

No. TA 1101/S1-TL/0224-P

**ANALISIS POTENSI *UPRATING*
PAKET INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) DENGAN
UNIT SEDIMENTASI METODE *CONTINUOUS DISCHARGES FLOW*
(CDF) DAN FILTRASI *DOUBLE MEDIA* TERHADAP PENYISIHAN
KEKERUHAN DAN MANGAN (Mn)**

TUGAS AKHIR

Oleh:

LATIFA TRI KARTIKA

1910942031



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2024**

**ANALISIS POTENSI *UPRATING*
PAKET INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) DENGAN UNIT
SEDIMENTASI METODE *CONTINUOUS DISCHARGES FLOW* (CDF)
DAN FILTRASI *DOUBLE MEDIA* TERHADAP PENYISIHAN
KEKERUHAN DAN MANGAN (Mn)**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1
Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Andalas

Oleh:

**LATIFA TRI KARTIKA
1910942031**

Dosen Pembimbing:

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



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS POTENSI *UPRATING* PAKET INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) DENGAN UNIT SEDIMENTASI METODE *CONTINUOUS DISCHARGES FLOW* (CDF) DAN FILTRASI *DOUBLE MEDIA* TERHADAP PENYISIHAN KEKERUHAN DAN MANGAN (Mn)

Nama : Latifa Tri Kartika

NIM : 1910942031

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal: 12 Februari 2024

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: **Analisis Potensi Uprating Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) Dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharges Flow* (CDF) dan Filtrasi *Double Media* Terhadap Penyisihan Kekeruhan dan Mangan (Mn)** 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, 27 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Latifa Tri Kartika', with a stylized 'Hk' at the end.

Latifa Tri Kartika
NIM. 1910942031

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi uprating Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) menggunakan unit sedimentasi metode Continuous Discharge Flow (CDF) dan filtrasi double media dalam penyisihan kekeruhan dan kandungan mangan dalam air. Reaktor yang digunakan terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan dengan menggunakan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), flokulasi hidrolis dengan baffled channel, sedimentasi metode CDF, serta filtrasi dengan media karbon aktif dan pasir kuarsa. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan air baku artifisial dengan kekeruhan awal 124,00 NTU dan kandungan mangan 4,7 mg/L. Unit sedimentasi metode CDF pada penelitian ini menggunakan nilai CDF 10% dari debit produksi, resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas cone 13% terhadap luas permukaan, ketinggian posisi cone 66% terhadap dasar zona pengendapan, serta uprating pada debit desain 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali debit desain) dan 480 L/jam (2 kali debit desain). Penelitian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (triplo) untuk setiap variasi debit aliran. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan kekeruhan di unit sedimentasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam secara berturut-turut sebesar 91,67%, 89,97%, dan 86,33%, sedangkan efisiensi penyisihan mangan sebesar 88,65%, 85,82%, dan 81,70%. Sementara efisiensi penyisihan kekeruhan di unit filtrasi sebesar 80,07%, 67,37%, dan 58,36%, sedangkan efisiensi penyisihan mangan sebesar 89,78%, 74,92%, dan 60,19%. Nilai kekeruhan dan mangan akhir setelah pengolahan di unit filtrasi hanya memenuhi baku mutu pada debit desain 240 L/jam, sehingga potensi uprating belum dapat tercapai.

Kata kunci: Continuous Discharge Flow (CDF), Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA), Uprating, Kekeruhan, Mangan (Mn)

ABSTRACT

This research is aimed to analyze the uprating capability of the Water Treatment Plant Package (IPA) using the Continuous Discharge Flow (CDF) sedimentation and double media filtration unit in the removal of turbidity and manganese content in water. The reactor used consists of a hydraulic coagulation unit in the form of a plunge using Poly Aluminum Chloride (PAC) coagulant, hydraulic flocculation with baffled channels, sedimentation by CDF method, and filtration using activated carbon and quartz sand media. The research was carried out on a laboratory scale using artificial raw water with an initial turbidity of 124.00 NTU and a manganese content of 4.7 mg/L. The sedimentation unit for the CDF method in this research uses a CDF value of 10% of the production discharge, 100% recirculation of the CDF flow, a cone area ratio of 13% to surface area, a cone position height of 66% to the bottom of the settling zone, at a design discharge of 240 L/hour to 360 L/hour (1.5 times of the design flow) and 480 L/hour (2 times of the design flow). The research was carried out in three repetitions (triplo) for each variation of flow discharges. The results showed that the turbidity removal efficiency in the sedimentation unit at a discharge of 240 L/hour, 360 L/hour, and 480 L/hour was 91.67%, 89.97%, and 86.33% respectively, while the manganese removal efficiency was 88.65%, 85.82%, and 81.70%. Meanwhile, the turbidity removal efficiency in the filtration unit was 80.07%, 67.37%, and 58.36%, while the manganese removal efficiency was 89.78%, 74.92%, and 60.19%. The final turbidity and manganese values after processing in the filtration unit only meet the quality standards at a design discharge of 240 L/hour, so the uprating potential cannot be achieved.

Keywords: *Continuous Discharge Flow (CDF), Water Treatment Plant Package (IPA), Uprating, Turbidity, Manganese (Mn)*

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis sampaikan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Potensi Uprating Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan Unit Sedimentasi Metode *Continous Discharges Flow* (CDF) dan Filtrasi *Double Media* Terhadap Penyisihan Kekeruhan dan Mangan (Mn)”** ini. Shalawat beserta salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kebodohan ke zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti saat ini. Penulisan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Strata-1 Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Proses penulisan Tugas Akhir ini tidak dapat penulis selesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua yang saya sayangi dan cintai Ayahanda Alm. Syamsul Huda dan Ibunda Nurhuda serta Kakanda Dini Khairu Zuhra yang selalu senantiasa memberikan doa, kasih sayang, motivasi, semangat, dan dukungan baik secara moril maupun materil untuk penulis hingga saat ini;
2. Bapak Ridwan, M.T dan Ibu Reri Afrianita, M.T selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan dedikasi telah memberikan pengetahuan, saran, bimbingan, dukungan, dan doa yang sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Denny Helard dan Ibu Yega Serlina, M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang konstruktif selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Rizki Aziz, Ph.D selaku ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas;

5. Bapak Slamet Raharjo, Dr. Eng selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan akademik selama penulis menuntut ilmu di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas;
6. Ibu Yega Serlina, M.T selaku koordinator Tugas Akhir dan Ibu Yommi Dewilda, S.T, M.T selaku Ketua Prodi Strata-1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan arahan dalam setiap tahapan penulisan Tugas Akhir;
7. Bapak dan Ibu dosen serta staf yang telah memberikan ilmu yang berharga selama penulis menuntut ilmu di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas;
8. 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 dan arahan selama proses penelitian Tugas Akhir ini;
9. Teman-teman penulis, Viorin Fergessi dan Vira Ponita Ahimsyih yang telah membantu selama melakukan penelitian Tugas Akhir ini;
10. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa pada laporan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk kritik dan saran demi penyempurnaan laporan ini dan perbaikan di masa yang akan datang. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dengan yang lebih baik, Aamiin ya Robbal 'Alamin.

Padang, Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.2.1 Maksud Penelitian	3
1.2.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Air Baku	7
2.2.1 Sumber Air Baku	8
2.2.2 Kualitas Air Baku	9
2.3 Kekeruhan	10
2.4 Logam Mangan (Mn)	11
2.5 Koagulasi.....	12
2.6 Flokulasi	15
2.7 Sedimentasi	16
2.8 Filtrasi.....	19
2.9 Sistem <i>Uprating</i>	21
2.10 Analisis <i>Rank Spearman</i>	22
2.11 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Umum.....	28

3.2 Tahapan Penelitian	28
3.2.1 Studi Literatur	28
3.2.2 Persiapan Alat dan Bahan	29
3.2.2.1 Alat	30
3.2.2.2 Bahan	36
3.2.3 Alat/Reaktor Paket IPA	41
3.2.4 Pengoperasian Alat	42
3.2.5 Pengambilan Data	43
3.2.6 Analisis dan Pembahasan	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Umum	48
4.2 Perancangan Alat	48
4.2.1 Unit Koagulasi	48
4.2.2 Unit Flokulasi	49
4.2.3 Unit Sedimentasi	50
4.2.4 Unit Filtrasi	51
4.2.5 Rekapitulasi Perhitungan Desain Unit Paket IPA	52
4.3 Air Baku Artifisial	57
4.4 Dosis Optimum Koagulan	57
4.5 Analisis Penyisihan Kekeruhan dan Logam Mangan (Mn)	58
4.5.1 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi	58
4.5.2 Efisiensi Penyisihan Logam Mangan (Mn) di Unit Sedimentasi	61
4.5.3 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi	64
4.5.4 Efisiensi Penyisihan Logam Mangan (Mn) di Unit Filtrasi	68
4.5.5 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Paket IPA	71
4.5.6 Efisiensi Penyisihan Logam Mangan (Mn) pada Paket IPA	72
4.5.7 Rekapitulasi Hasil Penelitian	73
BAB V PENUTUP	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Unit Paket IPA	7
Tabel 2.2 Parameter Wajib Air Minum	10
Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi (Pengaduk Cepat).....	12
Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi (Pengaduk Lambat)	16
Tabel 2.5 Kriteria Perencanaan Unit Sedimentasi (Bak Pengendap).....	17
Tabel 2.6 Kriteria Perencanaan Unit Filtrasi.....	20
Tabel 2.7 Interpretasi Nilai r	23
Tabel 2.8 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Wahyuda Novembri	23
Tabel 2.9 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Yogi Kurniawan.....	24
Tabel 2.10 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Yar Gustina	24
Tabel 2.11 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Aulia Massyaf Putri	25
Tabel 2.12 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Refa Nabila Hadi.....	25
Tabel 2.13 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Riska Darmayani.....	26
Tabel 2.14 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Nabila Yolandita	26
Tabel 2.15 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Reski Anggika.....	27
Tabel 3.1 Data Hasil Percobaan	45
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Desain Unit Koagulasi	49
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Desain Unit Flokulasi	49
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Desain Unit Sedimentasi	51
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Desain Unit Filtrasi	52
Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Desain Paket IPA Metode CDF	53
Tabel 4.6 Karakteristik Air Baku Artifisial.....	57
Tabel 4.7 Penentuan Dosis Optimum Koagulan PAC	57
Tabel 4.8 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Sedimentasi Metode CDF oleh Penelitian Sebelumnya	59
Tabel 4.9 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi	61
Tabel 4.10 Efisiensi Penyisihan Mangan di Sedimentasi oleh Penelitian Sebelumnya	63

Tabel 4.11 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Sedimentasi	64
Tabel 4.12 Efisiensi Penyisihan Kekерuhan di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya	66
Tabel 4.13 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Kekерuhan di Unit Filtrasi.....	67
Tabel 4.14 Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya	69
Tabel 4.15 Korelasi dan Signifikansi Variasi Debit dengan Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Filtrasi	71
Tabel 4.20 Rekapitulasi Data Hasil Penelitian.....	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Unit Paket IPA	7
Gambar 2.2 Sketsa Unit Flokulasi	16
Gambar 2.3 Sketsa Unit Sedimentasi	17
Gambar 2.4 Sketsa Unit Filtrasi	20
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	29
Gambar 3.2 Reaktor Instalasi Pengolahan Air (IPA) Metode CDF	30
Gambar 3.3 Pompa Air	31
Gambar 3.4 Wadah Penampung Air Baku	31
Gambar 3.5 <i>Beaker Glass</i> 1.000 mL	32
Gambar 3.6 Wadah Koagulan <i>Poly Aluminium Chloride</i> (PAC)	32
Gambar 3.7 Magnetic Stirrer	33
Gambar 3.8 Kuvet	33
Gambar 3.9 <i>Jar Test</i>	34
Gambar 3.10 <i>Turbidimeter</i>	34
Gambar 3.11 Manganese Colorimeter	35
Gambar 3.12 pH meter	35
Gambar 3.13 <i>Thermometer</i>	36
Gambar 3.14 Neraca Analitik	36
Gambar 3.15 Koagulan <i>Poly Aluminium Chloride</i> (PAC)	38
Gambar 3.16 <i>Kaolin Clay</i> dan Kalium Permanganat ($Kmno_4$)	39
Gambar 3.17 Reagen	40
Gambar 3.18 Media Filter Karbon Aktif	40
Gambar 3.19 Media Filter Pasir Kuarsa	41
Gambar 4.1 <i>Layout</i> Reaktor Paket IPA Metode CDF <i>Double Media</i>	55
Gambar 4.2 Potongan Reaktor Paket IPA Metode CDF <i>Double Media</i>	56
Gambar 4.3 Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu	59
Gambar 4.4 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi	60
Gambar 4.5 Perbandingan Mangan Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu	62

Gambar 4.6 Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Sedimentasi	63
Gambar 4.7 Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu.....	65
Gambar 4.8 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi	67
Gambar 4.9 Perbandingan Mangan Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu	69
Gambar 4.10 Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Filtrasi.....	70
Gambar 4.11 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Paket IPA.....	72
Gambar 4.12 Efisiensi Penyisihan Mangan pada Paket IPA	73



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan Desain Alat
- Lampiran 2 Data Hasil Penelitian
- Lampiran 3 Dokumentasi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan manusia dan merupakan sumber daya alam dengan fungsi yang sangat penting. Air digunakan oleh manusia untuk kebutuhan sehari-hari seperti minum, mandi, memasak dan mencuci (Zulhilmi, dkk., 2019). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan memuat pengertian air minum, yaitu air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Faktor kualitas air baku untuk air minum meliputi kekeruhan, warna, bau, kandungan logam, pH, suhu, TDS, dan lainnya.

Agar proses pengolahan air dapat berjalan dengan baik, diperlukan suatu Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang diharapkan dapat memenuhi kualitas dan kuantitas yang diinginkan. Sistem di suatu Instalasi Pengolahan Air (IPA) dapat diakui kehandalannya dalam tiga aspek, yaitu kualitas, kuantitas dan kontinuitas air yang dihasilkan. Sistem pengolahan air minum juga dapat diartikan sebagai suatu sistem yang menggabungkan beberapa proses, seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi, serta kontrol proses dan peralatan pengukuran yang diperlukan (Andrean, 2021).

Sustainable Development Goals (SDGs) 2030 menetapkan tujuan pembangunan berkelanjutan (TPB) terkait air minum adalah mencapai akses universal untuk seluruh masyarakat dan harus memenuhi standar air minum yang aman. Dana yang tersedia untuk pembangunan sektor air minum masih jauh dari memadai, sehingga dibutuhkan suatu upaya untuk meningkatkan penyediaan air minum yang memenuhi kriteria aman (Purwanto, 2020). Upaya yang dapat dilakukan dalam memenuhi penyediaan air minum salah satunya dengan *uprating* atau peningkatan operasional pada IPA. Teknologi *uprating* dilakukan dengan menambah volume atau debit produksi agar dapat bekerja hingga dua kali volume atau debit awal. Jika dibandingkan dengan membangun IPA baru, biaya konstruksi *uprating* IPA

mencapai 4-5 kali lebih murah (Hariono & Marsono, 2022). Teknologi *uprating* IPA diyakini menjadi kebutuhan di masa mendatang dan menjadi solusi keterbatasan pembiayaan bidang infrastruktur sistem penyediaan air minum.

Kekeruhan sebagai salah satu faktor kualitas air cenderung dipengaruhi oleh partikel tersuspensi seperti lanau, lempung, bakteri, plankton, bahan organik terlarut dan organisme lainnya. Nilai kekeruhan yang tinggi akan mempersulit pengolahan lanjutan IPA pada proses filtrasi (Andrean, 2021). Menurut Abdullah, 2018, tingkat kekeruhan dibagi menjadi tiga, yaitu kekeruhan rendah (<50 NTU), kekeruhan sedang (50-100 NTU), dan kekeruhan tinggi (>100 NTU). Faktor kualitas air baku lainnya adalah kandungan logam, salah satunya logam mangan (Mn). Menurut Slamet, 2007 (dalam Febrina, 2015), mangan merupakan logam berwarna merah abu-abu dan umumnya ditemukan dalam bentuk senyawa dengan valensi yang bervariasi. Air yang mengandung mangan berlebih menghasilkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam) dan kekeruhan (Febrina, 2015). Baku mutu kekeruhan dan mangan dalam air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 berturut-turut yaitu < 3 NTU dan 0,1 mg/L.

Proses pengolahan air untuk menyisihkan kekeruhan terjadi di unit sedimentasi. Salah satu penelitian yang sedang dikembangkan guna meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan adalah unit sedimentasi adalah metode *continuous discharges flow* (CDF). Metode CDF ini dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan dengan menggunakan aliran buangan secara kontinu dan terkendali yang mengakibatkan terjadinya aliran ke bawah (*downflow*) di zona pengendapan. Penyisihan kekeruhan dengan unit sedimentasi metode CDF ini menerapkan prinsip aliran reaktor bocor di dasar tangki (Ridwan, dkk., 2021).

Menurut Yolandita, 2022, unit sedimentasi metode CDF dengan resirkulasi 100% aliran CDF, rasio luas *cone* 13% dari luas permukaan sedimentasi, ketinggian *cone* 66% dari dasar zona pengendapan, memiliki kinerja dengan persentase efisiensi penyisihan kekeruhan yang cukup tinggi, yaitu 92,44%, 90,47%, dan 88,30% secara berturut-turut pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam dengan kekeruhan awal 110,244 NTU. Kekeruhan akhir yang didapatkan masing-masing secara berurutan adalah sebesar 8,329 NTU, 10,496 NTU, dan 12,785 NTU. Jika

dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, hasil penelitian Yolandita (2021) masih belum memenuhi baku mutu kekeruhan. Oleh karena itu, dibutuhkan unit filtrasi dengan media pasir kuarsa sebagai unit pengolahan lanjutan untuk menyisihkan kekeruhan. Karbon aktif adalah bentuk karbon yang telah diaktivasi yang memiliki fungsi sebagai adsorben atau penjerap zat warna, logam berat, dan lain-lain yang dapat digunakan sebagai salah satu media filtrasi (Purwanti, 2021). Penambahan unit filtrasi *double media* berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan dan dapat menyisihkan kandungan mangan terlarut dalam air.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan sebagai upaya pengembangan dan penyempurnaan unit sedimentasi metode CDF pada paket IPA dengan unit pengolahan yang terdiri dari unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Pengembangan pada penelitian ini berupa peningkatan nilai CDF menjadi 10% dari debit aliran yang masuk, melakukan *uprating* pada debit desain 240 L/jam menjadi 360 L/jam dan 480 L/jam, penambahan unit filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa, menganalisis pengaruhnya terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan (Mn), serta mengukur potensi *uprating* pada paket IPA.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian Tugas Akhir ini adalah melakukan pengembangan dan penyempurnaan dari penelitian unit sedimentasi metode *Continuous Discharge Flow* (CDF) dengan penambahan unit filtrasi sebagai satu kesatuan Paket Instalasi Pengolahan Air (Paket IPA) dengan variasi debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengukur nilai kekeruhan dan logam mangan (Mn) akhir pada air hasil olahan unit sedimentasi metode CDF dan unit filtrasi pada variasi debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam;

2. Menganalisis pengaruh variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam mangan (Mn);
3. Menganalisis pengaruh penambahan unit filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa terhadap kinerja paket IPA;
4. Menganalisis potensi *uprating* pada paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan unit sedimentasi metode CDF.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Menambah alternatif baru dalam peningkatan kinerja dan efisiensi pengolahan unit sedimentasi metode CDF dengan *uprating* variasi debit dan penambahan unit filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa;
2. Meningkatkan kinerja unit sedimentasi metode CDF dalam penyisihan kekeruhan dan logam mangan (Mn) air baku artifisial pada paket Instalasi Pengolahan Air (IPA);
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diterapkan pada skala lapangan di Instalasi Pengolahan Air (IPA).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. Percobaan dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan miniatur paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan *baffled channel*, unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi *double media*;
2. Media filter yang digunakan pada penelitian ini berupa karbon aktif dan pasir kuarsa;
3. Percobaan dilakukan menggunakan sampel air baku artifisial yang dibuat dengan *kaolin clay* dan KmnO_4 ;
4. Kekeruhan air baku artifisial yang dibuat pada penelitian ini yaitu sebesar 124 NTU dan mangan 4,7 mg/L;
5. Koagulan yang digunakan pada percobaan adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dengan dosis optimum yang ditentukan dengan *jar test*;

6. Percobaan dilakukan menggunakan beberapa variasi debit aliran yaitu 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam;
7. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori, air baku, air minum, parameter kekeruhan, logam mangan (Mn), koagulasi dan flokulasi, sedimentasi, filtrasi, analisis yang digunakan, serta penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai tahapan penelitian yang dilakukan, persiapan alat dan bahan, tata cara pengoperasian alat dan pengambilan data, serta metode analisis yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil percobaan yang telah dilakukan dan pembahasan mengenai pengaruh variasi debit dalam penyisihan kekeruhan dan logam mangan (Mn).

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

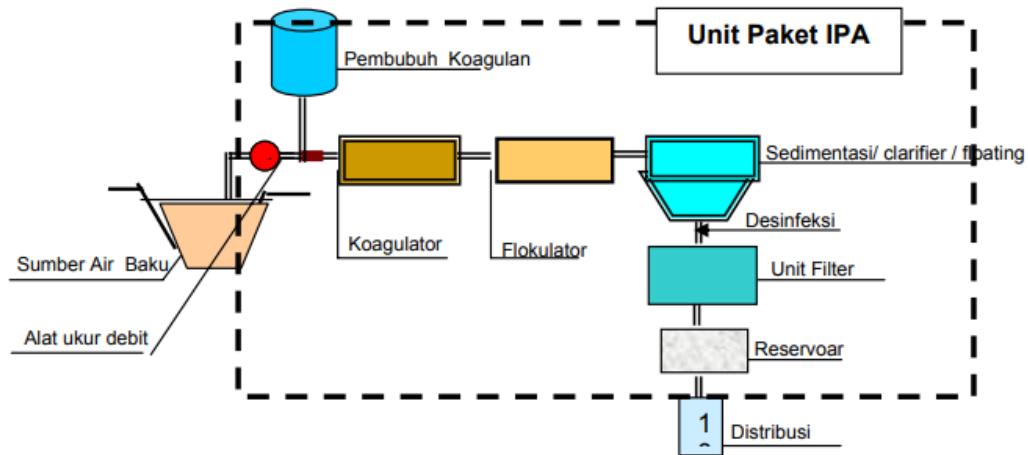
2.1 Umum

Air adalah zat kimia dengan rumus kimia H₂O yang merupakan satu atom oksigen. Pada kondisi standar, air tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Air dapat berbentuk padat (es), cair (air), atau gas (uap air), dan merupakan satu-satunya zat yang terdapat secara alami di permukaan bumi dalam ketiga wujud tersebut. Air merupakan zat terpenting kedua bagi kehidupan setelah udara. Sekitar tiga perempat tubuh manusia terdiri dari air dan tidak dapat bertahan lebih dari empat hingga lima hari tanpa minum air (Wyadnyana, 2020).

Air dapat dimanfaatkan bagi pencukupan kebutuhan hidup sehari-hari secara langsung dan air dimanfaatkan bagi upaya pengembangan lingkungan hidup secara tidak langsung. Sumber daya air adalah kemampuan dan potensi kapasitas air yang dapat dimanfaatkan oleh kegiatan manusia untuk kegiatan sosial ekonomi. Ada berbagai jenis sumber air yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, seperti air laut, air hujan, air tanah, dan air permukaan. Dari keempat jenis air tersebut, air permukaan merupakan sumber air tawar yang paling sering digunakan oleh masyarakat (Sahabuddin, 2015).

Meningkatnya kuantitas dan kualitas air yang diperlukan dari waktu ke waktu sangat bergantung pada perkembangan kependudukan dan perkembangan tingkat kesejahteraan manusia. Sementara itu, terdapat kenyataan bahwa kuantitas sumber daya air tidak mungkin ditingkatkan, sedangkan ketersediaan dan penyebaran sumber daya air tersebut tidaklah merata di seluruh di Indonesia menurut kebutuhan yang sebenarnya. Kualitas air pun terbatas akibat adanya pencemaran air. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu Instalasi Pengolahan Air (IPA) agar kebutuhan air dengan kualitas yang baik dapat tercapai (Sahabuddin, 2015).

Diagram alir dan komponen unit paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) secara umum dapat dilihat pada **Gambar 2.1** dan **Tabel 2.1**.



Gambar 2.1 Unit Paket IPA

Sumber: SNI 6773-2008

Tabel 2.1 Komponen Unit Paket IPA

No	Komponen	Jenis
1	Komponen utama	
	Unit pengambil air baku	Air permukaan, air tanah
	Pengukur aliran air	Ambang tajam, turbin, pitot, elektromagnetik dan ultrasonik
	Pembubuh larutan kimia	Pompa dosing, gravitasi
	Mixer	Mekanis, hidrolis, <i>in line</i> dan kompresor
	Koagulasi	Hidrolis, mekanis
	Flokulasi	Hidrolis, mekanis
	Sedimentasi/klarifikasi	Gravitasi, <i>floating</i>
	Filtrasi	Saringan pasir cepat
	Desinfeksi	Pompa dosing
2	Komponen Penunjang	
	Penampung	Reservoir
	Distribusi	Gravitasi, pemompaan

Sumber: SNI 6773-2008

2.2 Air Baku

Berdasarkan SNI 6773:2008 tentang Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut sebagai air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Sumber air baku dapat berasal dari danau, sungai, mata air, sumur dan dapat dibuat dengan cara membendung air laut atau air buangan. Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum dapat

digunakan untuk keperluan minum, masak, mencuci peralatan makan dan minum, mandi, mencuci bahan baku pangan yang akan dikonsumsi, peturasan, dan ibadah.

2.2.1 Sumber Air Baku

Sumber air bagi kehidupan manusia dapat dikelompokkan berdasarkan (Santoso, dkk., 2011):

a. Sumber alami

1) Air permukaan (*surface water*)

Air permukaan diantaranya adalah air sungai, air danau, air genangan/kolam, air hujan, air pancuran, dan air laut.

2) Air tanah (*ground water*)

Air tanah adalah air yang berada pada kedalaman >50 meter dan berasal dari air yang terperangkap dalam batuan bumi atau air hujan yang masuk ke dalam bumi melalui lapisan tanah, batuan, dan pasir. Air tanah dapat keluar secara alami karena tekanan dari dalam bumi dan disebut air artesis atau *spring water*. Air tanah juga bisa dikeluarkan oleh manusia menggunakan teknologi tertentu.

Air tanah lebih berkualitas dibandingkan air permukaan karena air permukaan rentan terhadap berbagai cemaran biologis, kimia, dan fisika. Semakin padat penduduk dan hewan di sekitar air permukaan, semakin beresiko terjadi pencemaran air permukaan.

b. Sumber buatan manusia

1) Air sumur

Air sumur adalah air permukaan yang digali dengan kedalaman beberapa meter atau <15 meter.

2) Air bor

Air bor diperoleh dengan melakukan pengeboran untuk mendapatkan air permukaan atau air tanah tergantung kedalaman pengeboran 15-50 meter.

3) Air yang diproses

Air yang dikelola pemerintah daerah atau air PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) umumnya berasal dari air permukaan yang diproses dan dialirkan melalui pipa ke rumah-rumah. Air permukaan yang akan dikonsumsi perlu

diproses terlebih dahulu untuk meminimalisir resiko pencemaran seperti kandungan mikroba dan zat kimia sehingga sesuai dengan baku mutu air minum yang berlaku. Cara sederhana proses air adalah dengan disaring atau dimasak, juga dapat dilakukan dengan proses kimia terlebih dahulu dengan menggumpalkan zat-zat yang tidak diinginkan. Cara lainnya adalah dengan penyaringan, radiasi, desalinasi, dan lain-lain.

2.2.2 Kualitas Air Baku

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, adalah air yang peruntukannya digunakan sebagai air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, adalah air yang peruntukannya digunakan sebagai prasarana/ sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, adalah air yang peruntukannya digunakan sebagai pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, adalah air yang peruntukannya digunakan sebagai pengairan tanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Persyaratan kualitas air minum dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan adalah tidak mengandung unsur mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif yang dapat membahayakan kesehatan. Parameter wajib air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut.

Tabel 2.2 Parameter Wajib Air Minum

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100 mL	SNI/APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 mL	SNI/APHA
Fisik				
3	Suhu	Suhu udara \pm 3	$^{\circ}$ C	SNI/APHA
4	<i>Total Dissolved Solid</i>	<300	mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA
7	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
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 klor (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	<i>Fluoride</i> (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI/APHA
19	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/APHA

Sumber: PERMENKES No. 2 Tahun 2023

2.3 Kekeruhan

Kekeruhan adalah parameter yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) atau JTU (*Jackson Turbidity Unit*) atau FTU (*Formazin Turbidity Unit*). Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1 mg/L SiO₂. Kekeruhan dapat disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri (Effendi, 2003).

Air yang baik adalah yang jernih (bening) dan tidak keruh. Baku mutu kekeruhan air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan adalah <3 NTU. Kekeruhan air dapat timbul akibat adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air

seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industri. Akibatnya bagi budidaya perairan adalah dapat mengganggu masuknya sinar matahari, membahayakan bagi ikan maupun bagi organisme makanan ikan, serta dapat mempengaruhi corak dan sifat optis dari suatu perairan (Romain, 2014).

Kekeruhan dapat diukur dengan menggunakan metode spektrofotometri. Metode spektrofotometri didasarkan pada proses penyerapan cahaya oleh senyawa dalam sampel. Sebagian cahaya yang dilewatkan pada sampel selanjutnya akan diserap dan bagian yang lain akan diteruskan. Penyerapan cahaya tergantung pada beberapa parameter yaitu koefisien serapan dan konsentrasi. Metode spektrofotometri ini dapat digunakan untuk mengukur kekeruhan air dikarenakan kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan juga bisa diukur dengan menggunakan *turbidity meter* (Harini, dkk., 2013).

2.4 Logam Mangan (Mn)

Mangan merupakan salah satu logam yang banyak ditemukan di kerak bumi dan sering ditemukan bersama dengan besi. Mangan larut dalam air tanah dan air permukaan dengan sedikit oksigen sehingga menyebabkan kadar mangan dalam air mencapai baku mutu lingkungan. Kandungan mangan dalam air yang melebihi baku mutu dapat menimbulkan dampak negatif seperti menimbulkan rasa dan bau amis logam pada air minum, membuat pakaian berwarna putih dan lainnya menjadi berwarna kecoklatan, serta menyebabkan gangguan fungsi hati (Awliahasanah, dkk, 2021).

Menurut Slamet, 2007 (dalam Febrina, 2015), mangan (Mn) merupakan logam berwarna merah abu-abu dan umumnya mangan (Mn) di alam ditemukan dalam bentuk senyawa dengan valensi yang bervariasi. Air yang mengandung mangan (Mn) berlebih menyebabkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam) dan kekeruhan. Kandungan mangan yang diizinkan dalam air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan adalah 0,1 mg/L. Mangan (Mn) dalam air tidak menimbulkan

gangguan kesehatan dalam jumlah kecil ($<0,5$ mg/L), melainkan bermanfaat menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan penting dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta membantu menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein menjadi energi untuk digunakan. Namun, mangan (Mn) yang terkandung dalam air minum bersifat neurotoksik dalam jumlah besar ($>0,5$ mg/L). Gejalanya meliputi gejala neurologis, insomnia, dan kelemahan pada kaki dan otot wajah, sehingga menyebabkan ekspresi membeku dan tampilan wajah seperti topeng (Febrina, 2015).

2.5 Koagulasi

Koagulasi adalah proses penetralan partikel-partikel yang ada dalam air sehingga sesamanya tidak saling tolak-menolak dan dapat diendapkan bersama-sama. Bahan kimia pengendap yang dimasukkan ke dalam air dan diaduk dengan cepat. Hasil reaksi kimia yang terjadi disebut flok yaitu partikel bukan koloid yang sangat halus (Kawamura, 2000).

Proses koagulasi dapat terjadi dengan dua cara yaitu (Kawamura, 2000):

- a) Destabilisasi/ eliminasi stabilitas partikel dalam suspensi dengan menetralkan muatan dengan suatu elektrolit dengan garam atau kedua cara diatas;
- b) Penambahan absorban, serentak pada permukaan sebagai usaha untuk meningkatkan daya atraksi inter-molekuler guna mendapatkan aglomerasi yang kuat.

Selain itu, juga digunakan polimer-polimer kation, anion dan non ionik sintesis yang merupakan koagulan-koagulan yang efektif tetapi biasanya lebih mahal dari senyawa-senyawa alami. Kriteria perencanaan unit koagulasi (pengaduk cepat) dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi (Pengaduk Cepat)

Unit	Kriteria
	Pengaduk cepat
1. Tipe	Hidrolis : a. terjunan b. saluran bersekat c. dalam instalasi pengolahan air bersekat Mekanis : a. Bilah (<i>blade</i>) pedal (<i>paddle</i>) b. flotasi
2. Pengadukan	1 sampai 5

Unit	Kriteria
3. Nilai G/detik	besar dari 750

Sumber: SNI 6774, 2008

Dalam merancang unit koagulasi ini didasarkan pada nilai Gradien hidrolis (G) dan waktu detensinya (td).

Persamaan umum yang digunakan untuk mencari gradien kecepatan (G) adalah:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot C}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

G = gradien kecepatan (det⁻¹)

P = power input/daya (kg m²/det³)

μ = viskositas dinamik (kg/m det)

C = volume air yang akan diolah (m³)

Untuk pengadukan pada proses koagulasi ini dapat dilakukan dengan cara hidrolis, mekanis dan pneumatis.

a. Hidrolis

Pengadukan secara hidrolis dilakukan dengan memanfaatkan pengaliran air, seperti terjunan, saluran pipa dan *baffle channel*. Persamaan yang digunakan pada proses ini adalah (Marlis, 2017):

$$P = \rho \cdot g \cdot h \cdot Q \dots\dots\dots (2.2)$$

jika persamaan 2.2 ini dimasukkan ke dalam persamaan 2.1, maka persamaannya menjadi:

$$G = \sqrt{\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\mu \cdot C}} = \sqrt{\frac{\rho \cdot g \cdot h}{\mu \cdot td}} = \sqrt{\frac{g \cdot h}{v \cdot td}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

G = gradien kecepatan (det⁻¹)

P = daya (kg m²/det³)

μ = viskositas dinamik (kg/m det)

ρ = berat jenis air (kg/m³)

h = headloss (m)

C = volume air yang akan diolah (m³)

Q = debit (m³/det)

v = viskositas kinematik (m²/det)

td = waktu detensi (det)

Perhitungan *headloss*

Pada terjunan air digunakan persamaan:

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

h = headloss (m)

v = kecepatan aliran air (m/det)

g = kecepatan gravitasi (m/det²)

Pada saluran pipa digunakan persamaan:

$$h_f = f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

hf= kehilangan tinggi tekan (m)

L = panjang pipa (m)

D= diameter pipa (m)

f = faktor gesekan pipa

v = kecepatan aliran air (m/det)

g = kecepatan gravitasi (m/det²)

Pada *baffle channel* digunakan persamaan:

$$n = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

N = jumlah *baffle*

k = konstanta

v = kecepatan aliran air (m/det)

g = kecepatan gravitasi (m/det²)

b. Mekanis

Pengadukan secara mekanis ini dapat dilakukan dengan menggunakan *paddle*, turbin atau propeller. Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya *paddle* (Marlis, 2017):

$$p = F_D \cdot v = \frac{1}{2} \rho \cdot C_D \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots (2.7)$$

Jika $v = v_i - v_a$ maka:

$$p = F_D \cdot v = \frac{1}{2} \rho \cdot C_D \cdot A \cdot (v_i - v_a)^3 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$v_i = 2 \pi n r \dots\dots\dots (2.9)$$

$$v_a = k \cdot v_i \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

P = daya (kg m²/det³)

FD = gaya (kg m/det²)

CD = koefisien kekasaran

A = luas area *paddle* (m²)

v = kecepatan relatif *paddle* terhadap air (m/det)

ρ = berat jenis air (kg/m³)

μ = viskositas dinamik (kg/m det)

vi = kecepatan *paddle* (m/det)

va = kecepatan air (m/det)

n = putaran *paddle* per menit (rpm)

k = konstanta

c. *Pneumatis*

Pengadukan dengan cara memasukkan udara ke dalam air sehingga terjadi pengadukan. Udara yang dimasukkan diatur sesuai dengan nilai G untuk proses koagulasi. Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya pada proses pneumatis adalah (Marlis, 2017):

$$P = k \cdot Q_a \cdot \log \frac{(h+34)}{34} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

P = daya (kg m²/det³)

K = konstanta

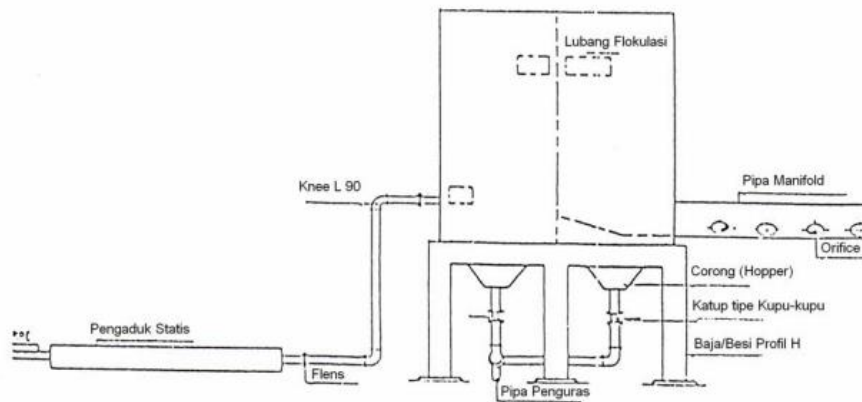
Qa = debit udara yang disuplai (m³/det)

h = *headloss* (m)

2.6 Flokulasi

Flokulasi didefinisikan sebagai proses penggabungan flok-flok hasil koagulasi dengan pengadukan lambat sehingga dapat menghasilkan flok-flok besar untuk diendapkan. Proses ini akan menghasilkan endapan lumpur, untuk itu harus disediakan ruang lumpur pada tiap-tiap kompartemennya. Pada unit ini, seperti halnya dengan unit pengadukan cepat intensitas pengadukan juga ditentukan oleh nilai gradien (G) yang nilainya jauh lebih kecil dan waktu detensi (Al-Layla, 1978).

Contoh sketsa unit flokulasi dan kriteria perencanaan unit flokulasi (pengaduk lambat) dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dan **Tabel 2.4**.



Gambar 2.2 Sketsa Unit Flokulasi

Sumber: SNI 6775:2008

Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi (Pengaduk Lambat)

Kriteria Umum	Floklulator Hidrolis	Floklulator Mekanis		Floklulator Clarifier
		Sumbu Horizontal Dengan Pedal	Sumbu Vertikal Dengan Bilah	
G (gradien kecepatan) (L/detik)	60 – 5 (menurun)	60 – 10 (menurun)	70 – 10 (menurun)	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*

Sumber: SNI 6774:2008

*termasuk ruang *sludge blanket*

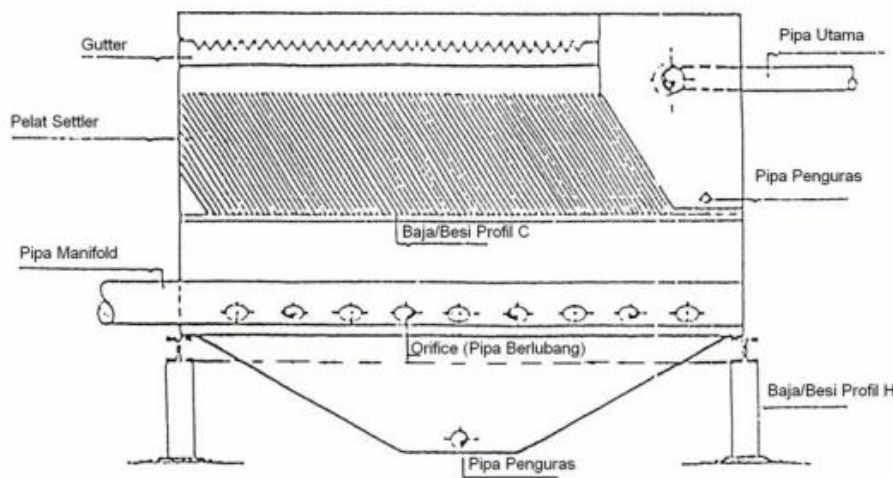
2.7 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan tempat terjadinya proses pengendapan setelah penambahan zat kimia pada proses koagulasi dan flokulasi. Partikel bersifat flokulen yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi tadi akan mengendap pada bak sedimentasi. Tujuan sedimentasi antara lain (Kawamura, 2000):

1. Mendapatkan *effluent* yang lebih jernih;

2. Memisahkan pasir;
3. Memisahkan partikel material pada bak pengendapan;
4. Memisahkan bioflok proses biologi;
5. Memisahkan *chemical* flok proses koagulasi dan flokulasi kimia;
6. Mendapatkan *concentrated sludge* pada proses *sludge thickness*.

Contoh sketsa unit sedimentasi dan kriteria perencanaan unit sedimentasi (bak pengendap) dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dan **Tabel 2.5**.



Gambar 2.3 Sketsa Unit Sedimentasi

Sumber: SNI 6775:2008

Tabel 2.5 Kriteria Perencanaan Unit Sedimentasi (Bak Pengendap)

Kriteria Umum	Bak Persegi (aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal	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	-	-	-

Kriteria Umum	Bak Persegi (aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal	Bak Bundar (Aliran Vertikal-radial)	Bak Bundar (Kontak Padatan)	Clarifier
Bilangan Froude	$>10^{-5}$	$>10^{-5}$	-	-	$>10^{-5}$
Kecepatan Vertikal (cm/menit)	-	-	-	<1	<1
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3 – 5 dari input	-
Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	$45^{\circ} - 60^{\circ}$	$45^{\circ} - 60^{\circ}$	$45^{\circ} - 60^{\circ}$	$>60^{\circ}$	$45^{\circ} - 60^{\circ}$
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 - 24	8 - 24	12 - 24	continue	12 – 25***)
Kemiringan tube/plate	$30^{\circ}/60^{\circ}$	$30^{\circ}/60^{\circ}$	$30^{\circ}/60^{\circ}$	$30^{\circ}/60^{\circ}$	$30^{\circ}/60^{\circ}$

Sumber: SNI 6774:2008

Catatan: *) luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

**) waktu retensi pada pelat/tabung pengendap

***) pembuangan lumpur Sebagian

- Dimensi unit sedimentasi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{Q \times W}{S_o (H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha)} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

A = luas permukaan bak (m²)

Q = kapasitas pengolahan (m³/detik)

W = jarak antar pelat (cm)

So = beban permukaan (cm/detik)

H = tinggi pelat (cm)

α = kemiringan pelat (°)

- Bilangan Reynolds dan Froude

- Bilangan Reynold (Re)

$$R = W/2 \dots \dots \dots (2.13)$$

$$Re = \frac{vR}{\mu} \dots \dots \dots (2.14)$$

- Bilangan Froude (Fr)

$$Fr = \frac{V^2}{gR} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

V = kecepatan rata-rata di *tube settler/plat settler*

R = jari-jari hidrolis

- μ = viskositas kinematik air (m/detik)
 g = gravitasi (9,81 m/detik²)

2.8 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara *solid-liquid* dengan melewati suatu cairan melalui media berpori atau material porus lainnya untuk menghilangkan zat padat terlarut sebanyak mungkin. Ada beberapa jenis filtrasi, yaitu (Kawamura, 2000):

1. Saringan pasir cepat (*rapid sand filter*)

Filtrasi saringan pasir cepat umumnya digunakan untuk mengolah air minum dan industri, mudah terjadi *clogging*, sehingga diperlukan pencucian dengan menggunakan aliran yang berlawanan dengan arah penyaringan.

2. Saringan pasir lambat (*slow sand filter*)

Filtrasi saringan pasir lambat umumnya digunakan untuk mengolah air dengan tingkat kekeruhan kecil atau sama dengan 50 ppm, pencucian dapat dilakukan setelah beberapa minggu atau bulan, zat tersuspensi dan koloidal akan tertahan pada lapisan atas filter, *clogging* dapat diatasi dengan melakukan pengikisan pada bagian atas.

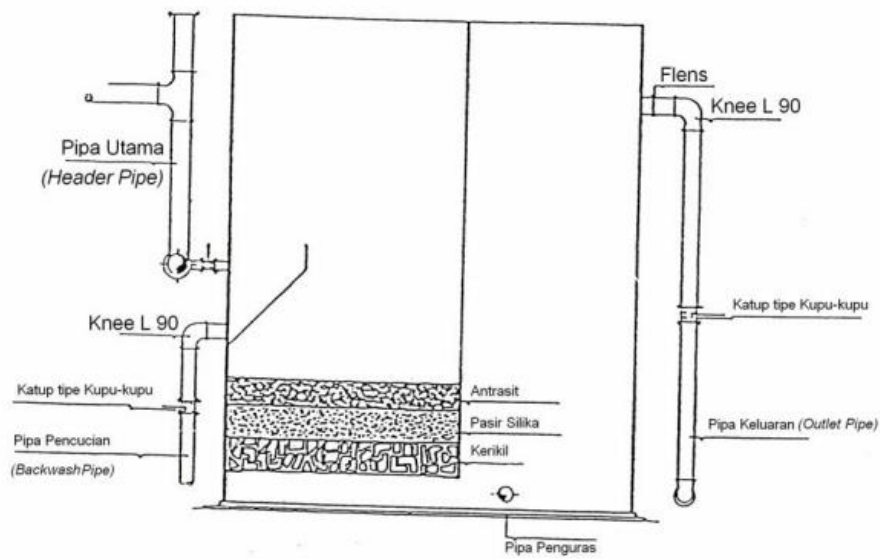
3. Filter bertekanan

Klasifikasi filter berdasarkan media yang digunakan yaitu:

- Media tunggal, mempunyai satu tipe media, biasanya pasir atau antrasit;
- Media ganda, terdiri dari dua media yaitu pasir dan antrasit;
- Multi media, terdiri atas beberapa media yaitu pasir, kerikil, dan antrasit.

Contoh sketsa unit filtrasi dan kriteria perencanaan unit filtrasi dapat dilihat pada

Gambar 2.4 dan **Tabel 2.6**.



Gambar 2.4 Sketsa Unit Filtrasi

Sumber: SNI 6775:2008

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:			
	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
	Tebal <i>single media</i> (mm)	600 – 700	600 – 700	600 – 700
	Tebal media ganda (mm)	300 – 600	300 – 600	300 – 600
	Ukuran efektif, ES (mm)	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7	-
	Koefisien keseragaman, UC	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
5	Media antrasit:			
	Tebal (mm)	400 – 500	400 – 500	400 – 500
	ES (mm)	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8
	UC	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	<i>Filter bottom</i> /dasar saringan:			
	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	-	

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
	- Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15	-
	- Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	15 – 30	15 – 30	-
	2) <i>Filter Nozzle</i>			
	Lebar <i>slot nozzle</i> (mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Prosentase luas <i>slot nozzle</i> terhadap luas filter (%)	> 4 %	> 4 %	> 4 %

Sumber: SNI 6774:2008

Catatan: *) untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun

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

2.9 Sistem *Uprating*

Teknologi *uprating* IPA merupakan peningkatan operasional yang dapat dilakukan pada IPA. Teknologi *uprating* dilakukan dengan menambah volume atau debit produksi pada satuan unit operasi yang sama dan berbeda agar dapat bekerja hingga dua kali volume atau debit awal. Prinsip utama *uprating* IPA adalah mengoptimalkan kapasitas produksi yang mengacu pada faktor keamanan dari desain IPA eksisting sehingga dapat diperkirakan seberapa besar peningkatan kapasitas IPA yang dapat dilakukan (Hariono & Marsono, 2022).

Kapasitas optimal *uprating* adalah kapasitas semaksimal mungkin dan disaat bersamaan menghasilkan air olahan yang memenuhi baku mutu air minum. Setelah dilakukan *uprating*, kapasitas produksi IPA dapat meningkat sebesar dua hingga tiga kali lipat. Keunggulan *uprating* IPA adalah dapat merencanakan dengan desain hidrolis yang baru, kemudian dipasang pada IPA lama tanpa mengubah dimensi dinding luarnya. Manfaat yang dapat diperoleh dari penerapan sistem *uprating* IPA adalah (Hariono & Marsono, 2022):

1. Debit produksi IPA yang telah di-*uprating* rata-rata naik menjadi dua kali lipat debit IPA eksisting.
2. IPA yang telah di-*uprating* dapat menghasilkan air olahan yang memenuhi baku mutu air minum dengan mengolah air baku dengan kekeruhan tinggi, algae tinggi, dan air baku terkontaminasi limbah domestik.

3. Menghemat biaya dengan biaya investasi dan konstruksi untuk *uprating* IPA 4-5 kali lebih murah daripada biaya investasi dan konstruksi untuk membangun IPA baru.
4. Kebutuhan air minum yang terus meningkat dapat terpenuhi seiring dengan bertambahnya debit produksi IPA.

Penelitian mengenai potensi *uprating* pada unit sedimentasi metode CDF terhadap penyisihan kekeruhan air baku telah dilakukan oleh Ridwan, dkk. (2022) dan didapatkan efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata sebesar 87,21% pada debit 240 L/jam dan 82,50% pada debit 360 L/jam dengan variasi resirkulasi aliran buangan CDF sebesar 100%. Besarnya aliran buangan CDF berbanding lurus dengan efisiensi penyisihan kekeruhan, semakin besar aliran buangan CDF maka efisiensi penyisihan kekeruhan akan meningkat. Percobaan dengan variasi debit 360 L/jam menggunakan unit sedimentasi metode CDF mampu mencapai efisiensi penyisihan kekeruhan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan unit sedimentasi konvensional. Berdasarkan hal tersebut, unit sedimentasi metode CDF memiliki potensi *uprating* pada sistem pengolahan air minum (Ridwan, dkk., 2022).

2.10 Analisis Rank Spearman

Uji *Spearman* merupakan metode korelasi yang dikemukakan oleh Carl Spearman pada tahun 1904. Metode ini diperlukan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel. Kedua variabel tidak harus mengikuti distribusi normal dan kondisi variabel tidak diketahui sama. Korelasi *rank* dipergunakan apabila pengukuran kuantitatif secara eksak tidak mungkin dilakukan. Data kedua variabel berpasangan, misalnya mengukur tingkat moral, tingkat kesenangan, tingkat motivasi dan sebagainya (Sugiyono, 2009). Analisis korelasi *Rank Spearman* adalah analisis yang bertujuan untuk melihat seberapa kuat dan seberapa signifikan hubungan antar dua variabel atau lebih (Harinaldi, 2005).

Konsep dasar uji korelasi *Rank Spearman*, antara lain (Harinaldi, 2005):

1. Uji korelasi *Rank Spearman* tidak memerlukan asumsi normalitas dan linearitas;
2. Bertujuan untuk mengetahui hubungan antar variabel;
3. Arah hubungan antar variabel dapat bernilai positif dan negatif;
4. Data penelitian berbentuk peringkat, sehingga disebut korelasi *Rank Spearman*;

5. Data yang digunakan harus berskala ordinal;
6. Penafsiran analisis korelasi *Rank Spearman* digunakan untuk melihat signifikansi hubungan, kekuatan hubungan, dan arah hubungan.

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

1. Jika $Sig > 0,01$, maka tidak berkorelasi;
2. Jika $Sig < 0,01$, maka berkorelasi.

Nilai korelasi untuk melihat hubungan yang signifikan antara dua variabel dapat dilihat pada **Tabel 2.7** sebagai berikut (Sujarweni, 2014):

Tabel 2.7 Interpretasi Nilai r

Besaran Nilai	Interpretasi
Antara 0,00 sampai dengan 0,25	Korelasi sangat lemah
Antara 0,26 sampai dengan 0,50	Korelasi cukup
Antara 0,51 sampai dengan 0,75	Korelasi kuat
Antara 0,76 sampai dengan 0,99	Korelasi sangat kuat
1,00	Korelasi sempurna

Sumber: Sujarweni, 2014

Beberapa kriteria arah hubungan dalam analisis korelasi *Rank Spearman*, antara lain (Sujarweni, 2014):

1. Nilai korelasi bernilai positif, maka hubungan kedua variabel searah;
2. Nilai korelasi bernilai negatif, maka hubungan kedua variabel tidak searah.

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan terkait unit sedimentasi metode *Continuous Discharges Flow (CDF)* antara lain:

1. “Penyisihan Kekeruhan Sungai Batang Kuranji dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharge Flow (CDF)*” oleh Wahyuda Novembri, 2019.

Penelitian ini menggunakan variasi nilai CDF 0%, 2%, 4%, dan 6% dalam menyisihkan kekeruhan dengan kekeruhan awal sebesar 23,613 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.8** berikut.

Tabel 2.8 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Wahyuda Novembri

Variasi Nilai CDF (%)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
0	23,613	5,989	74,64
2		5,161	78,14

Variasi Nilai CDF (%)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
4		4,664	80,25
6		4,161	82,32

Sumber: Novembri, 2019

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai CDF unit sedimentasi metode CDF, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kekeruhan air.

2. “Studi Penyisihan Parameter Kekeruhan Air Baku Sungai Batang Arau dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF)” oleh Yogi Kurniawan, 2019.

Penelitian ini menggunakan variasi nilai CDF 0%, 1%, 3%, dan 5% dalam menyisihkan kekeruhan dengan kekeruhan awal sebesar 75,248 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.9** berikut.

Tabel 2.9 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Yogi Kurniawan

Variasi Nilai CDF (%)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
0	75,248	8,773	88,34
1		7,674	89,80
3		6,967	90,74
5		6,707	91,09

Sumber: Kurniawan, 2019

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai CDF unit sedimentasi metode CDF, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kekeruhan air.

3. “Pengaruh Variasi Ketinggian *Cone* terhadap Penyisihan Kekeruhan Air Baku pada Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF)” oleh Yar Gustina, 2021.

Penelitian ini menggunakan variasi ketinggian *cone* 0 cm, 33 cm, dan 66 cm dalam menyisihkan kekeruhan dengan kekeruhan awal sebesar 25,876 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.10** berikut.

Tabel 2.10 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Yar Gustina

Variasi Ketinggian <i>Cone</i> (cm)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
0	25,876	4,407	82,96

Variasi Ketinggian Cone (cm)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
33		4,161	83,91
66		4,005	84,60

Sumber: Gustina, 2021

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin tinggi posisi cone pada unit sedimentasi metode CDF, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kekeruhan air.

4. “Pengaruh Variasi Luas Cone pada Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF) terhadap Penyisihan Kekeruhan Air Baku” oleh Aulia Massyaf Putri, 2021.

Penelitian ini menggunakan variasi luas cone 13%, 30%, dan 52% dalam menyisihkan kekeruhan dengan kekeruhan awal sebesar 26,164 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.11** berikut.

Tabel 2.11 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Aulia Massyaf Putri

Variasi Luas Cone (%)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
13	26,164	4,343	83,40
30		4,620	82,34
52		4,708	81,45

Sumber: Putri, 2021

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin kecil luas cone pada unit sedimentasi metode CDF, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kekeruhan air.

5. “Optimalisasi Unit Sedimentasi *Continuous Discharge Flow* (CDF) dengan *Plate Settlers* dalam Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artifisial” oleh Refa Nabila Hadi, 2021.

Penelitian ini menggunakan variasi kekeruhan 110 NTU, 130 NTU, dan 150 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.12** berikut.

Tabel 2.12 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Refa Nabila Hadi

Variasi Kekeruhan (NTU)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
110	110,355	8,470	92,32
130	132,035	11,55	91,25
150	154,338	15,626	89,87

Sumber: Hadi, 2021

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai kekeruhan air baku, maka semakin rendah efisiensi penyisihan kekeruhan air.

6. “Optimalisasi Unit Sedimentasi *Continuous Discharge Flow* (CDF) Menggunakan Proses *Solid Contact* dan *Settlers* (Super CDF) terhadap Penyisihan Kekeruhan” oleh Riska Darmayani, 2021.

Penelitian ini menggunakan variasi resirkulasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dalam menyisihkan kekeruhan dengan kekeruhan awal sebesar 109,268 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.13** berikut.

Tabel 2.13 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Riska Darmayani

Variasi Resirkulasi (%)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
0	109,268	7,657	92,99
25		7,175	93,44
50		6,666	93,90
75		6,315	94,22
100		5,420	95,04

Sumber: Darmayani, 2021

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah aliran buangan CDF yang diresirkulasi, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kekeruhan air.

7. “Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artifisial Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF)” oleh Nabila Yolandita, 2022.

Penelitian ini menggunakan variasi debit aliran 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam dalam menyisihkan kekeruhan dengan kekeruhan awal sebesar 110,244 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.14** berikut.

Tabel 2.14 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Nabila Yolandita

Variasi Debit Aliran (L/jam)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
240	110,244	8,329	92,44
360		10,496	90,47
480		12,785	88,30

Sumber: Yolandita, 2022

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar debit aliran pada unit sedimentasi metode CDF, maka semakin rendah efisiensi penyisihan kekeruhan air.

8. “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)” oleh Reski Anggika, 2022.

Penelitian ini menggunakan variasi debit aliran 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam dalam menyisihkan kekeruhan dengan kekeruhan awal sebesar 124,906 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan air baku berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.15** berikut.

Tabel 2.15 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Penelitian Reski Anggika

Variasi Debit Aliran (L/jam)	Kekeruhan Awal (NTU)	Unit Sedimentasi		Unit Filtrasi	
		Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penyisihan (%)
240	124,906	5,36	95,71	1,60	98,72
360		6,28	94,98	3,18	97,46
480		8,09	93,53	4,43	96,46

Sumber: Anggika, 2022

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar debit aliran pada unit sedimentasi metode CDF, maka semakin rendah efisiensi penyisihan kekeruhan air. Tingkat efisiensi penyisihan kekeruhan meningkat dengan adanya penambahan unit filtrasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

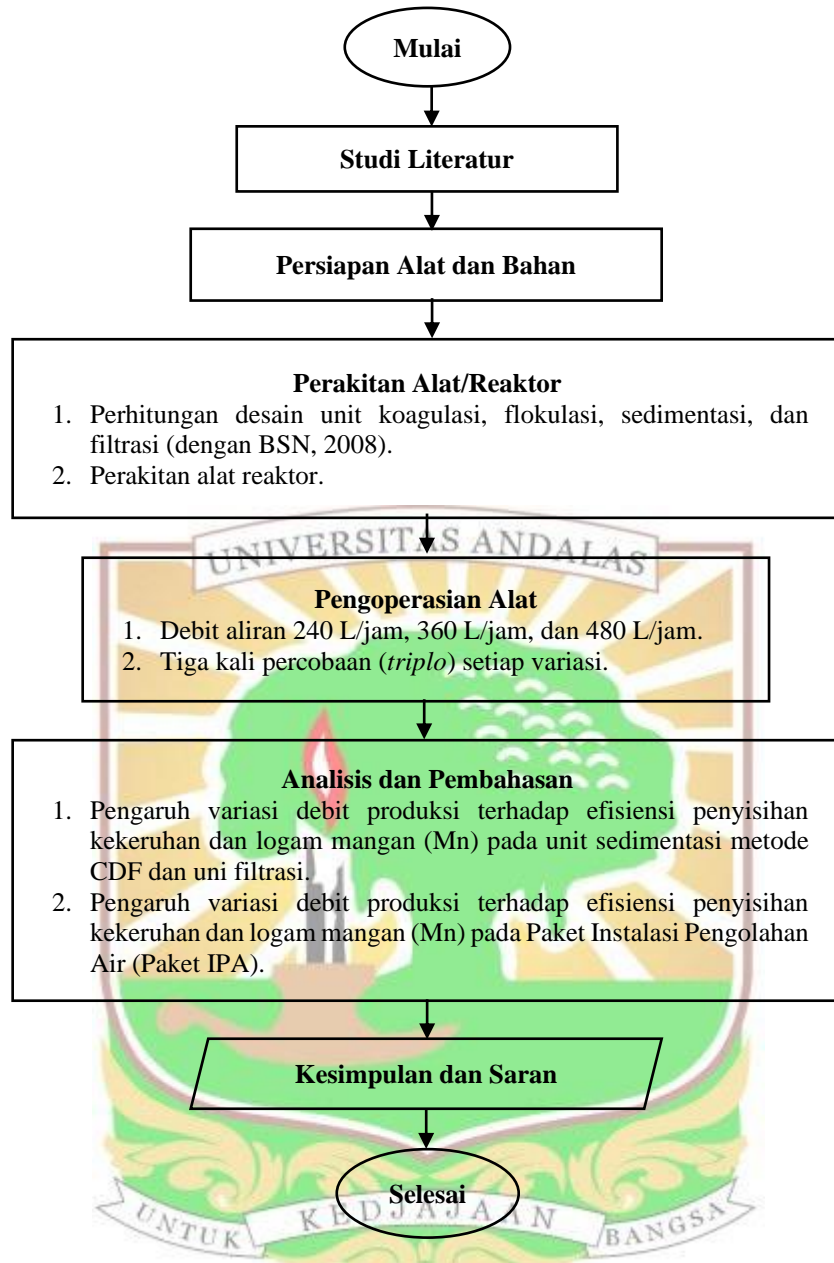
Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengembangkan kinerja dari unit sedimentasi metode CDF dan unit filtrasi *double media* dengan menganalisis pengaruh variasi debit terhadap efisiensi unit sedimentasi metode CDF dan unit filtrasi dalam menyisihkan kekeruhan dan logam mangan (Mn) pada air baku. Parameter kekeruhan tersebut dapat disisihkan melalui proses koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan *baffled channel*, sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi *double media*. Media yang digunakan pada unit filtrasi adalah pasir berpori atau pasir kuarsa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam skala lapangan yang berguna bagi alternatif baru sistem Instalasi Pengolahan Air (IPA).

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan penelitian, yaitu studi literatur, persiapan alat dan bahan, alat/reaktor, pengoperasian alat, pengambilan data, serta analisis dan pembahasan. Berikut adalah diagram alir tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur sangat penting dalam suatu penelitian sebagai dasar dan pemahaman awal dari penelitian yang dilakukan agar tujuan penelitian dapat dicapai. 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 berhubungan dengan ruang lingkup penelitian. Ruang lingkup pada penelitian ini, yaitu menganalisis pengaruh variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam mangan (Mn) pada Paket Instalasi Pengolahan Air (Paket IPA) dengan unit sedimentasi metode CDF.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.2.2 Persiapan Alat dan Bahan

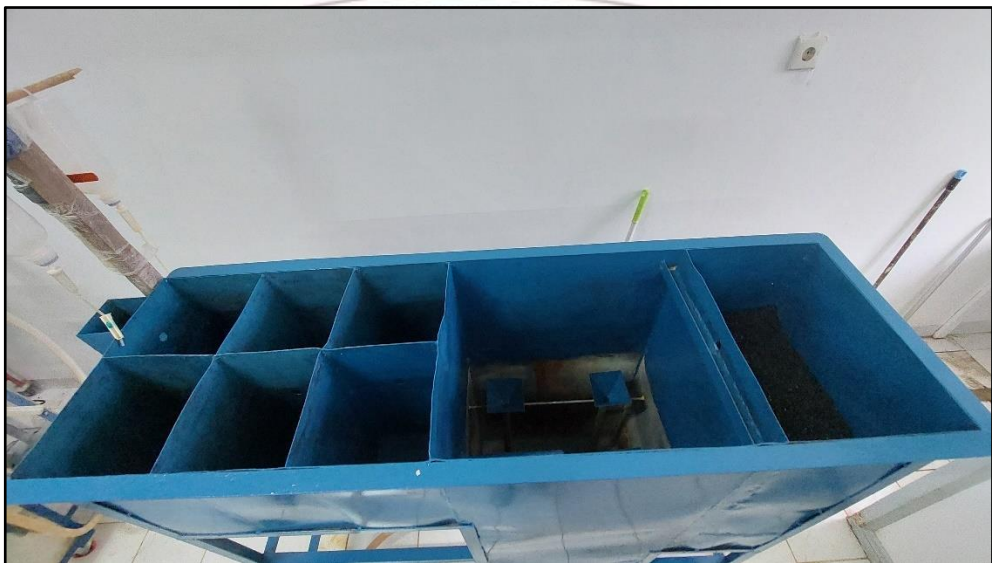
Penelitian ini dilakukan menggunakan alat berupa miniatur IPA yang terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan *baffled channel*, unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi *double media* menggunakan rekayasa variasi debit aliran dengan variasi 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Persiapan alat dan bahan dalam melakukan penelitian diuraikan sebagai berikut:

3.2.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Reaktor Instalasi Pengolahan Air (IPA)

Unit reaktor IPA terdiri dari unit koagulasi hidrolis dengan terjunan, flokulasi dengan *baffled channel*, sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi *double media*. Unit pengolahan yang digunakan telah memenuhi kriteria desain pada debit desain 240 L/jam. Reaktor IPA berfungsi sebagai unit pengolahan air baku yang dapat menyisihkan parameter kekeruhan dan logam mangan. Gambar reaktor IPA dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Reaktor Instalasi Pengolahan Air (IPA) Metode CDF

2. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompakan air dari wadah penampung air baku ke unit koagulasi hidrolis dengan terjunan air dan untuk mengatur debit aliran. Gambar pompa air dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Pompa Air

3. Wadah Penampung Air Baku

Wadah penampung air baku berfungsi untuk menampung air baku artifisial yang digunakan sebagai air baku dalam penelitian ini. Wadah penampung air baku yang digunakan berupa ember air yang berukuran 110 L, dapat dilihat pada **Gambar 3.4.**



Gambar 3.4 Wadah Penampung Air Baku

4. *Beaker Glass* 1.000 mL

Beaker glass 1.000 mL berfungsi dalam pembuatan air baku artifisial dan menampung air yang keluar dari *outlet* sedimentasi. Gambar *beaker glass* 1.000 mL dapat dilihat pada **Gambar 3.5.**



Gambar 3.5 Beaker Glass 1.000 mL

5. Wadah Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

Wadah koagulan PAC berupa botol infus yang dilengkapi dengan selang sebagai wadah untuk mengatur dosis PAC yang akan dimasukkan ke dalam unit pengolahan. Gambar wadah koagulan PAC dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Wadah Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

6. *Magnetic Stirrer*

Magnetic stirrer berfungsi untuk mengaduk air baku artifisial sehingga dapat tercampur secara homogen. Gambar *magnetic stirrer* dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Magnetic Stirrer

7. Kuvet

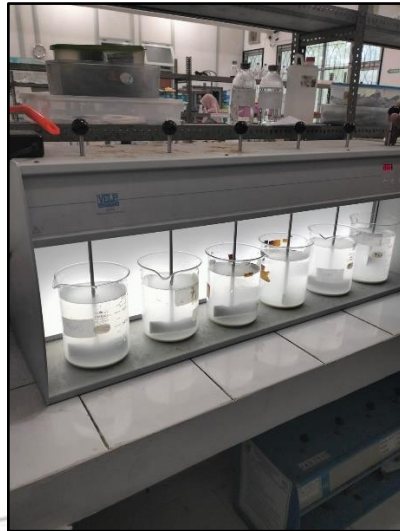
Kuvet berfungsi untuk meletakkan sampel air baku artifisial dalam pengukuran dengan *turbidimeter* dan *manganese colorimeter*. Gambar kuvet dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Kuvet

8. Jar Test

Jar test berfungsi untuk menentukan dosis optimum dari koagulan PAC. Gambar *jar test* dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Jar Test

9. *Turbidimeter*

Gambar *turbidimeter* dapat dilihat pada **Gambar 3.10**.



Gambar 3.10 Turbidimeter

10. *Manganese Colorimeter*

Gambar *manganese colorimeter* dapat dilihat pada **Gambar 3.11**.



Gambar 3.11 Manganese Colorimeter

11. pH Meter

pH meter berfungsi untuk mengukur pH air baku. Gambar pH meter dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.



Gambar 3.12 pH meter

12. *Thermometer*

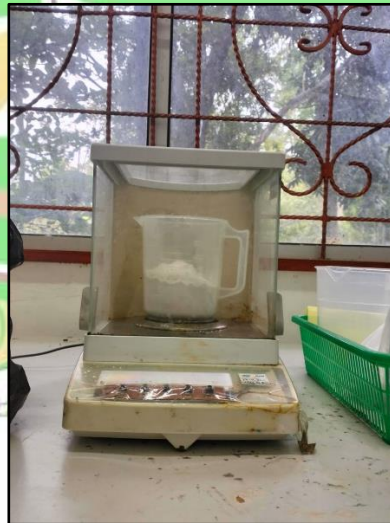
Thermometer berfungsi untuk mengukur suhu air baku. Gambar *thermometer* dapat dilihat pada **Gambar 3.13**.



Gambar 3.13 Thermometer

13. Neraca Analitik

Neraca analitik berfungsi untuk menimbang koagulan, *kaolin clay*, dan kalium permanganat ($KMnO_4$). Gambar neraca analitik dapat dilihat pada **Gambar 3.14**.



Gambar 3.14 Neraca Analitik

3.2.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Koagulan

Koagulan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Berdasarkan SNI 19-6449:2000 tentang Metode Pengujian Koagulasi,

prosedur menentukan dosis optimum dari koagulan dengan *jarrest* sebagai berikut:

- a. Sampel air yang akan diuji dimasukkan ke dalam 6 *beaker glass* 1.000 mL dengan dosis koagulan dimasukkan ke dalam masing-masing *beaker glass*, kemudian letakkan *beaker glass* pada masing-masing baling-baling pengaduk. Catat pH dan suhu sampel sebelum pengujian dimulai;
- b. Tambahkan koagulan ke dalam masing-masing *beaker glass* yang diisi sampel yang akan diteliti 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 sekitar 120 rpm. Lakukan pengadukan selama 1 menit lalu catat waktu dan kecepatan pengadukan;
- d. Kurangi kecepatan hingga pada kecepatan 20 rpm untuk menjaga keseragaman partikel flok yang terlarut melalui pengadukan lambat selama 20 menit. Catat ukuran flok relatif dan kecepatan pencampuran;
- e. Setelah pengadukan lambat selesai, angkat baling-baling dan lihat pengendapan partikel flok. Catat waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan gumpalan partikel, dimulai pada saat air dalam keadaan diam;
- f. Setelah terjadi pengendapan, catat bentuk flok pada dasar *beaker glass* dan suhu dari sampel uji. Ambil sejumlah larutan sampel uji menggunakan pipet takar untuk penentuan pH, kekeruhan, warna, dan analisis lainnya;
- g. Tentukan dosis optimum koagulan yang didapatkan;
- h. Langkah a – g diulangi hingga didapatkan dosis optimum yang lebih akurat.

Gambar koagulan PAC dapat dilihat pada **Gambar 3.15**.



Gambar 3.15 Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

2. Air baku artifisial

Air baku yang digunakan untuk parameter kekeruhan dan logam mangan (Mn) pada penelitian ini adalah air baku artifisial yang dibuat sedemikian mungkin hingga mencapai tingkat kekeruhan tinggi (>100 NTU) dan logam mangan (Mn) dengan kadar 5 mg/L. Menurut Abdullah (2018), tingkat kekeruhan dibagi menjadi tiga, yaitu kekeruhan rendah (<50 NTU), kekeruhan sedang (50-100 NTU), dan kekeruhan tinggi (>100 NTU). Pembuatan air baku artifisial menggunakan *kaolin clay* dengan air pelarut menggunakan air dari Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas. Merujuk pada penelitian yang dilakukan 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 Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas. Selanjutnya, dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Tujuan pengadukan dengan *magnetic stirrer* yaitu agar larutan *kaolin clay* menjadi homogen. Kemudian larutan *kaolin clay* didiamkan selama 24 jam untuk memastikan hidrasi partikel telah berlangsung dengan baik, sehingga nilai kekeruhan relatif stabil. Setelah didiamkan selama 24 jam, 1 mL larutan *kaolin clay* diencerkan menggunakan air dari Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas sebanyak 1 L. Kekeruhan air baku artifisial diukur menggunakan *turbidimeter* hingga didapatkan nilai kekeruhan yang diinginkan.

Berdasarkan penelitian (Fitriani, 2020), limbah artifisial mangan dibuat dengan melarutkan senyawa Kalium Permanganat (KMnO_4) pada *aquadest*. Serbuk KMnO_4 ditimbang sebanyak 1,1 gram dan dilarutkan dengan *aquadest* 1.000 mL, kemudian dihomogenkan sehingga menghasilkan larutan induk KMnO_4 . Selanjutnya 5 mL larutan induk KMnO_4 dilarutkan ke dalam 1 L air baku yang telah berisi 1 mL *kaolin clay*. Kadar mangan air baku artifisial diukur menggunakan *manganese colorimeter* hingga didapatkan kadar yang diinginkan. Gambar *kaolin clay* dan Kalium Permanganat (KmnO_4) dapat dilihat pada **Gambar 3.16**.



Gambar 3.16 *Kaolin Clay* dan Kalium Permanganat (KmnO_4)

3. Reagen

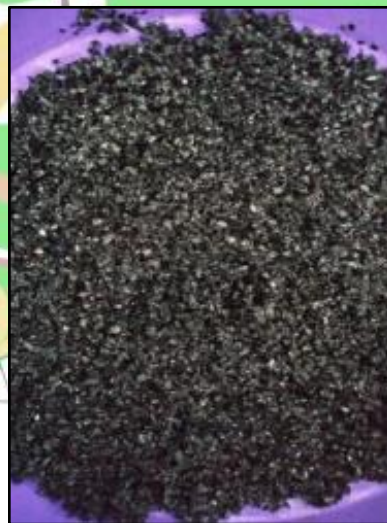
Reagen digunakan sebagai pereaksi dalam pengujian kadar mangan. Gambar Reagen dapat dilihat pada **Gambar 3.17**.



Gambar 3.17 Reagen

4. Media Filter Karbon Aktif

Karbon aktif digunakan sebagai media filter pada unit filtrasi dan dapat menyisihkan kandungan logam pada air. Gambar media filter karbon aktif dapat dilihat pada **Gambar 3.18**.



Gambar 3.18 Media Filter Karbon Aktif

5. Media Filter Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa digunakan sebagai media filter pada unit filtrasi dan dapat menyisihkan kekeruhan pada air. Gambar media filter pasir kuarsa dapat dilihat pada **Gambar 3.19**.



Gambar 3.19 Media Filter Pasir Kuarsa

6. *Aquadest*

Aquadest digunakan sebagai pengencer dalam pembuatan larutan induk logam mangan.

3.2.3 Alat/Reaktor Paket IPA

Penelitian ini menggunakan reaktor paket IPA yang dibuat berdasarkan SNI 6774:2008 yaitu terdiri dari unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi dengan debit produksi yang digunakan sebesar 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Pembuatan alat menggunakan bahan *acrylic* dengan ketebalan 5 mm, dilengkapi dengan rangka besi agar dapat menahan beban air selama percobaan. Penentuan dimensi yang digunakan dan pembuatan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Unit Koagulasi

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

2. Unit Flokulasi

Unit flokulasi dibuat menggunakan pengadukan hidrolis dengan *baffled channel* dengan kriteria desain yang digunakan mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Variasi debit yang

digunakan yaitu sebesar 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Setelah dari koagulator, air baku dialirkan menuju flokulator dengan pengaduk hidrolis.

3. Unit Sedimentasi

Unit sedimentasi didesain dengan bentuk bujur sangkar dan menerapkan prinsip CDF. Kriteria desain yang digunakan dalam pembuatan unit sedimentasi mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Variasi debit yang digunakan yaitu sebesar 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Bentuk dan dimensi dibuat sedemikian rupa berbentuk bujur sangkar yang dilengkapi dengan *cone* yang menjadi tempat saluran buangan. Penggunaan *cone* bertujuan untuk memperluas pengaruh aliran air buangan CDF agar partikel flok yang terdapat pada air baku mudah disisihkan. Ketinggian *cone* dari dasar zona pengendapan yaitu 66%.

4. Unit Filtrasi

Unit filtrasi didesain dengan filter *double media*. Kriteria desain yang digunakan dalam pembuatan unit sedimentasi mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dengan variasi debit yang digunakan yaitu 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Unit yang digunakan berupa unit filtrasi saringan pasir cepat menggunakan media karbon aktif dan pasir kuarsa dengan ketebalan masing-masing media 185 mm. Ukuran partikel karbon aktif sebesar 8×30 mesh (0,60 – 2,36 mm) dengan ukuran efektif 1,2 – 1,4 mm dan koefisien keseragaman 1,5 mm, sedangkan ukuran partikel pasir kuarsa sebesar 14×20 mesh (0,84 – 1,41 mm) dengan ukuran efektif 0,3 – 0,7 mm dan koefisien keseragaman 1,2 – 1,8 mm.

3.2.4 Pengoperasian Alat

Langkah-langkah pengoperasian alat sebagai berikut:

1. Cek kondisi alat

Sebelum melakukan *running* alat, kondisi alat dicek terlebih dahulu. Kondisi alat harus dalam keadaan baik, tidak ada masalah kebocoran, dan perakitan alat tidak ada yang longgar.

2. Persiapan sampel air dan koagulan PAC

Sampel air berasal dari air baku artifisial yang telah diukur kekeruhan, logam mangan (Mn), pH, dan suhunya. Larutan stok standar koagulan disiapkan terlebih dahulu dan diukur dosis koagulan optimum dengan melakukan *jarrest* terhadap sampel air yang diambil. Setelah mendapatkan dosis optimum, koagulan dimasukkan ke dalam botol infus dan diatur kecepatan keluarnya.

3. Pengaturan debit aliran

Debit aliran yang digunakan yaitu 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam yang diatur dengan menyesuaikan bukaan pipa pada *inlet* unit koagulasi.

4. Pengujian kondisi aliran *steady*

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

5. Pengaturan nilai CDF 10% pada zona pengendapan

Nilai CDF pada zona pengendapan dilakukan untuk mengalirkan air buangan secara kontinu. Nilai CDF yang digunakan yaitu 10% dari debit aliran yang masuk.

6. *Running* alat

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

7. Pengambilan sampel dari *outlet* sedimentasi dan filtrasi

Setelah aliran air sudah *steady* dan air keluar dari *outlet* filtrasi selama 5 menit, efluen akan ditampung untuk dilakukan pengukuran. Pengambilan sampel air yang keluar dari *outlet* sedimentasi dan filtrasi ditampung menggunakan *beaker glass* 1.000 mL dan dilakukan sebanyak 5 kali setiap 5 menit. Pengambilan data dan pengukuran setiap parameter dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan (*triplo*) dengan menunggu aliran kembali *steady*.

3.2.5 Pengambilan Data

Pengukuran kekeruhan air dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 06-6869.25- 2005 menggunakan *Turbidimeter*. Pengukuran kadar mangan menggunakan *Manganese*

Colorimeter berdasarkan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, Periodate method*. Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter, dan pengukuran suhu menggunakan *Thermometer*. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (*triplo*) untuk setiap variasi debit aliran, dimana jumlah data yang diambil untuk setiap kali *running* adalah sebanyak 5 data. Pengukuran dilakukan untuk melihat pengaruh variasi debit aliran yaitu sebesar 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam dengan nilai CDF 10% pada unit sedimentasi metode CDF dalam penyisihan kekeruhan dan logam Mn. Hasil pengukuran tersebut dilakukan perbandingan korelasi pada setiap variasi debit. Data yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 3.1** sebagai berikut:



Tabel 3.1 Data Hasil Percobaan

Debit (L/jam)	Kekeruhan Awal (NTU)	Mangan Awal (mg/L)	Waktu	Hasil Parameter Pengamatan	Pengambilan Data (<i>triplo</i>)					
					Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3	
					Sedimentasi	Filtrasi	Sedimentasi	Filtrasi	Sedimentasi	Filtrasi
240			5 menit pertama	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit kedua	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit ketiga	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit keempat	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit kelima	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
360			5 menit pertama	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit kedua	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit ketiga	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit keempat	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit kelima	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
480			5 menit pertama	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit kedua	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit ketiga	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						
			5 menit keempat	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						

Debit (L/jam)	Kekeruhan Awal (NTU)	Mangan Awal (mg/L)	Waktu	Hasil Parameter Pengamatan	Pengambilan Data (<i>triplo</i>)					
					Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3	
					Sedimentasi	Filtrasi	Sedimentasi	Filtrasi	Sedimentasi	Filtrasi
			5 menit kelima	Kekeruhan (NTU)						
				Mangan (mg/L)						



3.2.6 Analisis dan Pembahasan

Data yang diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan kemudian dianalisis dan dilakukan pembahasan. Analisis data menggunakan korelasi *Rank Spearman* untuk melihat seberapa besar korelasi yang terjadi akibat modifikasi sedimentasi CDF dengan variasi debit aliran terhadap parameter kekeruhan dan logam mangan (Mn). Langkah-langkah dari analisis dan pembahasan data hasil penelitian, yaitu:

1. Data hasil perancangan alat dan hasil pengukuran;
2. Perhitungan % efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam mangan (Mn) dengan persamaan:

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

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

3. Data-data yang diperoleh dari penelitian berupa kekeruhan dan mangan akhir akan diinput pada program SPSS versi 23 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 nilai CDF 10% dan variasi debit aliran dengan resirkulasi air buangan 100%, luas cone 13% dari luas permukaan unit sedimentasi dengan ketinggian *cone* 66% dari tinggi zona pengendapan setelah dilakukan *running* alat;
5. Nilai korelasi dan signifikansi yang didapat akan dibandingkan dengan tabel interpretasi nilai-r, kemudian dilakukan analisis terhadap nilai koefisien korelasi. Untuk mengetahui tingkat signifikansi dapat dilihat dengan koefisien signifikansi dengan aturan keputusan sebagai berikut:
 - a. Jika Sig > 0,05 atau 0,01, maka tidak berkorelasi;
 - b. Jika Sig < 0,05 atau 0,01, maka berkorelasi.

Analisis terhadap penyisihan nilai kekeruhan dan logam Mn 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 tentang perancangan reaktor penelitian yang merujuk pada SNI 6774:2008, menguraikan data yang dihasilkan dari pembuatan air baku artifisial, dosis optimum koagulan yang diperoleh dengan melakukan *jar test*, hasil pengukuran parameter kekeruhan dan mangan, serta efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan dari hasil pengolahan pada paket IPA. Nilai akhir kekeruhan dan mangan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023. Data efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan kemudian dianalisis secara statistik menggunakan program SPSS untuk melihat korelasi dan nilai signifikansinya terhadap variasi debit yang digunakan.

4.2 Perancangan Alat

Reaktor Paket IPA yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, unit flokulasi hidrolis dengan *baffled channel*, unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi dengan *double media* berupa karbon aktif dan pasir kuarsa. Kapasitas reaktor paket IPA 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 pengolahan air minum. Pada perancangan reaktor juga dilakukan analisis parameter desain terhadap variasi debit yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 360 L/jam (1,5 kali debit desain) dan 480 L/jam (2 kali debit desain), sebagai upaya melihat potensi *uprating* dari paket IPA yang digunakan. *Uprating* merupakan upaya peningkatan operasional yang dilakukan dengan menambah volume atau debit produksi pada satuan unit operasi yang sama dan berbeda agar dapat bekerja hingga dua kali volume atau debit awal.

4.2.1 Unit Koagulasi

Unit koagulasi yang digunakan berupa koagulasi hidrolis dengan terjunan air yang mengacu pada SNI 6774:2008. Dimensi unit koagulasi berdasarkan perhitungan memiliki panjang 0,10 m, lebar 0,10 m, dan tinggi 0,33 m. Nilai gradien kecepatan

(G) yang dipilih dalam perancangan adalah 850/detik dengan waktu detensi 5 detik. Analisis parameter desain terhadap perlakuan variasi debit aliran 360 L/jam dan 480 L/jam yang digunakan pada penelitian ini diringkas pada **Tabel 4.1**.

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	0,10	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)	detik	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 aliran dari 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali debit desain) dan 480 L/jam (2 kali debit desain) pada unit koagulasi menunjukkan bahwa parameter gradien kecepatan dan waktu detensi sebagai parameter desain masih memenuhi standar desain pada SNI 6774:2008, namun nilai gradien kecepatan dan waktu detensi mengalami penurunan pada setiap peningkatan debit aliran.

4.2.2 Unit Flokulasi

Unit flokulasi yang digunakan berupa flokulasi hidrolis dengan *baffled channel* yang mengacu pada SNI 6774:2008. Dimensi unit flokulasi berdasarkan perhitungan memiliki panjang 0,22 m, lebar 0,22 m, dan tinggi 0,44 m. Jumlah kompartemen *baffled* yang dirancang sebanyak 6 kompartemen dengan ukuran yang sama. Nilai gradien kecepatan (G) yang dipilih dalam perancangan 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 dengan waktu detensi 30 menit. Analisis parameter desain terhadap perlakuan variasi debit aliran 360 L/jam dan 480 L/jam yang digunakan pada penelitian ini diringkas pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Desain Unit Flokulasi

Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
Jumlah Tahap		6	6	6	6-10 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Panjang setiap Tahap	m	0,22	0,22	0,22	-	-

Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
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 (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

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

4.2.3 Unit Sedimentasi

Unit sedimentasi yang dirancang adalah unit sedimentasi metode CDF berbentuk bujur sangkar dengan empat buah *cone* berbentuk persegi dengan panjang sisi 10 cm. Posisi *cone* berada pada ketinggian 66% dari dasar zona pengendapan dan terhubung dengan pipa yang dilengkapi *valve* sebagai pengatur debit aliran buangan. Nilai CDF yang digunakan sebesar 10% dari debit aliran masuk. Dimensi unit sedimentasi berdasarkan perhitungan telah sesuai dengan kriteria desain pada SNI 6774:2008, yaitu memiliki panjang 0,54 m, lebar 0,44 m, dan tinggi 1 m, 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 diringkas pada **Tabel 4.3**.

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	0,54	0,54	0,54	-	-
Kedalaman (h)	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 (N _{re})		65,72	130,54	160,89	< 2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Bilangan Froude (N _{Fr})		$1,96 \times 10^{-4}$	$2,52 \times 10^{-4}$	$3,11 \times 10^{-4}$	> 10 ⁻⁵ (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Diameter Pipa CDF	cm	10	10	10	-	-
Resirkulasi Aliran CDF	%	100	100	100	-	-
Rasio Luas Cone	%	13	13	13	-	-
Ketinggian Posisi Cone	cm	66	66	66	-	-

Peningkatan debit desain aliran dari 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali debit desain) dan 480 L/jam (2 kali debit desain) pada unit sedimentasi menunjukkan bahwa parameter beban permukaan, beban pelimpah, kecepatan aliran, bilangan Reynolds, dan bilangan Froude memenuhi standar desain berdasarkan SNI 6774:2008. Namun waktu detensi mengalami penurunan pada debit 360 L/jam dan 480 L/jam menjadi 0,60 jam dan 0,50 jam.

4.2.4 Unit Filtrasi

Unit filtrasi yang digunakan adalah unit filtrasi *double media* yaitu karbon aktif dan pasir kuarsa. Dimensi unit filtrasi berdasarkan perhitungan telah sesuai dengan kriteria desain pada SNI 6774:2008, yaitu memiliki panjang 0,25 m, lebar 0,44 m, dan tinggi 0,60 m. Ukuran partikel karbon aktif yaitu sebesar 8 × 30 mesh (0,60 -

2,36 mm) dan pasir kuarsa sebesar 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 diringkas pada **Tabel 4.4**.

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 (Schulz & Okun, 1984)	Tidak memenuhi pada debit 240 L/jam dan 360 L/jam
Bilangan Reynolds (N_{re})		66,81	100,22	133,63	<2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Bilangan Froude (N_{Fr})		$6,06 \times 10^{-4}$	$9,08 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-3}$	$>10^{-5}$ (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	-	-

Peningkatan debit desain aliran dari 240 L/jam menjadi 360 L/jam (1,5 kali debit desain) dan 480 L/jam (2 kali debit desain) pada unit filtrasi menunjukkan bahwa parameter bilangan *Reynolds* dan bilangan *Froude* memenuhi standar desain berdasarkan SNI 6774:2008, namun kecepatan filtrasi masih belum memenuhi standar desain saringan pasir cepat menurut Schulz & Okun (1984). Parameter bilangan *Reynolds*, bilangan *Froude*, dan kecepatan filtrasi mengalami peningkatan pada setiap penambahan debit aliran.

4.2.5 Rekapitulasi Perhitungan Desain Unit Paket IPA

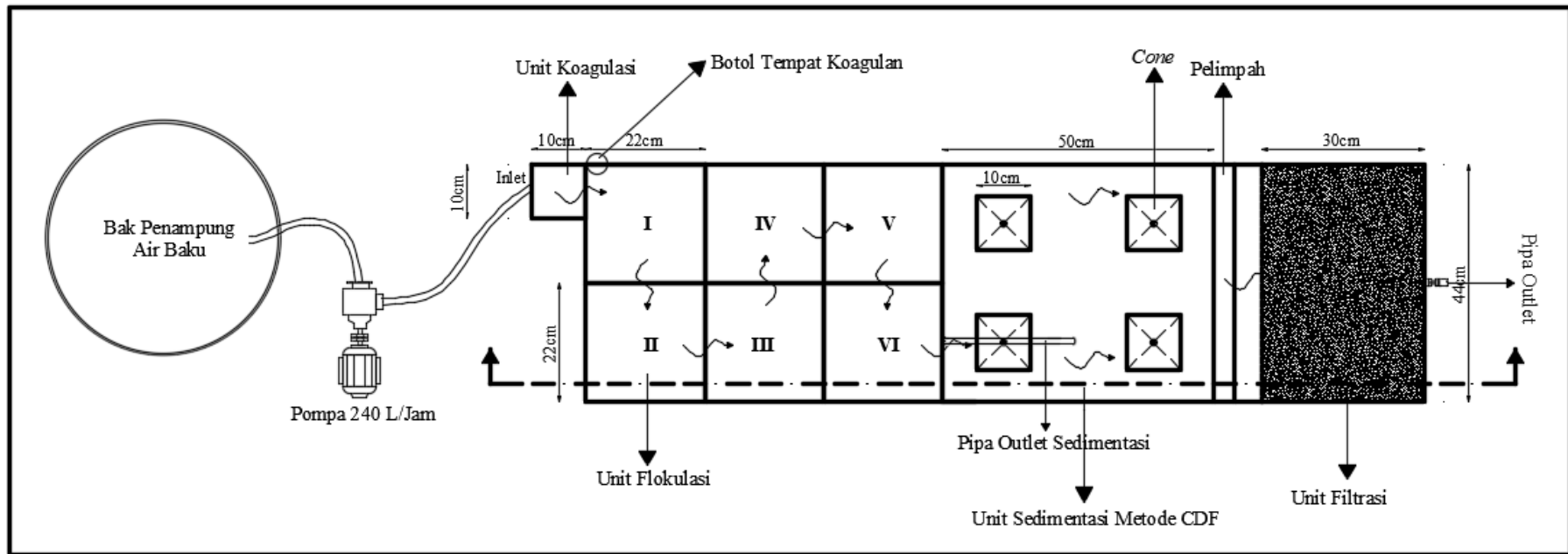
Rekapitulasi hasil perhitungan desain paket IPA metode CDF yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 4.5**.

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	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)	/s	60-10	55-5	50-5	60-5	Memenuhi
Kecepatan Aliran (v)	m/s	$1,30 \times 10^{-3}$	$2,00 \times 10^{-3}$	$3,00 \times 10^{-3}$	<0,9	Memenuhi
Unit Sedimentasi						
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	0,54	0,54	0,54	-	-
Kedalaman (h)	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 (N _{re})		65,72	130,54	160,89	< 2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi

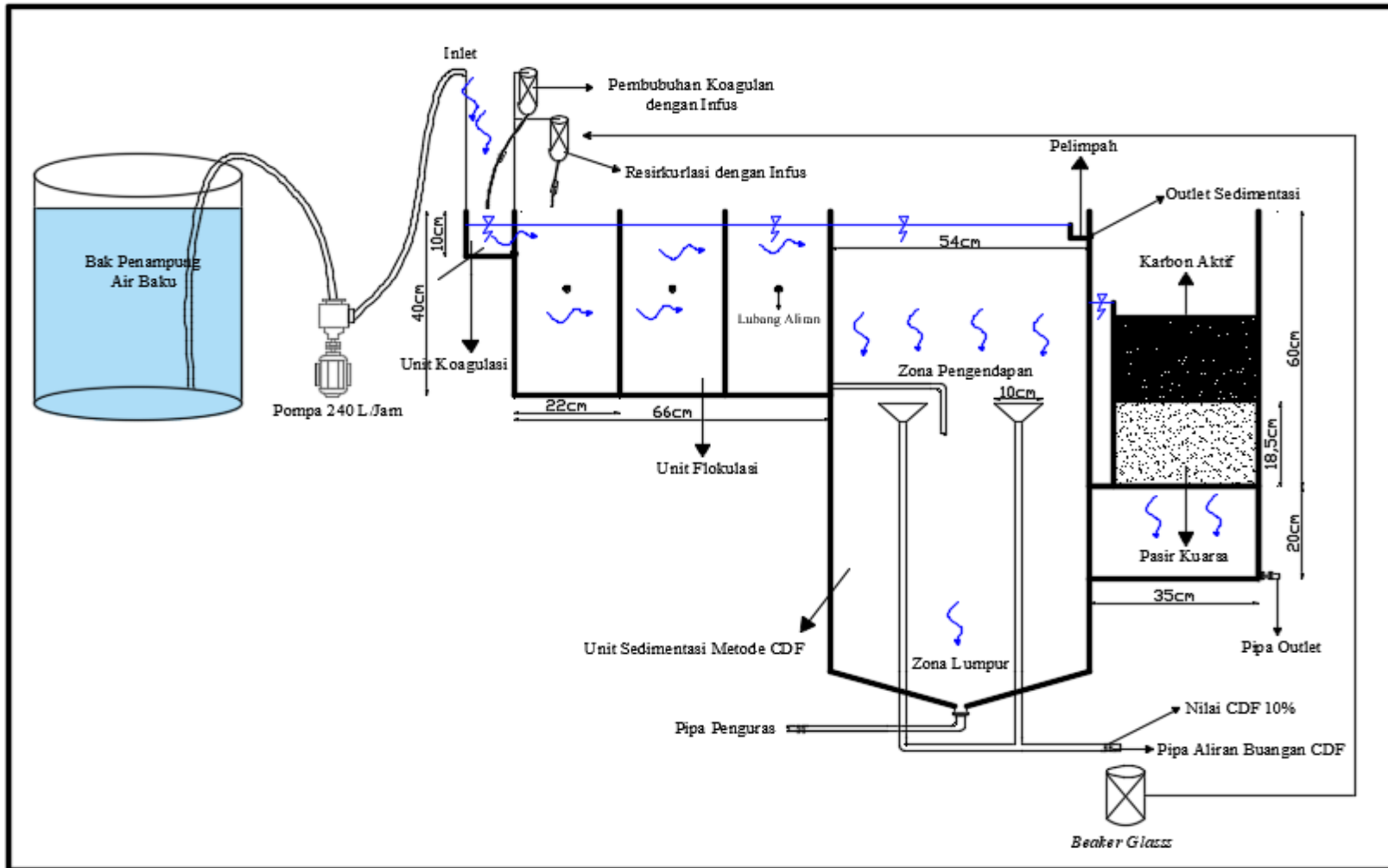
Parameter Desain	Satuan	Debit (L/jam)			Kriteria Desain Alat	Keterangan
		240	360	480		
Bilangan Froude (N_{Fr})		$1,96 \times 10^{-4}$	$2,52 \times 10^{-4}$	$3,11 \times 10^{-4}$	$> 10^{-5}$ (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Diameter Pipa CDF	cm	10	10	10	-	-
Resirkulasi Aliran CDF	%	100	100	100	-	-
Rasio Luas 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
Bilangan Reynolds (N_{Re})		66,81	100,22	133,63	< 2.000 (SNI 6774:2008)	Memenuhi
Bilangan Froude (N_{Fr})		$6,06 \times 10^{-4}$	$9,08 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-3}$	$> 10^{-5}$ (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	-	-

Gambar *layout* dan potongan reaktor paket IPA *double media* berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2**.



Gambar 4.1 *Layout Reaktor Paket IPA Metode CDF Double Media*





Gambar 4.2 Potongan Reaktor Paket IPA Metode CDF Double Media

4.3 Air Baku Artifisial

Penelitian ini menggunakan air baku artifisial dengan kekeruhan sebesar 124,00 NTU dan logam Mn sebesar 4,7 mg/L. Perhitungan pembuatan air baku artifisial dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Karakteristik air baku artifisial setelah dicapai kekeruhan dan logam Mn yang diinginkan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Karakteristik Air Baku Artifisial

Karakteristik	Nilai
Kekeruhan (NTU)	124,00
Mn (mg/L)	4,7
pH	6,5
Suhu (°C)	25

4.4 Dosis Optimum Koagulan

Dosis optimum koagulan yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dengan melakukan *jar test* dan menggunakan koagulan PAC. Penentuan dosis optimum koagulan dilakukan dengan mengamati dosis yang menghasilkan flok yang lebih besar dan banyak, waktu pengendapan paling cepat, serta nilai kekeruhan akhir yang paling rendah. Hasil penentuan dosis optimum koagulan PAC disajikan pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Penentuan Dosis Optimum Koagulan PAC

Dosis (mL)	Kekeruhan Awal (NTU)	pH Awal	Suhu (°C)	Ukuran Flok	Waktu Pengendapan	pH Akhir	Kekeruhan Akhir (NTU)
0,5	124,00	6,5	25	+++	08:56,10	6,4	7,66
1				+++	08:27,07	6,3	7,12
1,5				++	10:31,24	6,3	12,77
2				++	10:59,36	6,2	17,80
2,5				+	12:45,52	6,1	19,00
3				+	13:58,03	6,1	21,10

Keterangan:

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

Berdasarkan **Tabel 4.7** didapatkan dosis koagulan optimum yang digunakan untuk air baku artifisial yaitu sebanyak 1 mL. Dosis koagulan 1 mL menghasilkan flok yang lebih besar dan banyak, waktu pengendapan paling cepat, serta nilai kekeruhan akhir yang paling rendah. Nilai kekeruhan akhir yang diperoleh dengan menggunakan dosis koagulan 1 mL yaitu 7,12 NTU dengan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 94,26%.

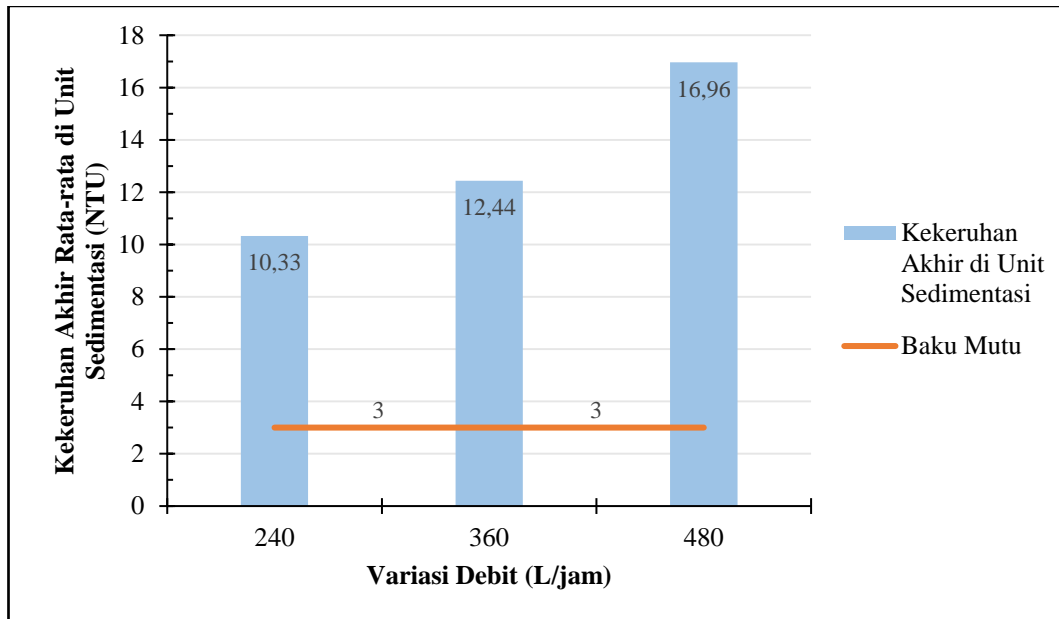
4.5 Analisis Penyisihan Kekeruhan dan Logam Mangan (Mn)

Penelitian ini dilakukan menggunakan reaktor paket IPA metode CDF dengan menganalisis efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam mangan dalam air baku pada paket IPA dan menganalisis pengaruh variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam mangan. Percobaan dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan variasi debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (*triplo*) dengan pengambilan data sebanyak lima kali untuk setiap variasi debit.

Percobaan telah dilakukan pada paket IPA metode CDF dan menunjukkan hasil bahwa adanya perbedaan antara efisiensi penyisihan parameter yang diolah pada debit desain dengan variasi debit yang digunakan pada penelitian ini. Analisis pengaruh variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam mangan dilakukan secara statistik menggunakan aplikasi SPSS versi 23 dengan prinsip analisis korelasi *Rank Spearman*. Analisis korelasi *Rank Spearman* merupakan salah satu uji statistik non parametrik yang bertujuan untuk melihat signifikansi hubungan antara dua variabel, kekuatan atau keeratan hubungannya, serta arah hubungan antara suatu variabel apakah searah atau tidak searah.

4.5.1 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

Nilai kekeruhan didapatkan dari air olahan yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi dan diukur menggunakan *turbidimeter*. Penyisihan kekeruhan diamati melalui rangkaian unit pengolahan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi metode CDF pada debit desain 240 L/jam dan *uprating* variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*) dengan pengambilan data sebanyak 5 kali setiap 5 menit. Data kekeruhan akhir merupakan rata-rata dari nilai kekeruhan yang didapatkan dengan pengambilan sampel di *outlet* sedimentasi. Data kekeruhan akhir di unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu

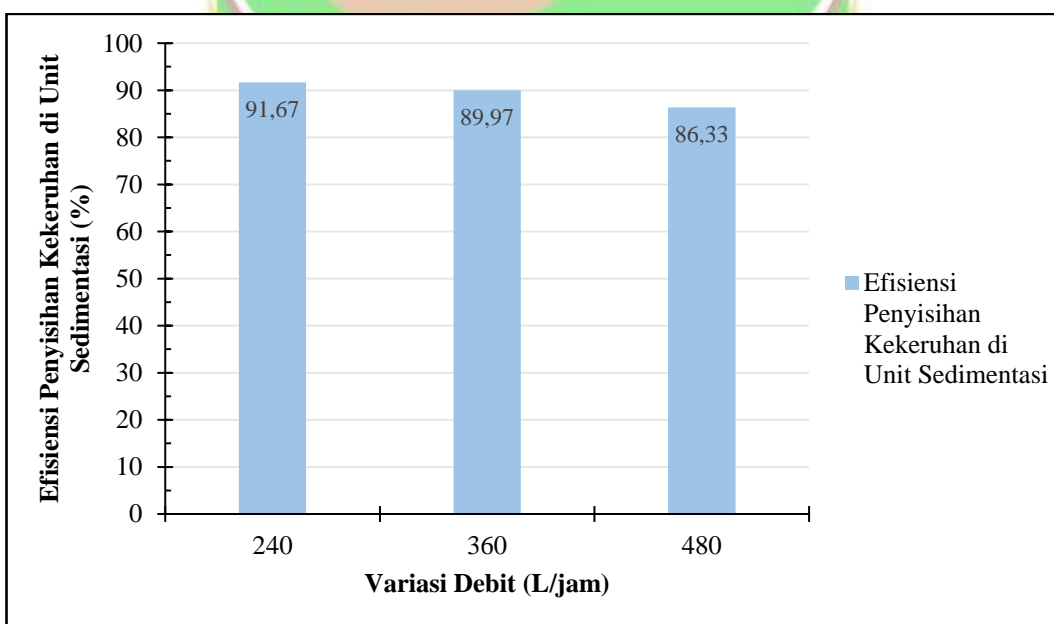
Pada **Gambar 4.3** dapat dilihat rata-rata kekeruhan akhir air hasil olahan yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam berturut-turut adalah 10,33 NTU, 12,44 NTU, dan 16,96 NTU. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, batas nilai yang diperbolehkan untuk parameter kekeruhan adalah < 3 NTU. Jika dibandingkan dengan peraturan tersebut, nilai kekeruhan akhir di *outlet* unit sedimentasi masih belum memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, dibutuhkan pengolahan lebih lanjut pada unit filtrasi agar dapat menurunkan nilai kekeruhan. Data perbandingan efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata di unit sedimentasi metode CDF pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Sedimentasi Metode CDF oleh Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan	Penelitian
1	Unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan <i>baffle channel</i> , dan unit sedimentasi metode CDF dengan kekeruhan 110,24 NTU.	92,44% (240 L/jam) 90,47% (360 L/jam) 88,30% (480 L/jam)	Yolandita, 2022
2	Unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan <i>baffle channel</i> , unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi <i>single media</i> berupa pasir kuarsa dengan kekeruhan 124,91 NTU.	95,71% (240 L/jam) 94,98% (360 L/jam) 93,53% (480 L/jam)	Anggika, 2022

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan	Penelitian
3	Unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan <i>baffled channel</i> , unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi <i>double media</i> berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dengan kekeruhan 124,00 NTU.	91,67% (240 L/jam) 89,97% (360 L/jam) 86,33% (480 L/jam)	Penelitian ini

Berdasarkan **Tabel 4.8**, efisiensi penyisihan kekeruhan di unit sedimentasi metode CDF pada penelitian ini sebesar 91,67% pada debit 240 L/jam, 89,97% pada debit 360 L/jam, dan 86,33% pada debit 480 L/jam. Penelitian Yolandita (2022) menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 92,44% pada debit 240 L/jam, 90,47% pada debit 360 L/jam, dan 88,30% pada debit 480 L/jam. Selanjutnya pada penelitian Anggika (2022), didapatkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 95,71% pada debit 240 L/jam, 94,98% pada debit 360 L/jam, dan 93,53% pada debit 480 L/jam. Perbedaan efisiensi penyisihan ini dapat terjadi karena air baku artifisial yang digunakan pada penelitian ini mengandung mangan terlarut, dimana air yang mengandung mangan berlebih dapat menyebabkan kekeruhan. Penyisihan kandungan mangan tidak maksimal jika hanya mengandalkan unit sedimentasi. Efisiensi penyisihan kekeruhan di unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

Pada **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan kekeruhan pada debit desain 240 L/jam lebih besar dibandingkan dengan efisiensi penyisihan pada variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata di unit sedimentasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam berturut-turut adalah 91,67%, 89,97%, dan 86,33%. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi berbanding terbalik dengan variasi debit yaitu semakin besar debit yang digunakan maka efisiensi penyisihan kekeruhan akan semakin kecil. Hubungan variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan air baku kemudian diukur secara statistik menggunakan analisis *Rank Spearman* pada aplikasi SPSS. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

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

<i>Correlations</i>				
			Variasi Debit	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-0,943**
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,000
		N	45	45
	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi	<i>Correlation Coefficient</i>	-0,943**	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000	
		N	45	45

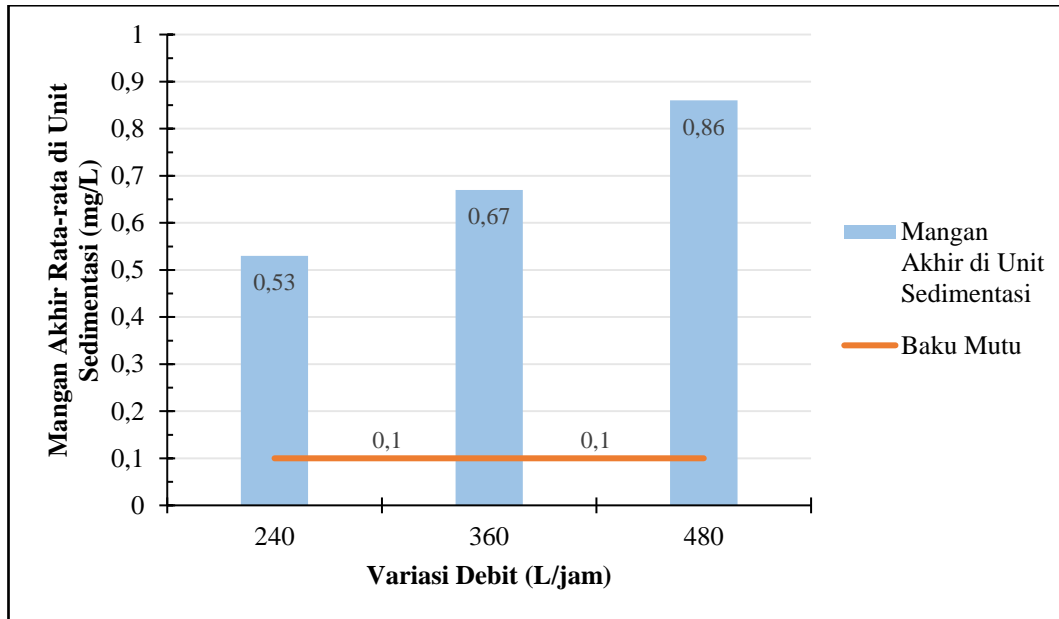
**Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)

Berdasarkan **Tabel 4.9** dapat dilihat bahwa nilai korelasi antara variasi debit dengan efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi yang diperoleh sebesar 0,943 menyatakan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel. Nilai koefisien korelasi yang negatif (-) menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak searah atau berbanding terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar debit air baku maka efisiensi penyisihan kekeruhan semakin menurun, begitupun sebaliknya. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,000 (< 0,01) yang menyatakan bahwa kedua variabel tersebut berkorelasi dan saling berpengaruh.

4.5.2 Efisiensi Penyisihan Logam Mangan (Mn) di Unit Sedimentasi

Kadar mangan didapatkan dari air olahan yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi dan diukur menggunakan *manganese colorimeter*. Penyisihan mangan diamati

melalui rangkaian unit pengolahan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi metode CDF pada debit desain 240 L/jam dan *uprating* variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*) dengan pengambilan data sebanyak 5 kali setiap 5 menit. Data mangan akhir merupakan rata-rata dari kadar mangan yang didapatkan dengan pengambilan sampel di *outlet* sedimentasi. Data mangan akhir di unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



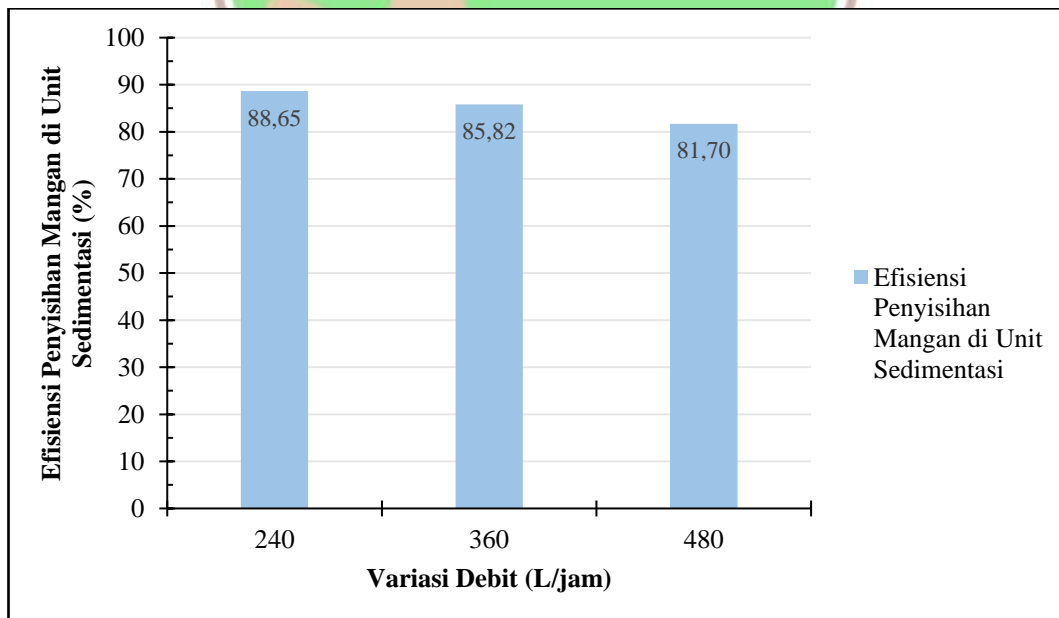
Gambar 4.5 Perbandingan Mangan Akhir di Unit Sedimentasi dengan Baku Mutu

Pada **Gambar 4.5** dapat dilihat rata-rata kadar mangan akhir air hasil olahan yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam berturut-turut adalah 0,53 mg/L, 0,67 mg/L, dan 0,86 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, batas nilai yang diperbolehkan untuk parameter mangan adalah 0,1 mg/L. Jika dibandingkan dengan peraturan tersebut, kadar mangan akhir di *outlet* unit sedimentasi masih belum memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, dibutuhkan pengolahan lebih lanjut pada unit filtrasi agar dapat menurunkan kadar mangan. Data perbandingan efisiensi penyisihan mangan rata-rata di unit sedimentasi pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Efisiensi Penyisihan Mangan di Sedimentasi oleh Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan Mangan	Penelitian
1	Unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi dengan kandungan mangan 0,84 mg/L.	97,62%	Qurba, 2021
2	Unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan <i>baffled channel</i> , unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi <i>double media</i> berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dengan kandungan mangan 4,7 mg/L.	88,65% (240 L/jam) 85,82% (360 L/jam) 81,70% (480 L/jam)	Penelitian ini

Berdasarkan **Tabel 4.10**, efisiensi penyisihan mangan di unit sedimentasi pada penelitian ini sebesar 88,65% pada debit 240 L/jam, 85,82% pada debit 360 L/jam, dan 81,70% pada debit 480 L/jam dengan kandungan mangan awal sebesar 4,7 mg/L. Penelitian Qurba (2021) menghasilkan efisiensi penyisihan mangan sebesar 97,62% dengan kandungan mangan awal sebesar 0,84 mg/L. Perbedaan efisiensi penyisihan ini dapat terjadi karena kandungan mangan awal pada penelitian Qurba (2021) lebih rendah dibandingkan penelitian ini. Reaktor paket IPA yang digunakan juga dapat mempengaruhi perbedaan efisiensi penyisihan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Efisiensi penyisihan mangan di unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Sedimentasi

Pada **Gambar 4.6** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan mangan pada debit desain 240 L/jam lebih besar dibandingkan dengan efisiensi penyisihan pada variasi

debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Efisiensi penyisihan mangan rata-rata di unit sedimentasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam berturut-turut adalah 88,65%, 85,82%, dan 81,70%. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan mangan pada unit sedimentasi berbanding terbalik dengan variasi debit yaitu semakin besar debit yang digunakan maka efisiensi penyisihan mangan akan semakin kecil. Hubungan variasi debit terhadap efisiensi penyisihan mangan dalam air baku kemudian diukur secara statistik menggunakan analisis *Rank Spearman* pada aplikasi SPSS. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

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

<i>Correlations</i>				
			Variasi Debit	Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Sedimentasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-0,937**
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,000
		N	45	45
	Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Sedimentasi	<i>Correlation Coefficient</i>	-0,937**	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000	
		N	45	45

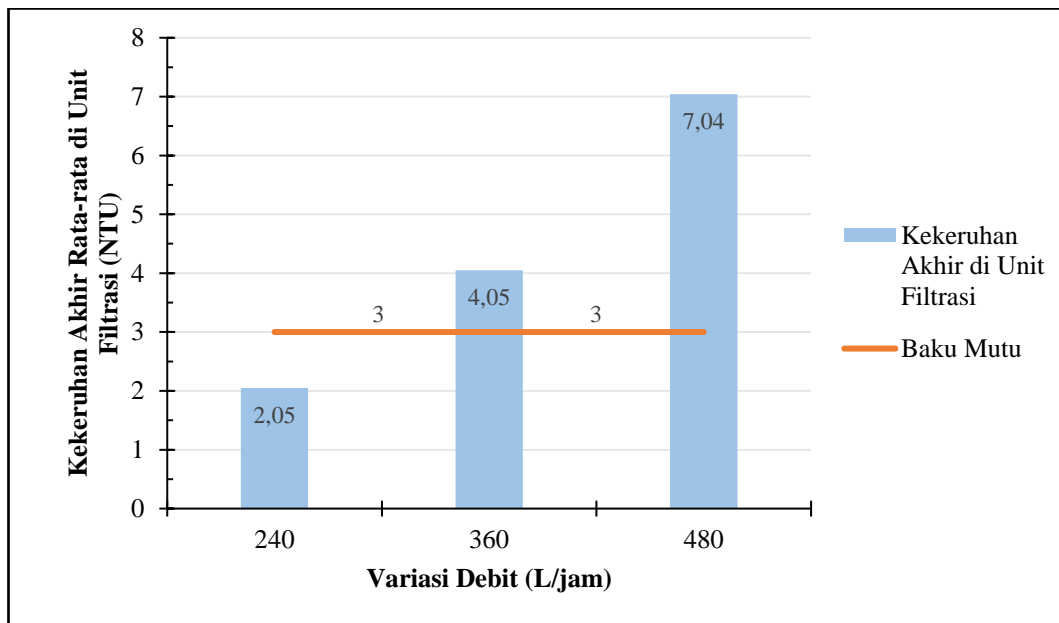
***Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)*

Berdasarkan **Tabel 4.11** dapat dilihat bahwa nilai korelasi antara variasi debit dengan efisiensi penyisihan mangan pada unit sedimentasi yang diperoleh sebesar 0,937 menyatakan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel. Nilai koefisien korelasi yang negatif (-) menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak searah atau berbanding terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar debit air baku maka efisiensi penyisihan mangan semakin menurun, begitupun sebaliknya. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,000 (< 0,01) yang menyatakan bahwa kedua variabel tersebut berkorelasi dan saling berpengaruh.

4.5.3 Efisiensi Penyisihan Kekerusuhan di Unit Filtrasi

Nilai kekeruhan didapatkan dari air olahan yang keluar dari *outlet* unit filtrasi dan diukur menggunakan *turbidimeter*. Hasil pengukuran menggunakan *turbidimeter* telah dicocokkan dengan hasil pengukuran di Laboratorium Kesehatan Gn. Pangilun Padang, dan ditemukan bahwa nilai kekeruhan yang didapatkan hampir

identik. Penyisihan kekeruhan diamati melalui rangkaian unit pengolahan koagulasi, flokulasi, sedimentasi metode CDF, serta filtrasi *double media* berupa karbon aktif dan pasir kuarsa pada debit desain 240 L/jam dan *uprating* variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*) dengan pengambilan data sebanyak 5 kali setiap 5 menit. Data kekeruhan akhir merupakan rata-rata dari nilai kekeruhan yang didapatkan dengan pengambilan sampel di *outlet* filtrasi. Data kekeruhan akhir di unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



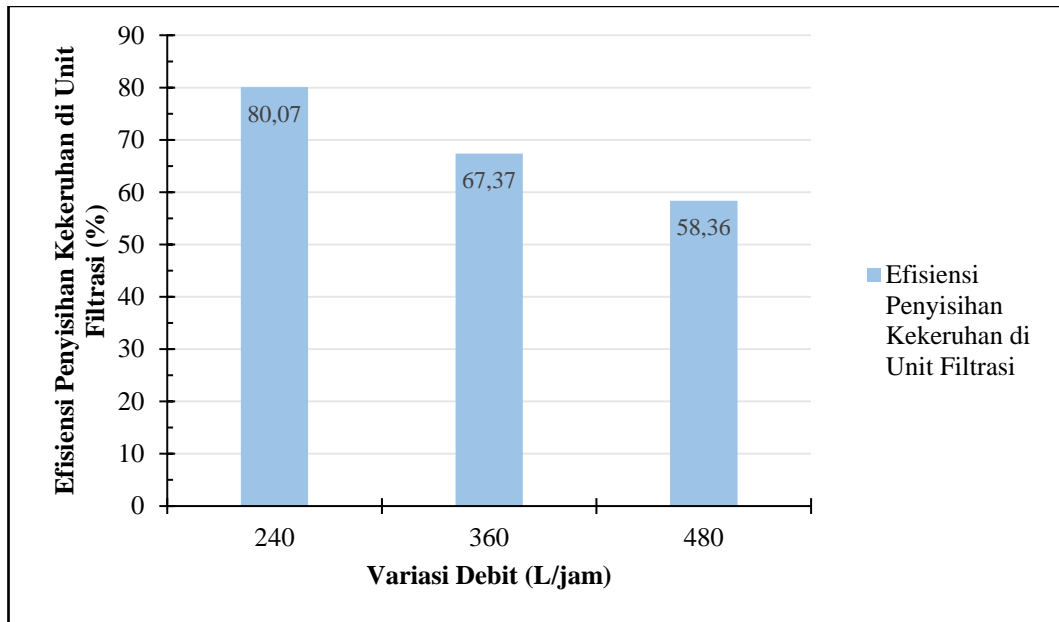
Gambar 4.7 Perbandingan Kekeruhan Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu

Pada **Gambar 4.7** dapat dilihat rata-rata kekeruhan akhir air hasil olahan yang keluar dari *outlet* unit filtrasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam berturut-turut adalah 2,05 NTU, 4,05 NTU, dan 7,04 NTU. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, batas nilai yang diperbolehkan untuk parameter kekeruhan adalah < 3 NTU. Jika dibandingkan dengan peraturan tersebut, nilai kekeruhan akhir di *outlet* unit filtrasi telah memenuhi baku mutu pada debit desain 240 L/jam namun masih belum memenuhi baku mutu pada variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Data perbandingan efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata di unit filtrasi pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan	Penelitian
1	Unit filtrasi media karbon aktif dan pasir silika dengan kekeruhan 87,1 NTU.	87,69%	Ningrum, 2020.
2	Unit filtrasi media pasir besi dengan kekeruhan 34,4 NTU.	96,84%	Mulia, 2021.
3	Unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan <i>baffle channel</i> , unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi <i>single media</i> berupa pasir kuarsa dengan kekeruhan 124,91 NTU.	70,15% (240 L/jam) 49,36% (360 L/jam) 45,24% (480 L/jam)	Anggika, 2022.
4	Unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan <i>baffled channel</i> , unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi <i>double media</i> berupa karbon aktif dan pasir kuarsa dengan kekeruhan 124,00 NTU.	80,07% (240 L/jam) 67,37% (360 L/jam) 58,36% (480 L/jam)	Penelitian ini

Berdasarkan **Tabel 4.12**, efisiensi penyisihan kekeruhan di unit filtrasi pada penelitian ini sebesar 80,07% pada debit 240 L/jam, 67,37% pada debit 360 L/jam, dan 58,36% pada debit 480 L/jam. Terdapat perbedaan efisiensi penyisihan kekeruhan pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan kekeruhan awal dan media filter yang digunakan pada unit filtrasi. Penelitian Ningrum (2020) menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 87,69%, sedangkan penelitian Mulia (2021) menghasilkan penyisihan kekeruhan sebesar 96,84%. Selanjutnya pada penelitian Anggika (2022), didapatkan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 70,15% pada debit 240 L/jam, 49,36% pada debit 360 L/jam, dan 45,24% pada debit 480 L/jam. Efisiensi penyisihan kekeruhan di unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi

Pada **Gambar 4.8** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan kekeruhan pada debit desain 240 L/jam lebih besar dibandingkan dengan efisiensi penyisihan pada variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata di unit filtrasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam berturut-turut adalah 80,07%, 67,37%, dan 58,36%. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi berbanding terbalik dengan variasi debit yaitu semakin besar debit yang digunakan maka efisiensi penyisihan kekeruhan akan semakin kecil. Hubungan variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan air baku kemudian diukur secara statistik menggunakan analisis *Rank Spearman* pada aplikasi SPSS. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

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

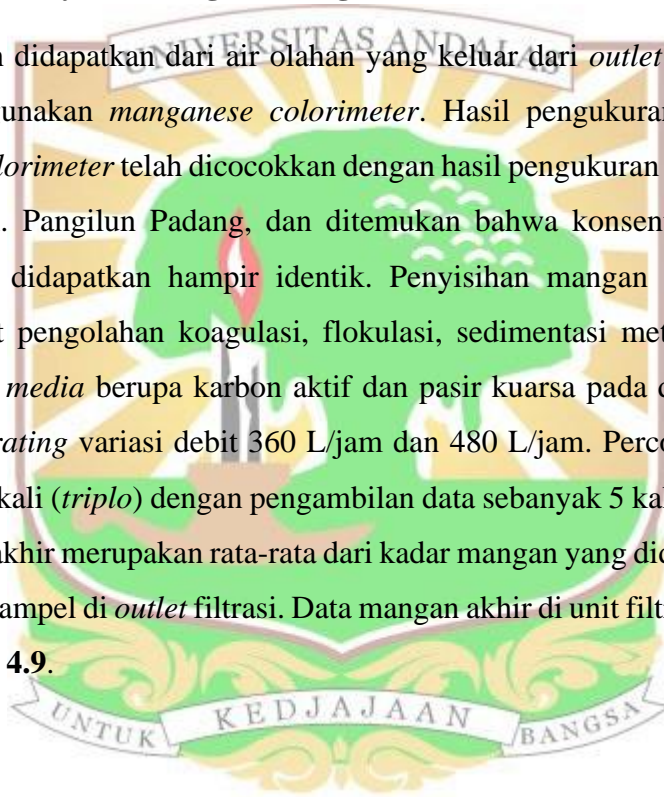
<i>Correlations</i>				
			Variasi Debit	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-0,916**
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,000
		N	45	45
	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi	<i>Correlation Coefficient</i>	-0,916**	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000	
		N	45	45

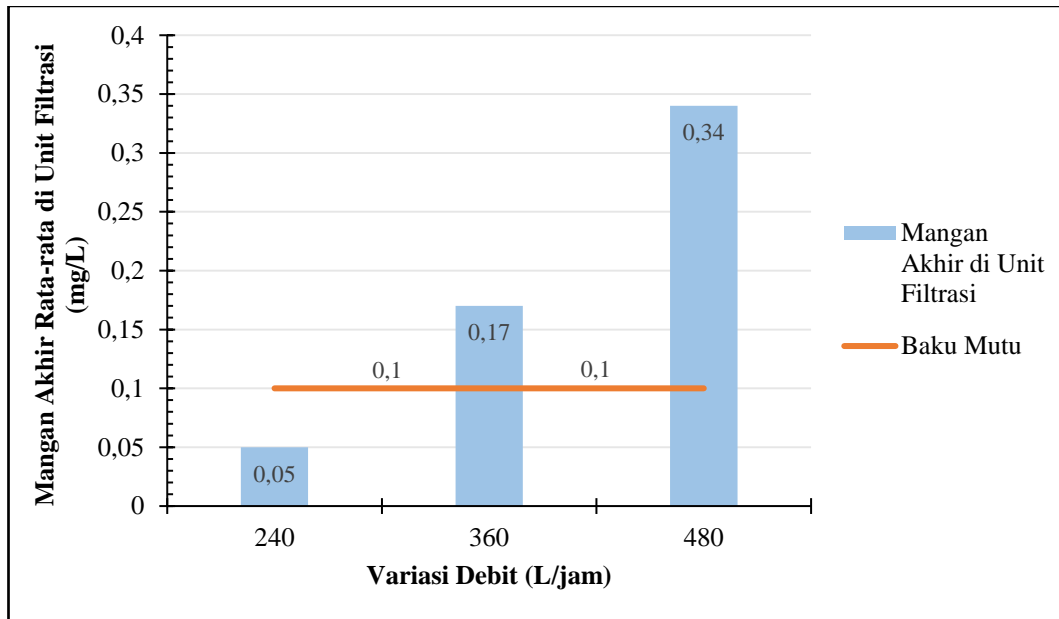
**Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)

Berdasarkan **Tabel 4.13** dapat dilihat bahwa nilai korelasi antara variasi debit dengan efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi yang diperoleh sebesar 0,916 menyatakan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel. Nilai koefisien korelasi yang negatif (-) menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak searah atau berbanding terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar debit air baku maka efisiensi penyisihan kekeruhan semakin menurun, begitupun sebaliknya. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,000 ($< 0,01$) yang menyatakan bahwa kedua variabel tersebut berkorelasi dan saling berpengaruh.

4.5.4 Efisiensi Penyisihan Logam Mangan (Mn) di Unit Filtrasi

Kadar mangan didapatkan dari air olahan yang keluar dari *outlet* unit filtrasi dan diukur menggunakan *manganese colorimeter*. Hasil pengukuran menggunakan *manganese colorimeter* telah dicocokkan dengan hasil pengukuran di Laboratorium Kesehatan Gn. Pangilun Padang, dan ditemukan bahwa konsentrasi kandungan mangan yang didapatkan hampir identik. Penyisihan mangan diamati melalui rangkaian unit pengolahan koagulasi, flokulasi, sedimentasi metode CDF, serta filtrasi *double media* berupa karbon aktif dan pasir kuarsa pada debit desain 240 L/jam dan *uprating* variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*) dengan pengambilan data sebanyak 5 kali setiap 5 menit. Data mangan akhir merupakan rata-rata dari kadar mangan yang didapatkan dengan pengambilan sampel di *outlet* filtrasi. Data mangan akhir di unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.





Gambar 4.9 Perbandingan Mangan Akhir di Unit Filtrasi dengan Baku Mutu

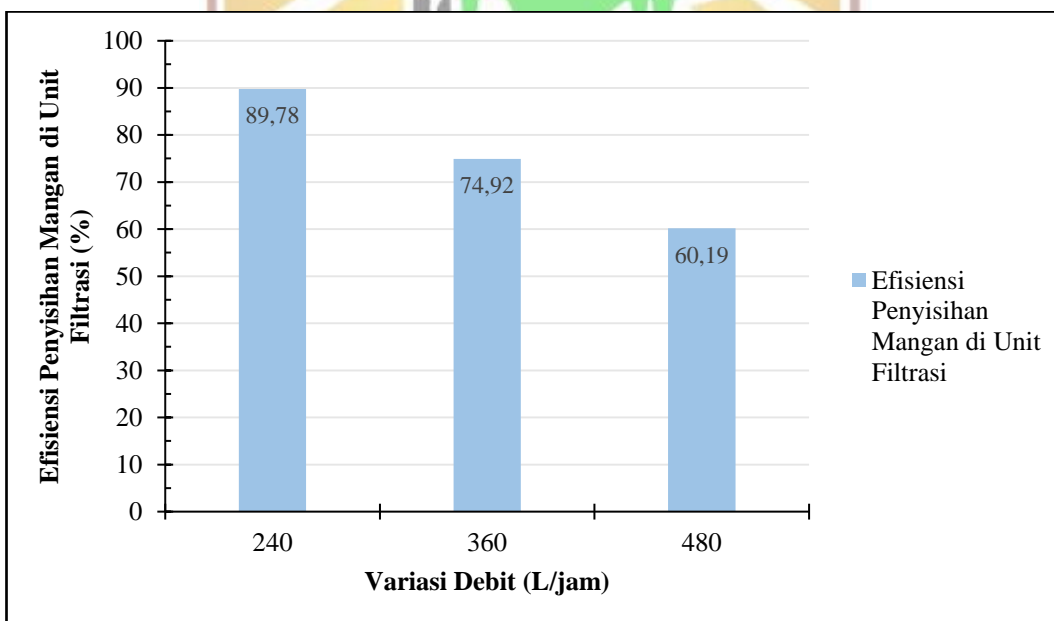
Pada **Gambar 4.9** dapat dilihat rata-rata kadar mangan akhir air hasil olahan yang keluar dari *outlet* unit filtrasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam berturut-turut adalah 0,05 mg/L, 0,17 mg/L, dan 0,34 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, batas nilai yang diperbolehkan untuk parameter mangan adalah 0,1 mg/L. Jika dibandingkan dengan peraturan tersebut, kadar mangan akhir di *outlet* unit filtrasi telah memenuhi baku mutu pada debit desain 240 L/jam namun masih belum memenuhi baku mutu pada variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Data perbandingan efisiensi penyisihan mangan rata-rata di unit filtrasi pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

Tabel 4.14 Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Filtrasi oleh Penelitian Sebelumnya

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan Mangan	Penelitian
1	Unit filtrasi media zeolit alam, <i>manganese green sand</i> , dan zeolit teraktivasi dengan pemanasan dengan kandungan mangan 2,53 mg/L.	99,60% (zeolit alam) 99,60% (<i>manganese green sand</i>) 96,09% (zeolit teraktivasi)	Rachmah, 2014.
2	Unit filtrasi media karbon aktif (25%) dan zeolit (75%) dengan kandungan mangan 1,35 mg/L	99,04%	Daulay, dkk., 2019.
3	Unit filtrasi media pasir besi dengan kandungan mangan 2,29 mg/L.	91,72%	Mulia, 2021.
4	Unit koagulasi hidrolis berupa terjunan, flokulasi hidrolis dengan <i>baffled channel</i> , unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi <i>double media</i> berupa	89,78% (240 L/jam) 74,92% (360 L/jam) 60,19% (480 L/jam)	Penelitian ini

No.	Rancangan Sistem Pengolahan	Efisiensi Penyisihan Mangan	Penelitian
	karbon aktif dan pasir kuarsa dengan kandungan mangan 4,7 mg/L.		

Berdasarkan **Tabel 4.14**, efisiensi penyisihan mangan di unit filtrasi pada penelitian ini sebesar 89,78% pada debit 240 L/jam, 74,92% pada debit 360 L/jam, dan 60,19% pada debit 480 L/jam. Terdapat perbedaan efisiensi penyisihan mangan pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan mangan awal dan media filter yang digunakan pada unit filtrasi. Penelitian Rachmah (2014) menghasilkan efisiensi penyisihan mangan sebesar 99,60% dengan media filter zeolit alam, 99,60% dengan media *manganese green sand*, dan 96,09% dengan media filter zeolit teraktivasi. Pada penelitian Daulay, dkk. (2019), didapatkan efisiensi penyisihan mangan sebesar 99,04% dengan media karbon aktif (25%) dan zeolit (75%), sedangkan pada penelitian Mulia (2021) didapatkan efisiensi penyisihan mangan sebesar 91,72% dengan media pasir besi. Efisiensi penyisihan kekeruhan di unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Filtrasi

Pada **Gambar 4.10** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan mangan pada debit desain 240 L/jam lebih besar dibandingkan dengan efisiensi penyisihan pada variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam. Efisiensi penyisihan mangan rata-rata di unit filtrasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam dan 480 L/jam berturut-turut adalah 89,78%,

74,92%, dan 60,19%. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan mangan pada unit filtrasi berbanding terbalik dengan variasi debit yaitu semakin besar debit yang digunakan maka efisiensi penyisihan mangan akan semakin kecil. Hubungan variasi debit terhadap efisiensi penyisihan mangan dalam air baku kemudian diukur secara statistik menggunakan analisis *Rank Spearman* pada aplikasi SPSS. Nilai dari korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.

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

<i>Correlations</i>				
			Variasi Debit	Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Filtrasi
<i>Spearman's rho</i>	Variasi Debit	<i>Correlation Coefficient</i>	1,000	-0,831**
		<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,000
		N	45	45
	Efisiensi Penyisihan Mangan di Unit Filtrasi	<i>Correlation Coefficient</i>	-0,831**	1,000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000	
		N	45	45

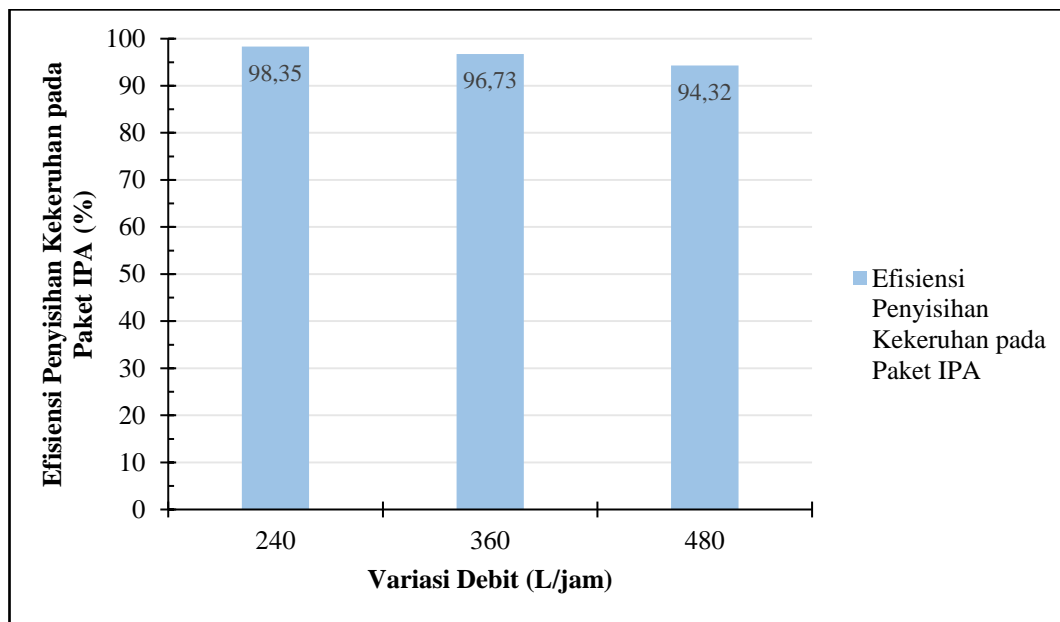
***Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)*

Berdasarkan **Tabel 4.15** dapat dilihat bahwa nilai korelasi antara variasi debit dengan efisiensi penyisihan mangan pada unit filtrasi yang diperoleh sebesar 0,831 menyatakan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel. Nilai koefisien korelasi yang negatif (-) menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak searah atau berbanding terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar debit air baku maka efisiensi penyisihan mangan semakin menurun, begitupun sebaliknya. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,000 (< 0,01) yang menyatakan bahwa kedua variabel tersebut berkorelasi dan saling berpengaruh.

4.5.5 Efisiensi Penyisihan Keketuhan pada Paket IPA

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, diperoleh data kekeruhan akhir pada *outlet* paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF serta filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai kekeruhan pada air baku setelah mengalami proses pengolahan melalui unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi. Efisiensi penyisihan kekeruhan dinyatakan dalam persentase yang mencerminkan jumlah

kekeruhan yang dapat disisihkan oleh reaktor paket IPA pada percobaan ini. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada Paket IPA dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.

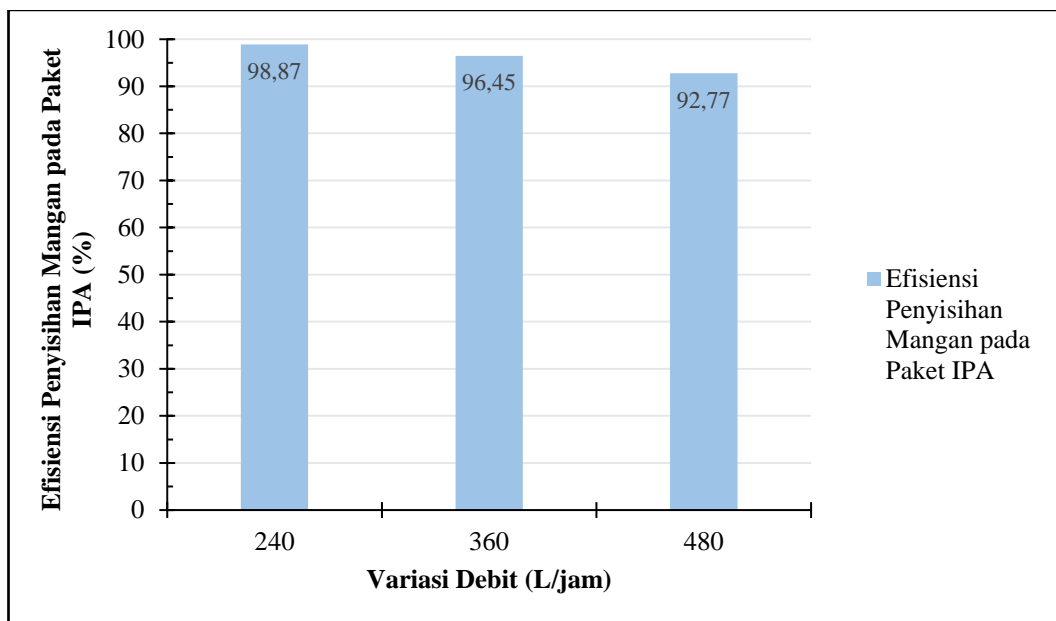


Gambar 4.11 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada Paket IPA

Pada **Gambar 4.11** dapat dilihat efisiensi penyisihan kekeruhan pada paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF serta filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa. Paket IPA mampu mengolah air baku dengan kekeruhan awal sebesar 124,00 NTU dengan tingkat efisiensi penyisihan kekeruhan pada masing-masing debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam adalah 98,35%, 96,73% dan 94,32%. Rata-rata nilai kekeruhan akhir yang diperoleh berturut-turut sebesar 2,05 NTU, 4,05 NTU, dan 7,04 NTU.

4.5.6 Efisiensi Penyisihan Logam Mangan (Mn) pada Paket IPA

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, diperoleh data mangan akhir pada *outlet* paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF serta filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar mangan pada air baku setelah mengalami proses pengolahan melalui unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi. Efisiensi penyisihan mangan dinyatakan dalam persentase yang mencerminkan jumlah mangan yang dapat disisihkan oleh reaktor paket IPA pada percobaan ini. Efisiensi penyisihan mangan pada Paket IPA dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12 Efisiensi Penyisihan Mangan pada Paket IPA

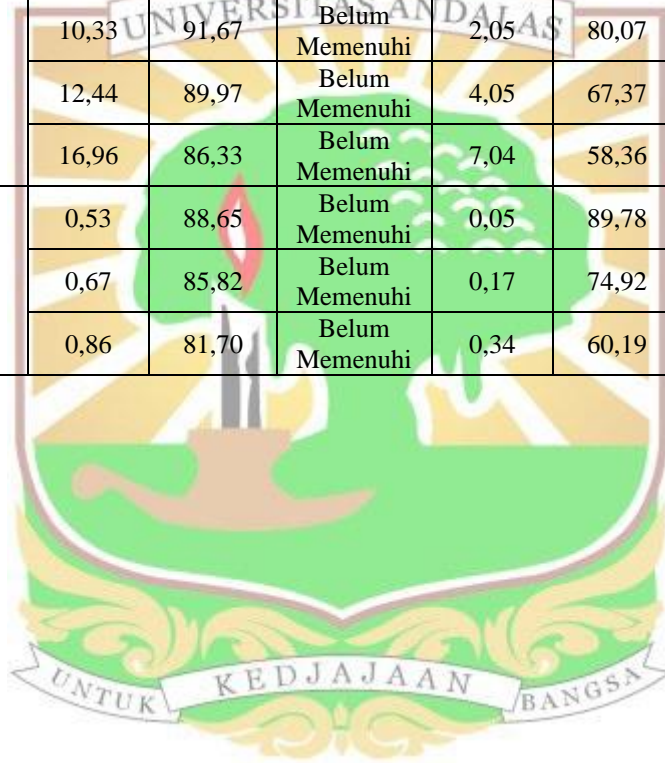
Pada **Gambar 4.12** dapat dilihat efisiensi penyisihan mangan pada paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF serta filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa. Paket IPA mampu mengolah air baku dengan mangan awal sebesar 14,7 mg/L dengan tingkat efisiensi penyisihan mangan pada masing-masing debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam adalah 98,87%, 96,45% dan 92,77%. Rata-rata nilai mangan akhir yang diperoleh berturut-turut sebesar 0,05 mg/L, 0,17 mg/L, dan 0,34 mg/L.

4.5.7 Rekapitulasi Hasil Penelitian

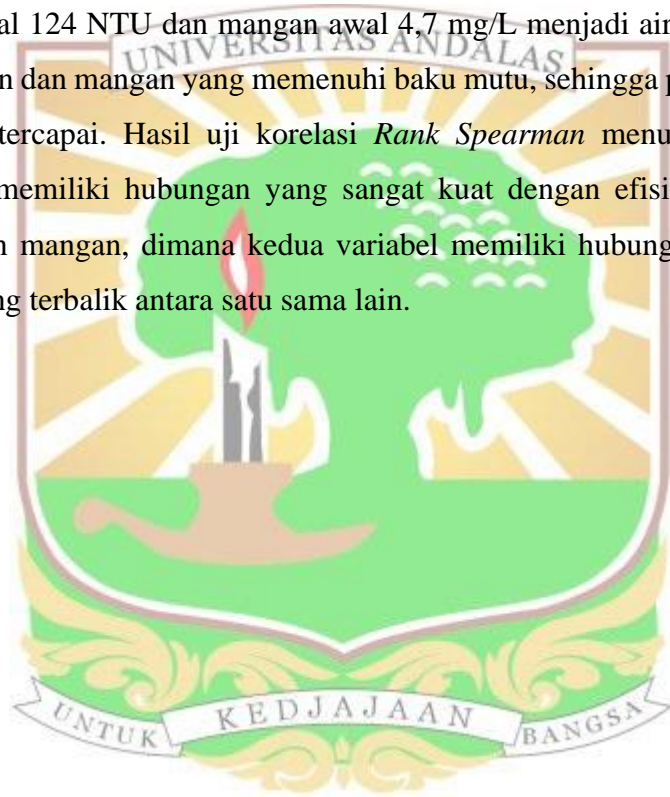
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan air olahan yang keluar dari *outlet* unit sedimentasi dan filtrasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam. Kemudian dilakukan analisis korelasi *Rank Spearman* untuk melihat hubungan dan pengaruh variasi debit terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan air hasil olahan. Nilai kekeruhan dan mangan akhir di *outlet* unit sedimentasi dan filtrasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam dibandingkan dengan baku mutu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 yang dirangkum pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Data Hasil Penelitian

Parameter	Variasi Debit (L/jam)	Nilai Awal	Baku Mutu (Permenkes No. 2 Tahun 2023)	Unit Sedimentasi			Unit Filtrasi			Paket IPA		
				Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.	Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.	Nilai Akhir	Efisiensi (%)	Ket.
Kekeruhan (NTU)	240	124	< 3	10,33	91,67	Belum Memenuhi	2,05	80,07	Memenuhi	2,05	98,35	Memenuhi
	360			12,44	89,97	Belum Memenuhi	4,05	67,37	Belum Memenuhi	4,05	96,73	Belum Memenuhi
	480			16,96	86,33	Belum Memenuhi	7,04	58,36	Belum Memenuhi	7,04	94,32	Belum Memenuhi
Mn (mg/L)	240	4,7	0,1	0,53	88,65	Belum Memenuhi	0,05	89,78	Memenuhi	0,05	98,87	Memenuhi
	360			0,67	85,82	Belum Memenuhi	0,17	74,92	Belum Memenuhi	0,17	96,45	Belum Memenuhi
	480			0,86	81,70	Belum Memenuhi	0,34	60,19	Belum Memenuhi	0,34	92,77	Belum Memenuhi



Berdasarkan rekapitulasi data hasil penelitian pada **Tabel 4.20**, kekeruhan dan mangan akhir di unit sedimentasi masih belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 untuk seluruh variasi debit. Penambahan unit filtrasi *double media* berupa karbon aktif dan pasir kuarsa sebagai pengolahan lanjutan setelah unit sedimentasi metode CDF menghasilkan nilai kekeruhan dan mangan akhir yang memenuhi baku mutu pada debit 240 L/jam, sedangkan pada debit 360 L/jam dan 480 L/jam masih belum memenuhi baku mutu namun nilai akhir setelah pengolahan cukup mendekati baku mutu. Hal tersebut berarti bahwa peningkatan debit aliran belum mampu mengolah air baku dengan kekeruhan awal 124 NTU dan mangan awal 4,7 mg/L menjadi air minum dengan nilai kekeruhan dan mangan yang memenuhi baku mutu, sehingga potensi *uprating* belum dapat tercapai. Hasil uji korelasi *Rank Spearman* menunjukkan bahwa variasi debit memiliki hubungan yang sangat kuat dengan efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan, dimana kedua variabel memiliki hubungan tidak searah atau berbanding terbalik antara satu sama lain.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Nilai kekeruhan akhir di unit sedimentasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam secara berturut-turut adalah 10,33 NTU, 12,44 NTU, dan 16,96 NTU dengan efisiensi penyisihan sebesar 91,67%, 89,97%, dan 86,33%, sedangkan kekeruhan akhir di unit filtrasi adalah 2,05 NTU, 4,05 NTU, dan 7,04 NTU dengan efisiensi penyisihan sebesar 80,07%, 67,37%, dan 58,36%. Kandungan mangan akhir di unit sedimentasi pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam secara berturut-turut adalah 0,53 mg/L, 0,67 mg/L, dan 0,86 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 88,65%, 85,82%, dan 81,70%, sedangkan mangan akhir di unit filtrasi adalah 0,05 mg/L, 0,17 mg/L, dan 0,34 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 89,78%, 74,92%, dan 60,19%.
2. Uji korelasi *Rank Spearman* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa variasi debit memiliki hubungan yang sangat kuat dengan efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan dengan arah hubungan yang berbanding terbalik.
3. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada paket IPA pada debit 240 L/jam, 360 L/jam, dan 480 L/jam secara berturut-turut adalah 98,35%, 96,73%, dan 94,32%, sedangkan efisiensi penyisihan mangan pada paket IPA adalah 98,87%, 96,45%, dan 92,77%. Hal ini menunjukkan bahwa unit filtrasi media karbon aktif dan pasir kuarsa dapat menyisihkan parameter kekeruhan dan mangan sehingga meningkatkan efisiensi penyisihan pada paket IPA.
4. Peningkatan debit menjadi 1,5 dan 2 kali dari debit desain menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan dan mangan yang cukup tinggi namun nilai akhir yang didapatkan masih belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 sehingga potensi *uprating* belum dapat tercapai.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi peningkatan nilai bukaan dengan tujuan meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengevaluasi efektivitas penambahan *plate settler* pada paket IPA guna meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan dan logam sehingga dapat mencapai baku mutu.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi penggunaan unit koagulasi pneumatis dengan memanfaatkan udara dalam bentuk gelembung untuk meningkatkan efisiensi penyisihan logam.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Taufik. (2018). *Studi Penurunan Kekeruhan Air Permukaan dengan Proses Flokulasi Hydrocyclone Terbuka*. Tesis Magister. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Abuzar, SS. (2014). *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Padang: Universitas Andalas.
- Al-Layla, Shamin A, & E. Joe Middlebrooks. (1978). *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science Publisher. Inc. Ann Arbor: Michinger.
- Andrean, Mirza. (2021). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Tangantangan PDAM Gunong Kila Kabupaten Aceh Barat Daya*. Tugas Akhir Sarjana. Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Anggika, Reski. (2022). *Pengaruh Variasi Debit Terhadap Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artifisial Pada Paket Instalasi Pengolahan Air (Paket IPA) Menggunakan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharges Flows* (CDF)*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.
- Awliahasanah, Rahma, dkk. (2021). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Mangan Pada Air Sumur Warga Kota Depok*. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*, Vol. 1 (2), 81.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 6449: 2000 tentang Metode Pengujian Koagulasi- Flokulasi dengan Cara JarTest*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 06-6989.3-2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). *SNI 06-6989.25:2005 tentang Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 6773-2008: tentang Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 6774-2008: tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*.

- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 6775-2008: tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*.
- Darmayani, Riska. (2021). *Optimalisasi Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharge Flow (CDF) Menggunakan Proses Solid Contact dan Settlers (Super CDF) terhadap Penyisihan Kekeruhan*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.
- Effendi, Hefni. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Febrina, Laila & Astrid Ayuna. (2015). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi UMJ*, Vol. 7 (1), 37-38.
- Fitriani, Elda Lutfia. (2020). *Efektivitas Penyisihan Logam Mangan (Mn) dengan Bioadsorben Ampas Tebu Menggunakan Sistem Kontinyu*. Tugas Akhir Sarjana. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Gustina, Yar. (2021). *Pengaruh Variasi Ketinggian Cone terhadap Penyisihan Kekeruhan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharge Flow (CDF)*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.
- Hadi, Refa Nabila. (2021). *Optimalisasi Unit Sedimentasi Continuous Discharge Flow (CDF) dengan Plate Settlers dalam Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artifisial*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.
- Harinaldi. (2005). *Prinsip-Prinsip Statistika untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Harini, B. Wuri, dkk. (2013). Aplikasi Metode Spektrofotometri untuk Pengukuran Kekeruhan Air pada Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam. *Jurnal Riset dan Teknologi Terapan (RiTekTra)*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Hariono, A.M., & Marsono, B.D. (2022). Uprating Instalasi Pengolahan Air Minum Konstruksi Baja. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 11 (2), 16.

- Jiyah, dkk. (2016). Studi Distribusi Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 6 (1), 42-43.
- Kawamura, Susumu. (2000). *Integrated Design Of Water Treatment Facilities*. John Willey & Sons, Inc.
- Kurniawan, Yogi. (2019). *Studi Penyisihan Parameter Kekerusuhan Air Baku Sungai Batang Arau dengan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharge Flow (CDF)*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.
- Marlis, Ing Surya. (2017). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum Kelurahan Tarantang Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: STTIND Padang.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2010). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*.
- Novembri, Wahyudi. (2019). *Studi Penyisihan Kekerusuhan Air Baku Sungai Batang Kuranji Dengan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharges Flow (CDF)*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Prihatinningtyas, E., & Effendi A.J. (2018). Karakterisasi Ekstrak Tapioka dan Tapioka Ionik sebagai Biokoagulan dalam Proses Pengolahan Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 19 (2), 165.
- Purwanti, Endah, dkk. (2021). Sosialisasi Manfaat Karbon Aktif Sebagai Media Filtrasi Air Guna Meningkatkan Kesadaran Akan Pentingnya Air Bersih di

SMK PGRI Cikampek. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, Vol. 4 (2), 382.

Purwanto, Eko Wiji. (2020). Pembangunan Akses Air Bersih Pasca Krisis Covid-19. *The Indonesian Journal of Development Planning*, Vol. 4 (2), 208-213.

Putri, Aulia Massyaf. (2021). *Pengaruh Variasi Luas Cone pada Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharge Flow (CDF)*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.

Ridwan, dkk. (2021). Modification of the Sedimentation Unit with Continuous Discharges Flow (CDF) as a New Method to Increase Turbidity Removal in Raw Water. *AIJASET*, Vol. 1 (1), 2.

Ridwan, dkk. (2022). Potensi Uprating pada Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharges Flow terhadap Penyisihan Kekeruhan Air Baku. *Jurnal Serambi Engineering*, Vol. 7 (4), 3745-3746.

Romain, M. Galang Sahtiyanza. (2014). *Alat Pendeteksi Kekeruhan Air Menggunakan Parameter Fisika Berbasis Mikrokontroler Atmega8535*. Laporan Akhir Diploma. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.

Sahabuddin, Erma Suryani. (2015). *Filosofi 'Cemaran' Air*. Kupang: PTK Press.

Santoso, Budi Iman, dkk. (2011). *Air Bagi Kesehatan*. Jakarta: Centra Communications.

Sugiyono. (2009). *Statistik Non Parametris*. Bandung: Alfabeta.

Sujarweni, W. (2014). *SPSS untuk Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.

Wyadnyana, Anak Agung Gde Raka. (2020). *Gambaran Lingkungan Fisik dan Kualitas Air di Mata Air Beji Pura Dalem Kawi Banjar Kutuh Desa Sayan Kecamatan Ubud Tahun 2020*. Tugas Akhir Diploma. Denpasar: Politeknik Kesehatan Kemenkes Denpasar.

Yolandita, Nabila. (2022). *Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penyisihan Kekeruhan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharge Flow (CDF)*. Tugas Akhir Sarjana. Padang: Universitas Andalas.

Zulhilmi, dkk. (2019). Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih Pada Rumah Tangga di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun. *Jurnal Biology Education*, Vol. 7 (2), 110.

