Air permukaan terdiri dari polutan fisik yang terdiri dari partikel-partikel tersuspensi, koloid, pasir, kerikil, dan pasir (Husaeni dkk., 2018).

Air di bumi mengalami siklus hidrologi untuk memastikan bahwa makhluk hidup tidak kekurangan air. Siklus hidrologi yang berlangsung terus menerus, menghasilkan berbagai sumber air yang memungkinkan makhluk hidup untuk menggunakan air dari berbagai sumber. Sumber air baku yang dapat digunakan sebagai sumber air bersih terbagi menjadi empat bagian, yaitu (Sutrisno, 2010):

1. Air Permukaan

Sungai, danau, dan saluran irigasi adalah sumber air permukaan. Air permukaan berasal dari air tanah dan air hujan yang mengalir melalui tanah dan masuk ke penampungan air permukaan. Partikel mineral yang terlarut akan tetap ada pada air permukaan, tetapi zat organik di dalamnya akan diuraikan secara kimiawi dan mikrobiologis.

2. Air Tanah

Air tanah mengalir melalui tanah dan masuk ke cekungan air permukaan. Air permukaan masih mengandung partikel mineral terlarut, tetapi bahan organik di dalamnya terurai secara kimiawi dan mikrobiologis.

3. Air Laut

Sebagian besar air di bumi berada pada samudera atau laut dengan tingkat salinitas yang tinggi. Air laut dapat digunakan sebagai sumber air minum dapat diolah melalui proses desalinasi, yang berarti penghilangan garam pada air. Ada beberapa metode untuk desalinasi, diantaranya proses penyulingan, *reverse osmosis*, atau pertukaran ion.

4. Air Hujan

Air hujan adalah air yang menguap karena adanya sinar matahari dan mengalami evaporasi. Uap air akan bercampur dan melarutkan gas oksigen, nitrogen, karbon dioksida, debu, dan senyawa lainnya yang ada di udara. Kondisi lingkungan sangat memengaruhi kualitas air hujan.

2.3 Standar Kualitas Air Minum

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang memenuhi standar kesehatan. Kualitas air minum sangat penting untuk memastikan bahwa air aman dikonsumsi oleh masyarakat. Kualitas air harus memenuhi standar fisik, kimia, dan biologi (Qasim dkk., 2002). Beberapa syarat air minum yang aman untuk dikonsumsi adalah sebagai berikut: (Kusnaedi, 2010):

1. Persyaratan Fisik

Parameter fisik yang diperlukan untuk air minum yang layak minum diantaranya adalah kekeruhan, bau, rasa, *Total Dissolved Solid (TDS)* atau

jumlah zat padat terlarut, suhu, dan warna. Rincian persyaratan fisik air yang layak minum adalah sebagai berikut:

a. Kekeruhan

Kualitas air yang baik yaitu air yang tidak keruh. Air menjadi keruh, kotor, dan berlumpur karena partikel yang tersuspensi di dalamnya. Batas maksimal kekeruhan air layak minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan adalah <3 NTU.

b. Bau dan Rasa

Kualitas air yang baik adalah air yang tawar dan tidak berbau. Kualitas air dapat dipengaruhi oleh bau dan rasa yang dapat diidentifikasi langsung oleh indra penciuman dan pengecap. Bau busuk menunjukkan bahwa mikroorganisme di dalam air sedang menguraikan bahan organik. Senyawa fenol juga dapat menyebabkan adanya efek bau dan rasa pada air.

c. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Air yang layak untuk diminum adalah air yang tidak mengandung TDS. TDS di dalam air dapat berupa bahan-bahan kimia organik maupun anorganik dan gas-gas yang terlarut. Batas maksimal TDS berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan yang diperbolehkan adalah <300 mg/L.

d. Suhu

Air yang baik memiliki temperatur normal yaitu 27°C. Suhu yang lebih tinggi dari batas normal menunjukkan bahwa ada bahan kimia yang terlarut dalam jumlah besar. Bahan kimia tersebut dapat berupa belerang atau fenol, atau proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme.

e. Warna

Warna pada air disebabkan oleh mikroorganisme seperti plankton atau bahan kimia yang terlarut di dalamnya. Warna yang dihasilkan oleh bahan kimia dikenal sebagai *apparent color* yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

2. Persyaratan Kimia

Persyaratan kimia yang diperlukan untuk air yang layak minum adalah derajat keasaman (pH), tingkat kesadahan, dan konsentrasi bahan kimia organik dan anorganik. Persyaratan kimia untuk air yang layak minum adalah sebagai berikut:

a. Derajat Keasaman (pH)

pH menunjukkan derajat keasaman suatu larutan. Air netral adalah air yang baik dengan $\text{pH} = 7$. Air yang bersifat asam memiliki $\text{pH} < 7$. Sedangkan air yang bersifat basa memiliki $\text{pH} > 7$. pH minimum dan maksimum air yang layak minum adalah 6,5 - 8,5.

b. Tingkat Kesadahan

Adanya ion positif (kation) logam dengan valensi dua, seperti Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , dan Fe^{2+} , menyebabkan kesadahan pada air. Kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} biasanya menyebabkan kesadahan air karena dapat membentuk kerak dalam reaksi dengan air sabun. Tingkat kesadahan tidak berdampak pada kesehatan tubuh.

c. Kandungan Kimia Organik

Air berkualitas baik mengandung bahan kimia organik dalam jumlah yang tidak melebihi batas. Tubuh membutuhkan air yang mengandung bahan kimia organik dalam batas tertentu. Namun, jika konsentrasi bahan kimia organik melebihi batas, dapat menyebabkan masalah bagi tubuh. Hal ini terjadi karena bahan kimia organik dapat berubah menjadi racun berbahaya jika melebihi batas ambang. Bahan kimia organik ini diantaranya adalah NO_3 , NH_4 , SO_4^{2-} , dan H_2S .

d. Kandungan Kimia Anorganik

Air yang layak minum tidak mengandung bahan kimia anorganik dalam jumlah tertentu. Bahan kimia anorganik diantaranya terdiri garam dan ion-ion logam (Ca, Cl, Hg, Zn, Cr, Mg, Fe, Al, K, Pb).

3. Persyaratan Biologi

Air minum berdasarkan persyaratan biologi harus bebas dari organisme patogen dan non patogen. Persyaratan biologi air layak minum adalah sebagai berikut:

a. Tidak Mengandung Organisme Patogen

Beberapa mikroorganisme patogen yang ditemukan di air berasal dari kelompok bakteri, protozoa, dan virus yang menyebabkan penyakit. Organisme patogen dapat membahayakan kesehatan manusia.

b. Tidak Mengandung Mikroorganisme Non patogen

Mikroorganisme yang tidak berbahaya bagi kesehatan tubuh disebut mikroorganisme non patogen. Bakteri *e-coli* (*Coliform bacteria*), *Fecal streptococci*, *algae* adalah mikroorganisme nonpatogen yang menimbulkan bau dan rasa tidak enak pada air.

4. Syarat Radioaktif

Radioaktif memiliki kemampuan untuk menembus jaringan tubuh manusia, yang dapat merusak sel yang terpapar. Air baku yang digunakan untuk air minum tidak boleh mengandung zat yang dapat menghasilkan bahan radioaktif seperti sinar alfa, gamma, atau beta.

Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat tidak menimbulkan masalah kesehatan, jadi perlu ditetapkan standar kualitas air minum. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, air minum aman bagi kesehatan manusia jika memenuhi persyaratan fisika, kimia, dan biologi yang tercantum dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Semua penyelenggara air minum harus mematuhi dan mematuhi persyaratan kualitas air minum wajib ini. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan mengatur standar kualitas air minum yang dapat dilihat pada **Tabel 2.1** sebagai berikut:

Tabel 2.1 Parameter Kualitas Air Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
Parameter Mikrobiologi			
1.	<i>Escherichia coli</i>	Jumlah per 100 mL sampel	0
2.	<i>Total coliform</i>	Jumlah per 100 mL sampel	0
Parameter Fisik			
3.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
4.	Total zat padat terlarut (TDS)	mg/L	<300
5.	Kekeruhan	NTU	<3
6.	Warna	TCU	10
7.	Bau		Tidak berbau

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
Parameter Kimia			
8.	pH	mg/L	6,5-8,5
9.	Nitrat (sebagai NO ₃ ⁻) (terlarut)	mg/L	20
10.	Nitrit (sebagai NO ₂ ⁻) (terlarut)	mg/L	3
11.	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) (terlarut)	mg/L	0,01
12.	Besi (Fe) (terlarut)	mg/L	0,2
13.	Mangan (Mn) (terlarut)	mg/L	0,1

Sumber: PERMENKES/02/2023

2.4 Kekeruhan

Kekeruhan pada air menandakan air tersebut tidak bersih dan tidak sehat. Kekeruhan dapat terjadi akibat adanya padatan tersuspensi. Bahan tersuspensi atau partikel pada air tidak akan menimbulkan dampak terhadap kesehatan manusia. Padatan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan dapat mengandung logam berat dan patogen serta kontaminan lainnya. Tingginya kekeruhan dapat menghalangi mikroorganisme dan menurunkan efektivitas pengolahan air serta dapat mengkonsumsi desinfektan dalam jumlah yang banyak (Cheremisinoff, 2002). Kekeruhan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu kekeruhan rendah bernilai <50 NTU, kekeruhan sedang pada rentang 50-100 NTU, dan kekeruhan tinggi bernilai >100 NTU (Abdullah, 2018). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, air minum yang layak dikonsumsi memiliki kadar kekeruhan maksimum <3 NTU.

Alat yang dikenal sebagai turbidimeter dapat digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air dengan satuan seperti NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*), JTU (*Jackson Turbidity Unit*), atau FTU (*Formazine Turbidity Unit*). (Fahril dkk., 2022). Nilai kekeruhan turbidimeter didasarkan pada jumlah cahaya yang dapat ditembus dalam media air. Semakin banyak cahaya yang terpantul atau menyebar, semakin tinggi kekeruhannya. Gumpalan atau flok yang terbentuk dari kumpulan butiran lumpur mengurangi nilai atau kualitas air (Arifiani & Mochtar, 2006).

2.5 Total Dissolved Solid (TDS)

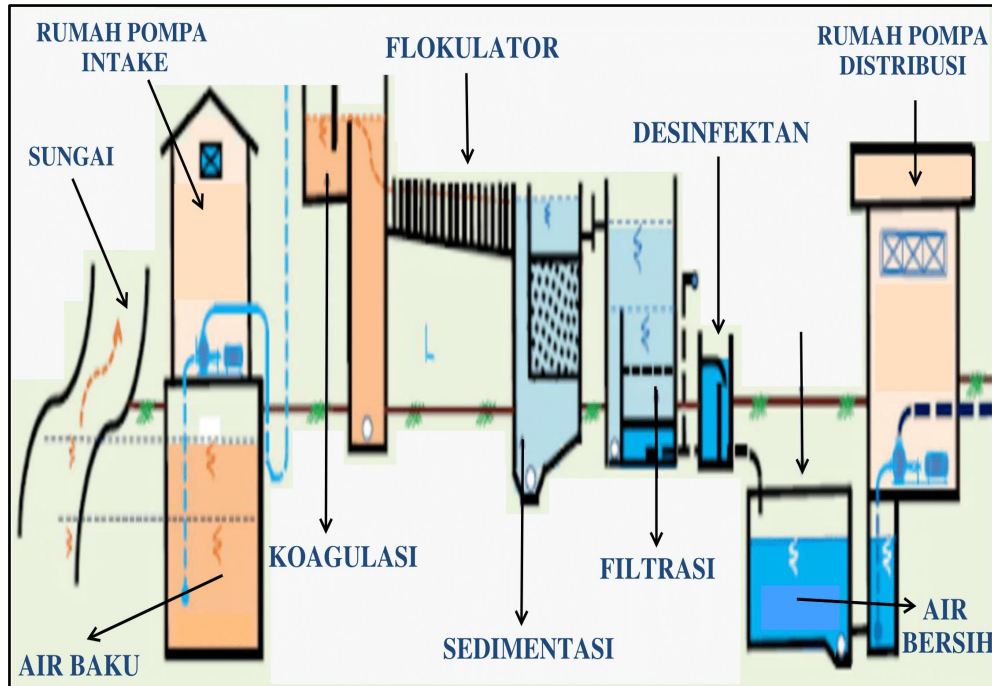
TDS merupakan jumlah zat padat (garam anorganik dan sejumlah kecil bahan organik) yang dapat berasal dari dalam tanah, permukaan, dan atmosfer yang terlarut dalam air. TDS terdiri dari mineral, garam, logam, kation atau anion

terlarut dalam air. Zat organik pada TDS dapat berasal dari hasil dekomposisi tumbuh-tumbuhan, bahan kimia organik dan gas organik. TDS umumnya dinyatakan sebagai konsentrasi dalam satuan miligram per liter (mg/L). TDS dapat dihilangkan dari air dengan distilasi, elektrodialisis, *reverse osmosis*, atau pertukaran ion. TDS berlebih harus disisihkan karena dapat menyebabkan efek fisik pada air karena dapat mempengaruhi warna, rasa, dan bau (Spellman, 2003).

TDS adalah jumlah zat padat terlarut dalam air yang terdiri dari ion organik, koloid, dan senyawa kimia (WHO, 2003). Konduktivitas listrik air dipengaruhi oleh konsentrasi TDS yang terionisasi dalam zat cair. Semakin tinggi konsentrasi TDS yang terionisasi dalam air, semakin tinggi konduktivitas listrik air. Temperatur juga memengaruhi konsentrasi TDS (Bevilacqua, 1998). Jika konsentrasi TDS dalam air minum melebihi batas aman, dapat berbahaya bagi kesehatan. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, standar TDS tertinggi yaitu <300 mg/L.

2.6 Paket Instalasi Air Minum (IPA)

Paket IPA memiliki peranan yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan manusia akan air bersih. Unit paket IPA adalah unit paket pengolahan air yang dapat menyisihkan parameter fisika, kimia, dan biologi. Pada paket IPA dilakukan proses pengolahan air baku melalui unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi dalam bentuk yang kompak sehingga menghasilkan air minum yang memenuhi baku mutu yang berlaku (SNI 6774:2008). Komponen rangkaian unit Paket IPA dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Komponen Paket IPA

Sumber: Murdianto, 2016

2.7 Koagulasi

Proses koagulasi adalah proses dimana koloid dan partikel tersuspensi menjadi tidak stabil dalam air baku karena adanya percampuran yang merata dengan senyawa kimia tertentu (koagulan) membentuk gumpalan yang lebih besar bila dilakukan pengadukan cepat. Pengaduk berkecepatan tinggi memiliki berbagai bentuk, termasuk *rapid mixing* dan penggunaan sistem hidrolis (*hydraulic jump*) atau mekanis (*mixer*). Pengadukan bahan kimia, dosis pembubuhan koagulan dan jenis koagulan yang digunakan adalah komponen menentukan keberhasilan proses koagulasi (Darmasetiawan, 2001).

Faktor yang penting dalam proses koagulasi adalah pH dan dosis koagulan. Rentang pH optimal pada proses koagulasi adalah 5,5 - 6,5 untuk kondisi yang memadai, sementara rentang pH 5,0 - 8,0 untuk beberapa kondisi tertentu. Dosis optimum koagulan dapat ditentukan dengan percobaan *jar test*. *Jar test* adalah metode untuk menentukan dosis koagulan yang digunakan (Cornwell & Davis, 1998).

Koagulan yang dipilih harus mempertimbangkan karakteristik air baku yang akan diolah. Kualitas air baku akan mengubah seberapa efektif koagulan tersebut.

Efektivitas koagulasi mungkin juga berbeda karena bergantung pada beberapa aspek proses koagulasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi diantaranya yaitu (Pizzy, 2010):

1. Suhu air

Air yang memiliki suhu rendah sering kali memiliki proses koagulasi dan flokulasi yang buruk, dan mungkin diperlukan lebih banyak koagulan dan waktu yang lebih lama untuk mempertahankan hasil koagulasi yang sesuai.

2. pH

Koagulasi dan flokulasi dapat dipengaruhi oleh nilai pH yang terlalu tinggi atau rendah. Koagulan yang digunakan menentukan pH terbaik untuk digunakan.

3. Alkalinitas

Nilai alkalinitas dapat menurun oleh proses koagulasi. Jika alkalinitas tidak cukup, proses koagulasi tidak akan berhasil, dan nilai pH bisa tidak stabil karena kapasitas *buffer* menurun.

4. Kekeruhan

Semakin rendah kekeruhan semakin sulit terbentuknya flok karena lebih sedikit terjadi tumbukan antar partikel sehingga lebih sedikit peluang untuk flok dapat terakumulasi. Untuk meningkatkan kinerja proses koagulasi dengan kekeruhan rendah dapat dilakukan dengan menambahkan pengotor seperti tanah liat (bentonit).

5. Warna

Molekul organik dalam air baku dapat memberikan warna pada air. Koagulan kimia mungkin tidak efektif bila digunakan pada bahan organik karena sensitivitasnya. Senyawa organik berwarna dapat diolah dengan memasukkan oksidan atau adsorben. Konsentrasi warna yang tinggi pada air membutuhkan peningkatan dosis koagulan.

Kriteria koagulan yang dapat digunakan dalam perencanaan unit koagulasi adalah sebagai berikut (SNI 6774:2008):

1. Jenis koagulan yang digunakan:

- a. Aluminium sulfat, dalam bentuk cair diturunkan dengan konsentrasi sebesar (5 - 20)%;

- b. *Poly Aluminium Chloride* (PAC), kualitas PAC ditentukan oleh kadar Aluminium oksida, yang terkait sebagai PAC dengan kadar (10 - 11)%.
2. Dosis koagulan ditentukan berdasarkan hasil percobaan *jar test* terhadap sampel air baku;
3. Pembubuhan koagulan ke pengaduk cepat dapat dilakukan secara gravitasi atau pemompaan;
4. Bak harus dilindungi dari pengaruh luar dan tahan terhadap bahan koagulan.

Tawas dan PAC adalah dua bentuk koagulan yang paling umum digunakan, namun keduanya memiliki karakteristik yang berbeda. PAC adalah jenis koagulan baru yang dihasilkan dari penelitian dan pengembangan teknologi pengolahan air. Meskipun digunakan dalam jumlah yang berlebihan, PAC memiliki kemampuan untuk mengurangi jumlah flok dalam air yang dijernihkan. Dosis tawas atau alum tergantung pada kekeruhan air baku, penambahan polimer, dan penyesuaian pH ideal (6,0 - 8,0). Untuk pembubuhan, alumina dilarutkan dalam air dengan tingkat 3% - 7%, atau rata-rata 5%. Bentuk flok dapat dicapai hanya jika air mengandung alkalinitas, seperti kalsium bikarbonat (Al-Layla dkk., 1978).

Pengadukan cepat merupakan prinsip dari unit koagulasi. Pengadukan cepat bertujuan untuk menghasilkan turbulensi air guna mendispersi bahan kimia yang akan terlarut di dalam air dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh aliran air itu sendiri. Pengadukan cepat merupakan pengadukan yang terjadi pada gradien kecepatan (G) > 750 m/s. Pengadukan cepat ini perlu dilakukan di aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang besar, sehingga pengadukan cepat ini dapat ditinjau dari besarnya kehilangan energi yang dihasilkan (SNI 6774:2008).

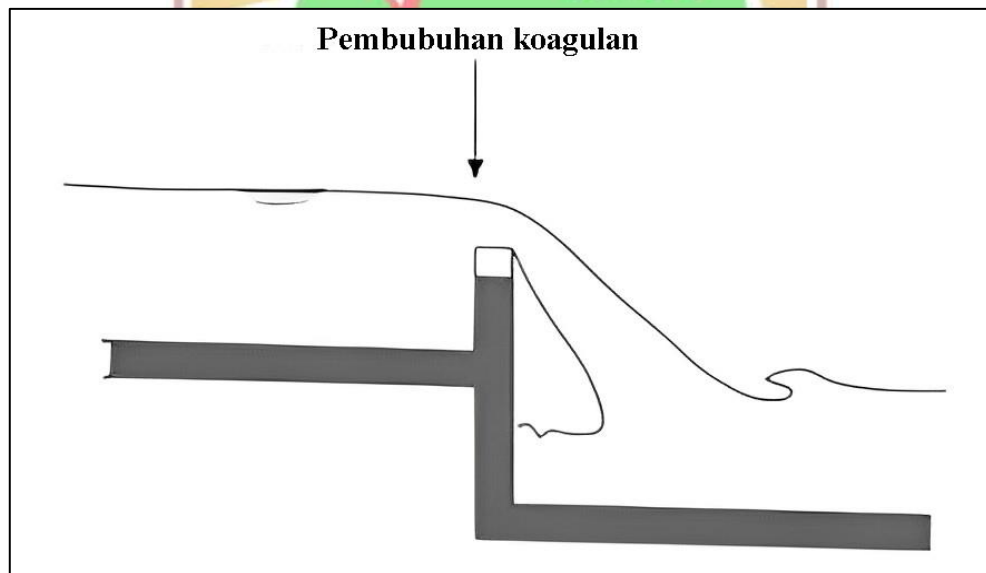
Kriteria perencanaan unit koagulasi dapat dilihat pada **Tabel 2.2 berikut**.

Tabel 2.2 Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi

Unit	Kriteria
1. Tipe	Hidrolis: – Terjunan – Saluran bersekat – Dalam instalasi pengolahan air bersekat Mekanis: – Bilah (<i>blade</i>), pedal (<i>padle</i>) – Flotasi
2. Waktu pengadukan (detik)	1-5
3. Nilai G/detik	>750

Sumber: SNI 6774:2008

Pengadukan cepat pada proses koagulasi ini dapat dilakukan secara hidrolis, mekanis dan pneumatis. Bentuk koagulasi yang paling umum adalah koagulasi hidrolis, yang bekerja tanpa menggunakan mesin dengan memanfaatkan tenaga yang dihasilkan oleh aliran air. Koagulasi hidrolis dapat berupa terjunan, aliran dalam pipa, atau aliran dalam sekat. Koagulasi dengan sistem terjunan paling umum digunakan pada instalasi pengolahan air. Penambahan koagulan dilakukan tepat pada terjunan air agar air yang mengalir ke dalam bak koagulasi sudah mengandung koagulan. Pengadukan cepat dilakukan pada terjunan air dengan energi pengadukan tergantung ketinggian terjunan. Turbulensi dengan terjunan dihasilkan dari gejolak air saat air jatuh ke dalam bak unit koagulasi. Sistem pencampuran dengan terjunan ini dipengaruhi oleh ketinggian terjunan akibat *headloss*, yaitu semakin tinggi terjunan maka semakin besar pula energi untuk pengadukan (Schutte, 2006). Contoh sketsa bangunan koagulasi dengan terjunan dapat dilihat pada **Gambar 2.2** sebagai berikut:



Gambar 2.2 Bangunan Koagulasi dengan Terjunan

Sumber: Qasim dkk., 2002

2.8 Flokulasi

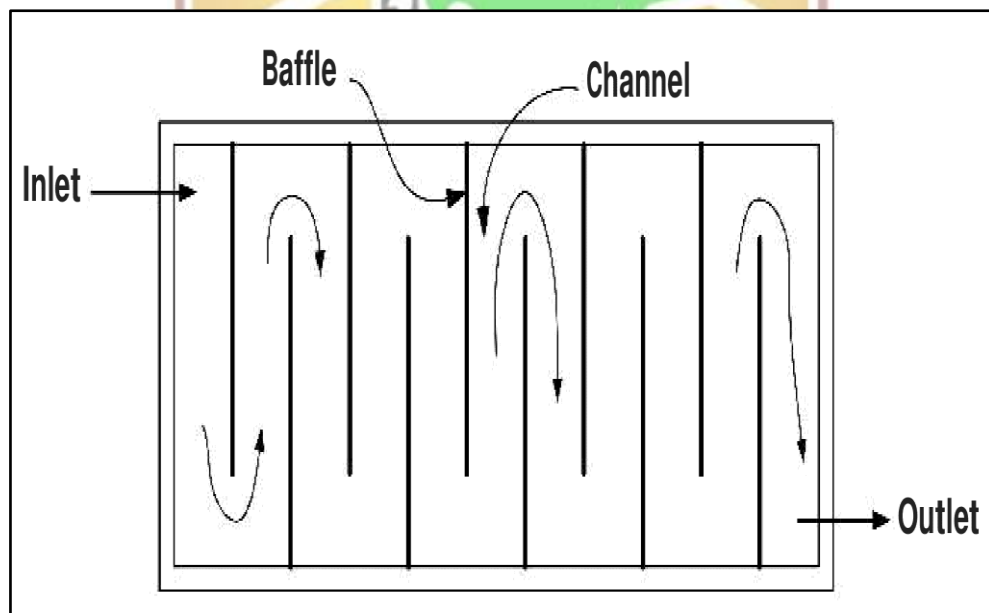
Setelah proses koagulasi, selanjutnya proses flokulasi yaitu untuk menghasilkan makroflok dari mikroflok yang terbentuk selama proses koagulasi. Flokulator bergerak dengan kecepatan lambat untuk membentuk flok yang lebih besar yang siap untuk diendapkan. Selama proses flokulasi, pengadukan dilakukan secara bertahap, dari kecepatan tinggi ke rendah, agar flok yang telah dibentuk tidak

terpecah kembali. Setelah proses ini berakhir, *flok* yang sudah terbentuk cukup besar dapat diendapkan dalam bak pengendap (Ermawati & Aji, 2008).

Mekanisme flokulasi menggunakan prinsip pengadukan lambat. Pengadukan lambat digunakan karena (Schutte, 2006):

- a. Memberikan peluang atau kesempatan bagi partikel flok yang telah bergabung dengan inti flok membentuk flok yang lebih besar;
- b. Memfasilitasi flokulan untuk mengikat mikroflok;
- c. Mencegah atau mengurangi kemungkinan pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Flokulator yang digunakan pada unit sedimentasi metode CDF adalah flokulator hidrolis. Flokulator hidrolis adalah unit flokulasi dengan sistem pengadukan lambat menggunakan energi hidrolis yang dihasilkan dari dalam aliran. Energi hidrolis dapat dihasilkan dari loncatan hidrolis dalam suatu aliran. Salah satu contoh flokulasi dengan sistem hidrolis adalah dengan menggunakan saluran yang diberi sekat atau *baffle channel* (Ridwan, 2021). Contoh bangunan flokulasi dengan *baffle channel* dapat dilihat pada **Gambar 2.3** sebagai berikut:



Gambar 2.3 Flokulasi dengan *Baffle Channel*

Sumber: Masduqi, 2012

Keberhasilan dari unit flokuasi dipengaruhi oleh proses pengadukan yang dilakukan. Selain dari proses pengadukan, desain dari bangunan flokuasi juga sangat berpengaruh akan keberhasilan proses flokuasi. Kriteria perencanaan desain dari unit flokuasi dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut:

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis		Flokulator Clairifier
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) – 5	60 (menurun) – 10	70 (menurun) – 10	100 – 10
Waktu tinggal (menit)	30 – 45	30 – 40	20 – 40	20 – 100
Tahap flokulasi (buah)	6 – 10	3 – 6	2 – 4	1
Pengendalian energi	Bukaan pintu/ sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
Kecepatan aliran maks. (m/det)	0,9	0,9	1,8 – 2,7	1,5 – 0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak(%)	--	5 – 20	0,1 – 0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	--	1 – 5	8 – 25	-
Tinggi (m)				2 – 4 *

*termasuk ruang *sludge blanket*
 Sumber: SNI 6774:2008

2.9 Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan cairan dan padatan melalui pengendapan gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi (Spellman, 2003). Zona sedimentasi terdiri dari zona *inlet*, zona pengendapan, zona lumpur, dan zona *oulet*. Tujuan sedimentasi adalah untuk mengendapkan flok-flok yang dibentuk oleh proses koagulasi dan flokulasi pada unit sebelumnya. Unit sedimentasi berfungsi untuk memungkinkan air mengalir dengan kecepatan yang sangat rendah sehingga partikel yang lebih berat akan mengendap ke bawah karena gaya gravitasi. Berat jenis (*specific gravity*) partikel dalam air berkisar antara 1,04 - 2,65 N/m³. Partikel dengan berat jenis > 1,20 N/m³ akan mudah mengendap ke dasar bak sedimentasi. Sebaliknya, partikel dengan berat jenis lebih ringan akan sulit mengendap ke dasar bak sedimentasi (Kawamura, 2008).

Pengendapan bak sedimentasi terbagi menjadi empat kelas. Pembagian tersebut berdasarkan konsentrasi interaksi partikel. Keempat jenis pengendapan ini dijelaskan sebagai berikut (Kawamura, 2000):

1. Pengendapan tipe I (*Free Settling*)

Pengendapan tipe I merupakan pengendapan dari partikel diskrit seperti pengendapan benda pasir dan batu halus. Partikel terendapkan secara independen, dan tidak ada interaksi antara partikel atau flokulasi yang terlihat.

Prasedimentasi dan pengendapan pasir pada *Grit Chamber* adalah contoh pengendapan tipe I.

2. Pengendapan tipe II (*Flocculent Settling*)

Pengendapan tipe II adalah pengendapan partikel berupa flok pada suatu suspensi. Flok bisa terjadi karena adanya pencampuran zat-zat koagulasi dengan air yang memiliki kadar asam atau kekeruhan (*turbidity*). Contoh pengendapan tipe ini adalah pengendapan primer pada air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi. Tipe pengendapan unit sedimentasi dengan metode CDF adalah pengendapan tipe II.

3. Pengendapan tipe III (*Zone/ Hindered Settling*)

Pengendapan tipe III terjadi ketika partikel dengan konsentrasi sedang berada di dekatnya karena gaya antar partikel mencegah pengendapan partikel di sekelilingnya. Semua partikel mengendap dengan kecepatan konstan karena partikel tersebut berada pada posisi yang sama satu sama lain. Karena itu, massa partikel mengendap dalam satu area. Batasan antara padatan dan cairan akan terlihat di bagian atas massa yang mengendap.

4. Pengendapan tipe IV (*Compression Settling*)

Pengendapan tipe IV terjadi ketika partikel dalam konsentrasi tinggi bersentuhan satu sama lain dan terjadi kompresi terhadap massa tersebut.

Proses sedimentasi biasanya dilakukan setelah proses koagulasi dan flokulasi. Tujuannya adalah untuk membentuk partikel padatan yang lebih besar sehingga menjadi lebih berat dan mengendap dalam waktu yang lebih singkat. Proses pengendapan pada sedimentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah (McCabe dkk., 1993):

1. Konsentrasi

Semakin tinggi konsentrasi, semakin besar gaya gesek partikel. Hal ini terjadi karena jumlah partikel dalam suspensi semakin besar, yang menghasilkan gaya gesek yang lebih besar. Gaya gesek ini bergerak pada arah yang berlawanan dengan gerakan partikel dalam fluida. Akibatnya, gaya gesek bergerak ke arah atas dan gerakan partikel bergerak ke arah bawah.

2. Ukuran Partikel

Diameter partikel dipengaruhi langsung oleh ukurannya. Luas permukaan partikel lebih besar daripada volumenya, dan luas permukaan lebih besar daripada gaya apungnya. Ini terjadi karena gaya ke atas, gaya gesek dan gaya apung lebih besar, sehingga gaya total untuk mengendapkan partikel lebih kecil, sehingga kecepatan pengendapan lebih rendah.

3. Jenis Partikel

Jenis partikel berkaitan dengan densitas partikel, yang mempengaruhi gaya apung dan gaya gravitasi, kemudian mempengaruhi kecepatan pengendapan partikel dalam fluida statis. Densitas partikel yang lebih tinggi dapat menyebabkan gaya apung lebih kecil, sementara gaya gravitasi yang lebih besar menghasilkan gaya yang lebih rendah, karena gaya tersebut merupakan penjumlahan dari gaya gesek, gaya apung, dan gaya gravitasi.

4. Suhu

Proses pengendapan juga bergantung pada suhu air. Suhu air memengaruhi viskositas air, semakin tinggi suhu air maka viskositas air menjadi semakin kecil.

5. pH

Derajat keasaman atau pH juga mempengaruhi proses pengendapan. Umumnya flok mudah terbentuk pada pH netral. pH yang terlalu asam atau terlalu basa membuat sulitnya terbentuk flok atau endapan. pH yang tidak berada pada rentang optimal perlu diberikan perlakuan terlebih dahulu agar proses pembentukan flok dan proses pengendapan dapat terjadi dengan baik.

Kriteria desain dari bak sedimentasi dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Kriteria Desain Unit Sedimentasi

Kriteria umum	Bak Persegi (Aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal (menggunakan Pelat/Tabung Pengendap)	Bak Bundar (Aliran Vertikal Radial)	Bak Bundar (Kontak Padatan)	Clarifier
Beban permukaan ($m^3/m^2/jam$)	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5*)	1,3 – 1,9	2 – 3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3 – 6	3 – 6	3 – 5	3 – 6	0,5 – 1
Waktu tinggal (jam)	1,5 – 3	0,07**)	1 – 3	1 – 2	2 – 2,5
Lebar / panjang (m)	>1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah ($m^3/m/jam$)	<11	<11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 – 10
Bilangan <i>Reynolds</i>	<2.000	<2.000	-	-	<2.000

Kriteria umum	Bak Persegi (Aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal (menggunakan Pelat/Tabung Pengendap)	Bak Bundar (Aliran Vertikal Radial)	Bak Bundar (Kontak Padatan)	Clarifier
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap	-	maks. 0,15	-	-	-
Bilangan <i>Froude</i>	$>10^{-5}$	$>10^{-5}$	-	-	$>10^{-5}$
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	<1	<1
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-
Kemiringan dasar bak (tanpa <i>scraper</i>)	45° – 60°	45° – 60°	45° – 60°	>60°	45° – 60°
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 – 24	8 – 24	12 – 24	Kontinu	12 – 24***)
Kemiringan <i>tube/plate</i>	30°/60°	30°/60°	30°/60°	30°/60°	30°/60°

Sumber: SNI 6774:2008

Keterangan: *) Luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

**) Waktu retensi pada pelat/tabung pengendap

***) Pembuangan lumpur sebagian

2.10 Filtrasi

Filtrasi adalah pemisahan padatan dari larutan dilakukan dengan melewati larutan melalui media berpori atau materi berpori lainnya. Hal ini dilakukan untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi yang sangat halus. Partikel tersuspensi ini dapat berupa lumpur, zat warna, bahan organik, bakteri, plankton, dan kandungan logam seperti besi. Proses filtrasi digunakan pada instalasi pengolahan air minum, proses filtrasi digunakan untuk menyaring air yang telah melalui proses koagulasi dan pengendapan, sehingga menghasilkan air minum berkualitas tinggi (Hartono dkk., 2010). Media filtrasi dan media penyangga adalah bagian dari media saringan yang melewati air baku selama proses filtrasi ini (Yusnidar, 2012).

Berdasarkan kecepatan sistem penyaringan air dan susunan media filter, unit filtrasi dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat (*slow sand filter*) memiliki kecepatan antara 0,1 - 0,4 m/jam. Filter pasir lambat pada prosesnya akan membentuk biofilm pada permukaan media filter berupa pasir yang mengandung bakteri atau mikroorganisme untuk menyerap partikel tersuspensi. Filter pasir lambat banyak digunakan untuk pengolahan air dengan kekeruhan air baku <30 NTU. Keefektifan saringan

pasir lambat dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel pasir dan hubungan antara luas permukaan saringan dan laju kedalaman filtrasi (Kawamura, 2000). Saringan pasir lambat adalah alat pengolahan air yang mudah, murah, dan efisien yang mampu menghilangkan rasa, bau, dan kekeruhan pada air dengan sangat baik. Saringan dapat dilengkapi dengan karbon aktif untuk menghilangkan rasa dan bau, serta kaporit yang sering digunakan untuk menghilangkan bakteri (Reynolds, 1982).

2. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat (*rapid sand filter*) beroperasi dengan kecepatan antara 6 - 11 m/jam. Filter pasir cepat selalu didahului dengan proses koagulasi flokulasi serta sedimentasi untuk menyisahkan padatan tersuspensi. Air yang masuk ke filter pasir cepat biasanya memiliki kekeruhan 5 - 10 NTU, dengan efisiensi kekeruhan 80 - 90%. Filter pasir cepat umumnya digunakan dalam pengolahan air minum dan industri karena mudah *clogging*, sehingga diperlukan pencucian dengan aliran yang berlawanan dengan arah penyaringan, yang dikenal sebagai *back wash* (Kawamura, 2000).

Perbandingan parameter dan kriteria antara saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Perbandingan Saringan Pasir Cepat dan Saringan Pasir Lambat

Parameter	Saringan Pasir Lambat	Saringan Pasir Cepat
Kekeruhan air baku	<50 NTU	5-10 NTU
Diameter media	0,20 - 0,40 mm	0,40 - 0,70 mm
Kedalaman media	1,0 - 1,4 m	0,8 - 1,0 m
Kecepatan filtrasi	0,1 - 0,4 m/jam	6 - 11 m/jam
Pencucian	20 - 60 hari sekali	12 - 72 jam sekali
Konstruksi	Mudah	Sulit
Cara pencucian	Pasir bagian atas dikeruk, dicuci, dan dipakai lagi atau diganti	<i>High rate backwash</i> atau <i>air water backwash</i>
Waktu Operasi	12, 24, 72 jam	12, 24, 72 jam
<i>Headloss</i>	100 - 150 cm	30 - 275 cm
Penetrasi kekeruhan	Hanya di permukaan pasir	Lebih dalam (semua media harus dicuci dengan <i>backwashing</i>)
Pengolahan awal	Sedimentasi dan aerasi	koagulasi, flokulasi

Sumber: Marsono, 1997

Kriteria perencanaan untuk unit filtrasi dapat dilihat pada **Tabel 2.6** berikut.

Tabel 2.6 Kriteria Perencanaan Unit Filtrasi

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5}$ *)	minimum 5 bak	-
2.	Kecepatan penyaringan(m/jam)	6 – 11	6 – 11	12 – 33
3.	Pencucian:			
	• Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>
	• Kecepatan (m/jam)	36 – 50	36 – 50	72 – 198
	• Lama pencucian (menit)	10 – 15	10 – 15	-
	• Periode antara dua pencucian (jam)	18 – 24	18 – 24	-
	• Ekspansi (%)	30 – 50	30 – 50	30 – 50
4.	Media pasir:			
	• Tebal (mm)	300 – 700	300 – 700	300 – 700
	• Media tunggal	600 – 700	600 – 700	600 – 700
	• Media ganda	300 – 600	300 – 600	300 – 600
	• Ukuran efektif (mm)	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7	-
	• Koefisien keseragaman	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4
	• Berat jenis (kg/dm ³)	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65
	• Porositas	0,4	0,4	0,4
	• Kadar SiO ₂	> 95 %	> 95 %	> 95 %
5.	Media antransit:			
	• Tebal (mm)	400 – 500	400 – 500	400 – 500
	• Ukuran efektif (mm)	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8
	• Koefisien keseragaman	1,5	1,5	1,5
	• Berat jenis (kg/dm ³)	1,35	1,35	1,35
	• Porositas	0,5	0,5	0,5
6.	Filter bottom/dasarsaringan			
	1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah			
	• Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	• Ukuran butir (mm)	2 – 5	2 – 5	-
	• Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	• Ukuran butir (mm)	5 – 10	5 – 10	-
	• Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	• Ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15	-
	• Kedalaman (mm)	80 – 150	80 – 150	-
	• Ukuran butir (mm)	15 – 30	15 – 30	-
	2) Filter Nozel			
	• Lebar Slot nozel (mm)	<0,5	<0,5	<0,5
	• Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%	>4%

Sumber: SNI 6774:2008

Keterangan:

*) untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun

Proses filtrasi terjadi dengan melewatkan air baku melalui media berporos tertentu. Reaksi kimia dan fisik terjadi dalam proses filtrasi, sehingga banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dan efisiensi dari air yang disaring. Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan yaitu (Huisman, 1974):

1. Kecepatan Filtrasi

Kecepatan aliran memengaruhi proses penahanan mekanis terhadap bahan-bahan tersuspensi. Semakin tinggi kecepatan filtrasi, semakin menurun kinerja filtrasi.

2. Kualitas Air

Semakin rendah kualitas air yang akan difilter, semakin kompleks pengolahan pada proses filtrasi.

3. Ketebalan Lapisan Media Filter

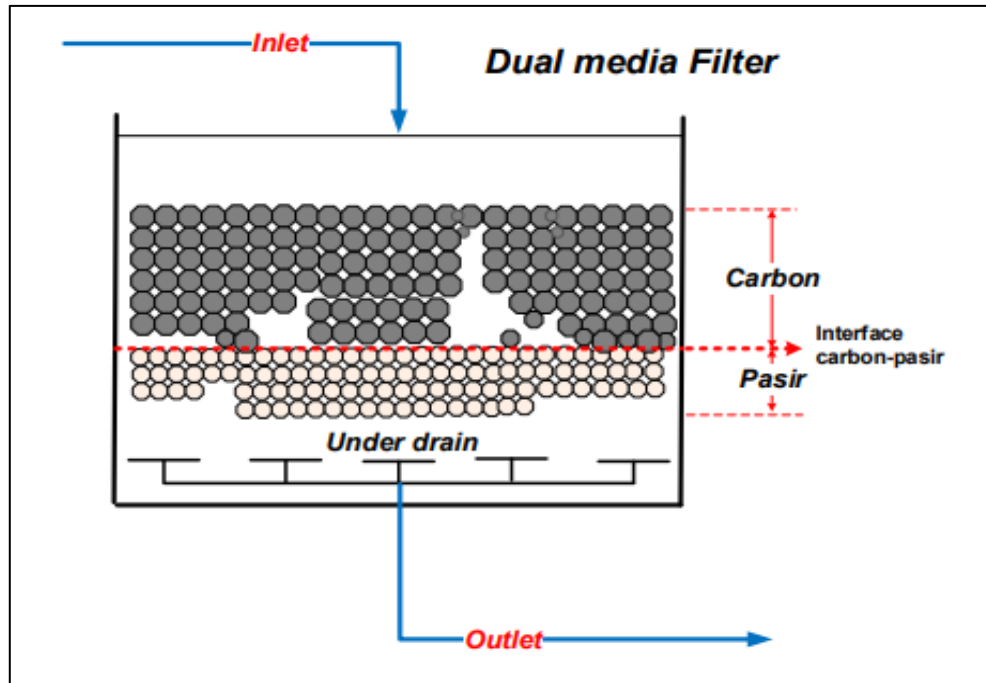
Hasil dari proses filtrasi akan lebih baik seiring dengan bertambahnya ukuran ketebalan media filter. Hal ini dikarenakan luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air akan semakin panjang.

4. Suhu

Suhu air akan berpengaruh terhadap viskositas, aktivitas biologi dan reaksi kimia pada proses filtrasi.

2.11 Media Filter

Media filter pada unit filter menyaring pengotor dalam air, membuat air hasil pengolahannya menjadi bersih. Media filter yang sering digunakan termasuk pasir silika, zeolit, ijuk, gravel, antrasit, karbon aktif, dan lainnya (Ningrum, 2020). Pemilihan media filter yang tepat penting dalam desain filter sebagai kontrol media. Media filter terbagi menjadi media tunggal (*single media*), media ganda (*dual media*), dan multi media tergantung pada jumlah media filter berbeda yang digunakan. Pada umumnya media tunggal menggunakan media pasir kuarsa, media ganda menggunakan pasir kuarsa dan antrasit, dan multi media menggunakan media pasir kuarsa, antrasit, dan karbon aktif (Qasim dkk., 2002). Pada penelitian ini digunakan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa sebagai media filter pada unit filtrasi. Gambar sketsa unit filtrasi dengan media ganda dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Filter Media Ganda

Sumber: Qasim, 2002

Media filter yang digunakan pada unit filtrasi adalah sebagai berikut:

1. Karbon Aktif

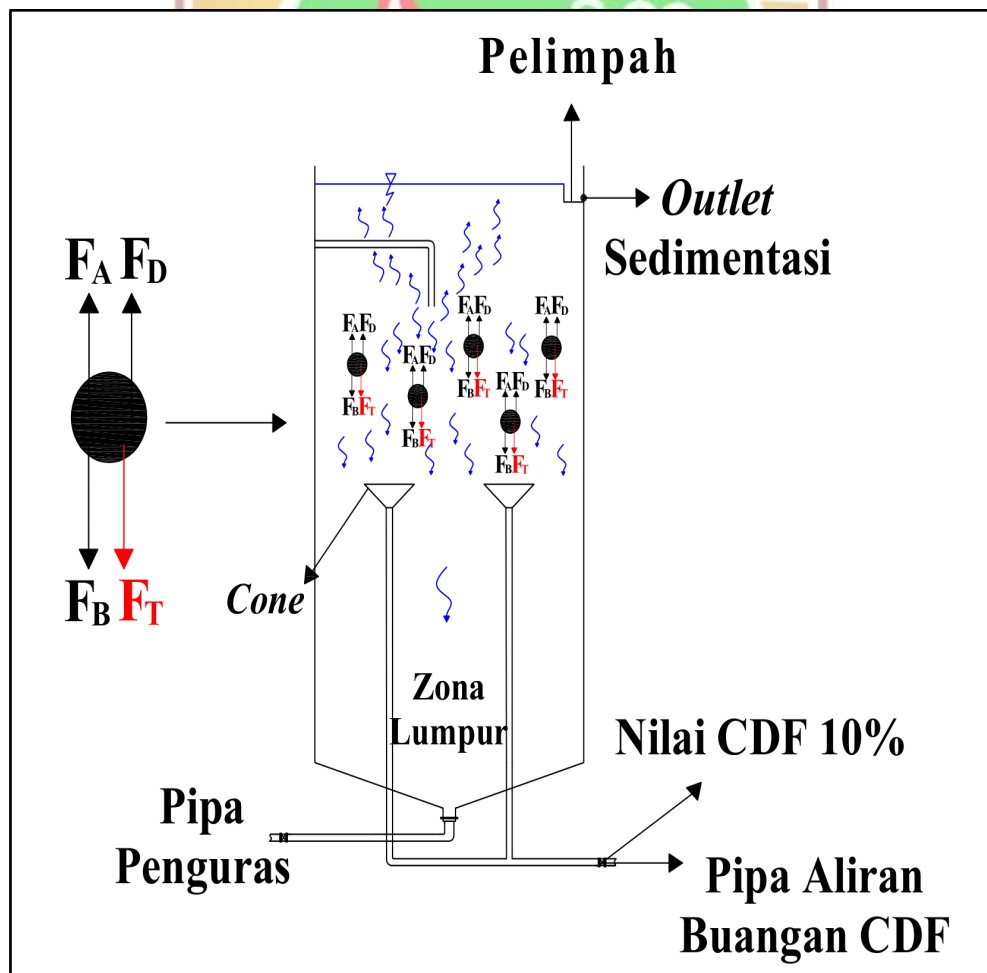
Karbon aktif adalah amorf yang sebagian besar terdiri dari atom karbon bebas dan memiliki permukaan yang dalam dan dapat melakukan penyerapan dengan sangat baik. Karbon amorf dapat mengadsorpsi molekul, anion, dan kation dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik dalam bentuk gas maupun larutan (Laos & Selan, 2016). Karbon aktif bekerja dengan mengadsorpsi bahan atau material yang terkandung pada air. Karbon aktif memiliki kemampuan untuk menjernihkan logam yang terkandung dalam air, menghilangkan bau, dan menyaring logam dalam proses penyaringan air (Purwanti dkk., 2021).

2. Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa dihasilkan dari pelapukan batuan yang mengandung mineral. Manfaat pasir kuarsa adalah untuk menghilangkan lumpur atau tanah dari air (Daulay dkk., 2019). Pasir kuarsa biasanya digunakan sebagai saringan pada tahap awal proses pengolahan air kotor, menghilangkan sifat fisiknya seperti kekeruhan dan bau (Ningrum, 2020).

2.12 Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF)

Sedimentasi metode CDF merupakan metode yang diterapkan pada unit sedimentasi yang dimodifikasi. Tujuan sedimentasi metode CDF, yang mirip dengan fenomena tangki bocor, yaitu untuk meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan air baku dengan meningkatkan laju aliran. Aliran bocor mengubah titik menjadi *cone* kerucut atau limas. Bagian bawah *cone* terhubung ke pipa pembuangan. *Valve* pipa pembuangan berfungsi sebagai pengatur besar aliran buangan pada saluran CDF. Aliran buangan ini terus-menerus dan terkendali karena kebocoran ini. Tujuan dari kebocoran ini adalah untuk meningkatkan resultan gaya ke bawah yang bekerja pada partikel, yang berarti laju pengendapan partikel/flok yang lebih tinggi dan tingkat penyisihan kekeruhan yang lebih tinggi (Ridwan dkk., 2021). Gaya-gaya yang bekerja pada unit sedimentasi metode CDF dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Gaya yang Bekerja pada Partikel atau Flok

Sumber: Novembri, 2020

$$F_B - F_D - F_A = 0 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$F_B + F_T - F_D - F_A > 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

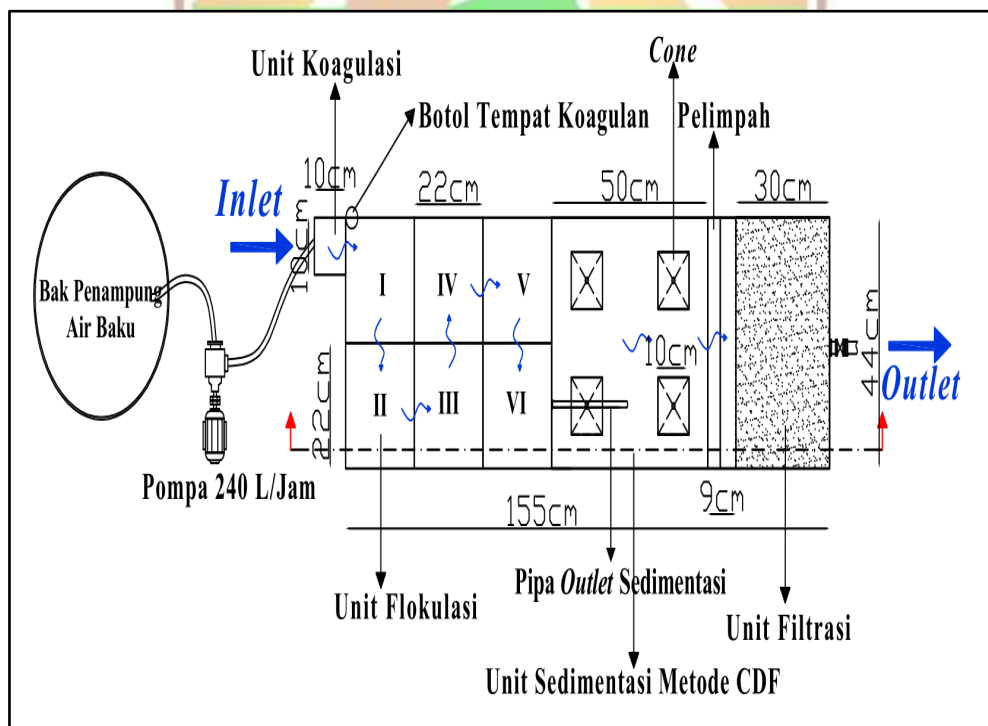
F_A : Gaya apung

F_B : Gaya berat

F_D : Gaya gesek

F_T : Gaya yang disebabkan oleh nilai CDF

Paket IPA sedimentasi metode CDF yaitu sedimentasi dengan metode laju aliran buangan secara kontinu. Penelitian yang dilakukan Kurniawan (2019) dan Novembri (2020) ini bertujuan untuk merancang reaktor pengolahan air dengan satuan sedimentasi metode CDF dalam skala laboratorium. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi nilai CDF terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan pada air baku dan menentukan jumlah nilai CDF yang optimal dalam penyisihan kekeruhan (Ridwan dkk., 2021). Metode unit sedimentasi metode CDF menggunakan kapasitas pompa sebesar 240 L/jam dan kriteria desain yang digunakan yaitu SNI 6774:2008. Gambar *layout* reaktor paket IPA metode CDF dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 *Layout* Reaktor Paket IPA Metode CDF

Sumber: Anggika, 2022

Paket IPA metode CDF ini juga memiliki potensi untuk melakukan sistem *uprating* dengan mempersingkat waktu tinggal dan efisiensi penyisihan yang dihasilkan tidak mengalami penurunan yang signifikan dari debit semula (Yolandita, 2022). Sistem *uprating* menghasilkan debit produksi 1-2 kali lipat dari debit semula sehingga air olahan dapat mencapai tingkat kekeruhan tertinggi tanpa membangun instalasi pengolahan air yang baru. Manfaat dari sistem *uprating* adalah memanfaatkan unit yang sudah ada agar biaya yang digunakan menjadi ekonomis (Huisman, 1974).

2.13 Analisis Korelasi Rank Spearman

Korelasi *Rank Spearman* digunakan untuk uji korelasi antara variabel numerik dengan ordinal (Sujarweni, 2014). Data ordinal adalah data yang penomoran atau kategori objeknya diurutkan berdasarkan besarnya, yaitu dari tingkat tertinggi ke tingkat terendah atau sebaliknya dengan rentang yang tidak harus sama. Data ordinal memiliki ciri-ciri data nominal dan kategori data dapat diurutkan menurut urutan logis sesuai dengan tingkat karakteristik yang dimilikinya (Basuki, 2014).

Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui kekuatan hubungan yang terjadi antar variabel. Oleh karena itu, analisis korelasi ini ingin mengetahui kekuatan hubungan tersebut, sehingga dapat menggunakan statistik untuk mengetahui seberapa kuat korelasi. Interpretasi nilai koefisien korelasi (r) dapat dilihat pada **Tabel 2.7** berikut (Sujarweni, 2014):

Tabel 2.7 Interpretasi Nilai r

Besaran Nilai	Interpretasi
0,00 - 0,20	Tidak Berkorelasi
0,20 - 0,40	Sangat Lemah
0,40 - 0,60	Lemah
0,60 - 0,80	Kuat
0,80 - 1,00	Sangat Kuat

Sumber: Sujarweni, 2014

Tingkat signifikan digunakan untuk menyatakan apakah dua variabel mempunyai hubungan dengan syarat sebagai berikut (Sujarweni, 2014):

1. Jika $\text{Sig} > 0,01$ maka H_0 diterima artinya tidak terdapat hubungan signifikan;
2. Jika $\text{Sig} < 0,01$ maka H_0 ditolak artinya terdapat hubungan signifikan.

Sifat korelasi akan menentukan arah dari korelasi. Makna dari sifat nilai koefisien korelasi antara lain (Sujarweni, 2014):

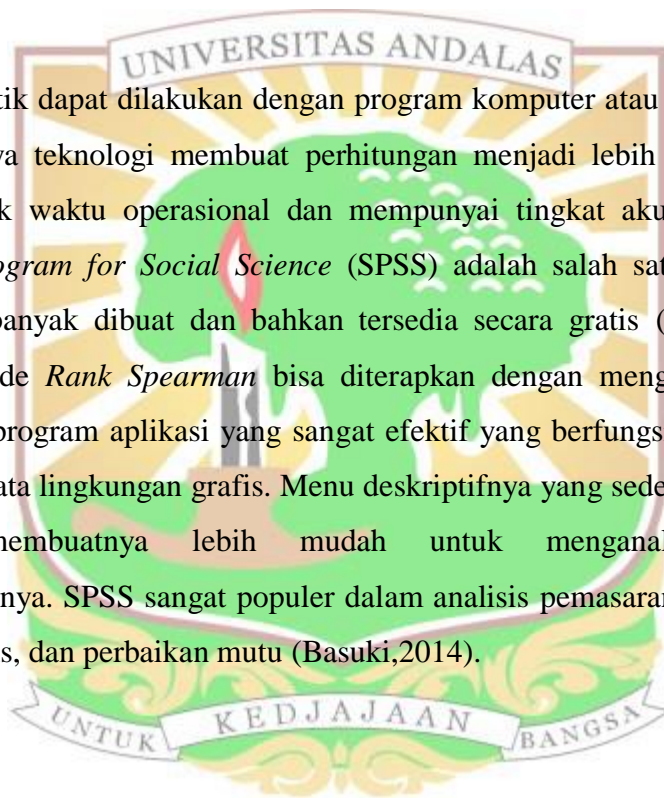
1. Korelasi positif

Korelasi positif (+) artinya korelasi berbanding lurus, jika variabel x_1 mengalami kenaikan maka variabel x_2 juga akan mengalami kenaikan, dan sebaliknya.

2. Korelasi negatif

Korelasi negatif (-) artinya korelasi berbanding terbalik, jika variabel x_1 mengalami kenaikan maka variabel x_2 akan mengalami penurunan, dan sebaliknya.

Analisis statistik dapat dilakukan dengan program komputer atau manual. Seiring berkembangnya teknologi membuat perhitungan menjadi lebih mudah, bahkan memperpendek waktu operasional dan mempunyai tingkat akurasi yang baik. *Statistical Program for Social Science* (SPSS) adalah salah satu jenis statistik yang paling banyak dibuat dan bahkan tersedia secara gratis (Susetyo, 2012). Analisis metode *Rank Spearman* bisa diterapkan dengan menggunakan SPSS. SPSS adalah program aplikasi yang sangat efektif yang berfungsi sebagai sistem pengelolaan data lingkungan grafis. Menu deskriptifnya yang sederhana dan kotak dialognya membuatnya lebih mudah untuk menganalisis cara-cara pengoperasiannya. SPSS sangat populer dalam analisis pemasaran, pengendalian, penelitian sains, dan perbaikan mutu (Basuki, 2014).



2.14 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan terkait penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Judul	Parameter yang disisihkan	Instrumen yang digunakan	Variasi yang digunakan	Hasil Penelitian
1.	Kurniawan, (2019)	Penyisihan Parameter Kekeruhan Air Sungai Batang Arau dengan Unit Sedimentasi Metode <i>Continuous Discharges Flow</i> (CDF)	Kekeruhan dan TDS	<ul style="list-style-type: none"> - Unit koagulasi sistem terjunan - Unit flokulasi <i>baffle channel</i> - Unit sedimentasi dengan metode CDF 	<ul style="list-style-type: none"> - Nilai bukaan CDF 0%, 1%, 3%, dan 5% - kekeruhan awal 75,25NTU - TDS awal 180 mg/L - Debit aliran yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam 	<p>Efisiensi penyisihan kekeruhan pada bukaan CDF 0%, 1%, 3%, dan 5% adalah 88,34%, 89,90%, 90,74%, dan 91,09%, sementara untuk TDS adalah 35,28%, 34,72%, 35,28%, 35,28%. Nilai CDF yang semakin besar menghasilkan efisiensi penyisihan yang lebih besar.</p>
2.	Novembri, (2020)	Penyisihan Kekeruhan Sungai Batang Kuranji dengan Unit Sedimentasi <i>Continuous Discharges Flow</i> (CDF)	Kekeruhan dan TDS	<ul style="list-style-type: none"> - Unit koagulasi sistem terjunan - Unit flokulasi <i>baffle channel</i> - Unit sedimentasi dengan metode CDF 	<ul style="list-style-type: none"> - Nilai bukaan CDF 0%, 2%, 4%, dan 6% - Kekeruhan awal 23,61 NTU - TDS awal 153 mg/L - Debit aliran yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam 	<p>Efisiensi penyisihan kekeruhan pada bukaan CDF 0%, 2%, 4%, dan 6% secara berturut-turut adalah 74,64%, 78,14%, 80,25%, dan 82,38%, sementara untuk TDS adalah 26,80%, 27,45%, 27,45%, 27,45%. Hubungan antara nilai CDF dengan efisiensi penyisihan berbanding lurus.</p>
3.	Ningrum, (2020)	Penggunaan Media filter Pasir Silika dan Karbon Aktif untuk Menurunkan Kekeruhan, TDS, Kesadahan dan Besi pada Reaktor Filter	Kekeruhan dan TDS	<ul style="list-style-type: none"> - Reaktor diameter 3 inci dan tinggi 50 cm - Ketebalan media 40 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - Variasi susunan media filter pasir silika-karbon aktif dan karbon aktif-pasir silika - Kekeruhan awal 87,10 NTU - TDS awal 204 mg/L 	<p>Penyisihan susunan media filter pasir silika-karbon aktif untuk parameter kekeruhan adalah 87,60% dan TDS 99,31%. Sementara peyisihan untuk susunan media filter karbon aktif-pasir silika parameter kekeruhan adalah 88,17% dan TDS adalah 99,46%. Susunan media filter karbon aktif-pasir silika lebih efisien dalam meningkatkan kualitas air.</p>

No.	Nama	Judul	Parameter yang disisihkan	Instrumen yang digunakan	Variasi yang digunakan	Hasil Penelitian
4.	Istimewa dkk., (2020)	Penjernihan Air Baku Kali Lamong Menggunakan Metode Filtrasi <i>Up-Flow</i>	Kekeruhan dan TDS	<ul style="list-style-type: none"> - Reaktor diameter 6 inci dan tinggi 100 cm - Kecepatan filtrasi 0,1 m/jam dan 0,3 m/jam 	<ul style="list-style-type: none"> - Variasi ketebalan media - Kerikil 30 cm:Zeolit 10 cm:Pasir 20 cm (Reaktor 1) - Kerikil 10 cm:Zeolit 20 cm:Pasir 30 cm (Reaktor 2) - Kerikil 20 cm:Zeolit 30 cm:Pasir 10 cm (Reaktor 3) - Kekeruhan awal 4,81 NTU - TDS awal 436 mg/L 	Persentase penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 77,3% terdapat pada reaktor 2 dengan kecepatan filtrasi 0,1 m/jam. Sedangkan persentase penurunan TDS tertinggi sebesar 20,2% terdapat pada reaktor 3 dengan kecepatan filtrasi 0,3 m/jam.
5.	Hadi, (2021)	Optimalisasi Unit Sedimentasi CDF dengan <i>Plate Settlers</i> dalam Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artifisial	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> - Unit koagulasi sistem terjunan - Unit flokulasi <i>baffle channel</i> - Unit sedimentasi dengan metode CDF - Bukaan CDF 5% - Penambahan <i>plate settlers</i> panjang 36 cm dan lebar 44 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - Variasi 3 tingkat kekeruhan yang memenuhi klasifikasi kekeruhan tinggi (>100 NTU) yaitu 110 ±5 NTU, 130 ±5 NTU dan 150 ±5 NTU - Debit aliran yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam 	Nilai kekeruhan rata-rata air hasil olahan dengan kekeruhan awal 110,355 NTU, 132,04 NTU dan 153,34 NTU berturut-turut adalah 8,470 NTU, 11,550 NTU dan 15,63 NTU. Persentase penyisihan kekeruhan 92,32%, 91,25% dan 89,87%. Disimpulkan bahwa semakin besar nilai kekeruhan air baku, maka semakin menurun efisiensi penyisihan kekeruhan air baku.
6.	Arifah, (2021)	Peningkatan Kinerja Unit Sedimentasi Metode <i>Continuous Discharge Flow</i> (CDF) terhadap Penyisihan Kekeruhan dan <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS) Menggunakan Koagulasi Pneumatis (Studi Kasus Air Baku Batang Arau)	Kekeruhan dan TDS	<ul style="list-style-type: none"> - Unit koagulasi <i>pneumatis</i> - Unit flokulasi <i>baffle channel</i> - Unit sedimentasi dengan metode CDF - Bukaan CDF 5% 	<ul style="list-style-type: none"> - Variasi gelembung udara ukuran makro (10^4 -10^2 μm), mikro (10^2 -10^1 μm), sub mikro (10^1 -10^0 μm) - Kekeruhan awal 55,222 NTU - TDS awal 630 mg/L - Debit aliran yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam 	Efisiensi penyisihan kekeruhan dengan udara ukuran makro (10^4 - 10^2 μ m), mikro (10^2 - 10^1 μ m), sub mikro (10^1 - 10^0 μ m) secara berturut-turut adalah 91,56%, 92,04%, dan 92,23%, sementara untuk TDS adalah 61,82%, 73,25%, dan 77,40%. Penyisihan parameter mengalami peningkatan seiring semakin kecil dan merata ukuran gelembung yang diinjeksikan.

No.	Nama	Judul	Parameter yang disisihkan	Instrumen yang digunakan	Variasi yang digunakan	Hasil Penelitian
7.	Yolandita, (2022)	Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artifisial Unit Sedimentasi Metode <i>Continous Discharge Flow</i> (CDF)	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> - Unit koagulasi sistem terjunan - Unit flokulasi <i>baffle channe</i> - Unit sedimentasi dengan metode CDF - Resirkulasi 100% aliran CDF - Rasio luas <i>cone</i> 13% dari luas permukaan sedimentasi - Posisi <i>cone</i> 66 cm dari dasar zona pengendapan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kekeruhan awal 110,24 NTU - Variasi debit aliran 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam 	Penyisihan kekeruhan pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, 480 L/jam secara berturut-turut adalah 92,44%, 90,47%, 88,30%. Penambahan debit aliran memperbesar beban permukaan, beban pelimpah, dan kecepatan aliran, sebaliknya memperkecil waktu detensi serta menurunkan efisiensi penyisihan kekeruhan
8.	Dewi, (2022)	Peningkatan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Menggunakan Unit Sedimentasi Metode <i>Continuous Discharge Flow</i> (CDF)	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> - Unit koagulasi sistem terjunan - Unit flokulasi <i>baffle channel</i> - Unit sedimentasi dengan metode CDF - Resirkulasi 100% aliran CDF - Rasio luas <i>cone</i> 13% dari luas permukaan sedimentasi - Posisi <i>cone</i> 66 cm dari dasar zona pengendapan 	<ul style="list-style-type: none"> - Nilai CDF yang digunakan adalah 6%, 7%, 8%, 9% dan 10% - Kekeruhan awal 112,46 NTU - Debit aliran yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam 	Penyisihan kekeruhan pada bukaan CDF 6%, 7%, 8%, 9%, dan 10% secara berturut-turut adalah 90,89%, 91,61%, 92,60%, 93,74%, dan 94,75%. Hubungan antara nilai CDF dengan efisiensi penyisihan berbanding lurus.
9.	Anggika, (2022)	Pengaruh Variasi Debit Terhadap Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Air Baku	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> - Unit koagulasi sistem terjunan - Unit flokulasi <i>baffle channel</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Kekeruhan awal 124,91 NTU 	Penyisihan kekeruhan pada air hasil olahan unit sedimentasi secara berturut-turut adalah 95,71%, 94,98%, dan 93,53%, sedangkan pada air hasil

No.	Nama	Judul	Parameter yang disisihkan	Instrumen yang digunakan	Variasi yang digunakan	Hasil Penelitian
		Artifisial pada Paket Instalasi Pengolahan Air (Paket IPA) Menggunakan Unit Sedimentasi Metode <i>Continous Discharges Flows</i> (CDF)		<ul style="list-style-type: none"> - Unit sedimentasi dengan metode CDF - Resirkulasi 100% aliran CDF - Bukan CDF 10% dari debit aliran masuk - Rasio luas <i>cone</i> 13% dari luas permukaan sedimentasi - Posisi <i>cone</i> 66 cm dari dasar zona pengendapan - Unit Filtrasi dengan media filter pasir kuarsa 	Variasi debit aliran 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam	olahan unit filtrasi secara berturut-turut adalah 98,72%, 97,46%, dan 96,46%. Hubungan antara variasi debit dengan efisiensi penyisihan berbanding terbalik.





BAB III

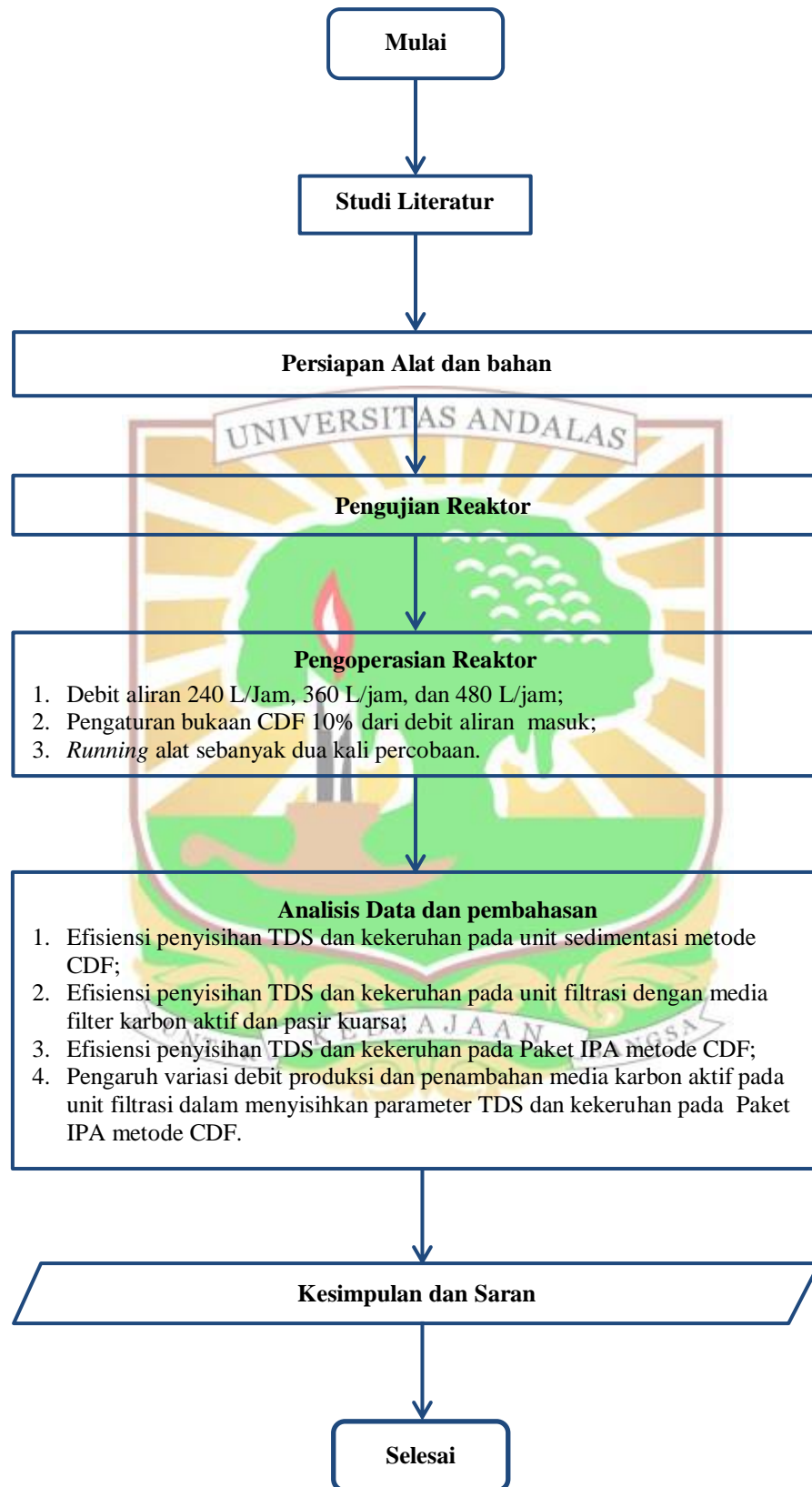
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian diperlukan dalam melakukan suatu penelitian. Bab metodologi penelitian memuat langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian dengan tujuan akhir yaitu menentukan kinerja Paket IPA metode CDF dalam menyisihkan TDS dan kekeruhan pada unit filtrasi menggunakan media filter berupa karbon aktif dan pasir kuarsa. Penelitian ini menggunakan reaktor paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF menggunakan bukaan 10% dari debit aliran masuk, resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas *cone* 13% dari luas permukaan unit sedimentasi dan ketinggian posisi *cone* 66 cm dari dasar zona pengendapan dengan debit desain 240 L/jam, dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Koagulan yang digunakan adalah PAC, dan media filter yang digunakan adalah karbon aktif dan pasir kuarsa. Hasil penelitian ini diharapkan mampu diaplikasikan dalam skala lapangan yang berguna bagi alternatif baru sistem Paket IPA.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan penelitian meliputi studi literatur, persiapan alat dan bahan, serta pengoperasian alat. Setelah diperoleh data hasil penelitian dilanjutkan dengan analisis data dan pembahasan. Diagram alir tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur sangat penting dalam suatu penelitian sebagai dasar dan pemahaman awal dari penelitian yang dilakukan. Literatur yang digunakan meliputi buku-buku terkait, jurnal-jurnal penelitian, peraturan-peraturan, dan lain-lain. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan memahami hal-hal yang terkait dengan ruang lingkup penelitian.

3.2.2 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan untuk melakukan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

3.2.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

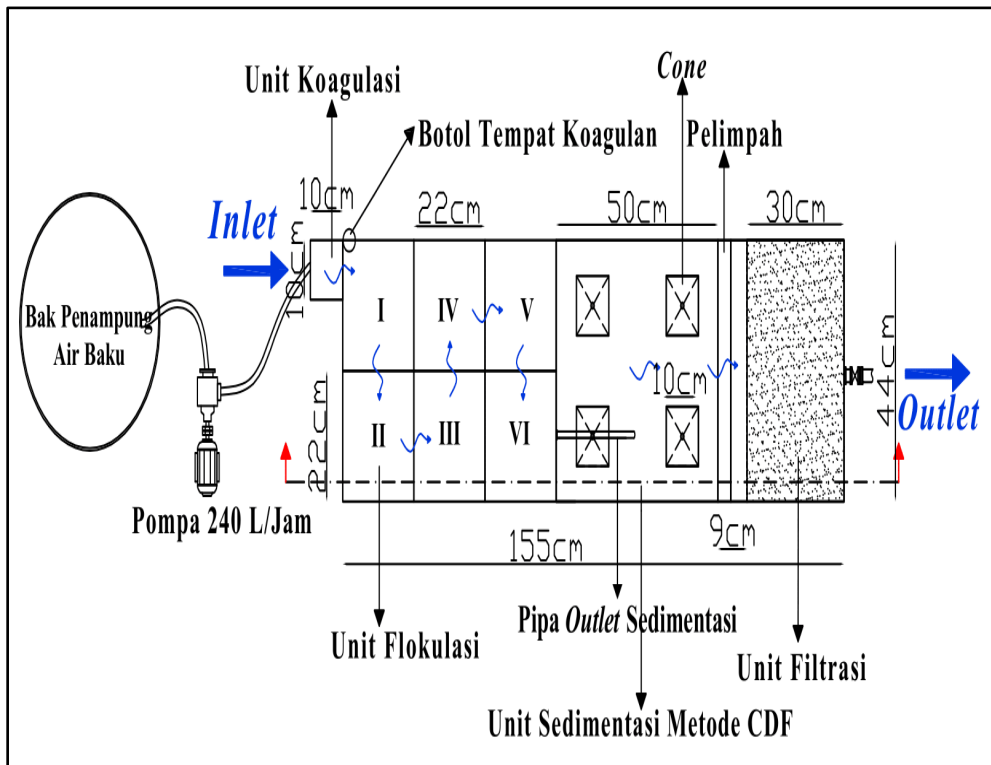
a. Alat Utama

1. Reaktor

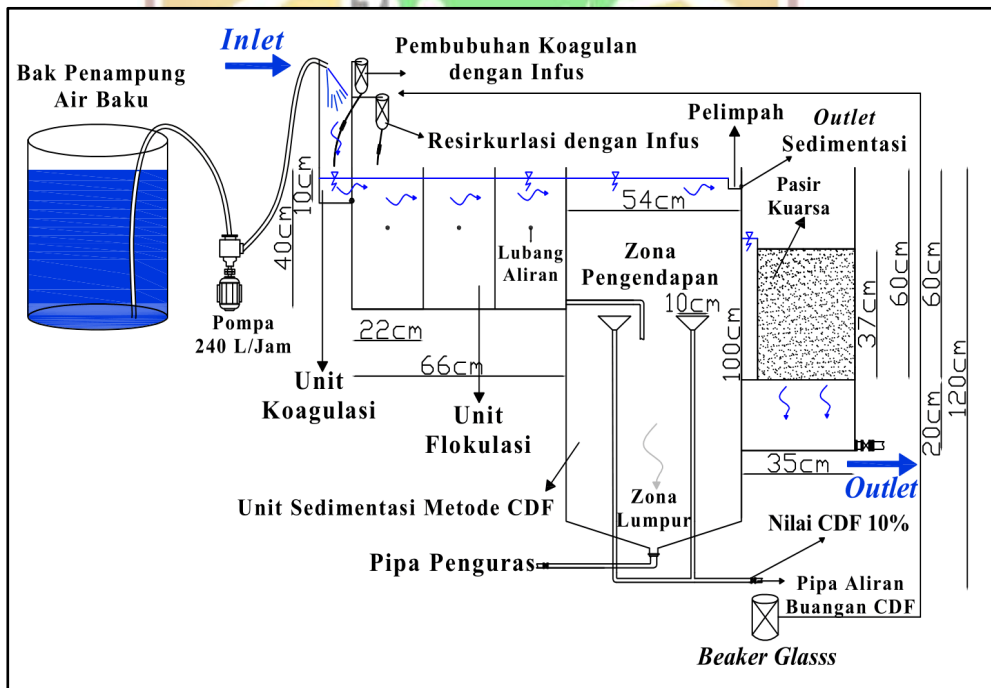
Reaktor paket IPA terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan *baffle channel*, sedimentasi metode CDF, dan filtrasi. Berfungsi sebagai alat pengujian dalam menyisahkan paramater TDS dan kekeruhan pada air baku. Gambar reaktor, *layout*, dan potongan Paket IPA metode CDF dapat dilihat pada **Gambar 3.2**, **Gambar 3.3**, dan **Gambar 3.4**.



Gambar 3.2 Reaktor Paket IPA Metode CDF



Gambar 3.3 *Layout* Reaktor Paket IPA Metode CDF



Gambar 3.4 Potongan *Layout* Paket IPA Metode CDF

2. Pompa air

Pompa berfungsi untuk menggerakkan air pada unit yang direncanakan. Penelitian yang dilakukan menggunakan aliran yang bersifat kontinu, di mana aliran akan terus mengalir dalam unit, maka diperlukan pompa untuk menggerakkan air secara terus menerus. Gambar pompa air dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Pompa Air

3. Wadah penampung sampel air

Wadah penampung berfungsi untuk menampung air baku artifisial yang digunakan sebagai air baku dalam penelitian ini. Wadah penampung air baku yang digunakan berupa bejana ukuran 110 L. Gambar bejana ukuran 110 L dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Bejana 110 L

4. Gelas Ukur 500 mL

Gelas ukur 500 mL digunakan untuk menampung air yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi dan filtrasi. Gambar gelas ukur 500 mL dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Gelas Ukur 500 mL

5. Wadah koagulan PAC

Wadah Koagulan PAC berupa botol infus yang dilengkapi dengan selangnya, berfungsi sebagai wadah untuk mengatur dosis PAC yang akan dimasukkan ke dalam unit pengolahan. Wadah koagulan PAC dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Wadah Koagulan PAC

6. *Magnetic stirrer*

Magnetic stirrer berfungsi untuk mengaduk air baku artifisial sehingga dapat tercampur menjadi homogen. Gambar *magnetic stirrer* dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Magnetic Stirrer

7. Kuvet kaca

Kuvet kaca berfungsi untuk meletakkan sampel air baku artifisial dalam pengukuran dengan spektrofotometer. Gambar kuvet kaca dapat dilihat pada **Gambar 3.10**.



Gambar 3.10 Kuvet Kaca

b. Alat Pengukuran

Alat-alat pengukuran lain yang digunakan selama penelitian ini:

1. Spektrofotometer Uv-vis

Alat ini berfungsi untuk mengukur kekeruhan awal pada sampel air baku dan untuk mengukur kekeruhan akhir dari air hasil olahan. Gambar Spektrofotometer Uv-vis dapat dilihat pada **Gambar 3.11**.



Gambar 3.11 Spektrofotometer Uv-vis

2. *Stopwatch*

Stopwatch berfungsi untuk mengukur waktu selama penelitian. Pengukuran waktu yang dilakukan berupa pengaturan debit dan bukaan CDF. Gambar *stopwatch* dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.



Gambar 3.12 Stopwatch

3. Neraca analitik

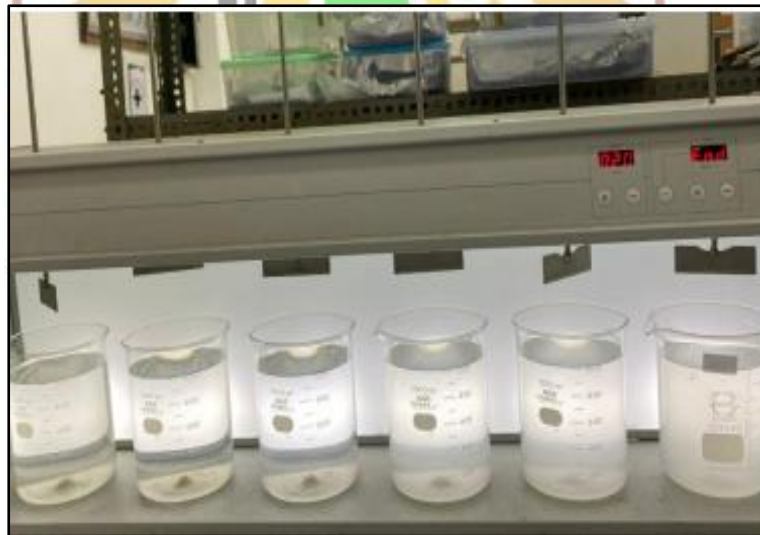
Neraca analitik berfungsi untuk menimbang koagulan, *kaolin clay*, dan NaCl. Gambar neraca analitik dapat dilihat pada **Gambar 3.13**.



Gambar 3.13 Neraca Analitik

4. *Jar test*

Jar test berfungsi untuk menentukan dosis optimum dari koagulan PAC. Gambar *jar test* dapat dilihat pada **Gambar 3.14**.



Gambar 3.14 Jar Test

5. pH meter

pH meter berfungsi untuk mengukur pH sampel. Gambar pH meter dapat dilihat pada **Gambar 3.15**.



Gambar 3.15 pH meter

6. TDS meter

TDS meter berfungsi untuk mengukur TDS selama penelitian. Gambar TDS meter dapat dilihat pada **Gambar 3.16**.



Gambar 3.16 TDS meter

3.2.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian yaitu:

1. Koagulan

Koagulan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu PAC. Berdasarkan SNI 19-6449:2000 tentang Metode Pengujian Koagulasi, prosedur menentukan dosis optimum dari koagulan dengan *jar test* adalah sebagai berikut:

- a. Sampel dimasukkan ke dalam *beaker glass* masing-masing sebanyak 1.000 mL dan gelas ukur diletakkan pada masing-masing baling-baling pengaduk. Temperatur dan pH sampel dicatat sebelum pengujian dimulai;
- b. Tambahkan ke dalam *beaker glass* yang diisi sampel dengan koagulan, masing-masing sesuai dengan dosis yang telah ditetapkan yaitu 0,5 mL, 1 mL, 1,5 mL, 2 mL, 2,5 mL, dan 3 mL;
- c. Operasikan pengaduk pada pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm. Lakukan pengadukan selama 1 menit, catat waktu dan kecepatan pengadukan;
- d. Kurangi kecepatan sampai pada kecepatan minimal 20 rpm untuk menjaga partikel flok yang terlarut seragam selama 20 menit dengan pengadukan lambat;
- e. Setelah pengadukan lambat selesai, angkat baling-baling dan lihat apakah partikel flok telah mengendap. Catat berapa lama gumpalan partikel telah mengendap. Pencatatan dimulai saat air diam;
- f. Setelah 15 menit pengendapan, catat bentuk flok pada dasar *beaker glass* dan catat temperatur sampel uji dengan pipet takar untuk mengukur kekeruhan, pH, dan analisis tambahan;
- g. Tentukan dosis optimum koagulan yang didapatkan;
- h. Ulangi kembali langkah a-g hingga memperoleh dosis optimum yang lebih akurat.

Gambar koagulan PAC dapat dilihat pada **Gambar 3.17**.



Gambar 3.17 Koagulan PAC

2. Air baku artifisial

Penelitian ini menggunakan air baku artifisial sebagai air baku yang diolah pada reaktor. Air baku artifisial dibuat dengan penambahan garam dapur (NaCl) untuk mendapatkan nilai TDS air baku artifisial (Cahyani, 2016). Sementara untuk parameter kekeruhan menggunakan penambahan *kaolin clay* (Prihatinningtyas & Effendi, 2018). Semua bahan dilarutkan dengan air pelarut menggunakan air tanah di Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas. Merujuk pada penelitian Prihatinningtyas & Effendi (2018), larutan artifisial dibuat dengan cara melarutkan 160 g *kaolin clay* ke dalam *beaker glass* 1.000 mL yang telah diisi dengan air pelarut. Kemudian, dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Selanjutnya, larutan *kaolin clay* didiamkan selama 24 jam dan dilakukan pengadukan kembali menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Setelah itu, larutan *kaolin clay* diukur kekeruhan menggunakan spektrofotometer untuk mengetahui kekeruhan awalnya untuk dijadikan larutan induk. Kemudian 1 mL larutan induk diencerkan ke dalam 1 L air, dan 1 mg NaCl dilarutkan ke dalam 1 L air. Setelah itu, pada larutan induk diukur kadar TDS dengan TDS meter dan kekeruhan dengan menggunakan spektrofotometer. Selanjutnya, untuk mendapatkan nilai TDS dan kekeruhan air baku yang diinginkan digunakan interpolasi agar didapatkan kebutuhan larutan induk yang diinginkan.

Gambar *Kaolin clay* dan NaCl dapat dilihat pada **Gambar 3.18**.



Gambar 3.18 *Kaolin Clay* dan NaCl

3. Media filter karbon aktif

Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben dalam menyisihkan parameter TDS sekaligus penyerap bau dan warna pada air. Karbon aktif terbuat dari tempurung kelapa dengan ukuran partikel sebesar 8×30 mesh (0,6 - 2,36 mm). Gambar media filter karbon aktif dapat dilihat pada **Gambar 3.19**.



Gambar 3.19 Media Filter Karbon Aktif

4. Media filter pasir kuarsa

Pasir kuarsa menghilangkan kandungan lumpur, tanah, partikel kecil dan sedimen pada air sehingga diharapkan dapat mengurangi kadar kekeruhan pada air yang diolah. Ukuran partikel media filter pasir kuarsa pada penelitian ini adalah 14×20 mesh (0,841 – 1,41 mm). Gambar media filter pasir kuarsa dapat dilihat pada **Gambar 3.20**.



Gambar 3.20 Media Filter Pasir Kuarsa

3.2.3 Pengujian Reaktor

Penelitian ini menggunakan reaktor yang terdiri dari unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi dengan menggunakan debit desain 240 L/jam, serta variasi debit sebesar 360 L/jam dan 480 L/jam. Pengujian reaktor dilakukan untuk mengetahui apakah adanya kebocoran pada reaktor yang dapat mengganggu proses penelitian. Alat dilengkapi dengan rangka besi agar dapat menahan beban air selama percobaan. Penentuan dimensi dan pembuatan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.2.3.2 Unit Koagulasi

Unit koagulasi dibuat dengan menggunakan pengadukan hidrolis sistem terjunan dengan perhitungan yang mengacu kepada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Perancangan alat ini dilakukan pada debit sebesar 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam.

3.2.3.2 Unit Flokulasi

Unit flokulasi dibuat menggunakan pengadukan hidrolis dengan sistem *baffle* dengan kriteria desain yang digunakan mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dengan debit yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Unit flokulasi ini menggunakan sistem hidrolis. Setelah dari koagulator, air baku dialirkan menuju flokulator dengan pengaduk hidrolis.

3.2.3.3 Unit Sedimentasi

Unit sedimentasi didesain dengan bentuk bujur sangkar dan menerapkan prinsip *Continuous Discharges Flow* (CDF). Sedimentasi metode CDF ini bekerja seperti halnya fenomena tangki bocor. Pengaruh bocor dalam bentuk titik dikonversi menjadi bidang yang disebut *cone* dengan bentuk limas. Penggunaan *cone* bertujuan untuk memperluas bidang pengaruh aliran buangan CDF terhadap luasan permukaan bak sedimentasi sehingga partikel flok yang terdapat pada air baku mudah tersisihkan. Debit yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Buakan CDF 10% dari debit *inlet*, resirkulasi 100% aliran

CDF, rasio luas *cone* 13% dari luas permukaan sedimentasi dan ketinggian posisi *cone* 66% dari dasar zona pengendapan. Kriteria desain yang digunakan dalam pembuatan unit sedimentasi mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.

3.2.3.4 Unit Filtrasi

Unit Filtrasi didesain dengan filter media ganda. Jenis media yang digunakan yaitu karbon aktif dan pasir kuarsa. Kriteria desain yang digunakan dalam pembuatan unit sedimentasi mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dengan debit yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam.

3.2.4 Pengoperasian Reaktor

Pengoperasian alat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Cek kondisi alat

Sebelum *running* alat, kondisi alat di cek terlebih dahulu. Kondisi alat harus dalam keadaan baik, tidak ada masalah seperti kebocoran, hingga pengaturan dan perakitan alat tidak ada yang longgar.

2. Persiapan sampel air dan koagulan PAC

Sampel air baku artifial diukur nilai kekeruhan, TDS, pH, dan suhu. Larutan stok standar koagulan disiapkan terlebih dahulu dan diukur dosis optimum dengan melakukan pengujian menggunakan *jar test* terhadap sampel air yang diambil. Setelah dosis optimum didapatkan, koagulan dimasukkan ke dalam botol infus dan diatur kecepatan keluarnya.

3. Pengujian waktu *steady* air

Pengujian waktu *steady* dilakukan dengan melihat *inlet* dan *outlet* pada unit pengolahan. Aliran dapat dikatakan *steady* atau sudah seragam/konstan apabila debit yang masuk pada *inlet* sama dengan debit yang keluar pada *outlet*.

4. Pengaturan bukaan debit aliran buangan CDF 10% dari debit aliran masuk

Bukaan debit aliran buangan CDF diatur 10% dari debit aliran masuk untuk mengalirkan air buangan secara kontinu. Aliran buangan CDF secara kontinu ini, diresirkulasikan 100% ke *inlet* unit flokulasi menggunakan infus.

5. *Running* alat

Sampel air dialirkan dari wadah penampung sampel air menggunakan pompa. Selama air mengalir, koagulan yang berada di dalam botol infus mengalir sesuai dengan besar debit yang telah diatur. Kemudian air mengalir ke unit flokulasi, unit sedimentasi, dan unit filtrasi. Debit pada aliran buangan pada unit sedimentasi yaitu 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam.

6. Pengambilan sampel dari *outlet* sedimentasi

Setelah debit air sudah *steady* atau dikatakan sudah seragam/konstan, efluen yang keluar dari *outlet* sedimentasi ditampung menggunakan gelas ukur 500 mL untuk dilakukan pengukuran. Pengambilan sampel air yang keluar dari *outlet* sedimentasi dilakukan sebanyak lima kali pada setiap *running* dengan waktu *steady* yang ditandai dengan aliran air sudah konstan setelah air keluar dari *outlet* sedimentasi selama 10 menit. Pengambilan data dan pengukuran setiap parameter dengan jarak waktu setiap 10 menit.

7. Pengambilan sampel dari *outlet* filtrasi

Setelah debit air yang keluar dari *outlet* filtrasi sudah *steady* atau dikatakan sudah seragam/konstan, efluen yang keluar dari *outlet* filtrasi ditampung menggunakan gelas ukur 500 mL untuk dilakukan pengukuran. Pengambilan sampel air yang keluar dari *outlet* filtrasi akan dilakukan sebanyak lima kali setiap *running* dengan waktu *steady* yang ditandai dengan aliran air sudah konstan setelah air keluar dari *outlet* filtrasi selama 10 menit. Pengambilan data dan pengukuran setiap parameter dengan jarak waktu setiap 10 menit.

3.2.5 Pengambilan Data

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 metode pengujian parameter TDS dan kekeruhan dilakukan dengan standar SNI atau yang setara. Pada penelitian ini pengukuran kekeruhan air dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.25-2005 tentang Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer yang dihitung dalam satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) atau Unit Kekeruhan Nefelometrik (UKN) menggunakan spektrofotometer Uv-Vis. Pengukuran TDS diukur dengan TDS meter berdasarkan *Standard Operating Procedure* SOP-PH-102 tentang pengukuran konduktivitas dan padatan terlarut. pH diukur dengan pH

meter dan suhu diukur dengan termometer. Pengambilan data pada TDS kekeruhan akhir air di unit sedimentasi dan unit filtrasi dilakukan sebanyak dua kali pengulangan (*duplo*). Jumlah data yang diambil untuk setiap kali *running* adalah sebanyak lima data dengan waktu *steady* 10 menit. Pengukuran dilakukan untuk melihat kinerja Paket IPA pada unit sedimentasi metode CDF dan unit filtrasi dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dalam menyisihkan TDS dan kekeruhan dengan debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Tabel pengambilan data parameter TDS dapat dilihat pada **Tabel 3.1**, dan data pengambilan parameter kekeruhan dapat dilihat pada **Tabel 3.2** berikut.

Tabel 3.1 Pengambilan Data dan Percobaan Parameter TDS

Debit	TDS Awal	Waktu	Pengambilan Data				TDS Rata Rata	Efisiensi Penyisihan Rata Rata
			Percobaan 1		Percobaan 2			
			TDS Akhir	Efisiensi Penyisihan	TDS Akhir	Efisiensi Penyisihan		
240		10 menit pertama						
		10 menit kedua						
		10 menit ketiga						
		10 menit keempat						
		10 menit kelima						
360		10 menit pertama						
		10 menit kedua						
		10 menit ketiga						
		10 menit keempat						
		10 menit kelima						
480		10 menit pertama						
		10 menit kedua						
		10 menit ketiga						
		10 menit keempat						
		10 menit kelima						

Tabel 3.2 Pengambilan Data dan Percobaan Parameter Kekeruhan

Debit	Kekeruhan Awal	Waktu	Pengambilan Data				Kekeruhan Rata Rata	Efisiensi Penyisihan Rata Rata
			Percobaan 1		Percobaan 2			
			Kekeruhan Akhir	Efisiensi Penyisihan	Kekeruhan Akhir	Efisiensi Penyisihan		
240		10 menit pertama						
		10 menit kedua						
		10 menit ketiga						
		10 menit keempat						
		10 menit kelima						
360		10 menit pertama						
		10 menit kedua						
		10 menit ketiga						
		10 menit keempat						
		10 menit kelima						
480		10 menit pertama						
		10 menit kedua						
		10 menit ketiga						
		10 menit keempat						
		10 menit kelima						

3.2.6 Analisis dan Pembahasan

Data yang telah didapatkan setelah melakukan penelitian kemudian dianalisis dan dilakukan pembahasan. Data yang didapatkan selama penelitian adalah data desain Paket IPA metode CDF, data air baku artifisial dan data dosis optimum koagulan. Data setelah melakukan pengoperasian alat berupa data TDS dan kekeruhan akhir air baku pada *outlet* unit sedimentasi metode CDF dan *outlet* unit filtrasi. Pembahasan juga mencakup tentang perancangan desain Paket IPA metode CDF, pembuatan sampel air baku artifisial, pengujian dosis optimum koagulan dan kinerja Paket IPA pada unit sedimentasi metode CDF dan unit filtrasi dengan media filter berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dalam penyisihan TDS dan kekeruhan pada air baku.

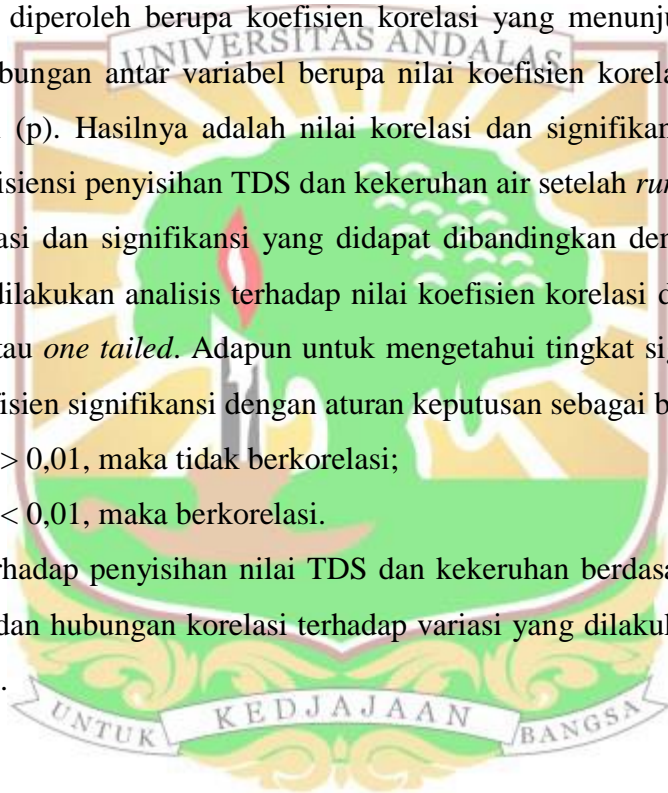
Langkah-langkah dari analisis dan pembahasan data hasil penelitian, yaitu:

1. Data hasil perancangan alat dan hasil pengukuran;
2. Perhitungan % efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan dengan persamaan:

$$\% \text{ efisiensi penyisihan} = \frac{\text{TDS awal} - \text{TDS akhir}}{\text{TDS awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\% \text{ efisiensi penyisihan} = \frac{\text{kekeruhan awal} - \text{kekeruhan akhir}}{\text{kekeruhan awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

3. Data-data yang diperoleh dari penelitian berupa nilai parameter TDS dan kekeruhan yang diinput pada program SPSS versi 25 dengan analisis korelasi *Rank Spearman*;
4. Hasil yang diperoleh berupa koefisien korelasi yang menunjukkan arah dan kuatnya hubungan antar variabel berupa nilai koefisien korelasi (r) dan nilai signifikansi (p). Hasilnya adalah nilai korelasi dan signifikansi variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan air setelah *running* alat;
5. Nilai korelasi dan signifikansi yang didapat dibandingkan dengan **Tabel 2.7**, kemudian dilakukan analisis terhadap nilai koefisien korelasi dengan hipotesis satu arah atau *one tailed*. Adapun untuk mengetahui tingkat signifikansi dapat dilihat koefisien signifikansi dengan aturan keputusan sebagai berikut:
 - a. Jika Sig > 0,01, maka tidak berkorelasi;
 - b. Jika Sig < 0,01, maka berkorelasi.
6. Analisis terhadap penyisihan nilai TDS dan kekeruhan berdasarkan data yang dihasilkan dan hubungan korelasi terhadap variasi yang dilakukan pada proses pengolahan.





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Bab ini menjelaskan perancangan reaktor penelitian dengan mengacu kepada SNI 6774:2008, mendeskripsikan data yang dihasilkan dari pembuatan air baku artifisial, dosis optimum koagulan berdasarkan *jar test*, hasil pengukuran parameter TDS dan kekeruhan, serta melakukan analisis terhadap data yang diperoleh berupa efisiensi penyisihan parameter TDS dan kekeruhan dari hasil pengoperasian paket IPA. Data parameter TDS dan kekeruhan di unit sedimentasi, filtrasi, serta paket IPA secara keseluruhan pada setiap variasi debit, dianalisis menggunakan program SPSS untuk melihat korelasi dan nilai signifikansi tingkat penyisihan parameter TDS dan kekeruhan terhadap variasi debit.

4.2 Perancangan Alat

Penelitian menggunakan reaktor Paket IPA yang terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, unit flokulasi hidrolis dengan *baffle channel*, unit sedimentasi dengan metode CDF, dan unit filtrasi dengan dua media filter berupa karbon aktif dan pasir kuarsa. Kapasitas reaktor dirancang pada debit desain 240 L/jam yang mengacu SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air untuk memenuhi spesifikasi fungsional dari unit proses pengolahan air minum. Pada bagian perancangan ini, juga dilakukan analisis parameter desain terhadap variasi debit yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: 360 L/jam (1,5 kali dari debit desain) dan 480 L/jam (2 kali dari debit desain) sebagai upaya melihat potensi *uprating* dari Paket IPA yang digunakan. *Uprating* IPA adalah upaya melipatgandakan kapasitas produksi pada paket IPA terbangun dengan kondisi kinerja proses pengolahan air yang memenuhi standar teknis.

4.2.1 Unit Koagulasi

Unit koagulasi yang digunakan adalah koagulasi hidrolis dengan sistem terjunan yang mengacu pada SNI 6774:2008. Berdasarkan perhitungan unit koagulasi

memiliki dimensi panjang 0,10 m, lebar 0,10 m, dan tinggi 0,33 m, dengan nilai gradien kecepatan (G) yang dipilih dalam perancangan adalah 850/detik dan waktu detensi 5 detik. Analisis parameter desain terhadap perlakuan variasi debit aliran 360 L/jam dan 480 L/jam yang digunakan pada penelitian ini, dirangkum pada **Tabel 4.1** berikut:

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Desain Unit Koagulasi

Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
Tinggi Terjunan	m	0,33	0,22	0,16	-	-
Panjang (p)	m	0,10	0,10	0,10	-	-
Lebar (l)	m	0,00	0,10	0,10	-	-
Kedalaman (h)	m	$3,35 \times 10^{-2}$	$3,35 \times 10^{-2}$	$3,35 \times 10^{-2}$	-	-
Waktu Detensi (td)	s	5	3,35	2,52	1 - 5 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Gradien Kecepatan (G)	/detik	849,12	847,00	832,83	>750 (SNI 6774:2008)	Memenuhi

Peningkatan debit desain dari 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali dari debit desain) dan 480 L/jam (2 kali dari debit desain) pada unit koagulasi, menunjukkan parameter gradien kecepatan dan waktu detensi masih dapat memenuhi standar desain SNI 6774:2008 sebagai parameter desain, namun nilai gradien kecepatan dan waktu detensi mengalami penurunan terhadap peningkatan debit aliran.

4.2.2 Unit Flokulasi

Unit flokulasi yang digunakan adalah flokulasi hidrolis berupa *baffle channel* yang mengacu pada SNI 6774:2008. Dimensi unit flokulasi hasil perancangan yaitu memiliki panjang 0,22 m, lebar 0,22 m, dan tinggi 0,44 m, dengan jumlah kompartemen *baffle* yang dirancang adalah 6 kompartemen. Nilai gradien kecepatan (G) yang dipilih adalah 60 - 10/detik dengan rincian masing-masing kompartemen 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 secara berturut-turut adalah 60/detik, 50/detik, 40/detik, 30/detik, 20/detik, dan 10/detik dan waktu detensi adalah 30 menit. Analisis parameter desain terhadap perlakuan variasi debit aliran 360 L/jam dan 480 L/jam yang digunakan pada penelitian ini, dirangkum pada **Tabel 4.2** berikut.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Desain Unit Flokulasi

Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat (SNI 6774:2008)	Keterangan
		240	360	480		
Jumlah Tahap		6	6	6	6 - 10	Memenuhi
Panjang setiap Tahap	m	0,22	0,22	0,22	-	-
Lebar setiap Tahap	m	0,22	0,22	0,22	-	-
Kedalaman setiap Tahap	m	0,40	0,40	0,40	-	-
Waktu Detensi (Td)	Menit	30	20	15	30 - 45	Tidak Memenuhi pada Debit 360 L/jam dan 480 L/jam
Gradien Kecepatan (G)	/detik	60 - 10	55 - 5	50 - 5	60 - 5	Memenuhi
Kecepatan Aliran (v)	m/detik	$1,30 \times 10^{-3}$	$2,00 \times 10^{-3}$	$3,00 \times 10^{-3}$	<0,9	Memenuhi

Pada unit flokulasi, peningkatan debit desain dari 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali dari debit desain) dan 480 L/jam (2 kali dari debit desain) masih dapat memenuhi standar desain SNI 6774:2008, yaitu untuk parameter gradien kecepatan pada interval 60 - 10/detik dan kecepatan aliran < 0,9 m/detik. Namun parameter waktu detensi menurun pada debit 360 L/jam menjadi 20 menit dan debit 480 L/jam menjadi 15 menit.

4.2.3 Unit Sedimentasi

Unit sedimentasi yang dirancang adalah unit sedimentasi metode CDF berbentuk bujur sangkar yang dilengkapi dengan empat buah *cone* yang berbentuk persegi dengan panjang sisi 10 cm. Penggunaan *cone* dimaksudkan untuk memperbesar pengaruh aliran air buangan CDF terhadap bidang permukaan pengendapan agar partikel flok yang terdapat pada air baku mudah disisihkan. Posisi *cone* pada unit sedimentasi berada pada ketinggian 66% dari dasar zona pengendapan, dan *cone* tersebut terhubung dengan pipa yang dilengkapi dengan *valve* untuk mengatur debit aliran buangan. Nilai bukaan CDF yang digunakan adalah sebesar 10% dari debit aliran masuk. Dimensi unit sedimentasi yang dihasilkan dari perhitungan yaitu memiliki panjang 0,54 m, lebar 0,44 m, dan tinggi 1 m, dan telah sesuai berdasarkan kriteria SNI 6774:2008 dengan waktu detensi 1 jam, kecepatan aliran < 9 m/s, nilai bilangan *Reynolds* < 2.000 dan nilai bilangan *Froude* > 10^{-5} .

Analisis parameter desain terhadap perlakuan variasi debit aliran 360 L/jam dan 480 L/jam yang digunakan pada penelitian ini, dirangkum pada **Tabel 4.3** berikut.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Desain Unit Sedimentasi

Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
Beban Permukaan (vo)	m ³ /m ² /jam	1	1,50	2	0,8 - 2,5 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Beban Pelimpah	m ³ /m/jam	0,54	0,82	1,09	< 11 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Panjang (p)	m	0,54	0,54	0,54	-	-
Lebar (l)	m	0,44	0,44	0,44	-	-
Kedalaman	m	1	1	1	1 (McGhee, 1991)	Memenuhi
Kecepatan Aliran (v)	m/detik	$2,81 \times 10^{-4}$	$4,19 \times 10^{-4}$	$5,16 \times 10^{-4}$	< 0,9 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Waktu Detensi (td)	jam	1	0,60	0,50	1 - 3 (SNI 6774:2008)	Tidak Memenuhi pada Debit 360 L/jam dan 480 L/jam
Jumlah Pelimpah (Gutter)		1	1	1	-	-
Bilangan Reynolds		65,72	130,54	160,89	< 2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Bilangan Froude		$1,96 \times 10^{-4}$	$2,52 \times 10^{-4}$	$3,11 \times 10^{-4}$	> 10^{-3} (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Diameter Pipa CDF	cm	10	10	10	-	-
Resirkulasi Aliran CDF	%	100	100	100	-	-
Rasio Luas Cone	%	13	13	13	-	-
Ketinggian Posisi Cone	cm	66	66	66	-	-

Peningkatan debit desain dari 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali dari debit desain) dan 480 L/jam (2 kali dari debit desain) pada unit sedimentasi, parameter beban permukaan, beban pelimpah, kecepatan aliran, bilangan *Reynolds*, dan bilangan *Froude* memenuhi standar desain SNI 6774:2008. Namun parameter waktu detensi cenderung lebih singkat pada debit 360 L/jam yaitu 0,6 jam dan debit 480 L/jam sebesar 0,50 jam.

4.2.4 Unit Filtrasi

Unit filtrasi yang digunakan adalah unit filtrasi media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa. Dimensi unit filtrasi hasil perhitungan yaitu memiliki panjang

0,25 m, lebar 0,44 m, dan tinggi 0,60 m, yang telah sesuai berdasarkan kriteria desain SNI 6774:2008. Ukuran partikel karbon aktif adalah sebesar 8×30 mesh (0,60 - 2,36 mm) dan pasir kuarsa adalah 14×20 mesh (0,84 - 1,41 mm) dengan ketebalan masing-masing media yaitu 185 mm, dan kecepatan filtrasi sebesar 2,18 m/jam. Analisis parameter desain terhadap perlakuan variasi debit aliran 360 L/jam dan 480 L/jam yang digunakan pada penelitian ini, dirangkum pada **Tabel 4.4** berikut.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Desain Unit Filtrasi

Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
Jumlah Bak		1	1	1	-	-
Panjang Bak	m	0,25	0,25	0,25	-	-
Lebar Bak	m	0,44	0,44	0,44	-	-
Tinggi Bak Filter	m	0,60	0,60	0,60	-	-
Kecepatan Filtrasi (v)	m/jam	2,18	3,27	4,36	4,0 - 21,0 m/jam (Shulz & Okun, 1984)	Tidak Memenuhi pada Debit 240 L/jam dan 360 L/jam untuk saringan pasir cepat
Bilangan Reynolds		66,81	100,22	133,63	<2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Bilangan Froude		$6,06 \times 10^{-4}$	$9,08 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-3}$	$>10^{-5}$ (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Tinggi Air diatas Media Penyaring	m	0,05	0,05	0,05	-	-
Tebal Media Penyaring	m	0,37	0,37	0,37	-	-

Pada unit filtrasi peningkatan debit desain dari 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali dari debit desain) dan 480 L/jam (2 kali dari debit desain) parameter bilangan Reynolds, dan bilangan Froude memenuhi standar desain SNI 6774:2008. Parameter kecepatan filtrasi belum memenuhi standar desain saringan pasir cepat menurut Shulz & Okun (1984). Parameter bilangan Reynolds, bilangan Froude, dan kecepatan filtrasi mengalami peningkatan terhadap penambahan debit aliran.

4.2.5 Rekapitulasi Perhitungan Desain Unit Paket IPA

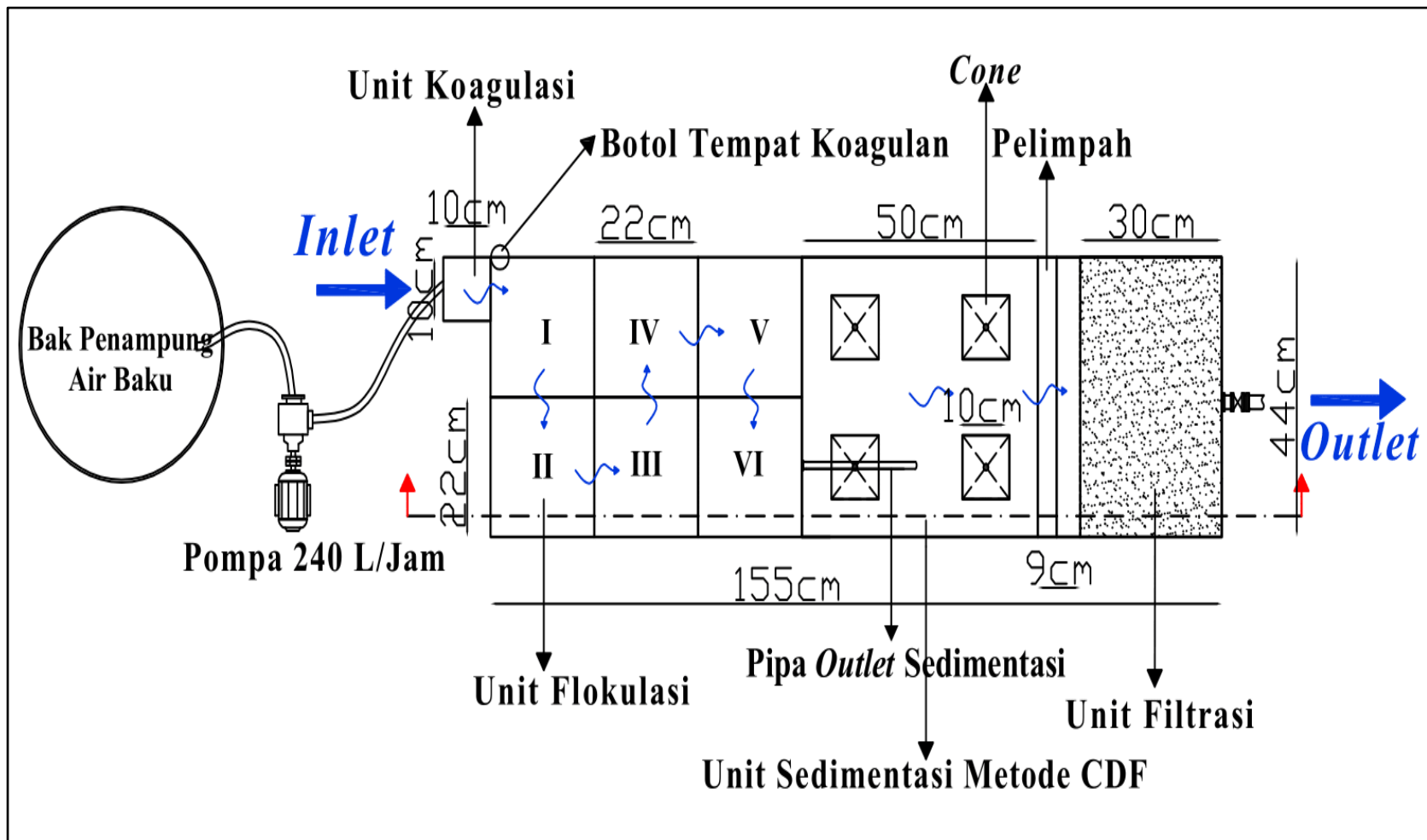
Perhitungan desain unit paket IPA pada penelitian ini secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Tabel rekapitulasi hasil perhitungan desain paket IPA metode CDF dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Desain Paket IPA Metode CDF

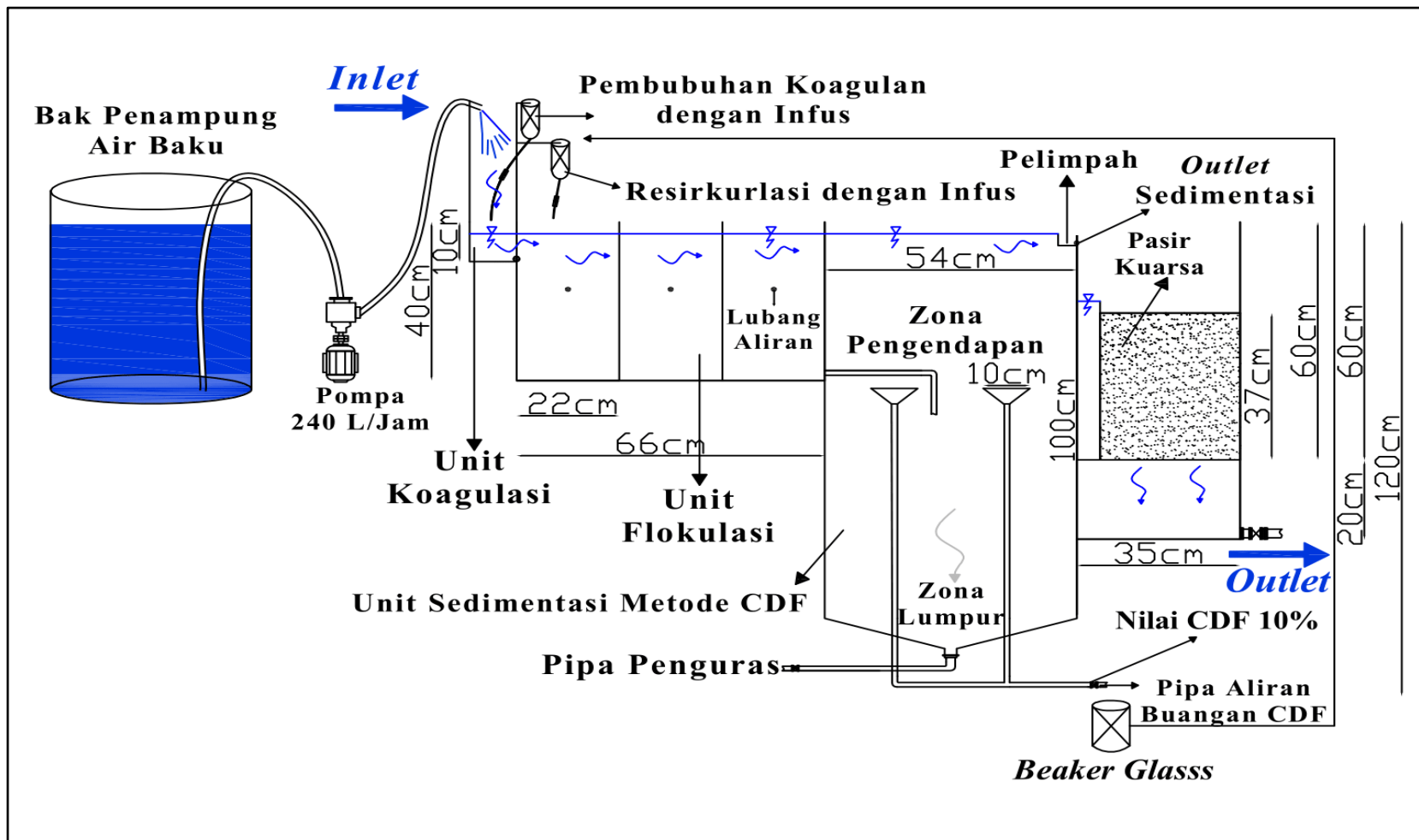
Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
Unit Koagulasi						
Tinggi Terjunan	m	0,33	0,22	0,16	-	-
Panjang (p)	m	0,10	0,10	0,10	-	-
Lebar (l)	m	0,10	0,10	0,10	-	-
Kedalaman (h)	m	$3,35 \times 10^{-2}$	$3,35 \times 10^{-2}$	$3,35 \times 10^{-2}$	-	-
Waktu Detensi (td)	s	5	3,35	2,52	1-5 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Gradien Kecepatan (G)	/detik	849,12	847,00	832,83	>750 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Unit Flokulasi						
Jumlah Tahap		6	6	6	6-10 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Panjang setiap Tahap	m	0,22	0,22	0,22	-	-
Lebar setiap Tahap	m	0,22	0,22	0,22	-	-
Kedalaman setiap Tahap	m	0,40	0,40	0,40	-	-
Waktu Detensi (v)	Menit	30	20	15	30 - 45 (SNI 6774:2008)	Tidak Memenuhi pada Debit 360 L/jam dan 480 L/jam
Gradien Kecepatan (G)	/detik	60 - 10	55 - 5	50 - 5	60 - 5 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Kecepatan Aliran (v)	m/detik	$1,30 \times 10^{-3}$	$2,00 \times 10^{-3}$	$3,00 \times 10^{-3}$	<0,9 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Unit Sedimentasi						
Beban Permukaan (vo)	$m^3/m^2/jam$	1	1,5	2	0,8 - 2,5 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Beban Pelimpah	$m^3/m/jam$	0,54	0,82	1,09	<11 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Panjang (p)	m	0,54	0,54	0,54	-	-
Lebar (l)	m	0,44	0,44	0,44	-	-
Kedalaman	m	1	1	1	1 (McGhee, 1991)	Memenuhi
Kecepatan Aliran (v)	m/detik	$2,81 \times 10^{-4}$	$4,19 \times 10^{-4}$	$5,16 \times 10^{-4}$	<0,9 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Waktu Detensi (td)	jam	1	0,60	0,50	1 - 3 (SNI 6774:2008)	Tidak Memenuhi pada Debit 360 L/jam dan 480 L/jam
Jumlah Pelimpah (Gutter)		1	1	1	-	-
Bilangan Reynolds		65,72	130,54	160,89	<2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Bilangan Froude		$1,96 \times 10^{-4}$	$2,52 \times 10^{-4}$	$3,11 \times 10^{-4}$	$>10^{-5}$ (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Diameter Pipa CDF	cm	10	10	10	-	-

Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
Resirkulasi Aliran CDF	%	100	100	100	-	-
Rasio Luas Cone	%	13	13	13	-	-
Ketinggian Posisi Cone	cm	66	66	66	-	-
Unit Filtrasi						
Jumlah Bak		1	1	1	-	-
Panjang Bak	m	0,25	0,25	0,25	-	-
Lebar Bak	m	0,44	0,44	0,44	-	-
Tinggi Bak Filter	m	0,60	0,60	0,60	-	-
Kecepatan Filtrasi (v)	m/jam	2,18	3,27	4,36	4,0 - 21,0 m/jam (Shulz & Okun, 1984)	Tidak Memenuhi pada Debit 240 L/jam dan 360 L/jam untuk saringan pasir cepat
Bilangan Reynolds		66,81	100,22	133,63	<2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Bilangan Froude		$6,06 \times 10^{-4}$	$9,08 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-3}$	$>10^{-5}$ (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Tinggi Air diatas Media Penyaring	m	0,05	0,05	0,05	-	-
Tebal Media Penyaring	m	0,37	0,37	0,37	-	-

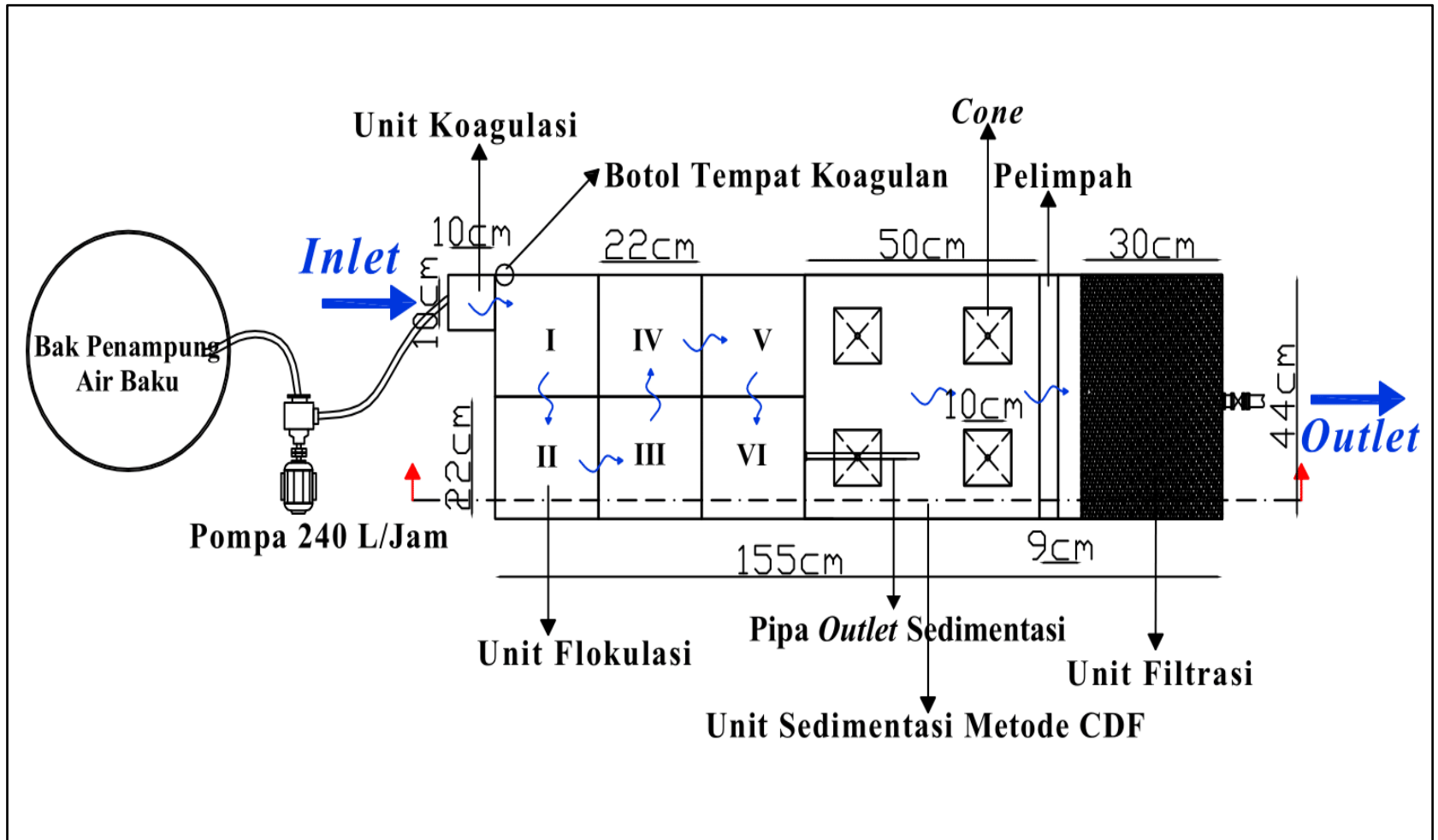
Berdasarkan hasil perhitungan desain, maka dirancang reaktor Paket IPA metode CDF dalam skala laboratorium dengan dimensi keseluruhan yaitu memiliki panjang 1,55 m, lebar 0,44 m, dan tinggi 1,20 m. Gambar *layout* dan potongan reaktor paket IPA dengan media tunggal berupa pasir kuarsa dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2**, sementara gambar *layout* dan potongan reaktor paket IPA dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dapat dilihat pada **Gambar 4.3**, dan **Gambar 4.4**.



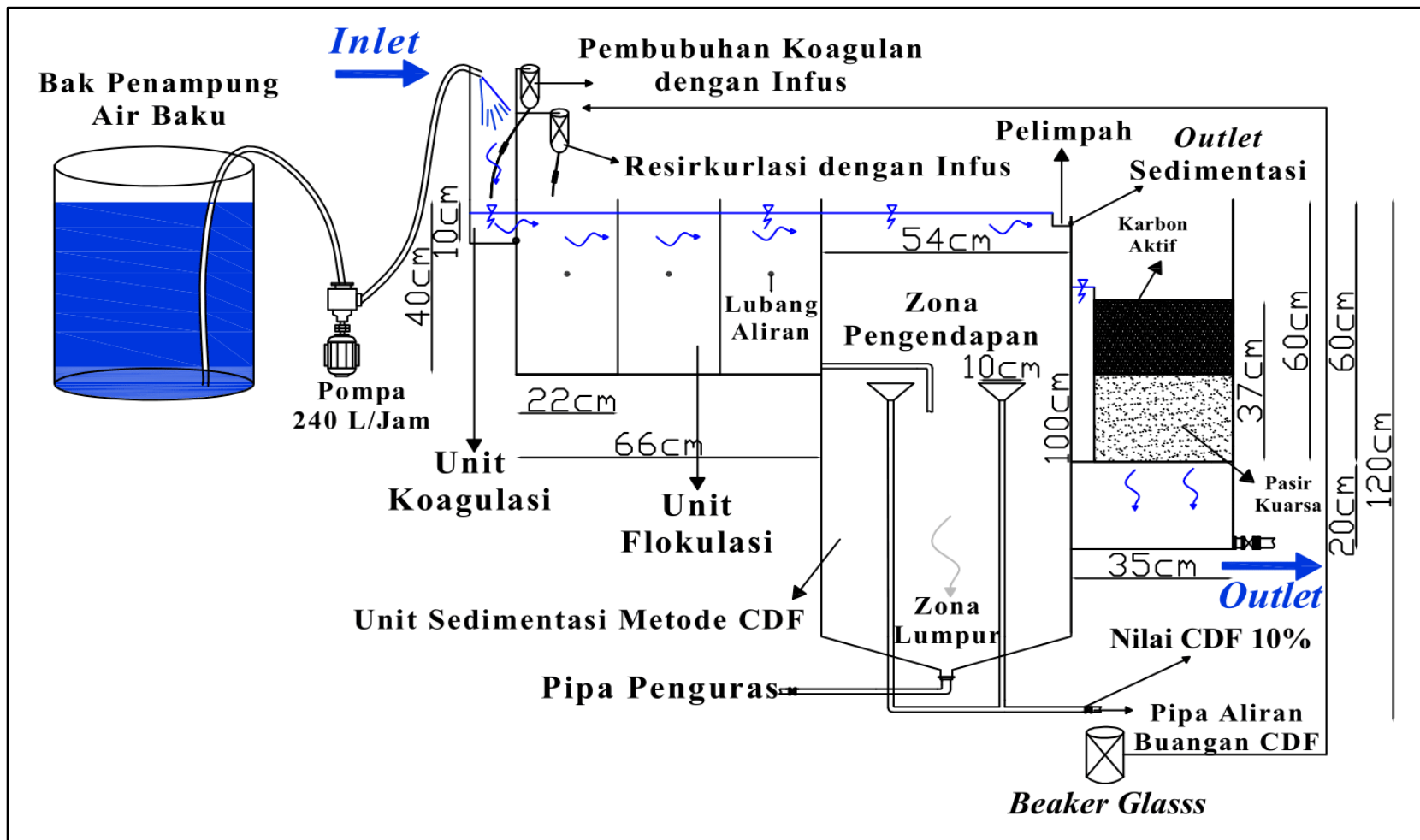
Gambar 4.1 Layout Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Tunggal



Gambar 4.2 Potongan Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Tunggal



Gambar 4.3 Layout Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Ganda



Gambar 4.4 Potongan Reaktor Paket IPA Metode CDF Media Ganda

4.3 Air Baku Artifisial

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian kinerja paket IPA metode CDF dengan variasi debit pada air baku artifisial. Penelitian ini menggunakan air baku artifisial dengan TDS sebesar 1.108 mg/L dan kekeruhan sebesar 114,38 NTU. Perhitungan pembuatan larutan air baku artifisial dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Karakteristik air baku artifisial setelah dicapai nilai TDS dan kekeruhan yang diinginkan dapat dilihat pada **Tabel 4.6** sebagai berikut:

Tabel 4.6 Karakteristik Air Baku Artifisial

Karakteristik	Nilai
TDS (mg/L)	1.108
Kekeruhan (NTU)	114,38
Suhu (°C)	26,40
pH	7,42

4.4 Dosis Optimum Koagulan

Jar test merupakan suatu metode yang dibutuhkan dalam penentuan dosis optimum koagulan. Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PAC. Hasil pengukuran *jar test* dalam penentuan dosis optimum koagulan diamati dosis yang menghasilkan flok yang lebih besar dan banyak, waktu pengendapan paling cepat, serta nilai kekeruhan akhir yang paling rendah. Lebih jelas dapat dilihat pada **Tabel 4.7** sebagai berikut:

Tabel 4.7 Penentuan Dosis Optimum Koagulan PAC

Dosis (mL)	Kekeruhan Awal (NTU)	pH Awal	Suhu (°C)	Ukuran Flok	Waktu Pengendapan (Menit)	pH Akhir	Kekeruhan Akhir (NTU)
0,5	114,38	7,42	26,40	+++	8:54.04	7,21	6,41
1				+++	8:22.12	7,16	6,17
1,5				++	10:53.25	7,13	13,76
2				+	11:46.03	7,04	18,90
2,5				+	12:02.33	6,96	19,48
3				+	14:40.02	6,91	29,68

Keterangan:

- + : Flok kecil dan sedikit
- ++ : Flok besar dan sedikit
- +++ : Flok besar dan banyak

Berdasarkan proses *jar test* yang telah dilakukan didapatkan hasil koagulan optimum untuk air baku artifisial yaitu dengan dosis 1 mL. Pada dosis tersebut menghasilkan flok yang lebih besar dan banyak, waktu pengendapan paling cepat, serta nilai kekeruhan akhir yang paling rendah. Nilai kekeruhan akhir yang diperoleh pada hasil *jar test* adalah 6,17 NTU dengan efisiensi penyisihan

kekeruhan sebesar 94,40%, sehingga koagulan optimum yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 ppm atau 1 mg/L = 1 mL.

4.5 Analisis Penyisihan TDS dan Keekeruhan

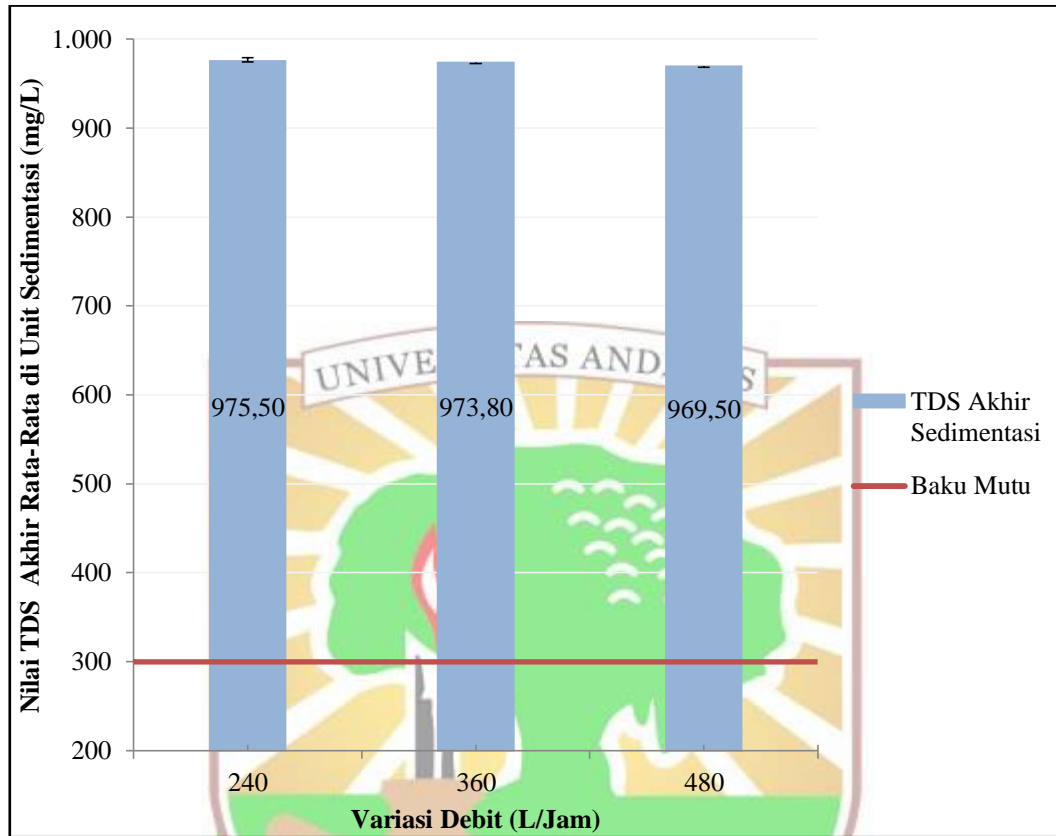
Penelitian ini menggunakan reaktor paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF dengan menganalisis efisiensi penyisihan parameter TDS dan kekeruhan air baku pada paket IPA dan menganalisis pengaruh variasi debit pada reaktor terhadap efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan. Percobaan telah dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan debit desain 240 L/jam, dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Percobaan dilakukan dengan pengambilan sebanyak lima data untuk satu variasi debit dengan dua kali pengulangan (*duplo*) untuk setiap variasi debit.

Hasil percobaan yang telah dilakukan pada paket IPA metode CDF, menunjukkan adanya perbedaan nilai efisiensi penyisihan parameter yang diolah pada debit desain terhadap variasi debit yang digunakan pada penelitian ini. Analisis pengaruh variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan dilakukan menggunakan aplikasi SPSS versi 25 dengan prinsip analisis korelasi *Rank Spearman*. Analisis korelasi *Rank Spearman* merupakan salah satu uji statistik non parametris. Tujuan dari analisis korelasi *Rank Spearman* adalah untuk melihat keeratan hubungan antara dua variabel, jenis hubungannya, serta bagaimana suatu variabel mempengaruhi variabel lainnya, atau bahkan tidak berpengaruh sama sekali.

4.5.1 Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi

Nilai penyisihan TDS didapatkan setelah air olahan yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi diukur menggunakan TDS meter. Air olahan tersebut terlebih dahulu melewati proses pada unit koagulasi, unit flokulasi, dan unit sedimentasi metode CDF. Penyisihan TDS dinyatakan dalam nilai persen, dimana nilai tersebut menunjukkan jumlah parameter TDS pada air baku yang dapat disisihkan oleh paket IPA pada unit sedimentasi metode CDF. Pengambilan data dilakukan dua kali (*duplo*) untuk debit desain 240 L/jam dan variasi debit yaitu 360 L/jam dan 480 L/jam pada *outlet* unit sedimentasi metode CDF. Data pengukuran TDS akhir

merupakan rata-rata dari nilai parameter TDS yang didapatkan pada pengambilan sampel di *outlet* sedimentasi. Data pengukuran TDS akhir di unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.5** berikut.



Gambar 4.5 Perbandingan TDS Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu

Pada **Gambar 4.5** nilai TDS akhir hasil penyisihan dari unit sedimentasi metode CDF pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam secara berturut-turut adalah 975,50 mg/L, 973,80 mg/L, dan 969,50 mg/L. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan batas maksimum tingkat TDS untuk air minum adalah <300 mg/L. Perbandingan nilai TDS akhir di unit sedimentasi dengan baku mutu pada peraturan tersebut menunjukkan bahwa nilai TDS masih belum memenuhi standar baku mutu. Hal tersebut juga menjadi indikasi bahwa penurunan kadar TDS pada setiap variasi debit tidak terlalu berbeda jauh dikarenakan pada proses sedimentasi tidak ada pengaruh pada proses penyisihan parameter TDS. Adapun perbandingan data efisiensi penyisihan TDS rata-rata air baku di unit sedimentasi

metode CDF pada penelitian ini dibandingkan dengan dua penelitian yang memiliki kesamaan dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi pada Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan TDS	Penelitian
1	Koagulasi pneumatis, flokulasi <i>baffled channel</i> , sedimentasi CDF nilai CDF 5% menggunakan koagulan PAC (630 mg/L)	77,40% (240 L/jam)	Arifah (2021)
2	Koagulasi hidrolis, flokulasi <i>baffled channel</i> , sedimentasi CDF nilai CDF 5% menggunakan koagulan PAC (180 mg/L)	36,11% (240 L/jam)	Kurniawan (2019)
3	Koagulasi hidrolis, flokulasi <i>baffled channel</i> , sedimentasi CDF nilai CDF 10% menggunakan koagulan PAC (1.108 mg/L)	11,96% (240 L/jam)	Penelitian ini
		12,11% (360 L/jam)	
		12,50% (480 L/jam)	

Berdasarkan **Tabel 4.8**, tingkat penyisihan parameter TDS pada debit desain dengan besar penyisihan 11,96% menghasilkan nilai penyisihan yang lebih kecil dibandingkan dengan efisiensi setelah dilakukannya variasi debit yaitu pada variasi debit 360 L/jam memiliki efisiensi sebesar 12,11% dengan nilai TDS akhir 973,80 mg/L. Sedangkan pada debit 480 L/jam mampu menyisihkan sebesar 12,50% dengan TDS akhir 969,50 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan parameter TDS menjadi semakin besar setiap terjadinya peningkatan debit produksi. Penelitian yang dilakukan oleh Arifah (2021) menggunakan koagulasi pneumatis menghasilkan efisiensi penyisihan TDS sebesar 77,40% dengan TDS awal sebesar 630 mg/L menjadi 142 mg/L. Penyisihan TDS terjadi akibat reaksi oksidasi dengan penginjeksian udara. Penginjeksian udara sebagai tenaga pengadukan pada koagulasi pneumatis merupakan kelebihan koagulasi pneumatis dibandingkan koagulasi mekanis dan hidrolis. Menurut penelitian Kurniawan (2019), penyisihan TDS terjadi pada unit koagulasi hidrolis akibat terjunan air yang mengakibatkan reaksi oksidasi dengan efisiensi penyisihan sebesar 36,11%. Efisiensi penyisihan parameter TDS pada unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Efisiensi penyisihan TDS di Unit Sedimentasi

Menurut Reynolds & Richards (1996), fungsi dari unit sedimentasi adalah untuk mengendapkan flok-flok dan padatan tersuspensi yang dibentuk oleh proses koagulasi dan flokulasi. Sementara TDS merupakan jumlah zat padat terlarut berupa ion-ion organik maupun koloid di dalam air yang dapat disisihkan melalui pertukaran ion dari proses oksidasi, dan proses tersebut tidak terjadi di unit sedimentasi. Penyisihan TDS terjadi akibat reaksi oksidasi dengan penginjeksian udara. Penyisihan TDS pada penelitian ini terjadi pada rangkaian unit sebelum unit sedimentasi, yaitu unit koagulasi hidrolis berupa terjunan dan flokulasi hidrolis menggunakan *baffled channel*. Menurut Abuzar (2005), koagulasi dengan pengadukan mekanis dan hidrolis juga dapat mengakibatkan terjadinya reaksi oksidasi akan tetapi turbulensi dan kontak udara dengan air pada koagulasi ini tidak terlalu banyak. Hasil turbulensi oleh unit koagulasi metode terjunan menghasilkan kontak udara yang sedikit, sehingga efisiensi penyisihan TDS pada penelitian tergolong rendah yaitu 11,96%, 12,11%, dan 12,50%.

Secara statistik dapat disajikan hubungan antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS air baku dengan menggunakan aplikasi SPSS. Analisis statistik

yang digunakan yakni analisis *Rank Spearman*. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.9** berikut ini.

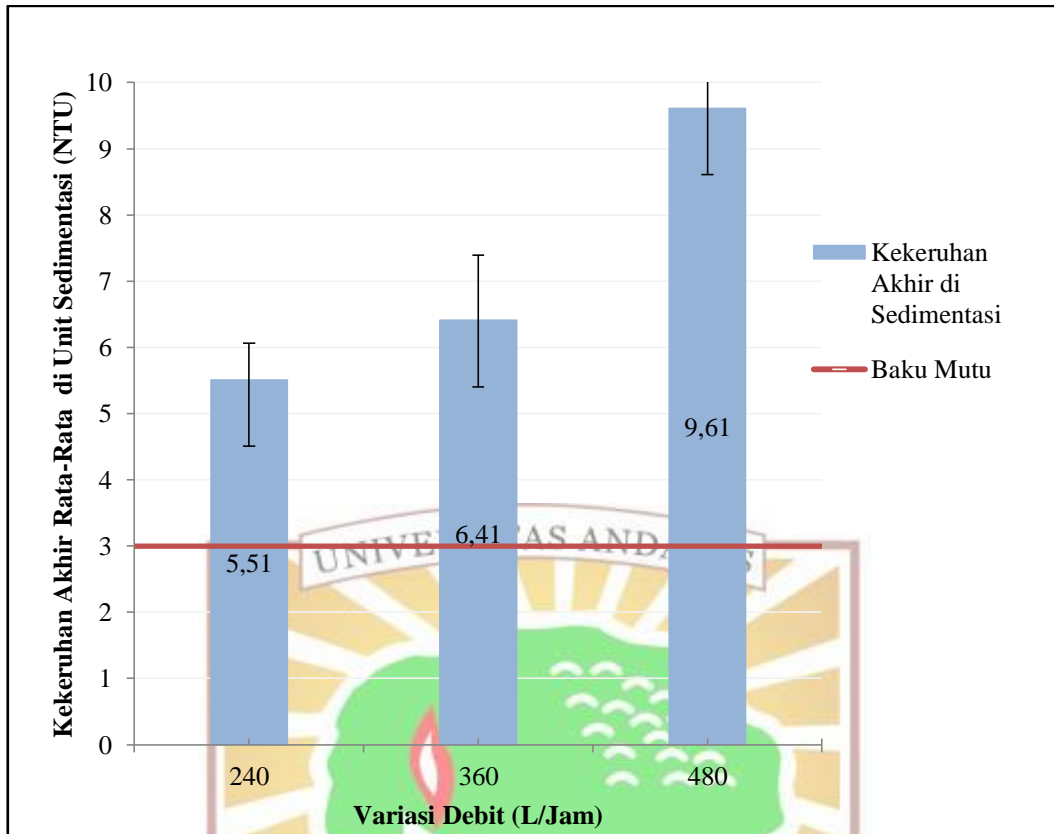
Tabel 4.9 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi

<i>Correlations</i>				
			Variasi Debit	Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	0,349
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,058
		N	30	30
	Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi	<i>Correlation Coefficient</i>	0,349	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,058	
		N	30	30

Berdasarkan **Tabel 4.9** dapat dilihat bahwa tingkat korelasi antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS air baku pada unit sedimentasi sebesar 0,349 yang berarti nilai korelasi tersebut menyatakan tidak ada hubungan dan keterkaitan antara kedua variabel. Berdasarkan hasil korelasi yang menyatakan tidak ada hubungan dan keterkaitan antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS air baku pada unit sedimentasi, maka hasil signifikansinya juga tidak terdapat hubungan dan tidak saling berpengaruh antara kedua variabel.

4.5.2 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

Nilai penyisihan parameter kekeruhan didapatkan setelah air olahan yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi diukur menggunakan spektrofotometer. Penyisihan kekeruhan diamati dengan *running* terhadap rangkaian unit pengolahan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi metode CDF pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Nilai penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi metode CDF dinyatakan dalam nilai. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali (*duplo*). Data pengukuran kekeruhan akhir merupakan rata-rata dari nilai parameter kekeruhan yang didapatkan pada pengambilan sampel di *outlet* sedimentasi. Data pengukuran kekeruhan akhir di unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.7** berikut.



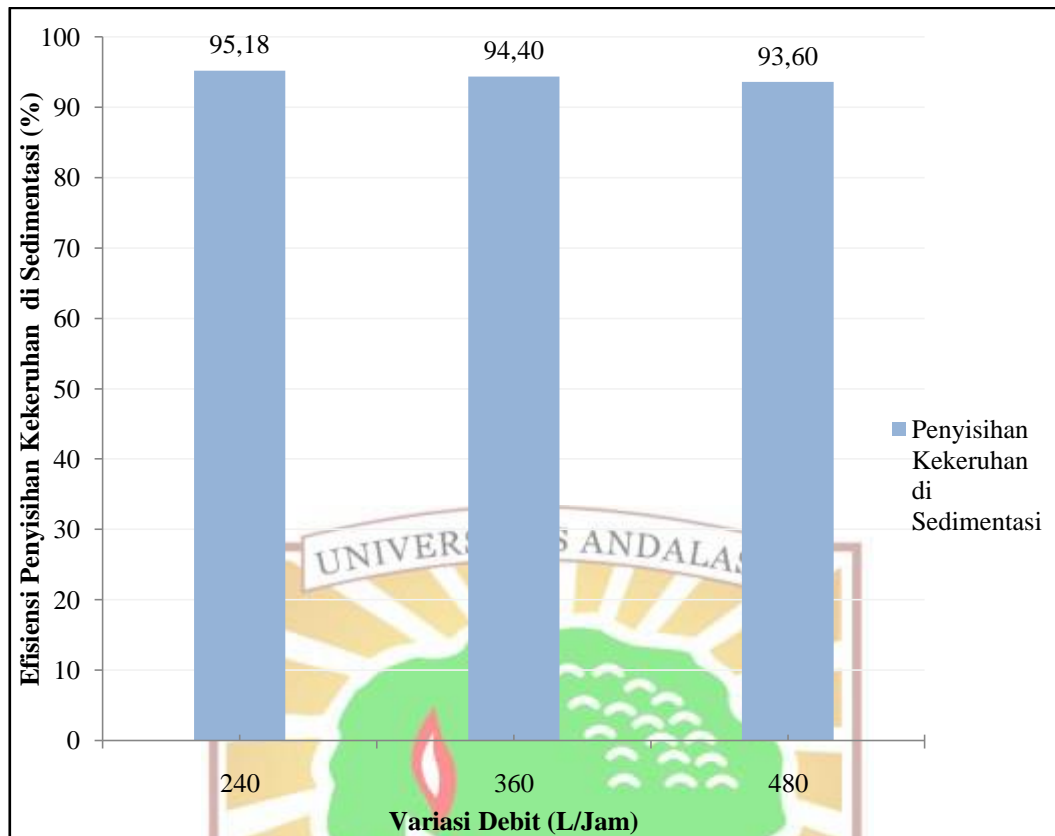
Gambar 4.7 Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu

Pada **Gambar 4.7** dapat dilihat nilai kekeruhan akhir hasil olahan unit sedimentasi pada debit desain 240 L/jam dan pada variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam secara berturut-turut adalah 5,51 NTU, 6,41 NTU, dan 9,61 NTU. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan batas maksimum tingkat kekeruhan untuk air minum adalah <3 NTU. Perbandingan nilai kekeruhan akhir di unit sedimentasi dengan baku mutu pada peraturan tersebut menunjukkan bahwa nilai kekeruhan masih belum memenuhi standar baku mutu. Nilai kekeruhan akhir yang belum memenuhi baku mutu perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut pada unit filtrasi. Adapun data perbandingan efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata air baku di unit sedimentasi metode CDF pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang memiliki kesamaan dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Sedimentasi Metode CDF oleh Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan	Penelitian
1	Bak koagulasi, bak flokulasi dan bak sedimentasi CDF nilai CDF 5% dengan <i>plate settlers</i> menggunakan air baku kekeruhan tinggi (110,36 NTU)	92,32% (240 L/jam)	Hadi (2021)
2	Koagulasi hidrolis, flokulasi <i>baffled channel</i> , sedimentasi CDF nilai CDF 10% menggunakan koagulan PAC menggunakan kekeruhan tinggi (124,91 NTU)	95,71% (240 L/jam)	Anggika (2022)
		94,98% (360 L/jam)	
		93,53% (480 L/jam)	
3	Koagulasi hidrolis, flokulasi <i>baffled channel</i> , sedimentasi CDF nilai CDF 10% menggunakan koagulan PAC menggunakan kekeruhan tinggi (114,38 NTU)	95,18% (240 L/jam)	Penelitian ini
		94,40% (360 L/jam)	
		93,60% (480 L/jam)	

Pada **Tabel 4.10** tingkat penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi dengan debit desain 240 L/jam adalah 95,18% dengan nilai kekeruhan awal adalah 114,38 NTU menjadi 5,51 NTU. Pada variasi debit 360 L/jam memiliki efisiensi sebesar 94,40% dengan nilai dengan nilai kekeruhan akhir 6,41 NTU. Sedangkan pada debit 480 L/jam mampu menyisihkan sebesar 93,60% dengan kekeruhan akhir 9,613 NTU. Penelitian yang dilakukan oleh Hadi (2021), menggunakan sedimentasi dengan nilai CDF 5% dengan penambahan plate settler menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan akhir yaitu sebesar 92,32% pada debit desain. Pada penelitian yang dilakukan oleh Anggika (2022), didapatkan nilai efisiensi penyisihan kekeruhan di unit sedimentasi metode CDF bukaan 10% dari debit aliran masuk pada debit desain 240 L/hari adalah sebesar 95,71% dan pada variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam adalah 94,40% dan 93,60%. Efisiensi penyisihan kekeruhan di sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Efisiensi penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

Berdasarkan **Gambar 4.8**, penyisihan parameter kekeruhan pada debit desain menghasilkan nilai penyisihan yang lebih besar dibandingkan dengan efisiensi setelah dilakukannya variasi debit. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi berbanding terbalik terhadap variasi debit yaitu semakin besar debit produksi maka penyisihan parameter kekeruhan semakin kecil. Efisiensi penyisihan parameter kekeruhan pada unit sedimentasi metode CDF memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan sedimentasi konvensional yaitu 65 - 70% (Hudson, 1981). Penurunan tingkat kekeruhan dipengaruhi oleh besar bukaan CDF yang diresirkulasikan, semakin besar jumlah volume aliran buangan CDF yang diresirkulasi maka tingkat penyisihan kekeruhan semakin tinggi.

Hubungan antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan air baku selanjutnya diukur secara statistik dengan menggunakan aplikasi SPSS. Analisis statistik yang digunakan yakni analisis *Rank Spearman*. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.11** berikut ini.

Tabel 4.11 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

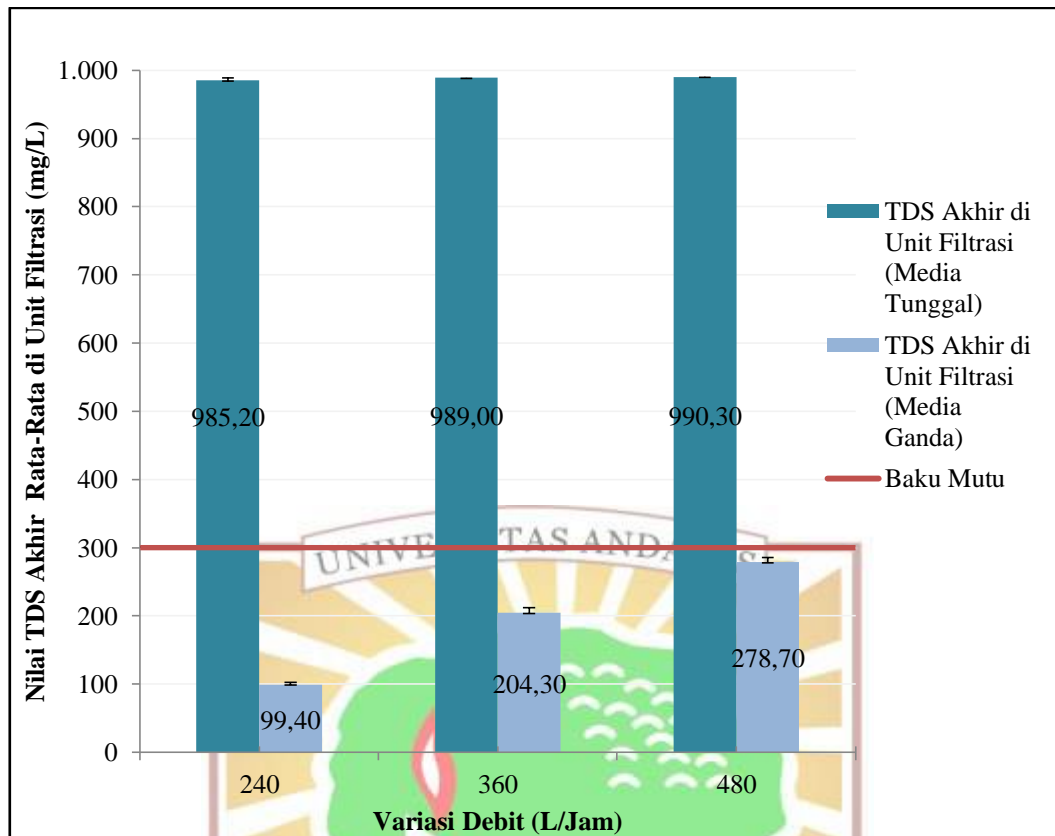
<i>Correlations</i>				
			Debit	Efisiensi Kekeruhan di Unit Sedimentasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-0,854**
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,000
		N	30	30
	Efisiensi Kekeruhan di Unit Sedimentasi	<i>Correlation Coefficient</i>	-0,854**	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000	
		N	30	30

* *Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)*

Berdasarkan **Tabel 4.11** dapat dilihat bahwa nilai signifikansi yang diperoleh adalah $0,000 < 0,01$ menyatakan kedua variabel tersebut memiliki hubungan dan saling berpengaruh. Sementara tingkat korelasi antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan air baku pada unit sedimentasi sebesar 0,854 yang menyatakan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel. Nilai yang negatif (-) pada koefisien korelasi menunjukkan pengaruh yang berbanding terbalik antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan pada pengolahan air baku. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar debit air baku yang diolah, maka semakin menurun efisiensi penyisihan kekeruhan air baku dan sebaliknya.

4.5.3 Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi

Air olahan yang telah melewati unit koagulasi, unit flokulasi, unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi selanjutnya dilakukan pengukuran parameter TDS menggunakan TDS meter. Pengambilan data dilakukan dua kali (duplo) dengan debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Pada unit filtrasi diukur nilai penyisihan pada media tunggal berupa pasir kuarsa dan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa. Besar penyisihan dinyatakan dalam persen, yang menunjukkan nilai TDS yang tersisihkan dari unit filtrasi paket IPA. Data pengukuran TDS akhir merupakan rata-rata dari nilai parameter TDS yang didapatkan pada pengambilan sampel di outlet filtrasi. Data pengukuran TDS akhir di unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.9** berikut.



Gambar 4.9 Perbandingan TDS Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu

Berdasarkan **Gambar 4.9** dapat dilihat nilai parameter TDS akhir hasil olahan unit filtrasi. Pada penelitian ini diukur kemampuan penyisihan TDS pada unit filtrasi dengan menggunakan media tunggal berupa pasir kuarsa dan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa. Pengukuran ini digunakan sebagai pembandingan untuk mengetahui keefektifan unit filtrasi dalam penyisihan TDS melalui media filter yang digunakan. Nilai TDS akhir dengan media tunggal pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dan kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam, dan 4,36 m/jam secara berturut-turut adalah 985,20 mg/L , 989,00 mg/L, dan 990,30 mg/L. Sementara nilai TDS akhir dengan media ganda pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dan kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam, dan 4,36 m/jam secara berturut-turut adalah sebesar 99,40 mg/L, 204,30 mg/L, dan 278,70 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan batas maksimum tingkat TDS untuk air minum adalah <300 mg/L. Perbandingan nilai TDS akhir di unit filtrasi dengan baku mutu pada peraturan tersebut menunjukkan bahwa nilai TDS masih belum memenuhi standar

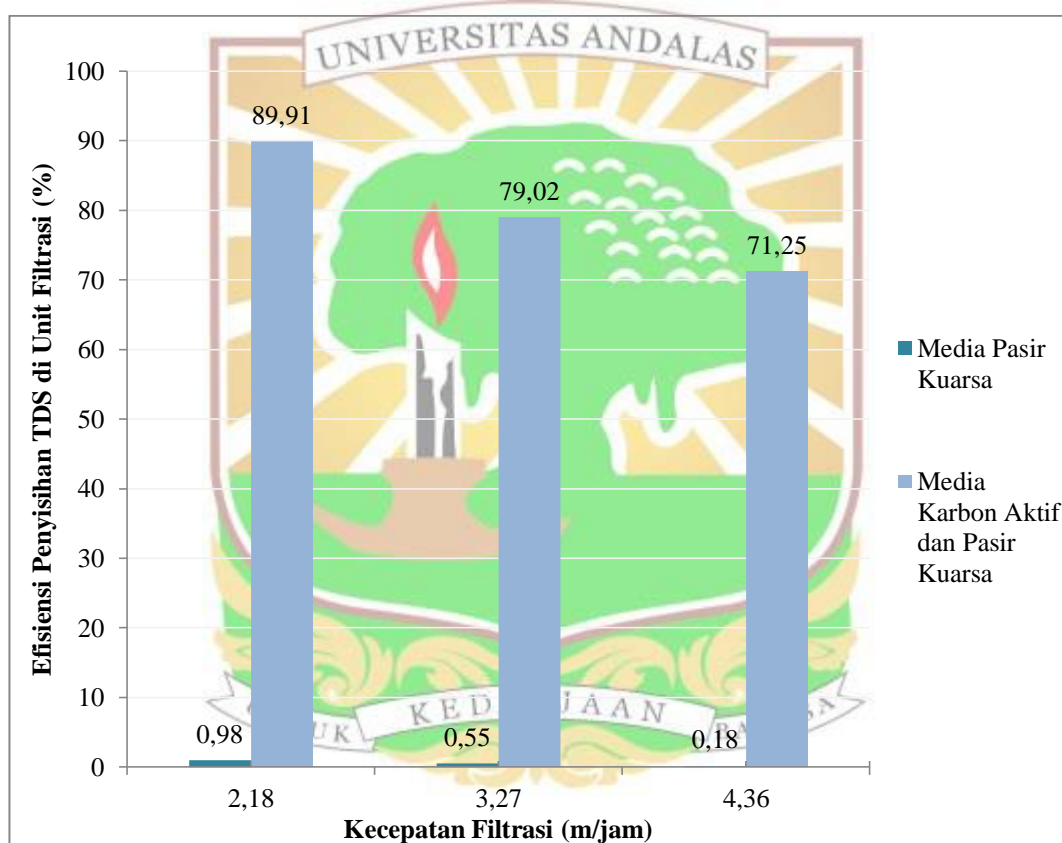
baku mutu pada media filter tunggal di seluruh variasi debit, sementara unit filtrasi dengan media ganda telah memenuhi standar baku mutu untuk seluruh variasi debit, yaitu 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam. Adapun perbandingan data efisiensi penyisihan TDS rata-rata air baku di unit filtrasi dengan media tunggal dan media ganda pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Kecepatan Filtrasi	Efisiensi Penyisihan TDS	Penelitian
1	Filtrasi media pasir silika, zeolit, dan kerikil ketinggian 60 cm (436 mg/L)	0,10 m/jam	18,3%	Istimewa dkk. (2020)
2	Filtrasi media karbon aktif dan pasir silika ketinggian 40 cm (204 mg/L)	0,56 m/jam	99,46%	Ningrum (2020)
3	Filtrasi media pasir kuarsa ketinggian 37 cm (975,50 mg/L)	2,18 m/jam (240 L/jam)	0,98% (240 L/jam)	Penelitian ini
		3,27 m/jam (360 L/jam)	0,55% (360 L/jam)	
		4,36 m/jam (480 L/jam)	0,18% (480 L/jam)	
4	Filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa ketinggian 37 cm (975,50 mg/L)	2,18 m/jam (240 L/jam)	89,81% (240 L/jam)	Penelitian ini
		3,27 m/jam (360 L/jam)	79,02% (360 L/jam)	
		4,36 m/jam (480 L/jam)	71,25% (480 L/jam)	

Pada **Tabel 4.12** dapat dilihat tingkat penyisihan TDS pada unit filtrasi dengan media tunggal berupa pasir kuarsa pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dan kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam, dan 4,36 m/jam debit adalah 0,99%, 0,55%, dan 0,18%. Berdasarkan data tersebut penyisihan parameter TDS di unit filtrasi dengan media tunggal pada debit desain dan variasi debit sama-sama menunjukkan efisiensi yang sangat kecil terhadap penyisihan parameter TDS. Sedangkan tingkat penyisihan TDS pada unit filtrasi dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dan kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam, dan 4,36 m/jam debit adalah 89,81%, 79,02%, 71,25%. Berdasarkan data tersebut penyisihan parameter TDS di unit filtrasi dengan media ganda pada debit desain menunjukkan efisiensi penyisihan parameter TDS yang lebih besar dibandingkan saat dilakukannya variasi debit. Hal ini menunjukkan

bahwa tingkat penyisihan TDS pada unit filtrasi berbanding terbalik terhadap variasi debit, yaitu semakin besar debit produksi maka penyisihan parameter TDS semakin kecil. Penelitian yang dilakukan oleh Istimewa dkk., (2020), dengan media filter berupa silika, zeolit, dan kerikil dengan ketinggian 60 cm dan kecepatan sebesar 0,10 m/jam menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 18,30%. Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh Ningrum (2020), dengan variasi media filter berupa karbon aktif dan pasir silika dengan ketinggian 40 cm dan kecepatan filtrasi 0,56 m/jam menghasilkan efisiensi penyisihan TDS sebesar 99,46%. Efisiensi penyisihan TDS di unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 Efisiensi penyisihan TDS di Unit Filtrasi

Berdasarkan **Gambar 4.10**, diperoleh nilai efisiensi penyisihan parameter TDS pada unit filtrasi dengan menggunakan media tunggal berupa pasir kuarsa sangat kecil dan hampir tidak terjadi penyisihan. Hal ini bersesuaian dengan penelitian Daulay dkk. (2019), dimana pasir kuarsa berfungsi untuk menghilangkan kandungan lumpur atau tanah, pada air dan umumnya digunakan sebagai saringan pada tahap awal. Oleh karena itu, proses penyisihan TDS pada unit filtrasi dengan media filter pasir kuarsa tidak terjadi. Berdasarkan nilai efisiensi penyisihan TDS

yang didapat pada unit filtrasi dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa memiliki efisiensi penyisihan TDS yang cukup baik, karena media filter karbon aktif dapat meningkatkan efisiensi penyisihan TDS pada unit filtrasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Ningrum (2020), yaitu karbon aktif dapat mampu mengadsorpsi anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik sesuai dengan kandungan parameter TDS. Persentase penyisihan parameter TDS pada unit filtrasi di pengaruhi oleh jenis media filter, ketebalan media, dan kecepatan aliran filtrasi.

Hubungan antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS air baku selanjutnya diukur secara statistik dengan menggunakan aplikasi SPSS. Analisis statistik yang digunakan yakni analisis *Rank Spearman*. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.13** berikut ini.

Tabel 4.13 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi

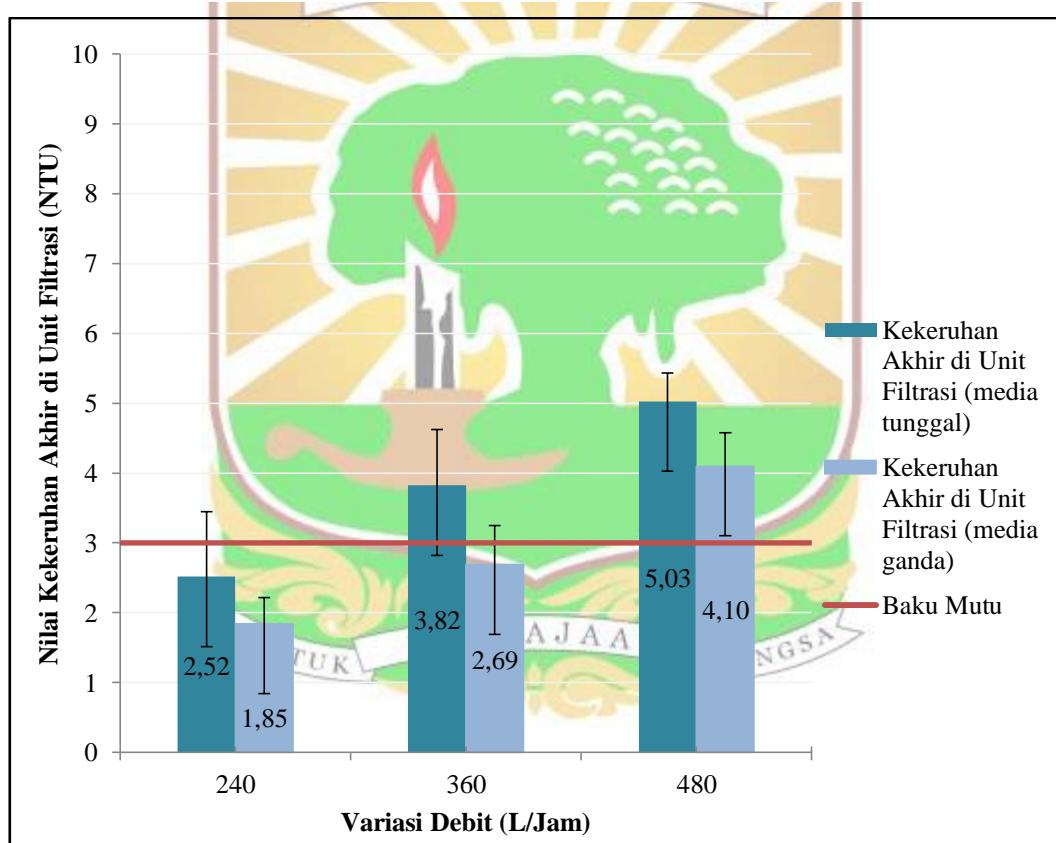
<i>Correlations</i>				
			Variasi Debit	Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-0,943**
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,000
		N	30	30
	Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi	<i>Correlation Coefficient</i>	-0,943**	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000	
		N	30	30

***Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)*

Berdasarkan **Tabel 4.13** dapat dilihat bahwa nilai signifikansi yang diperoleh adalah $0,000 < 0,01$ menyatakan kedua variabel tersebut memiliki hubungan dan saling berpengaruh. Sementara tingkat korelasi antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS air baku pada unit filtrasi adalah sebesar 0,943 yang menyatakan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel. Nilai yang negatif (-) pada koefisien korelasi menunjukkan pengaruh yang berbanding terbalik antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan TDS pada pengolahan air baku di unit filtrasi. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar debit air baku yang diolah, maka semakin menurun efisiensi penyisihan TDS air baku di unit filtrasi, begitu pula sebaliknya.

4.5.4 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan diperoleh data kekeruhan air baku pada keluaran atau *outlet* unit filtrasi. Data yang dihasilkan menggambarkan efisiensi penyisihan parameter kekeruhan pada air baku setelah melewati unit pengolahan, yaitu koagulasi, flokulasi, sedimentasi metode CDF dan terakhir unit filtrasi dalam nilai persen. Pengambilan data dilakukan dua kali (*duplo*) dengan debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Data pengukuran kekeruhan akhir merupakan rata-rata dari nilai kekeruhan yang didapatkan pada pengambilan sampel di *outlet* filtrasi. Data pengukuran kekeruhan akhir di unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.11** berikut.



Gambar 4.11 Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu

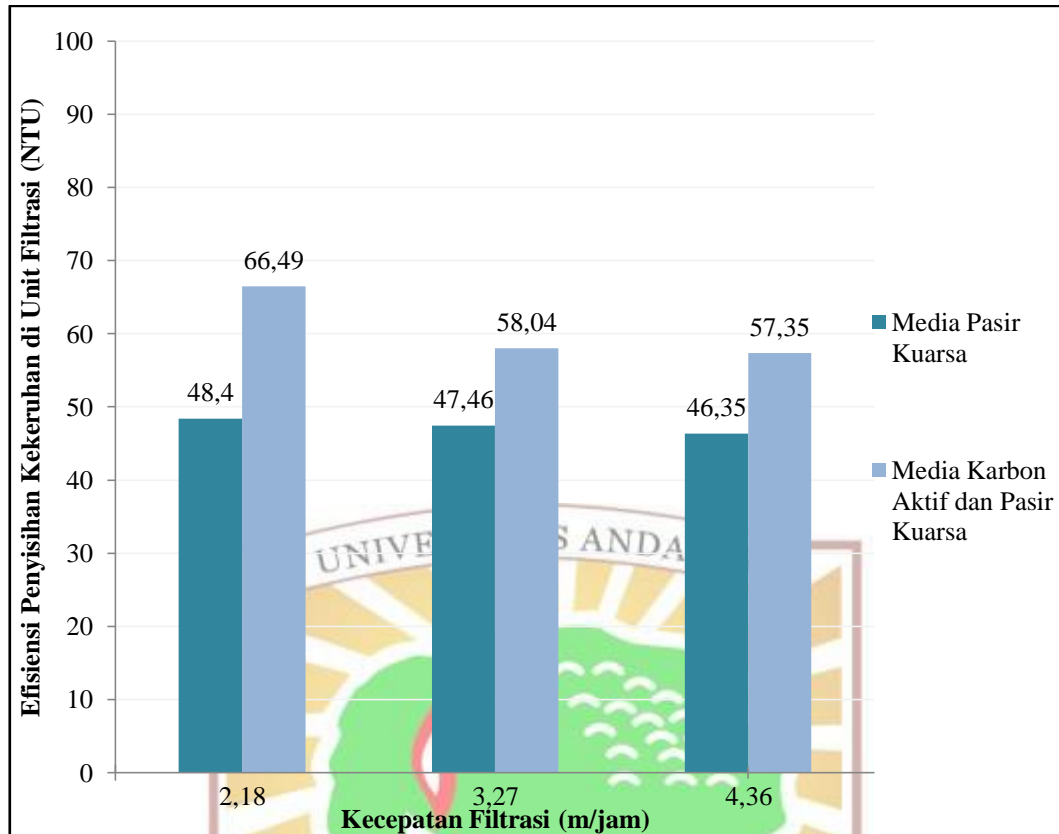
Berdasarkan **Gambar 4.11**, tingkat penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi dengan media tunggal berupa pasir kuarsa dengan debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dan kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam, dan 4,36 m/jam secara berturut-turut adalah 2,52 NTU, 3,82 NTU dan 5,03 NTU. Sementara pada unit filtrasi dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir

kuarsa dengan debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dan kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam, dan 4,36 m/jam secara berturut-turut adalah 1,85 NTU, 2,69 NTU, dan 4,10 NTU. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan batas maksimum tingkat kekeruhan untuk air minum adalah <3 NTU. Perbandingan nilai kekeruhan akhir di unit filtrasi dengan baku mutu pada peraturan tersebut menunjukkan bahwa nilai kekeruhan air hasil olahan unit filtrasi media tunggal hanya memenuhi standar baku mutu untuk debit desain 240 L/jam, sementara untuk variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam belum memenuhi. Sedangkan unit filtrasi dengan media ganda telah memenuhi standar baku mutu untuk debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam, sementara untuk variasi debit 480 L/jam belum memenuhi. Adapun perbandingan data efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata air baku di unit filtrasi dengan media tunggal dan media ganda pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

Tabel 4.14 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Kecepatan Filtrasi	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan	Penelitian
1	Filtrasi media pasir silika, zeolit, dan kerikil ketinggian 60 cm (4,81 NTU)	0,10 m/jam	77,30%	Istimewa dkk. (2020)
2	Filtrasi media karbon aktif dan pasir silika (87,10 NTU)	0,56 m/jam	88,17%	Ningrum (2020)
3	Filtrasi media pasir kuarsa (5,36 NTU)	2,18 m/jam (240 L/jam)	70,15% (240 L/jam)	Anggika (2022)
		3,27 m/jam (360 L/jam)	49,36% (360 L/jam)	
		4,36 m/jam (480 L/jam)	45,24% (480 L/jam)	
4	Filtrasi pasir kuarsa (7,09 NTU)	2,18 m/jam (240 L/jam)	48,40% (240 L/jam)	Penelitian ini
		3,27 m/jam (360 L/jam)	47,46% (360 L/jam)	
		4,36 m/jam (480 L/jam)	46,35% (480 L/jam)	
5	Filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa (7,14 NTU)	2,18 m/jam (240 L/jam)	66,49% (240 L/jam)	Penelitian ini
		3,27 m/jam (360 L/jam)	58,04% (360 L/jam)	
		4,36 m/jam (480 L/jam)	57,35% (480 L/jam)	

Pada **Tabel 4.14** dapat dilihat tingkat efisiensi penyisihan parameter kekeruhan di unit filtrasi pada penelitian Istimewa dkk. (2020), dengan variasi media filter berupa pasir silika, zeolit, dan kerikil dengan ketinggian 60 cm dan kecepatan filtrasi 0,10 m/jam menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 77,3% dengan kekeruhan awal 4,81 NTU. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ningrum (2020), dengan variasi media filter berupa karbon aktif dan pasir silika dengan ketinggian 40 cm dan kecepatan filtrasi 0,56 m/jam menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 88,17% dengan kekeruhan awal 87,10 NTU. Sementara pada penelitian Anggika (2022), dengan menggunakan media tunggal berupa pasir kuarsa dengan ketinggian 37 cm pada kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam dan 4,36 m/jam menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 70,15%, 49,36% dan 45,24% dengan kekeruhan awal 5,36 NTU. Pada penelitian ini jika menggunakan media tunggal berupa pasir kuarsa dengan ketinggian 37 cm pada kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam dan 4,36 m/jam menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 48,40%, 47,46% dan 46,35% dengan kekeruhan awal 7,09 NTU. Sementara pada media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dengan ketinggian 37 cm dengan kecepatan filtrasi 2,18 m/jam, 3,27 m/jam dan 4,36 m/jam menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 66,49%, 58,04% dan 57,35% dengan kekeruhan awal 7,14 NTU. Berdasarkan data tersebut penyisihan parameter kekeruhan pada debit desain menunjukkan efisiensi penyisihan parameter kekeruhan yang lebih besar dibandingkan saat dilakukannya variasi debit. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi berbanding terbalik terhadap variasi debit yaitu semakin besar debit produksi maka penyisihan parameter kekeruhan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi

Berdasarkan **Gambar 4.12**, penyisihan parameter kekeruhan di unit filtrasi dengan media tunggal berupa pasir kuarsa menghasilkan efisiensi penyisihan yang cukup besar, hal ini sesuai dengan Ningrum (2020), bahwa fungsi dari pasir kuarsa sebagai media filter adalah sebagai saringan pada tahap awal untuk menghilangkan sifat fisik seperti kekeruhan dan bau. Nilai efisiensi penyisihan parameter kekeruhan pada unit filtrasi dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa lebih besar dibandingkan dengan media tunggal dengan media berupa pasir kuarsa saja. Pasir kuarsa mampu menyisihkan parameter fisik seperti kekeruhan sebagai media penyaring tahap awal. Sementara berdasarkan Purwanti dkk. (2021), karbon aktif dapat bekerja dengan mengadsorpsi bahan atau material yang terkandung pada air, serta dapat menyaring bau dan menjernihkan air. Tingkat penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi berbanding terbalik terhadap variasi debit yaitu semakin besar debit produksi maka penyisihan parameter kekeruhan semakin kecil, begitu pula sebaliknya.

Hubungan antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan air baku selanjutnya diukur secara statistik dengan menggunakan aplikasi SPSS. Analisis statistik yang digunakan yakni analisis *Rank Spearman*. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.15** berikut ini.

Tabel 4.15 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi

<i>Correlations</i>				
			Variasi Debit	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-0,825**
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,000
		<i>N</i>	30	30
	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi	<i>Correlation Coefficient</i>	-0,825**	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000	
		<i>N</i>	30	30

** *Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)*

Berdasarkan **Tabel 4.15** dapat dilihat bahwa nilai signifikansi yang diperoleh adalah $0,000 < 0,01$ yang menyatakan kedua variabel tersebut memiliki hubungan dan saling berpengaruh. Sementara tingkat korelasi antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan air baku pada unit filtrasi adalah sebesar 0,825 yang menyatakan hubungan yang kuat antara kedua variabel. Nilai yang negatif (-) menunjukkan hubungan yang tidak searah antara kedua variabel, atau menunjukkan pengaruh yang berbanding terbalik antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan pada pengolahan air baku di unit filtrasi. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar debit air baku yang diolah, maka semakin menurun efisiensi penyisihan kekeruhan air baku di unit filtrasi, begitu pula sebaliknya.

4.5.5 Efisiensi Penyisihan TDS pada Paket IPA

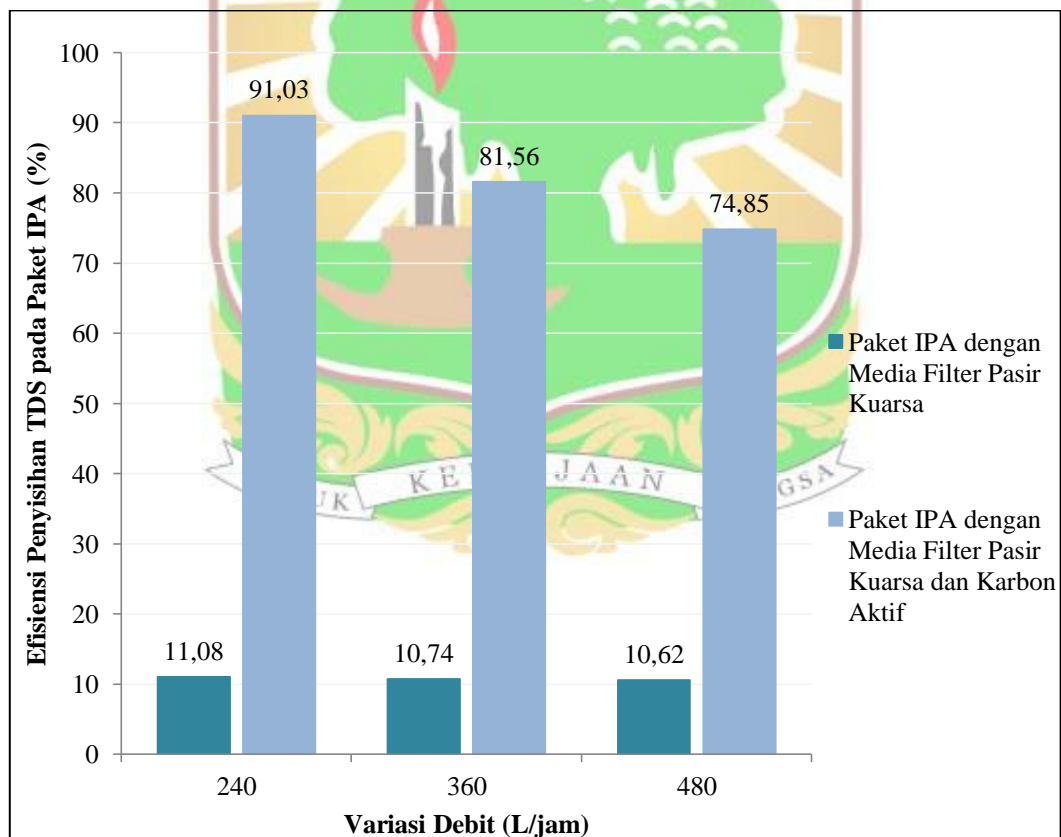
Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh nilai penyisihan parameter TDS dari *outlet* unit paket IPA metode CDF. Data yang diperoleh menunjukkan adanya penurunan parameter TDS pada air baku setelah melalui proses pengolah pada unit koagulasi, unit flokulasi, unit sedimentasi metode CDF dan terakhir unit filtrasi. Pengujian nilai TDS diukur menggunakan TDS meter dengan satuan mg/L. Pengambilan data dilakukan dua kali (*duplo*) untuk masing-masing variasi

debit yaitu 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Rincian data pengukuran parameter TDS air dari paket IPA dengan variasi media filter dapat dilihat pada **Tabel 4.16** berikut.

Tabel 4.16 Rincian Data Pengukuran Parameter TDS dari Paket IPA dengan Variasi Media Filter

Debit (L/jam)	TDS Awal (mg/L)	Paket IPA dengan Media Filter Pasir Kuarsa		Paket IPA dengan Media Filter Pasir Kuarsa dan Karbon Aktif	
		Efisiensi (%)	TDS Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)	TDS Akhir (mg/L)
240	1.108	11,08	985,20	91,03	99,40
360		10,74	989,00	81,56	204,30
480		10,62	990,30	74,85	278,70

Adapun perbandingan hasil pengukuran parameter TDS pada paket IPA metode CDF dengan media tunggal berupa pasir kuarsa dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dapat dilihat pada **Gambar 4.13** berikut.



Gambar 4.13 Perbandingan Efisiensi Penyisihan TDS pada Paket IPA dengan Variasi Media Filter

Berdasarkan **Tabel 4.16** dan **Gambar 4.13**, didapat nilai efisiensi penyisihan parameter TDS pada paket IPA dengan media tunggal berupa pasir kuarsa dan dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir. Paket IPA dengan media filter pasir kuarsa mengolah air dengan nilai TDS awal sebesar 1.108 mg/L memiliki efisiensi penyisihan parameter TDS pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam masing-masing adalah 11,08%, 10,74% dan 10,62% dengan nilai TDS akhir 985,20 mg/L, 989,00 mg/L, dan 990,30 mg/L. Sementara Paket IPA dengan media filter pasir kuarsa dan karbon aktif mengolah air dengan nilai TDS awal sebesar 1.108 mg/L memiliki efisiensi penyisihan parameter TDS pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam masing-masing adalah 91,03%, 81,56% dan 74,85% dengan nilai TDS akhir 99,40 mg/L, 204,30 mg/L, dan 278,70 mg/L.

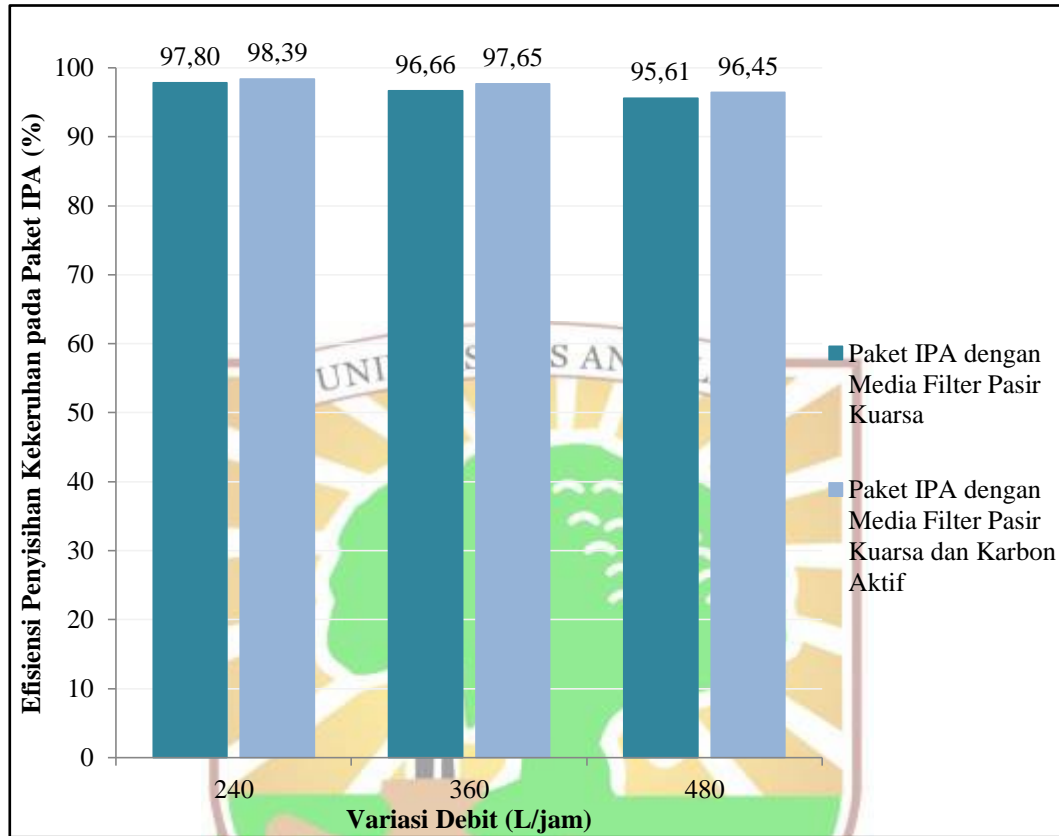
4.5.6 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Paket IPA

Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh data kekeruhan air baku pada outlet paket IPA metode CDF. Data yang diperoleh menunjukkan adanya penurunan kekeruhan pada air baku setelah melalui proses pengolahan pada unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi. Efisiensi Penyisihan kekeruhan dinyatakan dalam nilai persen, dimana nilai tersebut menunjukkan jumlah kekeruhan yang dapat disisihkan oleh alat pengolahan air baku pada percobaan ini. Pengujian nilai kekeruhan diukur menggunakan spektrofotometer dengan satuan NTU. Pengambilan data dilakukan dua kali (duplo) untuk debit desain 240 L/jam, dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Rincian data pengukuran parameter kekeruhan air dari paket IPA dengan media tunggal berupa pasir kuarsa dan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Rincian Data Pengukuran Parameter Kekeruhan dari Paket IPA dengan Variasi Media Filter

Debit (L/jam)	Kekeruhan Awal (NTU)	Paket IPA dengan Media Filter Pasir Kuarsa		Paket IPA dengan Media Filter Pasir Kuarsa dan Karbon Aktif	
		Efisiensi (%)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi (%)	Kekeruhan Akhir (NTU)
240	114,38	97,80	2,52	98,39	1,85
360		96,66	3,82	97,65	2,69
480		95,61	5,03	96,45	4,10

Perbandingan hasil pengukuran parameter kekeruhan pada paket IPA metode CDF dengan media tunggal berupa pasir kuarsa dengan media ganda berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dapat dilihat pada **Gambar 4.14** berikut.



Gambar 4.14 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Paket IPA dengan Variasi Media Filter

Berdasarkan **Tabel 4.17** dan **Gambar 4.14** didapat nilai efisiensi penyisihan parameter kekeruhan pada paket IPA dengan media filter pasir kuarsa dan pada paket IPA dengan media pasir kuarsa dan karbon aktif. Paket IPA dengan media filter pasir kuarsa mengolah air dengan nilai kekeruhan awal sebesar 114,38 NTU memiliki efisiensi penyisihan parameter kekeruhan pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam masing-masing adalah 97,80%, 96,66% dan 95,61% dengan nilai kekeruhan akhir 2,52 NTU, 3,82 NTU, dan 5,03 NTU. Sementara Paket IPA dengan media filter pasir kuarsa dan karbon aktif mengolah air dengan nilai kekeruhan awal sebesar 114,38 NTU memiliki efisiensi penyisihan parameter kekeruhan pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam masing-masing adalah 98,39%, 97,65% dan 96,45% dengan nilai kekeruhan akhir 1,85 NTU, 2,69 NTU, dan 4,10 NTU.

4.5.7 Rekapitulasi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan data nilai efisiensi penyisihan parameter TDS hasil olahan air baku di unit sedimentasi dan filtrasi, serta nilai efisiensi penyisihan parameter kekeruhan hasil olahan air baku di unit sedimentasi dan filtrasi pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Data tersebut selanjutnya di analisis menggunakan analisis korelasi *Rank Spearman* untuk melihat hubungan dan pengaruh efisiensi penyisihan TDS dan kekeruhan terhadap variasi debit produksi. Nilai TDS dan kekeruhan akhir di unit sedimentasi dan filtrasi dari hasil penelitian pada debit desain 240 L/jam dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan dan dirangkum pada **Tabel 4.18** berikut.



Tabel 4.18 Rekapitulasi Hasil Penelitian

Parameter	Variasi Debit (L/jam)	Nilai Awal	Baku Mutu (PMK No. 2 Tahun 2023)	Unit Sedimentasi			Unit Filtrasi						Paket IPA					
							Media Tunggal			Media Ganda			Media Tunggal			Media Ganda		
				Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.	Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.	Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.	Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.	Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.
TDS (mg/L)	240	1.108	<300	975,5	11,96	Tidak Memenuhi	985,2	0,98	Tidak Memenuhi	99,4	89,91	Memenuhi	985,2	11,08	Tidak Memenuhi	99,4	91,03	Memenuhi
	360			973,8	12,11	Tidak Memenuhi	989	0,55	Tidak Memenuhi	204,3	79,02	Memenuhi	989	10,74	Tidak Memenuhi	204,3	81,56	Memenuhi
	480			969,5	12,5	Tidak Memenuhi	990	0,18	Tidak Memenuhi	278,7	71,25	Memenuhi	990	10,62	Tidak Memenuhi	278,7	74,85	Memenuhi
Kekeruhan (NTU)	240	114,38	<3	5,51	95,18	Tidak Memenuhi	2,52	48,4	Memenuhi	1,85	66,49	Memenuhi	2,52	97,8	Memenuhi	1,85	98,39	Memenuhi
	360			6,41	94,4	Tidak Memenuhi	3,82	47,46	Tidak Memenuhi	2,69	58,04	Memenuhi	3,82	96,66	Tidak Memenuhi	2,69	97,65	Memenuhi
	480			9,61	93,6	Tidak Memenuhi	2,69	46,35	Tidak Memenuhi	4,1	57,35	Tidak Memenuhi	2,69	95,61	Tidak Memenuhi	4,1	96,45	Tidak Memenuhi



Berdasarkan rekapitulasi data hasil penelitian pada **Tabel 4.18**, dapat dilihat bahwa parameter TDS dan kekeruhan akhir pada unit sedimentasi untuk seluruh variasi debit belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan yaitu <300 mg/L untuk parameter TDS dan <3 NTU untuk parameter kekeruhan. Penambahan unit filtrasi dengan media filter karbon aktif dan pasir kuarsa sebagai pengolahan lebih lanjut setelah unit sedimentasi menghasilkan nilai TDS akhir yang memenuhi baku mutu untuk seluruh debit, sementara nilai kekeruhan akhir di unit filtrasi belum memenuhi baku mutu pada variasi debit 480 L/jam. Berdasarkan hal tersebut adanya sistem *uprating* yaitu peningkatan debit produksi pada paket IPA metode CDF mampu mengolah air baku dengan nilai parameter TDS awal yaitu 1.108 mg/L dan nilai parameter kekeruhan awal 114,38 NTU menjadi air minum dengan nilai TDS dan kekeruhan yang memenuhi baku mutu dengan debit produksi hingga 360 L/jam (150% dari debit desain).

Hasil analisis menggunakan uji korelasi *Rank Spearman* pada penyisihan TDS di unit sedimentasi menunjukkan hubungan yang tidak saling berpengaruh antara peningkatan debit terhadap penyisihan TDS di unit sedimentasi, dan memiliki hubungan positif yaitu peningkatan debit dapat meningkatkan efisiensi penyisihan TDS pada unit sedimentasi. Sementara untuk penyisihan TDS pada unit filtrasi dan penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi dan filtrasi sama-sama menunjukkan hubungan yang kuat antara peningkatan debit terhadap efisiensi penyisihan. Nilai yang negatif menunjukkan pengaruh yang berbanding terbalik antara variasi debit terhadap efisiensi penyisihan pada pengolahan air baku. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar debit air baku yang diolah, maka semakin menurun efisiensi penyisihan parameter air baku, begitu pula sebaliknya.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

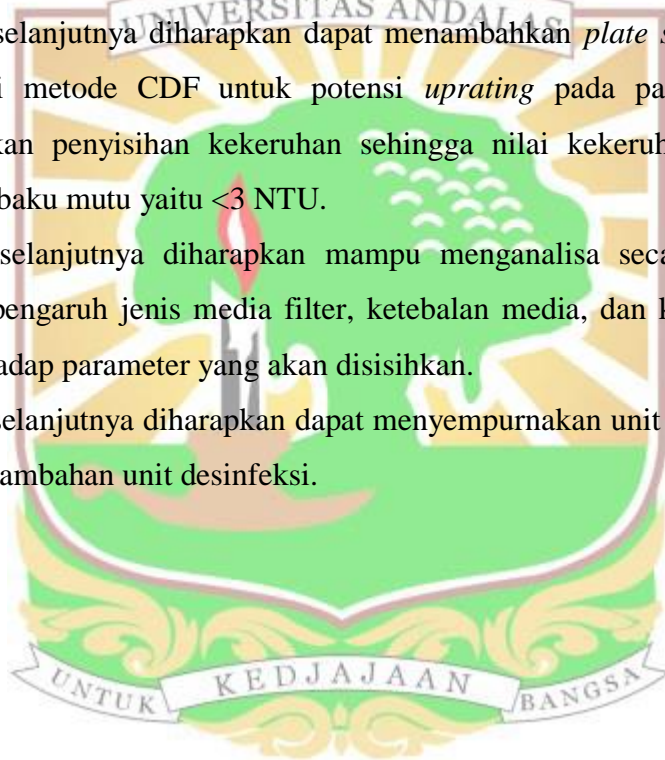
1. Efisiensi penyisihan pada air hasil olahan unit sedimentasi untuk debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam parameter TDS secara berturut-turut adalah 11,96%, 12,11%, dan 12,50% dengan TDS akhir adalah 975,50 mg/L, 973,80 mg/L, dan 969,50 mg/L. Sedangkan efisiensi penyisihan kekeruhan secara berturut-turut adalah 95,18%, 94,40%, dan 91,60% dengan kekeruhan akhir secara berturut-turut adalah 5,51 NTU, 6,41 NTU, dan 9,61 NTU.
2. Efisiensi penyisihan pada air hasil olahan unit filtrasi dengan media tunggal untuk debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam parameter TDS secara berturut-turut adalah 0,98%, 0,55%, dan 0,18% dengan nilai TDS akhir 985,20 mg/L, 989,00 mg/L, dan 990,30 mg/L. Sedangkan efisiensi penyisihan kekeruhan secara berturut-turut adalah 48,40%, 47,76%, dan 46,35% dengan nilai kekeruhan akhir 2,52 NTU, 3,82 NTU, dan 5,03 NTU. Sementara pada media ganda untuk parameter TDS secara berturut-turut adalah 89,81%, 79,02%, dan 71,25% dengan nilai TDS akhir 99,40 mg/L, 204,30 mg/L, dan 278,70 mg/L. Sedangkan efisiensi penyisihan kekeruhan secara berturut-turut adalah 66,49%, 58,04%, dan 57,35% dengan nilai kekeruhan akhir 1,85 NTU, 2,69 NTU, dan 4,10 NTU.
3. Efisiensi penyisihan pada air hasil olahan paket IPA dengan media tunggal untuk debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam parameter TDS secara berturut-turut adalah 11,08%, 10,74%, dan 10,62% dengan nilai TDS akhir 985,20 mg/L, 989,00 mg/L, dan 990,30 mg/L. Sedangkan efisiensi penyisihan kekeruhan secara berturut-turut adalah 97,80%, 96,66%, dan 95,61% dengan nilai kekeruhan akhir 2,52 NTU, 3,82 NTU, dan 5,03 NTU. Sementara pada media ganda untuk parameter TDS secara berturut-turut adalah 91,03%, 81,56%, dan 74,85% dengan nilai TDS akhir 99,40 mg/L, 204,30 mg/L, dan 278,700 mg/L. Sedangkan efisiensi penyisihan kekeruhan secara berturut-turut adalah 98,39%, 97,65%, dan 96,42% dengan nilai kekeruhan akhir 1,85 NTU, 2,69 NTU, dan 4,10 NTU.

4. Penambahan media filter karbon aktif pada unit filtrasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan parameter TDS dan kekeruhan pada Paket IPA metode CDF, adanya peningkatan pada variasi debit memberikan pengaruh terhadap penyisihan di unit sedimentasi yaitu berbanding lurus terhadap parameter TDS dan berbanding terbalik untuk parameter kekeruhan, sementara pada unit filtrasi untuk parameter TDS dan kekeruhan sama-sama memiliki hubungan yang berbanding terbaik.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penelitian ini adalah:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan *plate settler* pada unit sedimentasi metode CDF untuk potensi *uprating* pada paket IPA dalam meningkatkan penyisihan kekeruhan sehingga nilai kekeruhan akhir dapat memenuhi baku mutu yaitu <3 NTU.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu menganalisa secara lebih lanjut mengenai pengaruh jenis media filter, ketebalan media, dan kecepatan aliran filtrasi terhadap parameter yang akan disisihkan.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menyempurnakan unit Paket IPA yang dengan penambahan unit desinfeksi.





DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, T. (2018). *Studi Penurunan Kekeruhan Air Permukaan Dengan Proses Flokulasi Hydrocyclone Terbuka*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Abuzar. (2005). *Diktat Mata Kuliah Satuan Operasi (TLI 311)*. Teknik Lingkungan Unand.
- Al-Layla, M. A., Ahmad, S., & Middlebrooks, E. J. (1978). *No Title Water Supply Engeneering Design*. Ann Arbor Science Publisher. Inc, Michinger.
- Anggika, R. (2022). *Pengaruh Variasi Debit Terhadap Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artifisial Pada Paket Instalasi Pengolahan Air (Paket IPA) Menggunakan Unit Sedimentasi Metode Continous Discharges Flows (CDF)*. Universitas Andalas.
- Arifah, S. N. (2021). *Peningkatan Kinerja Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharge Flow (CDF) Terhadap Penyisihan Kekeruhan dan Total Dissolved Solid (TDS) Menggunakan Koagulasi Pneumatis (Studi Kasus Air Baku Batang Arau)*. Universitas Andalas.
- Arifiani, N. F., & Hadiwidodo, M. (2006). *Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten*. Universitas Diponegoro.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *SNI 19-6449-2000 tentang Metode Pengujian Koagulasi dan Flokulasi dengan Cara Jar*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*.
- Basuki, A. T. (2014). *Penggunaan SPSS dalam Statistik*. Danisa Media.
- Bevilacqua, A. (1998). *Ultrapure Water-The Standard for Resistivity Measurements of Ultrapure Water*. Thornton Associates Inc.
- Cahyani, H. (2016). Pengembangan Alat Ukur Total Dissolved Solid (TDS) Berbasis Mikrokontroler Dengan Beberapa Variasi Bentuk Sensor. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), 371–377.

- Cheremisinoff, N. P. (2002). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann.
- Cornwell, D., & Davis, L. (1998). *Environmental Engineering*. McGraw Hill.
- Darmasetiawan, M. (2001). *Teori Dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Ekamitra Engineering.
- Daulay, A. H., Manalu, K., & Mashura. (2019). Pengaruh Kombinasi Media Filter Karbon Aktif dengan Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Logam Air Sumur. *JISTech (Journal of Islamic Science and Technology)*, 4(2), 91–96.
- Dewi, N. T. (2022). *Peningkatan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan dengan Menggunakan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharges Flow (CDF)*. Universitas Andalas.
- Ermawati, R., & Aji, A. S. (2008). *Sistem Penyediaan Air Minum (Studi Kasus Kota Ambon)*. UNIMMA PRESS.
- Fahril, M. A., Rangkuti, N. A., & Nila, I. R. (2022). Pengujian Alat Pendeteksi Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535 sebagai Sensor Turbidity. *Hadron Jurnal Fisika Dan Terapan*, 4(01), 13–19.
- Gustinawati, H. (2018). Evaluasi dan Optimalisasi Sistem Pengolahan Air Minum Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jaluko Kapasitas 50 L/S Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 29. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i1.6>
- Hudson. E. Jr. (1981). *Water Clarification Processes, Practical Design and Evaluation* (Van Nostra). Litton Educational Publishing Inc.
- Hadi, R. N. (2021). *Optimalisasi Unit Sedimentasi Continous Discharges Flow (CDF) dengan Plate Settlers dalam Penyisihan Kekeruhan Air Baku*. Universitas Andalas.
- Hartono, D. M., Gusniani, I., & Kristanto (2010). Evaluasi Unit Pengolahan Air Minum Instalasi PDAM Rawa Lumbu 4, Bekasi. *Jurnal Purifikasi*, 11(2), 119–120.

- Hartuno, T., Udiantoro, & Agustina, L. (2014). Desain Water Treatment menggunakan Karbon Aktif dari Cabgkang Kelapa Sawit pada Proses Pengolahan Air Bersih di Sungai Martapura. *Zira'ah*, 39, 136–144.
- Huisman, L. (1974). *Rapid Filtration*. Delft University of Technology.
- Husaeni, N., Nurul, E., & Hendrianto, O. (2018). Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid Pada Proses Air Bersih Menggunakan Plate Settler. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 67–74.
- Istimewa, M. C., Sudiro, & Hendriarianti, E. (2020). Penjernihan Air Baku Kali Lamong Menggunakan Metode Filtrasi Upflow (Kali Lamong Raw Water Cleaning Using Upflow Filtration Methode). *Jurnal Enviro*, 1(1), 1–6.
- Kawamura. (2000). *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities* (Second). John Willey dan Sons, Inc.
- Kawamura. (2008). *Cost Estimating Manual for Water Treatment Facilities*. Wiley & son, Inc, John.
- Kurniawan, Y. (2019). *Studi Penyisihan Parameter Kekeruhan Air Baku Sungai Batang Arau dengan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharges Flow (CDF)*. Universitas Andalas.
- Kusnaedi. (2010). *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya.
- Laos, L. E., & Selan, A. (2016). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1(1), 32–36.
- Marsono, B. D. (1997). *Pengolahan Limbah Cair Biologis*. ITS Surabaya.
- Masduqi, A. (2012). *Unit Pengadukan*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Peter, H. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (5th ed). Mc Graw-Hill. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64519-3_33
- McGhee, T. (1991). *Water Supply and Sewerage*. MCGraw-hill, Inc.
- Murdianto, D., & Adzkiya, D. (2016). Pemodelan Instalasi Pengolahan Air Bersih Menggunakan Hybrid Petri Net. *Proceeding of The 6th Annual Basic Science International Conference*, 1–10.

- Ningrum, S. V. (2020). *Penggunaan Media Filter Pasir Silika dan Karbon untuk Menurunkan Kekeruhan, TDS, Kesadahan dan Besi Filter pada Reaktor*. Universitas Pelita Bangsa.
- Novembri, W. (2020). *Studi Penyisihan Kekeruhan Air Baku Sungai Batang Kuranji Dengan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharges Flow (CDF)*. Universitas Andalas.
- Ofiyen, C., & Puryanti, D. (2022). Penentuan Kualitas Air Muara Sungai Batang Arau Melalui Pengujian Total Dissolved Solid (TDS), Total Suspended Solid (TSS), dan Kandungan Logam Berat. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 278–284. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.3.278-284.2022>
- Pizzy, N. G. (2010). *Principle and Practice of Water Supply Operations Water Treatment*. Americans Water Works Association.
- Prihatinningtyas, E., & Effendi, A. J. (2018). Karakterisasi Ekstrak Tapioka dan Tapioka Ionik sebagai Biokoagulan dalam Proses Pengolahan Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 165. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2041>
- Purwanti, E., Ramdani, D., Rahmadewi, R., Nugraha, B., & Efelina, V. (2021). Sosialisasi Manfaat Karbon Aktif Sebagai Media Filtrasi Air Guna Meningkatkan Kesadaran Akan Pentingnya Air Bersih di SMK PGRI. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(April), 381–386.
- Qasim, S. R., Motley, E., & Zhu, G. (2002). *Water works engineering : Planning, Design, and Operation*. Prentice–Hall.
- Ramadhawati, D., Wahyono, H. D., & Santoso, A. D. (2021). Pemantauan Kualitas Air Sungai Cisadane Secara Online Dan Analisa Status Mutu Menggunakan Metode Storet. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 76–91. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss2.art1>
- Ratna N.N., Z., & Purnomo, Y. S. (2020). Penurunan Mangan Dengan Aplikasi Filter Dan Karbon Aktif. *Jurnal Envirotek*, 11(2), 1–8. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i2.6>
- Reynolds, & Richards, P. A. (1982). *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering* (Second Edi). PWS Publishing Company.

- Ridwan, Afrianita, R., & Kurniawan, Y. (2021). Modification of the Sedimentation Unit with Continuous Discharges Flow (CDF) as a New Method to Increase Turbidity Removal in Raw Water. *Andalasian International Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.25077/aijaset.v1i1.6>
- Schutte, F. (2006). *Handbook for The Operation of Water Treatment Works*. Department of Chemical Engineering University of Pretoria.
- Shulz, C., & Okun, D. A. (1984). *Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries*.
- Spellman, F. R. (2003). Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Second Edition. In *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Second Edition*. CRC Press LLC. <https://doi.org/10.1201/9781420075311>
- Subekti, S. (2012). Studi Identifikasi Kebutuhan dan Potensi Air Baku Air Minum Kabupaten Pasuruan. *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, 8(2), 43–51.
- Sujarweni, W. (2014). *SPSS untuk Penelitian*. Pustaka Baru Press.
- Susetyo, B. (2012). *Statistika untuk Data Penelitian*. Refika Aditama.
- Sutrisno. (2010). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta.
- WHO. (2003). *Total Dissolved Solids in Drinking Water*. World Health Organization. <https://doi.org/10.1080/10417943609370625>
- Yolandita, N. (2022). Pengaruh variasi debit terhadap penyisihan kekeruhan air baku artifisial unit sedimentasi metode continuous discharge flow (CDF). Universitas Andalas.
- Yusnidar, Y. (2012). Teknologi Pengolahan Air Tanah Sebagai Sumber Air Minum Pada Skala Rumah Tangga. *SIGMA Journal*, IV(02), 63–70.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

PERATURAN

- A. SNI 19-6449-2000 tentang Metode Pengujian Koagulasi dan Flokulasi dengan Cara Jar;**
- B. SNI 06-6989.25-2005 tentang Air dan air limbah - Bagian 25 : Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer;**
- C. SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air;**
- D. Standar Operasional Prosedur Conductance meter SOP-PH102-2021;**
- E. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.**

LAMPIRAN 1A

**SNI 19-6449-2000 tentang Metode Pengujian
Koagulasi dan Flokulasi dengan Cara Jar**

**METODE PENGUJIAN
KOAGULASI FLOKULASI DENGAN CARA JAR
SNI 19-6449-2000
(Pd M-14-1999-03)**

RUANG LINGKUP

Standar ini menetapkan suatu metode pengujian koagulasi flokulasi dengan cara jar , termasuk prosedur umum untuk mengevaluasi pengolahan dalam rangka mengurangi bahan-bahan terlarut, koloid, dan yang tidak dapat mengendap dalam air dengan menggunakan bahan kimia dalam proses koagulasi-flokulasi, yang dilanjutkan dengan pengendapan secara gravitasi.

RINGKASAN

Koagulasi adalah proses pembubuhan bahan kimia (koagulan) ke dalam air yang akan diolah.

Flokulasi adalah proses penggumpalan bahan terlarut, kolois, dan yang tidak dapat mengendap dalam air.

Uji koagulasi-flokulasi dilaksanakan untuk menentukan dosis bahan-bahan kimia, dan persyaratan yang digunakan untuk memperoleh hasil yang optimum. Variabel-variabel utama yang dikaji sesuai dengan yang disarankan, termasuk:

- 1) Bahan kimia pembantu
- 2) pH
- 3) Temperatur
- 4) Persyaratan tambahan dan kondisi campuran.

Metode uji ini digunakan untuk mengevaluasi berbagai jenis koagulan dan koagulan pembantu pada proses pengolahan air bersih dan air limbah. Pengaruh konsentrasi koagulan dan koagulan pembantu dapat juga dievaluasi dengan metode ini.

Peralatan yang diperlukan terdiri dari: Pengaduk, Gelas Kimia, Rak Perekasi

Bahan kimia dan bahan pembantu, digunakan untuk larutan dan suspensi pengujian, kecuali koagulan pembantu dapat dipersiapkan setiap akan digunakan dengan membuat larutan sampai mencapai konsentrasi 10 gr/L.

Koagulan pembantu, dalam perdagangan tersedia berbagai macam koagulan pembantu atau polielektrolit.

Prosedur pengujian:

- 1) Masukkan volume contoh uji yang sama (1000 mL) kedalam masing-masing gelas kimia. Tempatkan gelas hingga baling-baling pengaduk berada 6,4 mm dari dinding gelas. Catat temperatur contoh uji pada saat pengujian dimulai.
 - 2) Letakkan bahan (kimia) uji pada pereaksi.
 - 3) Operasikan pengaduk multi posisi pada pengadukan cepat dengan kecepatan kira-kira 120 Rpm. Tambahkan larutan atau suspensi pada setiap penentuan dosis yang telah ditentukan sebelumnya.
 - 4) Kurangi kecepatan sampai pada kecepatan minimal, untuk menjaga keseragaman partikel flok yang terlarut melalui pengadukan lambat selama 20 menit.
 - 5) Setelah pengadukan lambat selesai, angkat baling-baling dan lihat pengendapan partikel flok.
 - 6) Setelah 15 menit pengendapan, catat bentuk flok pada dasar gelas dan catat temperatur contoh uji, Dengan menggunakan pipet atau siphon, keluarkan sejumlah cairan supernatan yang sesuai sebagai contoh uji untuk penentuan warna, kekeruhan, pH dan analisis lainnya.
 - 7) Ulangi langkah a) sampai f) di atas sampai semua variabel penentu terevaluasi.
- Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti prosedur berpasangan 3 dan 3 jar dianjurkan.

LAMPIRAN 1B

**SNI 06-6989.25-2005 tentang Air dan air limbah –
Bagian 25 : Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer**

Air dan air limbah – Bagian 25 : Cara uji kekeruhan dengan nefelometer

Air dan air limbah – Bagian 25 : Cara uji kekeruhan dengan nefelometer

1 Ruang lingkup

Cara uji ini digunakan untuk menetapkan kekeruhan air dan air limbah dengan nefelometer. Kekeruhan maksimum yang dapat diukur dalam pengujian ini adalah 40 *Nefelometrik Turbidity Unit* (NTU), apabila contoh uji mempunyai kekeruhan lebih dari 40 NTU maka contoh harus diencerkan.

2 Istilah dan definisi

2.1

contoh uji

air dan air limbah untuk keperluan pemeriksaan kualitas air

2.2

Kekeruhan

sifat pembiasan dan atau penyerapan optik dari suatu cairan, di hitung dalam satuan *Nefelometrik Turbidity Unit* (NTU) atau Unit Kekeruhan Nefelometri (UKN)

2.3

suspensi induk

suspensi yang mempunyai kekeruhan 4000 NTU , yang digunakan untuk membuat suspensi baku dengan kekeruhan yang lebih rendah

2.4

suspensi baku

suspensi induk yang diencerkan dengan air suling sampai kekeruhan tertentu

3 Cara uji

3.1 Prinsip

Intensitas cahaya contoh uji yang di serap dan dibiaskan, dibandingkan terhadap intensitas cahaya suspensi baku.

3.2 Bahan

- a) air suling yang mempunyai daya hantar listrik kurang dari 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- b) Larutan I
Larutkan 1,00 g hidrazin sulfat $((\text{NH}_2)_2.\text{H}_2\text{SO}_4)$ dengan air suling dan encerkan menjadi 100 mL dalam labu ukur.
- c) Larutan II
Larutkan 10,00 g heksa metilen tetramine $((\text{CH}_2)_6\text{N}_4)$ dengan air suling dan encerkan menjadi 100 mL dalam labu ukur.
- d) suspensi induk kekeruhan 4000 NTU
Campurkan 5,0 mL larutan I dan 5,0 mL larutan II ke dalam labu ukur 100 mL. Diamkan selama 24 jam pada suhu $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$.

CATATAN Suspensi tersebut tahan sampai satu tahun bila disimpan secara baik.

SNI 06-6989.25-2005

- e) suspensi baku kekeruhan 40 NTU
Encerkan 10 mL suspensi induk kekeruhan 4000 UKN menjadi 1000 mL dengan air suling.

CATATAN Siapkan suspensi baku ini setiap kali pengujian.

3.3 Peralatan

- a) nefelometer;
- b) gelas piala;
- c) botol semprot;
- d) pipet volume 5 mL dan 10 mL;
- e) neraca analitik; dan
- f) labu ukur 100 mL dan 1000 mL.

3.4 Prosedur pengujian

3.4.1 Kalibrasi nefelometer

- a) optimalkan nefelometer untuk pengujian kekeruhan, sesuai petunjuk penggunaan alat;
- b) masukkan suspensi baku kekeruhan (misalnya 40 NTU) ke dalam tabung pada nefelometer. Pasang tutupnya;
- c) biarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil;
- d) atur alat sehingga menunjukkan angka kekeruhan larutan baku (misalnya 40 NTU).

3.4.2 Penetapan contoh uji

- a) cuci tabung nefelometer dengan air suling;
- b) kocok contoh dan masukkan contoh ke dalam tabung pada nefelometer. Pasang tutupnya;
- c) biarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil;
- d) catat nilai kekeruhan contoh yang teramati.

3.5 Perhitungan

Kekeruhan (NTU) = $A \times fp$

dengan pengertian:

A adalah kekeruhan dalam NTU contoh yang diencerkan;

fp adalah faktor pengenceran.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan bahan kimia *pro analysis* (p.a).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminan.
- c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- d) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- e) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.

LAMPIRAN 1C

**SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan
Unit Paket Instalasi Pengolahan Air**

Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air

Tabel 1 Kriteria perencanaan unit koagulasi (pengaduk cepat)

Unit	Kriteria
Pengaduk cepat <ul style="list-style-type: none"> • Tipe 	Hidrolis: <ul style="list-style-type: none"> - terjunan - saluran bersekat - dalam pinstalasi pengolahan air bersekat Mekanis: <ul style="list-style-type: none"> - Bilah (Blade), pedal (padle) Kinstalasi pengolahan airts - Flotasi
<ul style="list-style-type: none"> • Waktu pengadukan (detik) • Nilai G/detik 	1 – 5 > 750

7. 2 Kriteria perencanaan unit flokulasi (pengaduk lambat)

Kriteria perencanaan untuk unit flokulasi (pengaduk lambat) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Kriteria perencanaan unit flokulasi (pengaduk lambat)

Kriteria umum	Flokulator hidrolis	Flokulator mekanis		Flokulator clarifier
		sumbu horizontal dengan pedal	Sumbu vertikal dengan bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) – 5	60 (menurun) – 10	70 (menurun) – 10	100 – 10
Waktu tinggal (menit)	30 – 45	30 – 40	20 – 40	20 – 100
Tahap flokulasi(buah)	6 – 10	3 – 6	2 – 4	1
Pengendalian energi	Bukaan pintu/ sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
Kecepatan aliran max.(m/det)	0,9	0,9	1,8 – 2,7	1,5 – 0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	--	5 – 20	0,1 – 0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	--	1 – 5	8 – 25	-
Tinggi (m)				2 – 4 *

Keterangan: * termasuk ruang *sludge blanket*

7. 3 Kriteria perencanaan unit flotasi (pengapungan)

Kriteria perencanaan untuk unit flotasi (pengapungan) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Kriteria perencanaan unit flotasi (pengapungan)

Proses	Aliran udara (N.L/m ³ air)	Ukuran gelembung	Input tenaga (Watt jam/m ³)	Waktu detensi (menit)	Beban hidrolik permukaan (m/jam)
Flotasi untuk pemisahan lemak	100 – 400	2 – 5 mm	5 – 10	5 – 15	10 – 30
Flotasi mekanik	10.000	0,2 – 2 mm	60 – 120	4 – 16	-
<i>Disolved Air Flotation</i>	15 – 50	40 – 70 μ m	40 – 80	20 – 40 bersamaan dengan flokulasi	3 – 10

7.4 Kriteria perencanaan unit sedimentasi (pengendap)

Kriteria perencanaan untuk unit sedimentasi (Pengendap) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Kriteria unit sedimentasi (bak pengendap)

Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar – (aliran vertikal – radial)	Bak bundar – (kontak padatan)	Clarifier
Beban permukaan (m ³ /m ² /jam)	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5*	1,3 – 1,9	2 – 3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3 – 6	3 – 6	3 – 5	3 – 6	0,5 – 1,0
Waktu tinggal (jam)	1,5 – 3	0,07**)	1 – 3	1 – 2	2 – 2,5
Lebar / panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah (m ³ /m/jam)	< 11	< 11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 – 10
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	max 0,15	-	-	-
Bilangan Fraude	> 10 ⁻⁵	> 10 ⁻⁵	-	-	> 10 ⁻⁵
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-

Tabel 4 Kriteria unit sedimentasi (bak pengendap) Lanjutan

Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar – (aliran vertikal – radial)	Bak bundar – (kontak padatan)	Clarifier
Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	45° – 60°	45° – 60°	45° – 60°	> 60°	45° – 60°
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 – 24	8 – 24	12 – 24	Kontinyu	12 – 24 ***
Kemiringan tube/plate	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°

CATATAN: *) luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap
 **) waktu retensi pada pelat/tabung pengendap
 ***) pembuangan lumpur sebagian

7.5 Kriteria perencanaan unit filtrasi (saringan cepat)

Kriteria Perencanaan untuk Unit Filtrasi (Saringan Cepat) dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Kriteria perencanaan unit filtrasi (saringan cepat)

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dg Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5}$ *)	minimum 5 bak	-
2.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11	12 – 33
3.	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • lama pencucian (menit) • periode antara dua pencucian (jam) • ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 72 – 198 - - 30 – 50
4.	Media pasir: <ul style="list-style-type: none"> • tebal (mm) • singel media • media ganda • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/dm³) • Porositas • Kadar SiO₂ 	300 – 700 600 – 700 300 -600 0,3 – 0,7 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95 %	300 – 700 600 – 700 300 – 600 0,3 – 0,7 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95 %	300 – 700 600 – 700 300 -600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95 %

Tabel 5 Kriteria perencanaan unit filtrasi (saringan cepat) Lanjutan

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dg Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
5.	Media antransit: <ul style="list-style-type: none"> tebal (mm) ES (mm) UC berat jenis (kg/dm³) porositas 	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
6.	Filter botom/dasar saringan 1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah <ul style="list-style-type: none"> Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30	- - - - - - - -
	2) Filter Nozel <ul style="list-style-type: none"> Lebar Slot nozel (mm) Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	< 0,5 > 4 %	< 0,5 > 4 %	< 0,5 > 4 %

CATATAN: *) untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun

***) untuk saringan dengan jenis kecepatan konstan, harus dilengkapi dengan pengatur aliran otomatis.

7.6 Kriteria perencanaan pembubuhan bahan kimia

7.6.1 Koagulan

7.6.1.1 Kriteria koagulan

Kriteria koagulan adalah sebagai berikut :

- jenis koagulan yang digunakan;
 - aluminium sulfat, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14(H_2O)$ diturunkan dalam bentuk cair konsentrasi sebesar (5 – 20) %.
 - PAC, poly aluminium chloride ($Al_{10}(OH)_{15}Cl_{15}$) kualitas PAC ditentukan oleh kadar aluminium oxide (Al_2O_3) yang terkait sebagai pac dengan kadar (10 – 11)%.
- dosis koagulan ditentukan berdasarkan hasil percobaan jar test terhadap air baku .
- pembubuhan koagulan ke pengaduk cepat dapat dilakukan secara gravitasi atau pemompaan

7.6.1.2 Bak koagulan

Kriteria bak koagulan adalah sebagai berikut :

- Bak koagulan harus dapat menampung larutan selama 24 jam;
- Diperlukan 2 buah bak yaitu 1 buah bak pengaduk manual atau mekanis dan 1 buah bak pembubuh;
- Bak harus dilindungi dari pengaruh luar dan tahan terhadap bahan koagulan.

Lampiran C (Informatif)

Penentuan dimensi unit paket instalasi pengolahan air

1 Penentuan dimensi unit paket instalasi pengolahan air

1.1 Unit koagulasi (pengaduk cepat)

Dimensi unit koagulasi (pengaduk cepat) dapat ditentukan dengan rumus:

1) Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk statis

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 v \dots\dots\dots(2)$$

$$h_f = f \cdot L / D \cdot \frac{v^2}{2} g \dots\dots\dots(3)$$

$$h_f = k \cdot \frac{v^2}{2} \cdot g \dots\dots\dots(4)$$

$$G^2 = Q \cdot \rho \frac{h_f}{\mu} C \dots\dots\dots(5)$$

$$v = 0,849 \cdot C_n \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots(6)$$

dengan pengertian:

Q adalah Kapasitas pengolahan (m³/detik)

D adalah diameter pinstalasi pengolahan air (m)

v adalah kecepatan aliran (m/det)

h_f adalah kehilangan tekanan pada pinstalasi pengolahan air dan perlengkapannya
(m kolom air)

g adalah gravitasi (9,81 m/detik)

f adalah koefisien kehilangan melalui pinstalasi pengolahan air (0,02 - 0,26)

k adalah koefisien kehilangan melalui perlengkapan pinstalasi pengolahan air (0,7 - 1)

μ adalah viskositas kinematik air (m²/detik)

C adalah kapasitas bak (m³)

C_n adalah koefisien kekasaran pinstalasi pengolahan air

S adalah kemiringan hidrolis (m/m)

R adalah jari-jari hidrolis (m)

ρ adalah masa jenis air (g/cm³)

2) Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk mekanis

$$P = \frac{K}{g_c} \rho n^3 D^5$$

dengan pengertian:

P adalah tenaga yang diperlukan (g.cm/det.)

n adalah putaran (rpm)

g_c adalah faktor konversi Newton

D adalah diameter impeller (cm)

K adalah konstanta eksperimen (1.0 – 5.0)

ρ adalah masa jenis air (g/cm³)

1.2 Unit flokulasi (pengaduk lambat)

Dimensi unit flokulasi (pengaduk lambat) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

1) Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk statis

$$C = Q.t_d \dots\dots\dots(7)$$

$$p \times l \times d = Q.t_d \dots\dots\dots(8)$$

$$G^2 = g.h_f / \mu.t_d \dots\dots\dots(9)$$

dengan pengertian:

Q adalah kapasitas pengolahan (m³/detik)

p adalah panjang bak(m)

l adalah lebar bak (m)

d adalah tinggi (m)

t_d adalah waktu tinggal (detik)

G adalah gradien, G (detik⁻¹)

h_f adalah kehilangan tekanan pada instalasi pengolahan air dan perlengkapannya

(m kolom air)

μ adalah viskositas kinematik air (m/detik)

g adalah gravitasi (9,81 m/detik²)

2) Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk mekanis

$$P = \frac{K}{g_c} \rho n^3 D^5$$

dengan pengertian:

P adalah tenaga yang diperlukan (g.cm/det.)

n adalah putaran (rpm)

g_c adalah faktor konversi Newton

D adalah diameter impeller (cm)

K adalah konstanta eksperimen (1.0 – 5.0)

ρ adalah masa jenis air (g/cm³)

1.3 Unit sedimentasi (pengendap)

a) Dimensi unit sedimentasi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{Q.W}{S_o(H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha)} \dots\dots\dots(10)$$

dengan pengertian:

A adalah luas permukaan bak (m²)

Q adalah kapasitas pengolahan (m³/detik)

W adalah jarak antar pelat (cm).

S_o adalah beban permukaan (cm/detik)

H adalah tinggi pelat (cm)

α adalah kemiringan pelat (°)

b) Bilangan Reynold & Froude

- Bilangan Reynold (Re)
 $R = W/2$ (11)

$$Re = \frac{\nu R}{\mu} \text{ (12)}$$

- Bilangan Froude (Fr)

$$Fr = \frac{\nu^2}{gR} \text{ (13)}$$

dengan pengertian:

- ν adalah kecepatan rata-rata di tube settler/plat settler
- R adalah jari-jari hidrolis
- μ adalah viskositas kinematik air (m/detik)
- g adalah gravitasi (9,81 m/detik²)

1.4 Unit filtrasi (penyaring)

Dimensi unit filtrasi (penyaring) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = Av \quad A = \frac{Q}{v} \text{ (11)}$$

dengan pengertian:

- Q adalah kapasitas pengolahan (m³/detik)
- A adalah luas bak (m²)
- ν adalah kecepatan penyaringan (m/detik)

LAMPIRAN 1D

**Standar Operasional Prosedur Conductance meter
SOP-PH102-2021**

Standard Operating Procedure

Conductivity Measurements

1. Introduction

1.1. Purpose

To outline the procedure for operation of typical conductance/TDS meter in the TRACES Centre and the undergraduate laboratories. This procedure describes how to accurately measure the conductance and correlate this to the TDS of a solution.

1.2. Scope

Applicable to conductance meters located in TRACES Centre and UG Laboratory. These include (but not limited to) Sartorius, Oakton and Mettler-Toldeo brand devices.

1.3. Responsibility

User

1.4. Accountability

TRACES Manager/Course Instructor

2. Referenced Documents

2.1. Oakton Instruction Manual PC 700 :68X541704 Rev. 1 Feb. 2010.pdf

2.2. Mettler-Toledo Operating Instructions SevenEasy pH Meter S20: ME-51710234C.pdf

3. Equipment

3.1. pH/conductance meter, digital

3.1.1. Conductance electrode

3.1.2. ATC (automatic temperature control) probe (if available)

3.2. Various clean containers, beakers (wide-mouth) for samples, calibration standards and waste

3.3. Transfer utensils, pipettes or capillaries

3.4. Stir Plate, with clean stir bars (mini and micro)

3.5. TDS Calibration Solution, 12880 uSiemens/cm @25°C (12880uS/cm)

Standard Operating Procedure

4. Procedures

4.1. Conductance Electrode: The protective probe guard can be removed temporarily for cleaning; it must be re-attached during measurement and calibration. Erroneous results will occur while the probe guard is removed. Always immerse the probe beyond upper steel band for best results. Use the fill line on the outside of the probe guard for reference.

4.2. Conductance Calibration: For best results, periodic calibration with known TDS Calibration standards recommended. Various units are capable of automatic or manual calibration for conductivity (check with the owner's manual/TRACES Staff). This SOP will discuss manual calibration. Many conductivity meter are also equipped to handle single point and/or multi-point calibration. The TDS and conductivity range, discussed below, can be set automatically or manually.

4.2.1. Manual Conductivity & TDS Calibration

4.2.1.1. Rinse or immerse the probe before calibration and between samples with deionized water.

4.2.1.2. Low conductivity standard solutions (less than 20 μ S) are unstable and are very temperature dependent. As a result, reproducible calibration results are challenging in lowest measurement range #1 (0.00 to 20.0 μ S).

4.2.1.2.1. Place 35-40mL of Conductivity Calibration solution into separate 50mL beaker with a magnetic stir bar. Provide stirring for best results.

4.2.1.2.2. Press '**MODE**' as needed to select conductivity (μ S or mS) or TDS (ppm or ppt) calibration.

4.2.1.2.3. Dip the electrode into the calibration standard and press '**CAL/MEAS**'.

4.2.1.2.4. The primary display will show the current reading, while the secondary display will be the factory default value. Adjust the conductivity or TDS reading using 'arrow up' or 'arrow down' to match the μ S/cm value written on the calibration bottle. Press '**ENTER/RANGE**' to accept. The primary reading will flash briefly before returning to measurement mode upon successful calibration.

4.2.1.2.5. STIR BAR MUST NOT MAKE CONTACT WITH THE ELECTRODE

4.3. Conductance and TDS Measurements:

4.3.1. Sample Measurement Procedure

4.3.1.1. Rinse the electrode with de-ionized water before use to remove any impurities. Gently shake excess water droplets.

4.3.1.2. Dip the probe into the sample beyond the upper steel band (utilize the fill line on the outside of the probe guard for reference).

Standard Operating Procedure

- 4.3.1.3. Allow time for the reading to stabilize. Note the reading on the display. The clear yellow protective probe guard must be attached during measurement. Erroneous results will occur while the probe guard is removed.
- 4.3.1.4. The conductivity meter will select the optimal range automatically by default. Refer to TABLE 1 for the list of available ranges.
- 4.3.1.5. For manual ranging, press '**ENTER/RANGE**'. MEAS will flash, indicating that manual ranging is active. To select the next range press '**ENTER/RANGE**' again. Select the range that best meets your needs. The reading should show the greatest number of digits in any given run.
- 4.3.1.6. Press '**ENTER/RANGE**' 5x, automatic ranging is resumed.

Please consult your lab manual or TRACES Staff/TA for clarification.

5. Cleaning up

- 5.1. Once you have completed the use of the pH meter, ensure you have properly cleaned the electrodes by rinsing with deionized water. Place the electrode in pH4 solution.
- 5.2. If instructed, place the pH electrode in the pH storage solution provided by the technical staff.

TABLE 1

Range #	Conductivity Range	Automatic Calibration Values	
		Normalization Temperature	
		25°C	20°C
r 1	0.00 – 20.00 µS	None	None
r 2	20.1 – 200.0 µS	84 µS	76 µS
r 3	201 – 2000 µS	1413 µS	1278 µS
r 4	2.01 – 20.00 mS	12.88 mS	11.67 mS
r 5	20.1 – 200.0 mS	111.8 mS	102.1 mS

Range #	TDS Range (using 0.5 TDS factor)	Automatic Calibration Values
r 1	0 – 10.00 ppm	none
r 2	10.1 – 100.0 ppm	none
r 3	101 – 1000 ppm	none
r 4	1.01 – 10.00 ppt	none
r 5	10.1 – 100 ppt	none

Approver:
TAdamo

LAMPIRAN 1E

**Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan
Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang
Kesehatan Lingkungan**



BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA

No.55, 2023

KEMENKES. Kesehatan Lingkungan. Pencabutan.

**PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 2 TAHUN 2023
TENTANG
PERATURAN PELAKSANAAN PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 66
TAHUN 2014 TENTANG KESEHATAN LINGKUNGAN**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 26 ayat (1), Pasal 37, Pasal 45, Pasal 46 ayat (3), Pasal 47 ayat (4), Pasal 51, Pasal 53 ayat (5), Pasal 61, dan Pasal 63 Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, perlu menetapkan Peraturan Menteri Kesehatan tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan;

Mengingat :

1. Pasal 17 ayat (3) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945;
2. Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2008 tentang Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 166, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4916);
3. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 244, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5587) sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2015 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 58, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5679);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 184, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5570);
5. Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2021 tentang Kementerian Kesehatan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 83);
6. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 5 Tahun 2022 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian

LAMPIRAN
PERATURAN MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 2 TAHUN 2023
TENTANG
PERATURAN PELAKSANAAN PERATURAN
PEMERINTAH NOMOR 66 TENTANG
KESEHATAN LINGKUNGAN

PEDOMAN PENYELENGGARAAN KESEHATAN LINGKUNGAN

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sehubungan dengan amanat dan target yang dimandatkan kepada pemerintah Indonesia untuk *Sustainable Development Goals (SDGs)* goal 6.1 yaitu mencapai 100% akses Air Minum aman, maka disadari bahwa kualitas Air Minum merupakan hal penting yang perlu dijamin pemenuhannya dan karenanya perlu dilakukan pengawasan kualitas Air Minum. intervensi untuk pencapaian Air Minum aman mencakup pengamanan kualitas air dari penyelenggara Air Minum hingga ke pengguna Air Minum.

Amanat terkait respons kebijakan untuk menangani pencemaran udara juga telah tercantum dalam *Sustainable Development Goal (SDGs)*, yaitu pada *Goal 3 Good Health and Well-Being* dan *Goal 11 Sustainable Cities and Communities*. *Goal 11* khususnya terkait dengan kesehatan masyarakat di perkotaan, dengan populasi berpotensi terpajan karena dekat dengan sumber-sumber pencemar. Dari keseluruhan populasi, penduduk daerah permukiman padat di perkotaan (*urban slum*) merupakan masyarakat yang paling banyak terkena dampak pencemaran udara.

Permasalahan lingkungan karena pencemaran media lingkungan tidak hanya pada air dan udara, namun juga pada media Tanah. Pencemaran Tanah di Indonesia antara lain terjadi karena adanya tumpahan minyak bumi (seperti di Karawang, 2019), tercemar oleh Limbah B3 (seperti di Mojokerto, 2018), tercemar Pb karena aktivitas peleburan aki bekas (seperti di desa Cinangka, 2012), tercemar merkuri limbah/tailing di tambang emas (seperti di desa Cisungsang, 2007), tercemar bahan pestisida karena kegiatan pertanian yang intensif menggunakan pestisida (seperti di Brebes, 2016); tercemar limbah bahan radioaktif, karena aktivitas pembuangan limbah radioaktif tidak terkontrol (seperti di Tangerang Selatan, 2020) dan pencemaran Tanah karena bahan kimia berbahaya lainnya.

Di samping cemaran bahan kimia terdapat juga kasus pencemaran Tanah karena bakteri patogen yaitu antraks (seperti di Yogyakarta, 2020) dan di berbagai tempat terdapat kasus pencemaran Tanah oleh telur cacing (seperti di Kabupaten Donggala). Berdasarkan data WHO (www.who.int, 2020), bahwa penduduk dunia yang terinfeksi telur cacing patogen sebanyak 1,5 milyar, dan lebih banyak karen Tanah yang terkontaminasi telur cacing dari kotoran manusia. Penyebaran telur cacing dapat melalui termakan sayur, yang mengandung telur cacing, dan

BAB II
STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN (SBMKL) DAN
PERSYARATAN KESEHATAN AIR, UDARA, TANAH, PANGAN, SARANA DAN
BANGUNAN, VEKTOR DAN BINATANG PEMBAWA PENYAKIT.

A. Media Air

1. Air Minum

a. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Air Minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air Minum digunakan untuk keperluan untuk keperluan minum, masak, mencuci peralatan makan dan minum, mandi, mencuci bahan baku pangan yang akan dikonsumsi, peturasan, dan ibadah.

Standar baku mutu kesehatan lingkungan media Air Minum dituangkan dalam parameter yang menjadi acuan Air Minum aman. Parameter yang dimaksud meliputi parameter fisik, parameter mikrobiologi, parameter kimia serta radioaktif. Dalam Peraturan Menteri ini, parameter dibagi menjadi parameter utama dan parameter khusus. Penetapan tambahan parameter khusus menjadi tanggung jawab pemerintah daerah melalui kajian ilmiah.

Standar baku mutu kesehatan lingkungan media Air Minum ini sebagai acuan bagi penyelenggara Air Minum, petugas sanitasi lingkungan di Puskesmas, dinas kesehatan provinsi, dinas kesehatan kabupaten/kota, dan pemangku kepentingan terkait. Upaya penyehatan dilakukan melalui pengamanan dan pengendalian kualitas Air Minum yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas Air Minum memberikan manfaat yang signifikan bagi kesehatan masyarakat.

Sasaran untuk penetapan standar baku mutu kesehatan lingkungan media Air Minum diperuntukkan bagi penyelenggara dan produsen/penyedia/penyelenggara Air Minum yang dikelola dengan jaringan perpipaan, bukan jaringan perpipaan, dan komunal, baik institusi maupun non institusi di Permukiman, Tempat Kerja, Tempat Rekreasi serta Tempat dan Fasilitas Umum. Sasaran tersebut di atas harus memeriksakan seluruh parameter wajib. Parameter wajib tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Wajib Air Minum

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
	Mikrobiologi			
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100ml	SNI/ APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100ml	SNI/ APHA
	Fisik			
3	Suhu	Suhu udara \pm 3	$^{\circ}$ C	SNI/APHA
4	<i>Total Dissolve Solid</i>	<300	mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA

7	Bau Kimia	Tidak berbau	-	APHA
8	pH	6.5 – 8.5	-	SNI/APHA
9	Nitrat (sebagai NO ³) (terlarut)	20	mg/L	SNI/APHA
10	Nitrit (sebagai NO ²) (terlarut)	3	mg/L	SNI/APHA
11	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
12	Besi (Fe) (terlarut)	0.2	mg/L	SNI/APHA
13	Mangan (Mn) (terlarut)	0.1	mg/L	SNI/APHA
14	Sisa khlor (terlarut)	0,2-0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L	SNI/APHA
15	Arsen (As) (terlarut)	0.01	mg/L	SNI/APHA
16	Kadmium (Cd) (terlarut)	0.003	mg/L	SNI/APHA
17	Timbal (Pb) (terlarut)	0.01	mg/L	SNI/APHA
18	Flouride (F) (terlarut)	1.5	mg/L	SNI/APHA
19	Aluminium (Al) (terlarut)	0.2	mg/L	SNI/APHA

Selain parameter wajib juga dapat ditetapkan parameter khusus oleh Pemerintah Daerah sesuai dengan kondisi geohidrologi wilayah dan jenis kegiatan lingkungan wilayahnya berdasarkan hasil penelitian dan pengkajian. Penelitian dan pengkajian dapat dilakukan oleh Pemerintah Daerah dengan melibatkan pihak lain. Selain parameter wajib juga dapat ditetapkan parameter khusus yang termasuk namun tidak terbatas pada Tabel 2 dibawah ini oleh Pemerintah Daerah sesuai dengan kondisi geohidrologi wilayah.

Kondisi geohidrologi wilayah dan jenis kegiatan lingkungan meliputi:

- 1) karakteristik wilayah kegiatan pertanian/perkebunan/kehutanan;
- 2) karakteristik wilayah kegiatan industri; dan
- 3) karakteristik wilayah kegiatan pertambangan minyak, gas, panas bumi, dan sumber daya mineral.

Tabel 2. Parameter Khusus Air Minum

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengukuran
A Wilayah Pertanian/Perkebunan/Kehutanan				
1	Fosfat (fosfat sebagai P)	0,2	mg/L	SNI/APHA
2	Amoniak (NH ³)	1,5	mg/L	SNI/APHA/US EPA
3	Benzena	0,01	mg/L	SNI/APHA/US EPA
4	Toluen	0,7	mg/L	SNI/APHA/US EPA
5	Aldin	0,00003	mg/L	SNI/APHA/US EPA
6	Dieldrin	0,00003	mg/L	SNI/APHA/US EPA
7	Karbon organik (total)/ Hidrokarbon poliaromatis (PAH)	0,0007	mg/L	SNI/APHA

LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN DESAIN ALAT

PERHITUNGAN DESAIN ALAT

A. Koagulasi

Direncanakan koagulasi tipe hidrolis dengan terjunan:

$$\text{Debit (Q)} = 240 \text{ L/jam} = 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Jumlah terjunan (n)} = 1$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 5 \text{ s (1 s - 5 s)}$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = 850/\text{s} (> 750/\text{s})$$

$$G \times \text{td} = 4.250$$

Perhitungan:

1. Volume (V)

$$V = Q \times \text{td}$$

$$V = 0,000067 \text{ m}^3/\text{s} \times 5 \text{ s}$$

$$V = 0,000335 \text{ m}^3$$

2. Tinggi terjunan (h)

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{v \times \text{td}}}$$

$$850/\text{s} = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2 \times h}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \times 5 \text{ s}}}$$

$$h = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

3. Dimensi bak

$$\text{Perbandingan P:L} = 1:1$$

$$\text{Asumsi T} = 0,0335 \text{ m}$$

$$V = P \times L \times T$$

$$0,000335 \text{ m}^3 = L \times L \times 0,0335 \text{ m}$$

$$L = 0,10 \text{ m}$$

$$P = L$$

$$P = 0,10 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,02 \text{ m}$$

4. Cek Perhitungan

$$V = P \times L$$

$$V = 0,10 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} \times 0,0335 \text{ m}$$

$$V = 0,000335 \text{ m}^3 = 0,000335 \text{ m}^3 \text{ (Ok)}$$

$$T_d = \frac{V}{Q}$$

$$T_d = \frac{0,000335 \text{ m}^3}{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}} = 5 \text{ s}$$

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{\nu \times t_d}}$$

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s} \times 0,33 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \times 5 \text{ s}}}$$

$$G = 849,1185/\text{s} \approx 850/\text{s}$$

B. Flokulasi

Direncanakan flokulasi tipe hidrolis dengan pengendalian aliran berupa bukaan:

$$\text{Debit (Q)} = 240 \text{ L/jam} = 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik } (\nu) = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Banyak tahap (n)} \geq 6$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = 60/\text{s} \text{ (menurun)} - 10/\text{s} \text{ (60/s} - 5/\text{s)}$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 1800 \text{ s} = 30 \text{ menit (30 menit} - 45 \text{ menit)}$$

$$v_{\max} = 0,9 \text{ m/s}$$

Perhitungan

1. Saluran inlet

Direncanakan berupa bukaan pesegi dari bak koagulasi dengan luas permukaan

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{0,9 \text{ m/s}}$$

$$A = 7,44 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{(0,1 \text{ m})^2}$$

$$v = 0,67 \text{ m/s} < 0,9 \text{ m/s (Ok)}$$

Headloss (Hb) dengan perubahan dimensi saluran (K = 1) dan belokan 180° (K = 0,32):

$$H_b = k \frac{v^2}{2g}$$

$$H_b = (1+0,32) \frac{\left(\frac{0,67 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_b = 0,03 \text{ m}$$

2. Volume bak flokulasi (V)

Direncanakan 6 tahap dengan bak persegi dengan pengendalian bukaan dan asumsi kedalaman 0,4 m:

$$V = Q \times t_d$$

$$V = 0,000067 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.800 \text{ s}$$

$$V = 0,121 \text{ m}^3$$

$$V \text{ tiap bak} = \frac{V}{6}$$

$$V \text{ tiap bak} = \frac{0,121 \text{ m}^3}{6}$$

$$V \text{ tiap bak} = 0,02 \text{ m}^2$$

$$T_d \text{ tiap tahap} = \frac{T_d}{6}$$

$$T_d \text{ tiap tahap} = \frac{1.800 \text{ s}}{6}$$

$$T_d \text{ tiap tahap} = 300 \text{ s}$$

Luas penampang tiap tahap (A)

$$V = P \times L \times T$$

$$0,02 \text{ m}^3 = P^2 \times 0,4 \text{ m}$$

$$P^2 = A = 0,05 \text{ m}^2$$

$$P = 0,22 \text{ m}$$

$$\textit{Freeboard} = 0,02 \text{ m}$$

Kecepatan aliran (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{0,05 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,0013 \text{ m/s}$$

3. Headloss (Hf)

$$H_f = \frac{G^2 \times v \times t_d}{g}$$

a. G1 = 60/s

$$H_f = \frac{(60/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 300\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,099 \text{ m}$$

b. G2 = 50/s

$$H_f = \frac{(50/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 300\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,069 \text{ m}$$

c. G3 = 40/s

$$H_f = \frac{(40/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 300\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,044 \text{ m}$$

d. G4 = 30/s

$$H_f = \frac{(30/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 300\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,025 \text{ m}$$

$$e. G5 = 20/s$$

$$H_f = \frac{(20/s)^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 300s}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,011 \text{ m}$$

$$f. G6 = 10/s$$

$$H_f = \frac{(10/s)^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 300s}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,003 \text{ m}$$

4. Saluran penghubung antar tahap

Saluran penghubung antar tahap direncanakan berbentuk persegi dengan luas permukaan mengacu pada *headloss* pada tiap tahap. *Headloss* (H_f) didapatkan dari perubahan dimensi saluran ($K = 1$) dan belokan 180° ($K = 0,32$) dengan menggunakan substitusi persamaan berikut:

$$H_f = k \frac{v^2}{2g}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$S = A^{\frac{1}{2}}$$

Maka didapatkan persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{\frac{H_f \times 2g}{k}}}}$$

a. Saluran 1 ke 2

$$H_{f1} = 0,099 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000067 \text{ m}^3/s}{\sqrt{\frac{0,099 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0074 \text{ m}$$

b. Saluran 2 ke 3

$$H_{f2} = 0,069 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,069 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0081 \text{ m}$$

c. Saluran 3 ke 4

$$Hf3 = 0,044 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,044 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0091 \text{ m}$$

d. Saluran 4 ke 5

$$Hf4 = 0,023 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,023 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0104 \text{ m}$$

e. Saluran 5 ke 6

$$Hf5 = 0,011 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,011 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0129 \text{ m}$$

5. Saluran outlet

Saluran *outlet* flokulasi direncanakan menggunakan pipa menuju bagian atas baksedimentasi. Kecepatan aliran yang direncanakan adalah $\leq 0,9 \text{ m/s}$.

Diameter pipa (D)

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{0,9 \text{ m/s}}$$

$$A = 7,44 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{3,14}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 7,44 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{3,14}}$$

$$D = 0,0097 \text{ m}$$

Digunakan pipa dari plat besi dengan diameter 0,01 m atau 10 mm. Panjang pipa dari bak flokulasi menuju bak sedimentasi direncanakan adalah 0,35 m. Pipa dari plat besi tergolong pipa yang sangat halus permukaannya dengan nilai koefisien Hazen-William (C) = 110 (Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Air Minum, BPSDM, PU).

Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,01 \text{ m})^2}$$

$$v = 0,85 \text{ m/s} < 0,9 \text{ m/s (Ok)}$$

$$\text{Headloss} = \frac{10,666 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,85}}$$

$$\text{Headloss} = \frac{10,666 \times (0,000067 \text{ m}^3/\text{s})^{1,85} \times 0,35 \text{ m}}{(110)^{1,85} \times (0,01)^{4,85}}$$

$$\text{Headloss} = 0,0594 \text{ m}$$

C. Sedimentasi

Bak sedimentasi direncanakan menggunakan sedimentasi aliran vertikal berbentuk persegi. Peningkatan efisiensi pengendapan akan dibantu dengan rekayasa laju aliran buangan yang bekerja pada zona pengendapan unit sedimentasi. Perencanaan unit sedimentasi adalah sebagai berikut:

$$\text{Debit (Q)} = 240 \text{ L/jam} = 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 1 \text{ jam (1 jam – 6 jam)}$$

$$\text{Beban permukaan (v0)} = 1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} ((0,8 - 2,5) \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam})$$

Beban pelimpah	$< 11 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jam}$
Bilangan <i>Reynolds</i>	< 2000
Bilangan <i>Froude</i>	$> 10^{-5}$
Kemiringan dasar bak	$= 45^\circ - 60^\circ$

Perhitungan:

1. Luas Permukaan

$$A = \frac{Q}{v_0}$$

$$A = \frac{0,24 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ m}/\text{jam}}$$

$$A = 0,24 \text{ m}^2$$

2. Dimensi bak

Diasumsikan berbentuk persegi dengan lebar bak mengikuti lebar bak flokulasi yaitu:

$$\text{Lebar bak Sedimentasi} = 0,22 \text{ m} + 0,22 \text{ m} = 0,44 \text{ m}$$

$$A = P \times L$$

$$0,24 \text{ m}^2 = P \times 0,44 \text{ m}$$

$$P = 0,54 \text{ m}$$

Kecepatan Aliran

$$V_{\text{aliran}} = \frac{Q}{P \times L}$$

$$V_{\text{aliran}} = \frac{0,24 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,54 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}}$$

$$V_{\text{aliran}} = 0,000281 \text{ m/s}$$

3. Kedalaman bak

$$V = Q \times Td$$

$$V = 0,24 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam}$$

$$V = 0,24 \text{ m}^3$$

$$T = \frac{V}{A}$$

$$T = \frac{0,24 \text{ m}^3}{0,24 \text{ m}^2}$$

$$\text{Freeboard} = 0,02 \text{ m}$$

4. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$R = \frac{P \times T}{P + 2T}$$

$$R = \frac{0,54 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{0,54 \text{ m} + 2(1 \text{ m})}$$

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

$$Re = \frac{v \times R}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,000281 \text{ m/s} \times 0,21 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 65,72 < 2.000 \text{ (Ok)}$$

5. Bilangan *Froude* (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times R}}$$

$$Fr = \frac{0,000281 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,21 \text{ m}}}$$

$$Fr = 1,96 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)}$$

6. Untuk menambah efisiensi pengendapan pada bak sedimentasi dilakukan modifikasi dengan resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas *cone* 13% (diameter 10 cm) dan ketinggian posisi *cone* 66 cm pada nilai CDF 10% Q_{CDF} pada bukaan 10%

$$Q = 10\% \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0000067 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{resirkulasi}} = 100\% \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0000067 \text{ m}^3/\text{s} = 402 \text{ mL/menit}$$

Ditampung per 2 menit

$$\text{Volume tertampung} = 402 \text{ ml/menit} \times 2 \text{ menit}$$

$$= 804 \text{ mL}$$

$$= 804 \text{ mL} \times \frac{25 \text{ menit}}{2 \text{ menit}}$$

$$= 10,050 \text{ mL}$$

Diresirkulasi selama 5 menit untuk 1 kali pengambilan data, maka:

Jumlah volume resirkulasi (1 kali pengambilan data)

$$= 804 \text{ mL} \times \frac{5 \text{ menit}}{2 \text{ menit}}$$

$$= 2.010 \text{ mL}$$

Jumlah volume yang diresirkulasi (5 pengambilan data)

$$= 2.010 \text{ mL} \times 5$$

$$= 10.050 \text{ mL}$$

Volume terbuang = volume tertampung - volume resirkulasi

$$= 10.050 \text{ mL} - 10.050 \text{ mL}$$

$$= 0 \text{ mL}$$

Kecepatan aliran *cone*

$$V_{cone} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{cone} = \frac{0,0000067 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01 \text{ m}^2 \times 4}$$

$$V_{cone} = 0,0001675 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran total

$$V_{total} = V_{aliran} + V_{cone}$$

$$V_{total} = 0,000281 \text{ m/s} + 0,0001675 \text{ m/s}$$

$$V_{total} = 0,0004485 \text{ m/s}$$

Bilangan *Reynolds* (Re)

$$R = \frac{P \times T}{P + 2T}$$

$$R = \frac{0,54 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{0,54 \text{ m} + 2(1 \text{ m})}$$

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

$$Re = \frac{v \times R}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,0004485 \text{ m/s} \times 0,21 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 104,88 < 2.000 \text{ (Ok)}$$

Bilangan *Froude* (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times R}}$$

$$Fr = \frac{0,0004485 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,21 \text{ m}}}$$

$$Fr = 3,12 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)}$$

7. Zona lumpur

Zona lumpur direncanakan berbentuk limas dengan luas permukaan sama dengan luas permukaan bak sedimentasi yaitu, $0,24 \text{ m}^2$

$$\text{Kandungan solid lumpur} = 1,5\%$$

$$\text{Waktu pengurasan (t)} = 7 \times 86.400 \text{ s}$$

$$Q_{\text{underdrain}} = 2\% \times Q \text{ Kedalaman limas (h)}$$

$$V = (1,5\% \times (2\% \times Q)) \times t$$

$$V = (1,5\% \times (2\% \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s})) \times 7 \times 86.400 \text{ s}$$

$$V = 0,012 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{1}{3} A \times h$$

$$0,012 \text{ m}^3 = \frac{1}{3} \times 0,24 \text{ m}^2 \times h$$

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

8. Zona outlet

Zona outlet bak sedimentasi direncanakan menggunakan pelimpah pada bagian depan unit sedimentasi dengan panjang total $0,44 \text{ m}$.

Lebar saluran yang direncanakan adalah $0,05 \text{ m}$.

$$\text{Debit (Q)} = 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Beban pelimpah} = < 11 \text{ m}^3/\text{m/jam}$$

$$\text{Kecepatan dalam saluran} = 0,06 \text{ m/s}$$

$$\text{Menggunakan } v_{\text{notch}} = 90^\circ$$

$$\text{Jarak antar } v_{\text{notch}} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Beban pelimpah} = \frac{Q}{\text{panjang total}}$$

$$\text{Beban pelimpah} = \frac{0,24 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,44 \text{ m}}$$

$$\text{Beban pelimpah} = 0,54 \text{ m}^3/\text{m/jam (Ok)}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{0,06 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,0011 \text{ m}^2$$

$$A = \text{lebar saluran} \times \text{tinggi muka air dalam saluran}$$

$$\begin{aligned}
0,0011 \text{ m}^2 &= 0,05 \text{ m} \times \text{tinggi muka air dalam saluran} \\
\text{Tinggi muka air dalam saluran} &= 0,022 \text{ m} \\
\text{Jumlah } v_{notch} &= \frac{\text{panjang total}}{\text{jarak antar } v_{notch}} \\
\text{Jumlah } v_{notch} &= \frac{0,44 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \\
\text{Jumlah } v_{notch} &= 8,8 \approx 9 \\
Q_{v_{notch}} &= 0,000067 \text{ m}^3/\text{s} \times (1/22) \\
&= 0,000003 \text{ m}^3/\text{s} \\
Q_{v_{notch}} &= 1,417 \times H^{5/2} \\
H &= 0,0054 \text{ m} \\
\text{Tinggi } Q_{v_{notch}} &= H \times 15\% + H \\
\text{Tinggi } Q_{v_{notch}} &= 0,0054 \text{ m} \times 15\% + 0,0054 \text{ m} \\
\text{Tinggi } Q_{v_{notch}} &= 0,0062 \text{ m} \\
\text{Tinggi total saluran} &= \text{tinggi muka air} + \text{tinggi } v_{notch} \\
\text{Tinggi total saluran} &= 0,022\text{m} + 0,0062\text{m} \\
\text{Tinggi total saluran} &= 0,0282 \text{ m}
\end{aligned}$$

D. Filtrasi

Direncanakan unit filtrasi berbentuk persegi panjang dengan dua media. Media yang digunakan adalah media karbon aktif pasir kuarsa. Perencanaan unit filtrasi adalah sebagai berikut:

Kriteria perencanaan (SNI 6774 Tahun 2008)

Kecepatan filtrasi (dua media)	= 10 m/jam 10-15 m/jam (Reynold&richard,1996)
Ukuran efektif media pasir	= 0,3-0,7 mm
Ukuran efektif media antrasit	= 1,2-1,8 mm
Koefisien keseragaman media pasir	= 1,2-1,4
Koefisien keseragaman media antrasit	= 1,5
Porositas media pasir	= 0,4
Porositas media antrasit	= 0,5
Berat jenis media pasir	= 2,5-2,65 kg/dm ³
Berat jenis media pasir	= 1,35 kg/dm ³

Data perencanaan

Debit (Q)	= 240 L/jam = 0,000067 m ³ /s
Viskositas Kinematik (v)	= 0,898 x 10 ⁻⁶ m ² /s
Percepatan gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²
Jumlah bak	= 1 buah
Asumsi tinggi	= 0,6 m

Perhitungan

1. Luas Permukaan

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0,24 \text{ m}^3/\text{jam}}{10 \text{ m}/\text{jam}}$$

$$A = 0,024 \text{ m}^2$$

2. Dimensi bak filter

Lebar bak filtrasi mengikuti lebar bak sedimentasi yaitu 0,44 m;

$$A = P \times L$$

$$0,024 \text{ m}^2 = P \times 0,44 \text{ m}$$

$$P = 0,055 \text{ m} = 5,5 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bak realisasi} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Luas bak sebenarnya} = P \times L = 0,25 \text{ m} \times 0,44 \text{ m} = 0,11 \text{ m}^2$$

Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{P \times L}$$

$$v = \frac{0,24 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,25 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}}$$

$$v = 2,18 \text{ m}/\text{jam}$$

$$v = 0,0006 \text{ m}/\text{s}$$

3. Bilangan Reynolds (Re)

Ketinggian bak direncanakan = 0,60 m

$$R = \frac{P \times T}{P + 2T}$$

$$R = \frac{0,25 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}}{0,25 \text{ m} + 2(0,60 \text{ m})}$$

$$R = 0,10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{v \times R}{\mu} \\ \text{Re} &= \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,10 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ \text{Re} &= 66,81 < 2.000 \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

4. Bilangan *Froude* (Fr)

$$\begin{aligned} \text{Fr} &= \frac{v}{\sqrt{g \times R}} \\ \text{Fr} &= \frac{0,0006 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,10 \text{ m}}} \\ \text{Fr} &= 6,06 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

5. Saluran *Inlet*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah saluran} &= 1 \text{ buah} \\ \text{Lebar saluran} &= \text{lebar bak} = 0,44 \text{ m} \\ \text{Panjang saluran} &= 0,05 \text{ m} \\ v_{inlet} &= \frac{Q}{A} \\ v_{inlet} &= \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{0,05 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}} \\ v_{inlet} &= 0,003 \text{ m/s} \end{aligned}$$

6. Sistem *orifice* bak filtrasi

$$\begin{aligned} \text{Diameter } orifice &= 0,5 \text{ cm} = 0,005 \text{ m} \\ \text{Luas } orifice &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ \text{Luas } orifice &= \frac{1}{4} (3,14) \times (0,005 \text{ m})^2 \\ \text{Luas } orifice &= 0,00002 \text{ m}^2 \\ \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,25\% \times \text{luas filter} \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,25\% \times 0,11 \text{ m}^2 \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,00027 \text{ m}^2 \\ \\ \text{Jumlah lubang } orifice &= \frac{\text{luas bukaan total}}{\text{luas } orifice} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah lubang } orifice = \frac{0,00027 \text{ m}^2}{0,00002 \text{ m}^2}$$

$$\text{Jumlah lubang } orifice = 13,5$$

7. Media penyaring

Media pasir

$$Nr = <5$$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,4$$

$$\text{Tebal media pasir} = 0,185 \text{ m}$$

$$\text{Diameter } (d) = 0,3-0,7 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi} = 0,0006 \text{ m/s}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{vf \times d}{v}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}}{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Nre = 0,037 \text{ m (Ok)}$$

$$Hl = 180 \times \frac{v}{g} \times \frac{(1-f)}{f^3} \times \frac{vf}{d^2} \times L$$

$$Hl = 180 \times \frac{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \times \frac{(1-0,4)}{(0,4)^3} \times \frac{0,0006 \text{ m/s}}{(0,0003 \text{ m})^2} \times 0,185 \text{ m}$$

$$Hl = 1,71 \text{ m}$$

Media antrasit

$$Nre = <5$$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,5$$

$$\text{Tebal edia antrasit} = 0,185 \text{ m}$$

$$\text{Diameter } (d) = 1,2-1,8 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi} = 0,0006 \text{ m/s}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{vf \times d}{v}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-0,5)} \times \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,0012 \text{ m}}{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Nre = 0,179 \text{ m (Ok)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Hl} &= 180 \times \frac{v}{g} \times \frac{(1-f)}{f^3} \times \frac{vf}{d^2} \times L \\
\text{Hl} &= 180 \times \frac{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \times \frac{(1-0,5)}{(0,5)^3} \times \frac{0,0006 \text{ m/s}}{(0,0012 \text{ m})^2} \times 0,185 \text{ m} \\
\text{Hl} &= 0,045 \text{ m}
\end{aligned}$$

8. Saluran outlet

Direncanakan hasil dari penyaringan ini ditampung dalam sebuah bak penampung akhir yang berada dibawah media penyaring dengan dimensi panjang dan lebar mengikuti panjang dan lebar bak sedimentasi:

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah bak} &= 1 \text{ buah} \\
\text{Panjang} &= 0,25 \text{ m} \\
\text{Lebar bak} &= 0,44 \text{ m} \\
\text{Tinggi bak} &= 0,20 \text{ m}
\end{aligned}$$

Cek kecepatan

$$\begin{aligned}
v &= \frac{Q}{P \times L} \\
A &= \frac{0,000067 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}} \\
A &= 0,0006 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

Modifikasi Dengan Variasi Debit 360 L/jam dan 480 L/jam

1. Debit 360 L/jam

A. Koagulasi

Direncanakan koagulasi tipe hidrolis dengan terjunan:

$$\text{Debit (Q)} = 360 \text{ L/jam} = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Jumlah terjunan (n)} = 1$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = 850/\text{s} (> 750/\text{s})$$

Perhitungan:

1. Volume (V)

$$V = Q \times td$$

$$0,000335 \text{ m}^3 = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s} \times td$$

$$td = 3,35 \text{ s}$$

2. Tinggi terjunan (h)

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{v \times td}}$$

$$850/\text{s} = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s} \times h}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \times 3,35 \text{ s}}}$$

$$h = 0,22 \text{ m} = 22 \text{ cm}$$

3. Cek perhitungan waktu detensi dan gradien kecepatan

$$Td = \frac{V}{Q}$$

$$Td = \frac{0,000335 \text{ m}^3}{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}} = 3,35 \text{ s (Ok)}$$

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{v \times td}}$$

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s} \times 0,22 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \times 3,35 \text{ s}}}$$

$$G = 847,003/\text{s} \approx 850/\text{s}$$

B. Flokulasi

Direncanakan flokulasi tipe hidrolis dengan pengendalian aliran berupa bukaan:

$$\text{Debit (Q)} = 360 \text{ L/jam} = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Banyak tahap (n)} \geq 6$$

$$V_{\max} = 0,9 \text{ m/s}$$

Perhitungan

1. Cek perhitungan kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{(0,1 \text{ m})^2}$$

$$v = 0,01 \text{ m/s} < 0,9 \text{ m/s (Ok)}$$

Headloss (Hb) dengan perubahan dimensi saluran (K = 1) dan belokan 180°

(K = 0,32):

$$Hb = k \frac{v^2}{2g}$$

$$Hb = (1+0,32) \frac{\left(\frac{0,01 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$Hb = 0,000007 \text{ m}$$

2. Waktu detensi bak flokulasi

$$V = Q \times td$$

$$0,121 \text{ m}^3 = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s} \times td$$

$$td = 1.210 \text{ s}$$

$$\text{Td tiap tahap} = \frac{Td}{6}$$

$$\text{Td tiap tahap} = \frac{1.210 \text{ s}}{6}$$

$$\text{Td tiap tahap} = 202 \text{ s}$$

Kecepatan aliran (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{0,05 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,002 \text{ m/s}$$

3. Headloss (Hf)

$$H_f = \frac{G^2 \times v \times t_d}{g}$$

a. G1 = 55/s

$$H_f = \frac{(55/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 202 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,055 \text{ m}$$

b. G2 = 45/s

$$H_f = \frac{(45/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 202 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,037 \text{ m}$$

c. G3 = 35/s

$$H_f = \frac{(35/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 202 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,022 \text{ m}$$

d. G4 = 25/s

$$H_f = \frac{(25/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 202 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,011 \text{ m}$$

e. G5 = 15/s

$$H_f = \frac{(15/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 202 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,004 \text{ m}$$

f. G6 = 5/s

$$H_f = \frac{(5/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 202 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,0004 \text{ m}$$

5. Saluran penghubung antar tahap

Saluran penghubung antar tahap direncanakan berbentuk persegi dengan luas permukaan mengacu pada *headloss* pada tiap tahap. *Headloss* (H_f) didapatkan dari perubahan dimensi saluran ($K = 1$) dan belokan 180° ($K = 0,32$) dengan menggunakan substitusi persamaan berikut:

$$H_f = k \frac{v^2}{2g}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$S = A^{\frac{1}{2}}$$

Maka didapatkan persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{\frac{H_f \times 2g}{k}}}}$$

a. Saluran 1 ke 2

$$H_{f1} = 0,055 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,055 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0105 \text{ m}$$

b. Saluran 2 ke 3

$$H_{f2} = 0,037 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,037 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0116 \text{ m}$$

c. Saluran 3 ke 4

$$Hf_3 = 0,022 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,022 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0132 \text{ m}$$

d. Saluran 4 ke 5

$$Hf_4 = 0,011 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,011 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0157 \text{ m}$$

e. Saluran 5 ke 6

$$Hf_5 = 0,004 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,004 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0202 \text{ m}$$

6. Cek kecepatan saluran outlet

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0001 \text{ /s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,01 \text{ m})^2}$$

$$v = 1,3 \text{ m/s}$$

cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0001 \text{ /s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,0112 \text{ m})^2}$$

$$v = 1,01 \text{ m/s} < 1,3 \text{ m/s (Ok)}$$

$$Headloss = \frac{10,666 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,85}}$$

$$Headloss = \frac{10,666 \times (0,0001 \text{ m}^3/\text{s})^{1,85} \times 0,35 \text{ m}}{(110)^{1,85} \times (0,0112)^{4,85}}$$

$$Headloss = 0,0719 \text{ m}$$

C. Sedimentasi

Bak sedimentasi direncanakan menggunakan sedimentasi aliran vertikal berbentuk persegi. Peningkatan efisiensi pengendapan akan dibantu dengan rekayasa laju aliran buangan yang bekerja pada zona pengendapan unit sedimentasi. Perencanaan unit sedimentasi adalah sebagai berikut:

$$\text{Debit (Q)} = 360 \text{ L/jam} = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Beban pelimpah} < 11 \text{ m}^3/\text{m/jam}$$

$$\text{Bilangan Reynolds} < 2.000$$

$$\text{Bilangan Froude} > 10^{-5}$$

$$\text{Kemiringan dasar bak} = 45^\circ - 60^\circ$$

Perhitungan:

1. Beban permukaan (v_0)

$$A = \frac{Q}{v_0}$$

$$0,24 \text{ m}^2 = \frac{0,36 \text{ m}^3/\text{jam}}{v_0}$$

$$v_0 = 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} \text{ (Ok)}$$

2. Kecepatan aliran bak sedimentasi

$$V_{\text{aliran}} = \frac{Q}{P \times L}$$

$$V_{\text{aliran}} = \frac{0,36 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,54 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}}$$

$$V_{\text{aliran}} = 0,000419 \text{ m/s}$$

3. Waktu detensi

$$\begin{aligned}V &= Q \times Td \\0,24 \text{ m}^3 &= 0,36 \text{ m}^3/\text{jam} \times td \\td &= 0,6 \text{ jam} \\td &= 36 \text{ menit}\end{aligned}$$

4. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$\begin{aligned}R &= \frac{P \times T}{P + 2T} \\R &= \frac{0,54 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{0,54 \text{ m} + 2(1 \text{ m})} \\R &= 0,21 \text{ m} \\Re &= \frac{v \times R}{\mu} \\Re &= \frac{0,000419 \text{ m/s} \times 0,21 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\Re &= 130,64 < 2.000 \text{ (Ok)}\end{aligned}$$

5. Bilangan *Froude* (Fr)

$$\begin{aligned}Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \times R}} \\Fr &= \frac{0,000419 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,21 \text{ m}}} \\Fr &= 2,52 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)}\end{aligned}$$

6. Untuk menambah efisiensi pengendapan pada bak sedimentasi dilakukan modifikasi dengan resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas *cone* 13% (diameter 10 cm) dan ketinggian posisi *cone* 66 cm pada nilai CDF 10% Q_{CDF} pada bukaan 10%

$$\begin{aligned}Q &= 10\% \times 0,0001 \text{ m}^3/\text{s} = 0,00001 \text{ m}^3/\text{s} \\Q_{\text{resirkulasi}} &= 100\% \times 0,00001 \text{ m}^3/\text{s} = 0,00001 \text{ m}^3/\text{s} = 600 \text{ mL/menit}\end{aligned}$$

Ditampung per 2 menit

$$\begin{aligned}\text{Volume tertampung} &= 600 \text{ ml/menit} \times 2 \text{ menit} \\&= 1.200 \text{ mL} \\&= 1.200 \text{ mL} \times \frac{25 \text{ menit}}{2 \text{ menit}} \\&= 15.000 \text{ mL}\end{aligned}$$

Diresirkulasi selama 5 menit untuk 1 kali pengambilan data, maka:

Jumlah volume resirkulasi (1 kali pengambilan data)

$$= 1.200 \text{ mL} \times \frac{5 \text{ menit}}{2 \text{ menit}}$$

$$= 3.000 \text{ mL}$$

Jumlah volume yang diresirkulasi (5 pengambilan data)

$$= 3.000 \text{ mL} \times 5$$

$$= 15.000 \text{ mL}$$

Volume terbuang = volume tertampung - volume resirkulasi

$$= 15.000 \text{ mL} - 15.000 \text{ mL}$$

$$= 0 \text{ mL}$$

Kecepatan aliran *cone*

$$V_{cone} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{cone} = \frac{0,00001 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01 \text{ m}^2 \times 4}$$

$$V_{cone} = 0,00025 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran total

$$V_{total} = V_{aliran} + V_{cone}$$

$$V_{total} = 0,000419 \text{ m/s} + 0,00025 \text{ m/s}$$

$$V_{total} = 0,000669 \text{ m/s}$$

Bilangan *Reynolds* (Re)

$$R = \frac{P \times T}{P + 2T}$$

$$R = \frac{0,54 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{0,54 \text{ m} + 2(1 \text{ m})}$$

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

$$Re = \frac{v \times R}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,000669 \text{ m/s} \times 0,21 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 156,45 < 2.000 \text{ (Ok)}$$

Bilangan *Froude* (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times R}}$$

$$Fr = \frac{0,000669 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,21 \text{ m}}}$$

$$Fr = 4,66 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)}$$

7. Waktu pengurasan zona lumpur

$$\text{Kandungan solid lumpur} = 1,5\%$$

$$Q_{\text{underdrain}} = 2\% \times Q \text{ Kedalaman limas (h)}$$

$$V = (1,5\% \times (2\% \times Q)) \times t$$

$$0,012 \text{ m}^3 = (1,5\% \times (2\% \times 0,0001 \text{ m}^3/\text{s})) \times t$$

$$t = 4,6 \text{ jam}$$

8. *Overflowrate* dan kecepatan dalam saluran *outlet*

$$\text{Debit (Q)} = 0,36 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Beban pelimpah} = < 11 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jam}$$

$$\text{Beban pelimpah} = \frac{Q}{\text{panjang total}}$$

$$\text{Beban pelimpah} = \frac{0,36 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,44 \text{ m}}$$

$$\text{Beban pelimpah} = 0,82 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jam} \text{ (Ok)}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$0,0011 \text{ m}^2 = \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{v}$$

$$v = 0,09 \text{ m/s}$$

D. Filtrasi

Direncanakan unit filtrasi berbentuk persegi panjang dengan dua media. Media yang digunakan adalah media karbon aktif pasir kuarsa. Perencanaan unit filtrasi adalah sebagai berikut:

Kriteria perencanaan (SNI 6774 Tahun 2008)

$$\text{Kecepatan filtrasi (dua media)} = 10 \text{ m/jam } 10\text{-}15 \text{ m/jam} \\ \text{(Reynold\&richard,1996)}$$

$$\text{Ukuran efektif media pasir} = 0,3\text{-}0,7 \text{ mm}$$

Ukuran efektif media antrasit	= 1,2-1,8 mm
Koefisien keseragaman media pasir	= 1,2-1,4
Koefisien keseragaman media antrasit	= 1,5
Porositas media pasir	= 0,4
Porositas media antrasit	= 0,5
Berat jenis media pasir	= 2,5-2,65 kg/dm ³
Berat jenis media pasir	= 1,35 kg/dm ³

Data perencanaan

Debit (Q)	= 360 L/jam = 0,0001 m ³ /s
Viskositas Kinematik (ν)	= 0,898 x 10 ⁻⁶ m ² /s
Percepatan gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²
Jumlah bak	= 1 buah
Asumsi tinggi	= 0,6 m

Perhitungan

1. Kecepatan bak filter

Lebar bak filtrasi mengikuti lebar bak sedimentasi yaitu 0,44 m;

$$A = P \times L$$

$$0,11 \text{ m}^2 = P \times 0,44 \text{ m}$$

$$P = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{P \times L}$$

$$v = \frac{0,36 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,25 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}}$$

$$v = 3,27 \text{ m/jam}$$

$$v = 0,0009 \text{ m/s}$$

3. Bilangan Reynolds (Re)

Ketinggian bak direncanakan = 0,60 m

$$R = \frac{P \times T}{P + 2T}$$

$$R = \frac{0,25 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}}{0,25 \text{ m} + 2(0,60 \text{ m})}$$

$$R = 0,10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{v \times R}{\mu} \\ \text{Re} &= \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,10 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ \text{Re} &= 66,81 < 2.000 \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

7. Bilangan *Froude* (Fr)

$$\begin{aligned} \text{Fr} &= \frac{v}{\sqrt{g \times R}} \\ \text{Fr} &= \frac{0,0009 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,10 \text{ m}}} \\ \text{Fr} &= 9,08 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

8. Saluran *Inlet*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah saluran} &= 1 \text{ buah} \\ \text{Lebar saluran} &= \text{lebar bak} = 0,44 \text{ m} \\ \text{Panjang saluran} &= 0,05 \text{ m} \\ v_{inlet} &= \frac{Q}{A} \\ v_{inlet} &= \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{0,05 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}} \\ v_{inlet} &= 0,0045 \text{ m/s} \end{aligned}$$

9. Sistem *orifice* bak filtrasi

$$\begin{aligned} \text{Diameter } orifice &= 0,5 \text{ cm} = 0,005 \text{ m} \\ \text{Luas } orifice &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ \text{Luas } orifice &= \frac{1}{4} (3,14) \times (0,005 \text{ m})^2 \\ \text{Luas } orifice &= 0,00002 \text{ m}^2 \\ \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,25\% \times \text{luas filter} \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,25\% \times 0,11 \text{ m}^2 \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,00027 \text{ m}^2 \\ \\ \text{Jumlah lubang } orifice &= \frac{\text{luas bukaan total}}{\text{luas } orifice} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah lubang } orifice = \frac{0,00027 \text{ m}^2}{0,00002 \text{ m}^2}$$

$$\text{Jumlah lubang } orifice = 13,5$$

7. Media penyaring

Media pasir

$$Nr = <5$$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,4$$

$$\text{Tebal media pasir} = 0,185 \text{ m}$$

$$\text{Diameter } (d) = 0,3-0,7 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi} = 0,0006 \text{ m/s}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{vf \times d}{v}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}}{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Nre = 0,037 \text{ m (Ok)}$$

$$Hl = 180 \times \frac{v}{g} \times \frac{(1-f)}{f^3} \times \frac{vf}{d^2} \times L$$

$$Hl = 180 \times \frac{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \times \frac{(1-0,4)}{(0,4)^3} \times \frac{0,0006 \text{ m/s}}{(0,0003 \text{ m})^2} \times 0,185 \text{ m}$$

$$Hl = 1,71 \text{ m}$$

Media antrasit

$$Nre = <5$$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,5$$

$$\text{Tebal edia antrasit} = 0,185 \text{ m}$$

$$\text{Diameter } (d) = 1,2-1,8 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi} = 0,0006 \text{ m/s}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{vf \times d}{v}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-0,5)} \times \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,0012 \text{ m}}{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Nre = 0,179 \text{ m (Ok)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Hl} &= 180 \times \frac{v}{g} \times \frac{(1-f)}{f^3} \times \frac{vf}{d^2} \times L \\
\text{Hl} &= 180 \times \frac{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \times \frac{(1-0,5)}{(0,5)^3} \times \frac{0,0006 \text{ m/s}}{(0,0012 \text{ m})^2} \times 0,185 \text{ m} \\
\text{Hl} &= 0,045 \text{ m}
\end{aligned}$$

9. Saluran outlet

Direncanakan hasil dari penyaringan ini ditampung dalam sebuah bak penampung akhir yang berada dibawah media penyaring dengan dimensi panjang dan lebar mengikuti panjang dan lebar bak sedimentasi:

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah bak} &= 1 \text{ buah} \\
\text{Panjang} &= 0,25 \text{ m} \\
\text{Lebar bak} &= 0,44 \text{ m} \\
\text{Tinggi bak} &= 0,20 \text{ m}
\end{aligned}$$

Cek kecepatan

$$\begin{aligned}
v &= \frac{Q}{P \times L} \\
A &= \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}} \\
A &= 0,0009 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

2. Debit 480 L/jam

A. Koagulasi

Direncanakan koagulasi tipe hidrolis dengan terjunan:

$$\text{Debit (Q)} = 480 \text{ L/jam} = 0,000133 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Jumlah terjunan (n)} = 1$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = 850/\text{s} (> 750/\text{s})$$

Perhitungan:

1. Volume (V)

$$V = Q \times t_d$$

$$0,000335 \text{ m}^3 = 0,000133 \text{ m}^3/\text{s} \times t_d$$

$$t_d = 2,5 \text{ s}$$

2. Tinggi terjunan (h)

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{v \times t_d}}$$

$$850/\text{s} = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s} \times h}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m/s} \times 2,5 \text{ s}}}$$

$$h = 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

3. Cek perhitungan waktu detensi dan gradien kecepatan

$$T_d = \frac{V}{Q}$$

$$T_d = \frac{0,000335 \text{ m}^3}{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}} = 2,52 \text{ s} \approx 2,5 \text{ s (Ok)}$$

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{v \times t_d}}$$

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s} \times 0,22 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m/s} \times 2,52 \text{ s}}}$$

$$G = 832,829/\text{s} \approx 850/\text{s}$$

B. Flokulasi

Direncanakan flokulasi tipe hidrolis dengan pengendalian aliran berupa bukaan:

$$\text{Debit (Q)} = 480 \text{ L/jam} = 0,000133 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Banyak tahap (n)} \geq 6$$

$$V_{\max} = 0,9 \text{ m/s}$$

Perhitungan

1. Cek perhitungan kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{(0,1 \text{ m})^2}$$

$$v = 0,01 \text{ m/s} < 0,9 \text{ m/s (Ok)}$$

Headloss (Hb) dengan perubahan dimensi saluran (K = 1) dan belokan 180°

(K = 0,32):

$$Hb = k \frac{v^2}{2g}$$

$$Hb = (1+0,32) \frac{\left(\frac{0,01 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$Hb = 0,000007 \text{ m}$$

2. Waktu detensi bak flokulasi

$$V = Q \times td$$

$$0,121 \text{ m}^3 = 0,000133 \text{ m}^3/\text{s} \times td$$

$$td = 909 \text{ s}$$

$$\text{Td tiap tahap} = \frac{Td}{6}$$

$$\text{Td tiap tahap} = \frac{909 \text{ s}}{6}$$

$$\text{Td tiap tahap} = 152 \text{ s}$$

Kecepatan aliran (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{0,05 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,003 \text{ m/s}$$

3. Headloss (Hf)

$$H_f = \frac{G^2 \times v \times t_d}{g}$$

a. G1 = 50/s

$$H_f = \frac{(50/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 152 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,034 \text{ m}$$

b. G2 = 40/s

$$H_f = \frac{(40/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 152 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,022 \text{ m}$$

c. G3 = 30/s

$$H_f = \frac{(30/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 152 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,012 \text{ m}$$

d. G4 = 20/s

$$H_f = \frac{(20/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 152 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,005 \text{ m}$$

e. G5 = 10/s

$$H_f = \frac{(10/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 152 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,001 \text{ m}$$

f. G6 = 5/s

$$H_f = \frac{(5/\text{s})^2 \times 0,898 \times 10^{-6} \times 152 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_f = 0,0003 \text{ m}$$

4. Saluran penghubung antar tahap

Saluran penghubung antar tahap direncanakan berbentuk persegi dengan luas permukaan mengacu pada *headloss* pada tiap tahap. *Headloss* (H_f) didapatkan dari perubahan dimensi saluran ($K = 1$) dan belokan 180° ($K = 0,32$) dengan menggunakan substitusi persamaan berikut:

$$H_f = k \frac{v^2}{2g}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$S = A^{\frac{1}{2}}$$

Maka didapatkan persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{\frac{H_f \times 2g}{k}}}}$$

a. Saluran 1 ke 2

$$H_{f1} = 0,034 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,034 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0136 \text{ m}$$

b. Saluran 2 ke 3

$$H_{f2} = 0,022 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,022 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0081 \text{ m}$$

c. Saluran 3 ke 4

$$Hf_3 = 0,012 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{ss}}{\sqrt{\frac{0,012 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0180 \text{ m}$$

d. Saluran 4 ke 5

$$Hf_4 = 0,005 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,005 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0220 \text{ m}$$

e. Saluran 5 ke 6

$$Hf_5 = 0,001 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{\frac{0,001 \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1+0,32}}}}$$

$$S = 0,0330 \text{ m}$$

5. Cek kecepatan saluran outlet

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000133 \text{ /s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,01 \text{ m})^2}$$

$$v = 0,6 \text{ m/s}$$

cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000133 \text{ /s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,0112 \text{ m})^2}$$

$$v = 1,30 \text{ m/s} \leq 1,3 \text{ m/s (Ok)}$$

$$Headloss = \frac{10,666 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,85}}$$

$$Headloss = \frac{10,666 \times (0,000133 \text{ m}^3/\text{s})^{1,85} \times 0,35 \text{ m}}{(110)^{1,85} \times (0,0112)^{4,85}}$$

$$Headloss = 0,0230 \text{ m}$$

C. Sedimentasi

Bak sedimentasi direncanakan menggunakan sedimentasi aliran vertikal berbentuk persegi. Peningkatan efisiensi pengendapan akan dibantu dengan rekayasa laju aliran buangan yang bekerja pada zona pengendapan unit sedimentasi. Perencanaan unit sedimentasi adalah sebagai berikut:

$$\text{Debit (Q)} = 480 \text{ L/jam} = 0,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = 0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Beban pelimpah} < 11 \text{ m}^3/\text{m/jam}$$

$$\text{Bilangan Reynolds} < 2.000$$

$$\text{Bilangan Froude} > 10^{-5}$$

$$\text{Kemiringan dasar bak} = 45^\circ - 60^\circ$$

Perhitungan:

1. Beban permukaan (v_0)

$$A = \frac{Q}{v_0}$$

$$0,24 \text{ m}^2 = \frac{0,48 \text{ m}^3/\text{jam}}{v_0}$$

$$v_0 = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} \text{ (Ok)}$$

2. Kecepatan aliran bak sedimentasi

$$V_{\text{aliran}} = \frac{Q}{P \times L}$$

$$V_{\text{aliran}} = \frac{0,48 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,54 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}}$$

$$V_{\text{aliran}} = 0,000516 \text{ m/s}$$

3. Waktu detensi

$$\begin{aligned}V &= Q \times Td \\0,24 \text{ m}^3 &= 0,48 \text{ m}^3/\text{jam} \times td \\td &= 0,5 \text{ jam} \\td &= 30 \text{ menit}\end{aligned}$$

4. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$\begin{aligned}R &= \frac{P \times T}{P + 2T} \\R &= \frac{0,54 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{0,54 \text{ m} + 2(1 \text{ m})} \\R &= 0,21 \text{ m} \\Re &= \frac{v \times R}{\mu} \\Re &= \frac{0,000419 \text{ m/s} \times 0,21 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\Re &= 130,64 < 2.000 \text{ (Ok)}\end{aligned}$$

5. Bilangan *Froude* (Fr)

$$\begin{aligned}Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \times R}} \\Fr &= \frac{0,000419 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,21 \text{ m}}} \\Fr &= 2,52 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)}\end{aligned}$$

6. Untuk menambah efisiensi pengendapan pada bak sedimentasi dilakukan modifikasi dengan resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas *cone* 13% (diameter 10 cm) dan ketinggian posisi *cone* 66 cm pada nilai CDF 10% Q_{CDF} pada bukaan 10%

$$\begin{aligned}Q &= 10\% \times 0,000133 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0000133 \text{ m}^3/\text{s} \\Q_{\text{resirkulasi}} &= 100\% \times 0,0000133 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0000133 \text{ m}^3/\text{s} = 798 \text{ mL}/\text{menit}\end{aligned}$$

Ditampung per 2 menit

$$\begin{aligned}\text{Volume tertampung} &= 798 \text{ ml}/\text{menit} \times 2 \text{ menit} \\&= 1.596 \text{ mL} \\&= 1.596 \text{ mL} \times \frac{25 \text{ menit}}{2 \text{ menit}} \\&= 19.950 \text{ mL}\end{aligned}$$

Diresirkulasi selama 5 menit untuk 1 kali pengambilan data, maka:

Jumlah volume resirkulasi (1 kali pengambilan data)

$$= 1.596 \text{ mL} \times \frac{5 \text{ menit}}{2 \text{ menit}}$$

$$= 3.990 \text{ mL}$$

Jumlah volume yang diresirkulasi (5 pengambilan data)

$$= 3.990 \text{ mL} \times 5$$

$$= 19.950 \text{ mL}$$

Volume terbuang = volume tertampung - volume resirkulasi

$$= 19.950 \text{ mL} - 19.950 \text{ mL}$$

$$= 0 \text{ mL}$$

Kecepatan aliran *cone*

$$V_{cone} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{cone} = \frac{0,0000133 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01 \text{ m}^2 \times 4}$$

$$V_{cone} = 0,00033 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran total

$$V_{total} = V_{aliran} + V_{cone}$$

$$V_{total} = 0,000516 \text{ m/s} + 0,00033 \text{ m/s}$$

$$V_{total} = 0,000846 \text{ m/s}$$

Bilangan *Reynolds* (Re)

$$R = \frac{P \times T}{P + 2T}$$

$$R = \frac{0,54 \text{ m} \times 1 \text{ m}}{0,54 \text{ m} + 2(1 \text{ m})}$$

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

$$Re = \frac{v \times R}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,000846 \text{ m/s} \times 0,21 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 197,839 < 2.000 \text{ (Ok)}$$

Bilangan *Froude* (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times R}}$$

$$Fr = \frac{0,000846 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,21 \text{ m}}}$$

$$Fr = 5,89 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)}$$

7. Waktu pengurasan zona lumpur

$$\text{Kandungan solid lumpur} = 1,5\%$$

$$Q_{\text{underdrain}} = 2\% \times Q \text{ Kedalaman limas (h)}$$

$$V = (1,5\% \times (2\% \times Q)) \times t$$

$$0,012 \text{ m}^3 = (1,5\% \times (2\% \times 0,000133 \text{ m}^3/\text{s})) \times t$$

$$t = 3,4 \text{ jam}$$

8. *Overflowrate* dan kecepatan dalam saluran *outlet*

$$\text{Debit (Q)} = 0,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Beban pelimpah} = < 11 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jam}$$

$$\text{Beban pelimpah} = \frac{Q}{\text{panjang total}}$$

$$\text{Beban pelimpah} = \frac{0,48 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,44 \text{ m}}$$

$$\text{Beban pelimpah} = 1,09 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jam} \text{ (Ok)}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$0,0011 \text{ m}^2 = \frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{v}$$

$$v = 0,12 \text{ m/s}$$

D. Filtrasi

Direncanakan unit filtrasi berbentuk persegi panjang dengan dua media. Media yang digunakan adalah media karbon aktif pasir kuarsa. Perencanaan unit filtrasi adalah sebagai berikut:

Kriteria perencanaan (SNI 6774 Tahun 2008)

$$\text{Kecepatan filtrasi (dua media)} = 10 \text{ m}/\text{jam} \text{ } 10\text{-}15 \text{ m}/\text{jam} \\ \text{(Reynold\&richard,1996)}$$

$$\text{Ukuran efektif media pasir} = 0,3\text{-}0,7 \text{ mm}$$

Ukuran efektif media antrasit	= 1,2-1,8 mm
Koefisien keseragaman media pasir	= 1,2-1,4
Koefisien keseragaman media antrasit	= 1,5
Porositas media pasir	= 0,4
Porositas media antrasit	= 0,5
Berat jenis media pasir	= 2,5-2,65 kg/dm ³
Berat jenis media pasir	= 1,35 kg/dm ³

Data perencanaan

Debit (Q)	= 480 L/jam = 0,000133 m ³ /s
Viskositas Kinematik (ν)	= 0,898 x 10 ⁻⁶ m ² /s
Percepatan gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²
Jumlah bak	= 1 buah
Asumsi tinggi	= 0,6 m

Perhitungan

1. Kecepatan bak filter

Lebar bak filtrasi mengikuti lebar bak sedimentasi yaitu 0,44 m;

$$A = P \times L$$

$$0,11 \text{ m}^2 = P \times 0,44 \text{ m}$$

$$P = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{P \times L}$$

$$v = \frac{0,48 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,25 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}}$$

$$v = 4,36 \text{ m/jam}$$

$$v = 0,0012 \text{ m/s}$$

3. Bilangan Reynolds (Re)

Ketinggian bak direncanakan = 0,60 m

$$R = \frac{P \times T}{P + 2T}$$

$$R = \frac{0,25 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}}{0,25 \text{ m} + 2(0,60 \text{ m})}$$

$$R = 0,10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{v \times R}{\mu} \\ \text{Re} &= \frac{0,0012 \text{ m/s} \times 0,10 \text{ m}}{0,898 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ \text{Re} &= 133,63 < 2.000 \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

4. Bilangan *Froude* (Fr)

$$\begin{aligned} \text{Fr} &= \frac{v}{\sqrt{g \times R}} \\ \text{Fr} &= \frac{0,00012 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,10 \text{ m}}} \\ \text{Fr} &= 1,21 \times 10^{-4} > 10^{-5} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

5. Saluran *Inlet*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah saluran} &= 1 \text{ buah} \\ \text{Lebar saluran} &= \text{lebar bak} = 0,44 \text{ m} \\ \text{Panjang saluran} &= 0,05 \text{ m} \\ v_{inlet} &= \frac{Q}{A} \\ v_{inlet} &= \frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{0,05 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}} \\ v_{inlet} &= 0,0059 \text{ m/s} \end{aligned}$$

6. Sistem *orifice* bak filtrasi

$$\begin{aligned} \text{Diameter } orifice &= 0,5 \text{ cm} = 0,005 \text{ m} \\ \text{Luas } orifice &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ \text{Luas } orifice &= \frac{1}{4} (3,14) \times (0,005 \text{ m})^2 \\ \text{Luas } orifice &= 0,00002 \text{ m}^2 \\ \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,25\% \times \text{luas filter} \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,25\% \times 0,11 \text{ m}^2 \\ \text{Luas bukaan total } orifice &= 0,00027 \text{ m}^2 \\ \\ \text{Jumlah lubang } orifice &= \frac{\text{luas bukaan total}}{\text{luas } orifice} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah lubang } orifice = \frac{0,00027 \text{ m}^2}{0,00002 \text{ m}^2}$$

$$\text{Jumlah lubang } orifice = 13,5$$

7. Media penyaring

Media pasir

$$Nr = <5$$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,4$$

$$\text{Tebal media pasir} = 0,185 \text{ m}$$

$$\text{Diameter } (d) = 0,3-0,7 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi} = 0,0006 \text{ m/s}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{vf \times d}{v}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}}{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Nre = 0,037 \text{ m (Ok)}$$

$$Hl = 180 \times \frac{v}{g} \times \frac{(1-f)}{f^3} \times \frac{vf}{d^2} \times L$$

$$Hl = 180 \times \frac{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \times \frac{(1-0,4)}{(0,4)^3} \times \frac{0,0006 \text{ m/s}}{(0,0003 \text{ m})^2} \times 0,185 \text{ m}$$

$$Hl = 1,71 \text{ m}$$

Media antrasit

$$Nre = <5$$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,5$$

$$\text{Tebal edia antrasit} = 0,185 \text{ m}$$

$$\text{Diameter } (d) = 1,2-1,8 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi} = 0,0006 \text{ m/s}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{vf \times d}{v}$$

$$Nre = \frac{1}{(1-0,5)} \times \frac{0,0006 \text{ m/s} \times 0,0012 \text{ m}}{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Nre = 0,179 \text{ m (Ok)}$$

$$Hl = 180 \times \frac{v}{g} \times \frac{(1-f)}{f^3} \times \frac{vf}{d^2} \times L$$

$$Hl = 180 \times \frac{0,000008039 \text{ m}^2/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \times \frac{(1-0,5)}{(0,5)^3} \times \frac{0,0006 \text{ m/s}}{(0,0012 \text{ m})^2} \times 0,185 \text{ m}$$

$$Hl = 0,045 \text{ m}$$

8. Saluran outlet

Direncanakan hasil dari penyaringan ini ditampung dalam sebuah bak penampung akhir yang berada dibawah media penyaring dengan dimensi panjang dan lebar mengikuti panjang dan lebar bak sedimentasi:

$$\text{Jumlah bak} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Panjang} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bak} = 0,44 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bak} = 0,20 \text{ m}$$

Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{P \times L}$$

$$A = \frac{0,000133 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}}$$

$$A = 0,0012 \text{ m/s}$$

LAMPIRAN 3

DATA HASIL PENELITIAN

Tabel Data dan Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Sedimentasi

Debit (L/jam)	TDS Awal (mg/L)	Pengambilan Data				TDS Rata-rata (mg/L)	Efisiensi Penyisihan Rata-rata (%)
		Running 1		Running 2			
		TDS Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	TDS Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)		
240	1.108	997	10,018	941	15,072	975,500	11,96
		921	16,877	996	10,108		
		990	10,650	991	10,560		
		978	11,733	971	12,365		
		989	10,740	981	11,462		
360	1.108	983	11,282	983	11,282	973,800	12,11
		992	10,469	993	10,379		
		963	13,087	984	11,191		
		963	13,087	986	11,011		
		962	13,177	929	16,155		
480	1.108	962	13,177	969	12,545	969,500	12,50
		975	12,004	963	13,087		
		977	11,823	976	11,913		
		972	12,274	962	13,177		
		979	11,643	960	13,357		

Tabel Data dan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

Debit (L/jam)	Kekeruhan Awal (NTU)	Pengambilan Data				Kekeruhan Rata- rata (NTU)	Efisiensi Penyisihan Rata- rata (%)
		<i>Running 1</i>		<i>Running 2</i>			
		Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)		
240	114,375	6,394	94,410	5,396	95,282	5,509	95,183
		4,894	95,721	5,403	95,276		
		5,584	95,118	5,367	95,308		
		6,379	94,423	5,537	95,159		
		4,613	95,967	5,523	95,171		
360	114,375	6,812	94,044	5,656	95,055	6,406	94,399
		6,972	93,904	4,905	95,711		
		7,931	93,066	4,789	95,813		
		6,923	93,947	6,803	94,052		
		6,613	94,218	6,656	94,181		
480	114,375	9,179	91,975	10,048	91,215	9,613	91,595
		8,056	92,957	10,45	90,863		
		8,157	92,868	10,028	91,232		
		9,295	91,873	10,434	90,877		
		9,366	91,811	11,116	90,281		

Tabel Data dan Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi (pasir kuarsa)

Debit (L/jam)	TDS Awal						TDS Rata-rata (mg/L)	Efisiensi Penyisihan Rata- rata (%)
	Running 1			Running 2				
	TDS Awal (mg/L)	TDS Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	TDS Awal (mg/L)	TDS Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)		
240	1.003	972	3,091	989	972	1,719	985,200	0,99
	996	988	0,803	994	988	0,604		
	997	990	0,702	991	990	0,101		
	998	985	1,303	995	985	1,005		
	995	991	0,402	992	991	0,101		
360	1.016	994	2,165	990	987	0,303	989,000	0,55
	995	995	0,000	992	974	1,815		
	992	991	0,101	991	990	0,101		
	992	991	0,101	990	986	0,404		
	995	994	0,101	992	988	0,403		
480	999	998	0,100	994	990	0,402	990,300	0,18
	990	988	0,202	989	989	0,000		
	989	988	0,101	990	990	0,000		
	992	990	0,202	992	989	0,302		
	998	993	0,501	988	988	0,000		

Tabel Data dan Efisiensi Penyisihan TDS di Unit Filtrasi (karbon aktif dan pasir kuarsa)

Debit (L/jam)	TDS Awal						TDS Rata-rata (mg/L)	Efisiensi Penyisihan Rata- rata (%)
	Running 1			Running 2				
	TDS Awal (mg/L)	TDS Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	TDS Awal (mg/L)	TDS Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)		
240	997	102	89,769	941	95	89,904	99,400	89,81
	921	100	89,142	996	96	90,361		
	990	97	90,202	991	98	90,111		
	978	104	89,366	971	104	89,289		
	989	96	90,293	981	102	89,602		
360	983	210	78,637	983	208	78,840	204,300	79,02
	992	208	79,032	993	193	80,564		
	963	215	77,674	984	206	79,065		
	963	202	79,024	986	211	78,600		
	962	192	80,042	929	198	78,687		
480	962	285	70,374	969	279	71,207	278,700	71,25
	975	270	72,308	963	287	70,197		
	977	268	72,569	976	272	72,131		
	972	283	70,885	962	275	71,414		
	979	286	70,787	960	282	70,625		

Tabel Data dan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi (Pasir Kuarsa)

Debit (L/jam)	Kekeruhan Awal						Kekeruhan Rata-rata (NTU)	Efisiensi Penyisihan Rata-rata (%)
	Running 1			Running 2				
	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)		
240	5,132	4,196	18,239	4,720	1,139	75,869	2,516	48,40
	4,913	3,467	29,432	5,785	2,255	61,020		
	4,860	2,134	56,091	5,475	2,308	57,845		
	4,311	2,245	47,924	4,550	2,388	47,516		
	4,480	3,455	22,879	4,542	1,577	65,280		
360	7,449	3,664	50,812	6,779	4,720	30,373	3,823	47,76
	7,545	2,640	65,010	7,071	4,550	35,653		
	7,345	2,552	65,255	7,006	4,653	33,585		
	7,135	3,966	44,415	8,339	3,436	58,796		
	7,453	4,520	39,353	7,047	3,525	49,979		
480	10,029	4,903	51,112	11,069	4,830	56,365	5,026	46,35
	10,133	4,942	51,229	11,228	5,571	50,383		
	9,289	5,940	36,053	10,268	4,925	52,035		
	8,196	4,730	42,289	7,789	4,948	36,475		
	8,112	4,642	42,776	7,569	4,831	36,174		

Tabel Data dan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi (Karbon Aktif dan Pasir Kuarsa)

Debit (L/jam)	Kekeruhan Awal						Kekeruhan Rata-rata (NTU)	Efisiensi Penyisihan Rata-rata (%)
	Running 1			Running 2				
	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)		
240	6,394	1,871	70,738	5,396	1,913	64,548	1,846	66,49
	4,894	1,750	64,242	5,403	1,753	67,555		
	5,584	1,320	76,361	5,367	1,842	65,679		
	6,379	1,720	73,037	5,537	2,754	50,262		
	4,613	1,545	66,508	5,523	1,991	63,951		
360	6,812	3,256	52,202	5,656	2,268	59,901	2,688	58,04
	6,972	2,167	68,919	4,905	2,061	57,982		
	7,931	2,156	72,816	4,789	3,228	32,596		
	6,923	3,227	53,387	6,803	3,254	52,168		
	6,613	3,117	52,866	6,656	2,146	67,758		
480	9,179	3,755	59,091	10,048	3,632	63,854	4,100	57,35
	8,056	3,971	50,708	10,450	4,742	54,622		
	8,157	3,714	54,469	10,028	3,942	60,690		
	9,295	4,771	48,671	10,434	3,954	62,105		
	9,366	4,810	48,644	11,116	3,705	66,670		

1. Perhitungan Larutan Artifisial

Pada penelitian ini dibuat larutan artifisial menggunakan *kaolin clay* untuk parameter kekeruhan dan NaCl untuk parameter TDS. *kaolin clay* dengan konsentrasi 160 g/L, dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan diendapkan selama 24 jam, sehingga diperoleh nilai kekeruhan 3.165,193 NTU yang selanjutnya dibuat beberapa konsentrasi pengenceran untuk keperluan percobaan. Sementara NaCl 1 gr dilarutkan dengan 1 L air dan diperoleh nilai TDS 1.147 mg/L.

Dengan melakukan *trial and error* pada saat melarutkan 2 mL larutan induk dalam 1 L air menghasilkan kekeruhan 152,501 NTU dan TDS 94 mg/L. Maka dengan menggunakan rumus interpolasi didapatkan kebutuhan larutan induk yang diperlukan untuk variasi kekeruhan sebagai berikut:

a. Pembuatan air baku artifisial dengan kekeruhan (110±5 NTU) dan TDS > 1.000 mg/L

- Kekeruhan

$$\frac{2 \text{ mL}}{152,501 \text{ NTU}} = \frac{x}{110 \text{ NTU}}$$
$$x = \frac{2 \text{ mL} \times 110 \text{ NTU}}{152,501 \text{ NTU}}$$
$$x = 1,440 \text{ mL}$$

- TDS

$$\frac{1 \text{ gr}}{1.147 \text{ mg/L}} = \frac{x}{1.000 \text{ mg/L}}$$
$$x = \frac{1 \text{ gr} \times 1.147 \text{ mg/L}}{1.000 \text{ mg/L}}$$
$$x = 1,147 \text{ gr}$$

Jadi, untuk menghasilkan air baku artifisial dengan kekeruhan 110±5 NTU dibutuhkan 1,440 mL larutan induk yang dilarutkan ke dalam 1 L air dan 1,147gr NaCl yang dilarutkan dalam 1 L air. Pada penelitian ini menggunakan wadah ember 110 L untuk melarutkan larutan induk.

- **Kekeruhan**

$$\frac{1,440 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times 110 \text{ L} = 158,4 \text{ mL}$$

- **TDS**

$$\frac{1,147 \text{ gr}}{1 \text{ L}} \times 110 \text{ L} = 126,2 \text{ gr}$$

Maka untuk 110 L air di dalam ember dibutuhkan 158,4 mL larutan induk *kaolin clay* dan 126,2 gr NaCl yang dilarutkan pada 1 L air.

Debit air pada unit paket IPA adalah 240 L/jam, 360 L/jam, 480 L/jam

Satu kali *running* dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali, dengan waktu *steady* 10 menit, jadi total waktu sekali *running* untuk satu debit adalah 60 menit (1 jam).

- **Debit 240 L/jam**

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang digunakan untuk satu kali } \textit{running} &= \text{debit} \times \text{waktu} \\ &= 240 \text{ L/jam} \times \pm 1 \text{ jam} \\ &= 240 \text{ L} \end{aligned}$$

- **Debit 360 L/jam**

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang digunakan untuk satu kali } \textit{running} &= \text{debit} \times \text{waktu} \\ &= 360 \text{ L/jam} \times \pm 1 \text{ jam} \\ &= 360 \text{ L} \end{aligned}$$

- **Debit 480 L/jam**

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang digunakan untuk satu kali } \textit{running} &= \text{debit} \times \text{waktu} \\ &= 480 \text{ L/jam} \times \pm 1 \text{ jam} \\ &= 480 \text{ L} \end{aligned}$$

Maka dilakukan pengenceran larutan induk dengan air pada ember berukuran 110L untuk menghasilkan air baku artifisial $\geq 240 \text{ L}$, 360 L , dan 480 L .

b. Kebutuhan *Kaolin Clay*

- **Debit 240 L/jam**

$$\begin{aligned} \text{Untuk 3 kali pengenceran} &= 3 \times 158,4 \text{ mL} \\ &= 475,2 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 2 kali percobaan} &= 2 \times 475,2 \text{ mL} \\ &= 950,4 \text{ mL} \end{aligned}$$

Maka dilakukan 3 kali pembuatan larutan induk dengan konsentrasi 160gr/L

Untuk 2 kali percobaan pada kekeruhan 110 ± 5 NTU

$$\begin{aligned} \text{Kaolin Clay yang dibutuhkan} &= 160 \text{ gr} \times 3 \\ &= 480 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Debit 360 L/jam

$$\begin{aligned} \text{Untuk 4 kali pengenceran} &= 4 \times 158,4 \text{ mL} \\ &= 633,6 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 2 kali percobaan} &= 2 \times 633,6 \text{ mL} \\ &= 1.267,2 \text{ mL} \end{aligned}$$

Maka dilakukan 4 kali pembuatan larutan induk dengan konsentrasi 160gr/L

Untuk 2 kali percobaan pada kekeruhan 110 ± 5 NTU

$$\begin{aligned} \text{Kaolin Clay yang dibutuhkan} &= 160 \text{ gr} \times 4 \\ &= 640 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Debit 480 L/jam

$$\begin{aligned} \text{Untuk 5 kali pengenceran} &= 5 \times 158,4 \text{ mL} \\ &= 792 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 2 kali percobaan} &= 2 \times 792 \text{ mL} \\ &= 1.584 \text{ mL} \end{aligned}$$

Maka dilakukan 5 kali pembuatan larutan induk dengan konsentrasi 160gr/L

Untuk 2 kali percobaan pada kekeruhan 110 ± 5 NTU

$$\begin{aligned} \text{Kaolin clay yang dibutuhkan} &= 160 \text{ gr} \times 5 \\ &= 800 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kaolin clay yang dibutuhkan} &= 480 \text{ gr} + 640 \text{ gr} + 800 \text{ gr} \\ &= 1.920 \text{ gr} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan NaCl

- Debit 240 L/jam

$$\begin{aligned} \text{Untuk 3 kali pengenceran} &= 3 \times 126,2 \text{ gr} \\ &= 378,6 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 2 kali percobaan} &= 2 \times 378,6 \text{ gr} \\ &= 757,2 \text{ gr} \end{aligned}$$

Maka NaCl yang dibutuhkan adalah 757,2 gr

- Debit 360 L/jam

$$\begin{aligned} \text{Untuk 4 kali pengenceran} &= 4 \times 126,2 \text{ gr} \\ &= 504,8 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 2 kali percobaan} &= 2 \times 504,8 \text{ gr} \\ &= 1.009,6 \text{ gr} \end{aligned}$$

Maka NaCl yang dibutuhkan adalah 1.009,6 gr

- Debit 480 L/jam

$$\begin{aligned} \text{Untuk 5 kali pengenceran} &= 5 \times 158,4 \text{ gr} \\ &= 631 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk 2 kali percobaan} &= 2 \times 631 \text{ gr} \\ &= 1.262 \text{ gr} \end{aligned}$$

Maka NaCl yang dibutuhkan adalah 1.262 gr

$$\begin{aligned} \text{Total NaCl yang dibutuhkan} &= 757,2 \text{ gr} + 1.009,6 \text{ gr} + 1.262 \text{ gr} \\ &= 3.028,8 \text{ gr} \end{aligned}$$

2. Data Perhitungan Dosis Koagulan

Tabel 4.1 Data Dosis Koagulan PAC

Dosis (mL)	Kekeruhan Awal (NTU)	pH Awal	Suhu (°C)	Ukuran Flok	Waktu Pengendapan	pH Akhir	Kekeruhan Akhir (NTU)
0,5	114,375	7,42	26,40	+++	8.54,04	7,21	6,411
1				+++	8.22,12	7,16	6,174
1,5				++	10.53,25	7,13	13,762
2				+	11.46,03	7,04	18,904
2,5				+	12.02,33	6,96	19,437
3				+	14.40,02	6,91	29,667

Keterangan:

- + : Flok kecil dan sedikit
- ++ : Flok besar dan sedikit
- +++ : Flok besar dan banyak

Setelah dilakukan pengujian dengan *jar test*, maka dosis koagulan optimum yang digunakan pada penelitian ini adalah 1mL/L yang artinya 1 mL larutan PAC untuk 1 L air baku.

- Debit 240 L/jam

$$\frac{1 \text{ L}}{240 \text{ L/jam}} = \frac{1 \text{ mL}}{x}$$

$$x = 240 \text{ mL/jam}$$

$$x = 240 \text{ mL/jam} \times \frac{1 \text{ mL}}{3.600 \text{ detik}}$$

$$x = 0,067 \text{ mL/detik}$$

$$\begin{aligned}
0,067 \text{ mL/detik} &= 2 \text{ tetes/detik} \\
1 \text{ tetes} &= 0,03 \text{ mL} \\
\text{Artinya selama 1 jam} &= 3.600 \text{ detik} \times 2 \text{ tetes} \\
&= 7.200 \text{ tetes} \times 0,03 \text{ mL} \\
&= 216 \text{ mL}
\end{aligned}$$

- **Debit 360 L/jam**

$$\begin{aligned}
\frac{1 \text{ L}}{360 \text{ L/jam}} &= \frac{1 \text{ mL}}{x} \\
x &= 360 \text{ mL/jam} \\
x &= 360 \text{ mL/jam} \times \frac{1 \text{ mL}}{3.600 \text{ detik}} \\
x &= 0,1 \text{ mL/detik} \\
0,1 \text{ mL/detik} &= 2 \text{ tetes/detik} \\
1 \text{ tetes} &= 0,05 \text{ mL} \\
\text{Artinya selama 1 jam} &= 3.600 \text{ detik} \times 2 \text{ tetes} \\
&= 7.200 \text{ tetes} \times 0,05 \text{ mL} \\
&= 360 \text{ mL}
\end{aligned}$$

- **Debit 480 L/jam**

$$\begin{aligned}
\frac{1 \text{ L}}{480 \text{ L/jam}} &= \frac{1 \text{ mL}}{x} \\
x &= 480 \text{ mL/jam} \\
x &= 480 \text{ mL/jam} \times \frac{1 \text{ mL}}{3.600 \text{ detik}} \\
x &= 0,13 \text{ mL/detik} \\
0,13 \text{ mL/detik} &= 2 \text{ tetes/detik} \\
1 \text{ tetes} &= 0,06 \text{ mL} \\
\text{Artinya selama 1 jam} &= 3.600 \text{ detik} \times 2 \text{ tetes} \\
&= 7.200 \text{ tetes} \times 0,06 \text{ mL} \\
&= 432 \text{ mL}
\end{aligned}$$

LAMPIRAN 4

DOKUMENTASI



Gambar Proses Penimbangan *Kaolin Clay*



Gambar Proses Pengadukan Larutan *Kaolin Clay*



Gambar Proses *Jar Test*



Gambar Penambahan Media Filter Karbon Aktif



Gambar Pengaturan Dosis Koagulan



Gambar Pengaturan Bukakan CDF 10%



Gambar Pencampuran *Kaolin Clay* dan NaCl dengan Air Baku



Gambar *Running* Alat



Gambar Pengambilan Sampel di *Outlet* Sedimentasi



Gambar Pengambilan Sampel di *Outlet* Filtrasi



Gambar Resirkulasi Aliran



Gambar Pengukuran Parameter TDS Menggunakan TDS meter



Gambar Pengukuran Parameter Kekerusihan Menggunakan Spektrofotometer

KINERJA PAKET IPA METODE CONTINUOUS DISCHARGES FLOW (CDF) DENGAN PENAMBAHAN MEDIA FILTER KARBON AKTIF DALAM MENYISIHKAN TDS DAN KEKERUHAN AIR BAKU ARTIFISIAL

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

7%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 scholar.unand.ac.id 2%
Internet Source

2 www.ojs.serambimekkah.ac.id 2%
Internet Source

3 repo.pelitabangsa.ac.id 1%
Internet Source

4 repository.its.ac.id 1%
Internet Source

5 Submitted to Universitas Andalas 1%
Student Paper

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On