

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM PASIRKALIKI KOTA CIMAHI

MOHAMAD RANGGA SURURI¹, MUH. NAUFAL SYAFIQ RAMADHAN^{1*}

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Jl. Phh. Mustofa No.23, Bandung, 40124
Email : naufalramadan07@gmail.com

ABSTRAK

Rendahnya tingkat pelayanan air minum di Kota Cimahi telah menyebabkan terjadinya krisis air di beberapa kelurahan, terutama di Kelurahan Melong, Cibeureum, Cigugur Tengah, dan Cibabat, yang menunjukkan tingkat krisis air minum lebih tinggi dibandingkan dengan kelurahan lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang skema unit pengolahan yang efektif dalam menurunkan parameter yang melebihi baku mutu serta menentukan dimensi unit pengolahan, sehingga dapat diketahui kebutuhan lahan dalam perancangan instalasi pengolahan air minum Pasirkaliki. Metode perencanaan ini diawali dari penentuan lokasi studi, analisis sumber air baku yang digunakan, penentuan dosis koagulan dan penentuan alternatif skema pengolahan unit. Unit pengolahan yang terpilih dalam perencanaan IPA Pasirkaliki, yaitu intake + bar screen, hydraulic jump coagulation, baffled channel flocculation, sedimentasi dengan plate settler, saringan pasir cepat dengan multi media (pasir & antrasit), dan disinfection. Luas lahan yang diperlukan dalam perencanaan unit IPA Pasirkaliki, yaitu sebesar 432,6 m².

Kata kunci: Perencanaan Instalasi Pengolahan Air, Koagulasi dua Tahap, Sungai Urban

ABSTRACT

The low level of drinking water service in Cimahi City has led to a water crisis in several neighborhoods, particularly in the neighborhoods of Melong, Cibeureum, Cigugur Tengah, and Cibabat, which have experienced a more severe drinking water crisis compared to other neighborhoods. Therefore, this study aims to design an effective treatment unit scheme to reduce parameters exceeding quality standards and determine the dimensions of the treatment unit, thereby identifying the land requirements for the design of the Pasirkaliki drinking water treatment plant. This planning method begins with the determination of the study location, analysis of the raw water sources used, determination of coagulant dosage, and identification of alternative treatment unit schemes. The treatment units selected for the Pasirkaliki WTP design are: intake + bar screen, hydraulic jump coagulation, over and under baffled channel flocculation, sedimentation with plate settler, rapid sand filter with mixed media (sand & anthracite), and disinfection. The land area required for the Pasirkaliki WTP design is 432.6 m².

Keywords: Water Treatment Plant Design, Two-Stage Coagulation, Urban Stream

1. PENDAHULUAN

Kota Cimahi mengalami peningkatan penduduk yang sangat pesat dari 5 tahun terakhir dengan laju pertumbuhan sebesar 1,13%. Peningkatan ini bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan laju pertumbuhan penduduk Provinsi Jawa Barat dalam 5 tahun terakhir, yaitu hanya mencapai 0,91% (BPS, Provinsi Jawa Barat). Meningkatnya jumlah penduduk tentunya akan mempengaruhi kebutuhan air kota. Kota Cimahi sendiri dalam tingkat pelayanan air minum pada tahun 2022 tercatat baru mencapai 18,45% (RISPAM Kota Cimahi 2022). Rendahnya tingkat pelayanan air minum di Kota Cimahi mengakibatkan terjadinya krisis air pada beberapa kelurahan di Kota Cimahi, khususnya Kelurahan Melong, Cibeureum, Cigugur Tengah, dan Cibabat yang mengalami krisis air bersih lebih besar dibandingkan dengan kelurahan lainnya (DIKPLHD, 2024).

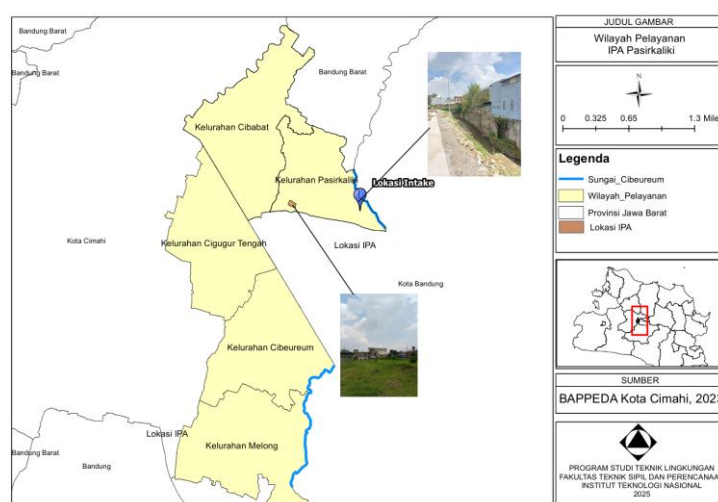
Dalam memenuhi kebutuhan akan air minum, pemerintah Kota Cimahi merencanakan peningkatan pelayanan air minum melalui penambahan infrastruktur penyediaan air minum dengan sumber air baku menggunakan Sungai Cibeureum. Namun, melihat Kualitas air Sungai Cibeureum khususnya pada hulu sungai yang termasuk ke dalam kategori tercemar berat dengan nilai indeks mutu air antara 13,49 hingga 14,38 (DIKPLHD, 2024). Hal ini juga disebabkan oleh aliran Sungai Cibeureum yang melewati wilayah permukiman atau yang disebut sebagai sungai urban. Sungai urban umumnya memiliki karakteristik kualitas air yang lebih tercemar dibandingkan dengan sungai rural, terutama pada parameter kunci seperti kekeruhan dan *Natural Organic Matter* (NOM). Pada kondisi sungai perkotaan, kekeruhan dapat disebabkan oleh aktivitas antropogenik baik yang berasal dari domestik maupun nondomestik (Sururi & Hardika, 2024). Sementara itu, NOM merupakan komponen di dalam air permukaan yang merupakan hasil degradasi dari sisa tumbuhan dan hewan yang menghasilkan senyawa (asam humat, asam fulvat, dan protein) (Chen & Chen, 2018). Berdasarkan kondisi kualitas air baku tersebut, diperlukan skema unit pengolahan yang mampu menurunkan parameter pencemar hingga memenuhi baku mutu menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023.

Pada penelitian serupa, perencanaan unit instalasi pengolahan air dengan sumber air sungai urban umumnya melibatkan koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi yang efektif menurunkan kekeruhan, BOD, COD, dan TSS, serta filtrasi dan desinfeksi yang berperan penting dalam mengurangi Total Coliform (Darmawan dkk., 2023). Namun, mengingat tingginya nilai kekeruhan dan NOM pada sumber air baku, diperlukan metode perencanaan unit pengolahan yang mampu secara efektif menurunkan kedua parameter kunci tersebut. Kehadiran Organik Matter dalam air baku berpotensi mengganggu kinerja sistem pengolahan air minum melalui peningkatan kebutuhan dosis koagulan, frekuensi pencucian balik unit filtrasi, serta pembentukan produk samping desinfeksi yang bersifat karsinogenik ketika bereaksi dengan klorin (Sururi dkk., 2021). Menurut Carlson dan Gregory (2000), penerapan koagulasi dua tahap merupakan salah satu metode yang dapat meningkatkan kinerja proses pengendapan dan penyaringan, khususnya pada air baku dengan kadar kekeruhan dan NOM yang tinggi. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penyisihan kekeruhan dan NOM menggunakan koagulasi dua tahap lebih besar sekitar 25% dibandingkan dengan koagulasi satu tahap. Selain itu, pengolahan air baku yang telah tercemar juga memerlukan pendekatan yang lebih spesifik, termasuk mempertimbangkan parameter pH, suhu, serta kekeruhan (Sururi dan Hardika, 2024). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang skema unit pengolahan yang efektif dalam menurunkan parameter yang melebihi baku mutu, sekaligus menentukan dimensi unit pengolahan sehingga dapat diketahui kebutuhan lahan untuk merancang instalasi pengolahan air minum Pasirkaliki.

2. METODE PERENCANAAN

2.1 Lokasi Studi

Instalasi pengolahan air Pasirkaliki direncanakan dibangun di atas lahan milik pemerintah Kota Cimahi dengan luas sebesar 4.881 m², yang berlokasi di Jalan Budi Bakti, Kelurahan Pasirkaliki, Kecamatan Cimahi Utara dengan air baku yang digunakan bersumber dari Sungai Cibeureum (RISPAM, 2022). Lokasi yang menjadi perencanaan studi perencanaan Instalasi Pengolahan Air (IPA) terletak di Kota Cimahi yang melibatkan 5 kelurahan, yakni Kelurahan Pasirkaliki, Cibabat, Melong, Cibeureum, dan Cigugur Tengah (RISPAM, 2022). Penentuan daerah pelayanan untuk Kelurahan Melong, Cibeureum, Cibabat dan Cigugur Tengah didasari oleh adanya krisis air minum yang lebih besar dibandingkan dengan kelurahan lainnya. Sementara itu, penentuan Kelurahan Pasirkaliki sebagai bagian dari daerah pelayanan didasarkan atas kedekatannya dengan sumber air baku yang digunakan (RISPAM, 2022). Peta wilayah pelayanan IPA Pasirkaliki dapat dilihat pada Gambar 1.

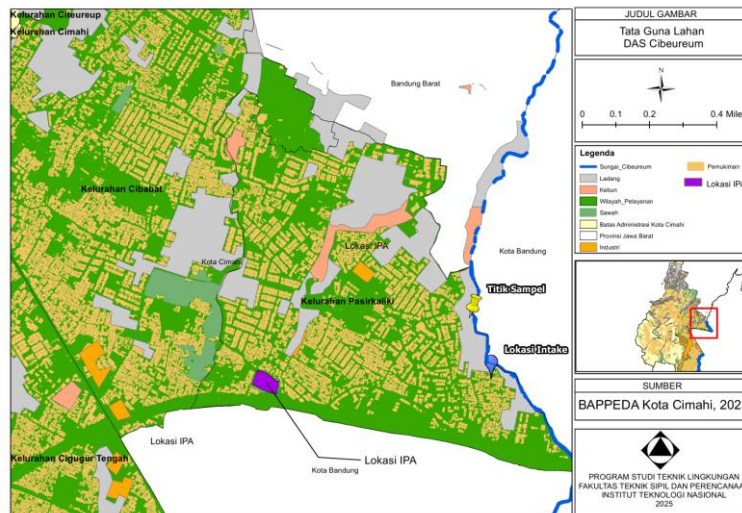


Gambar 1. Peta Wilayah IPA Pasirkaliki

2.2 Sumber Air Baku

Penentuan sumber air baku perlu memperhatikan aspek kuantitas dan kualitas. Berdasarkan data RISPAM Kota Cimahi tahun 2022, debit Sungai Cibeureum mencapai 3.020 L/det pada kondisi maksimum dan 670 L/det pada kondisi minimum. Namun berdasarkan debit oleh Unit Pelayanan Teknis Daerah (UPTD) Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Cimahi pada tahun 2023, terjadi penurunan debit yang signifikan; pada Februari debit sungai hanya 820 L/det, dan pada Oktober turun drastis menjadi 170 L/det. Kuantitas air yang terbatas tersebut menjadi dasar penetapan batas pengambilan air sungai, dengan kapasitas yang dapat dimanfaatkan hanya sebesar 150 L/det.

Dalam aspek kualitas, dilakukan pengecekan terhadap air baku Sungai Cibeureum pada 19 Oktober 2023 melalui pengujian di laboratorium lingkungan hidup. Sampel air diambil pada titik koordinat 6°53'1.90"S 107°34'18.10"E, yang berada di bagian hulu Sungai Cibeureum (UPTD Laboratorium Lingkungan Hidup, 2023). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual kualitas air, yang meliputi parameter fisika, kimia, dan biologi sebagai dasar evaluasi kelayakan penggunaan air sungai. Analisis kualitas air sungai dibandingkan dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 untuk mengetahui kesesuaian air baku yang digunakan dan juga Permenkes No. 2 Tahun 2023 dengan tujuan kesesuaian dengan target akhir yang diinginkan setelah dilakukan pengolahan.



Gambar 2. Tata Guna Lahan DAS Cibereum

2.3 Jar-test

Metode jar test digunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan dalam pengolahan air baku. Perencanaan ini menggunakan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) 10% karena dinilai lebih efektif menyisihkan partikel kecil dan NOM, serta menghasilkan lumpur yang lebih sedikit dibanding alum (Sheng dkk., 2023). Berdasarkan kekeruhan air baku sebesar 65 NTU, rentang dosis percobaan ditetapkan 14–24 ppm. Sesuai SNI 6774:2023, pengadukan diawali dengan *rapid mixing* (100 rpm, 1 menit) untuk destabilisasi koloid, dilanjutkan *slow mixing* (60 rpm, 20 menit). Injeksi koagulan dilakukan melalui metode *one stage* dan *two stage coagulation*. Pada metode two stage, koagulan dimasukkan dalam dua tahap dengan jeda 30 detik untuk mengoptimalkan dispersi dan interaksi partikel. Proses ini bertujuan memperkuat agregasi dan menghasilkan flok yang lebih besar.

2.4 Pemilihan Skema Alternatif Pengolahan Unit

Penentuan alternatif dilakukan dengan metode pembobotan atau metode *Weight Ranking Technique* (WRT). Prinsip dasar metode WRT adalah melakukan perbandingan antar parameter yang telah ditentukan melalui proses pembobotan (Arjasa dkk., 2018). Parameter pembanding pada perencanaan ini meliputi efisiensi pengolahan, kemudahan operasi dan pemeliharaan (O&M), ketersediaan sumber daya manusia, kebutuhan lahan, biaya O&M, dan biaya investasi. Setelah parameter pembanding ditentukan, langkah berikutnya adalah menghitung Koefisien Faktor Penting (KPF) untuk setiap parameter, yang merepresentasikan proporsi tingkat kepentingannya terhadap keseluruhan kriteria. Nilai KPF kemudian digunakan dalam proses penilaian Koefisien Penilaian Alternatif (KPA), yaitu pengalihan skor alternatif pada setiap parameter dengan bobot KPF yang telah diperoleh. Selanjutnya, seluruh nilai KPA dijumlahkan untuk mendapatkan total skor WRT masing-masing alternatif, alternatif dengan skor tertinggi dipilih sebagai opsi terbaik (Andini, 2017). Bobot ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan relatif menggunakan skala perbandingan berpasangan, di mana nilai 1 menunjukkan parameter lebih penting, 0,5 menunjukkan sama penting, dan 0 menunjukkan kurang penting dibanding parameter lainnya.

Rumus Koefisien Faktor Penting (KPF)

$$KPF = \frac{\text{Jumlah Bobot Faktor}}{\text{Total Keseluruhan Bobot}} \dots\dots\dots(1)$$

Rumus Koefisien Penting Alternatif (KPA)

$$KPA = \text{Skor Alternatif Faktor} \times KPF \dots\dots\dots(2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kualitas Air Baku

Hasil pengujian kualitas air baku di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cibeureum menunjukkan bahwa parameter *coliform*, amonia, BOD, dan COD melebihi baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023 dan PP No. 22 Tahun 2021. Hal ini berkorelasi dengan pembuangan limbah domestik langsung ke badan air, mengingat cakupan pengelolaan air limbah Kota Cimahi baru mencapai 77,75% dan angka Buang Air Besar Sembarangan (BABS) masih sebesar 13,11%. Penilaian *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA) mengonfirmasikan tingkat risiko sanitasi yang sangat tinggi di Kelurahan Pasirkaliki (Yasya, 2020). Selain itu, dominasi lahan permukiman (40%) dan pertanian (17%) di Kelurahan Pasirkaliki serta Cibabat turut menyumbang beban pencemar dari residu pupuk nitrogen dan pestisida (Widodo dkk., 2019). Kondisi ini memburuk saat musim hujan akibat limpasan permukaan yang mengangkut limbah domestik dan detergen ke badan air (Widyayanti dkk., 2023).

Tabel 1. Kualitas Air Sungai Cibeureum

Parameter	Hasil ³		Baku Mutu
	Hujan	Kemarau	
pH	7,67	7,44	6,5-8,5 ¹
Temperatur	24	24	Dev ³ ¹
DO	8,62	6,08	4 ²
Klorin Bebas	0,001	0,02	0,03 ²
Bau	Tidak Berbau	Tidak Berbau	Tidak Berbau ¹
Kekeruhan	*35	*65	<3 ¹
TDS	*387	*362	<300 ¹
TSS	*99	37	50 ²
Warna	*17,9	*<8,07	10 ¹
Besi (Fe)	0,2	0,12	0,2 ¹
Seng (Zn)	0,05	0,106	0,05 ²
Tembaga	<0,012	<0,0237	0,02 ²
Klorida	0,571	0,71	1,5 ²
Mangan	*0,496	*0,985	0,1 ¹
Nitrat	6,09	4,91	20 ¹
Nitrit	0,35	0,482	3 ¹
Sianida	<0,01	<0,01	0,02 ²
Deterjen Total	0,15	0,2	0,2 ²
Sulfida	0,012	<0,0166	0,02 ²
Kromium hexavalen	<0,01	<0,01	0,01 ¹
Amonia	*0,272	<0,057	0,2 ²
Total Fosfat	0,133	0,2	0,2 ²
Sulfat	43,8	56,7	300 ²
COD	*50,3	*51	25 ²
BOD	*30,1	*32,9	3 ²
Total Coliform	*3,076x10 ⁶	*1,35x10 ⁷	0 ¹
Fecal Coliform	*6,44x10 ⁶	*5,2x10 ⁶	0 ¹

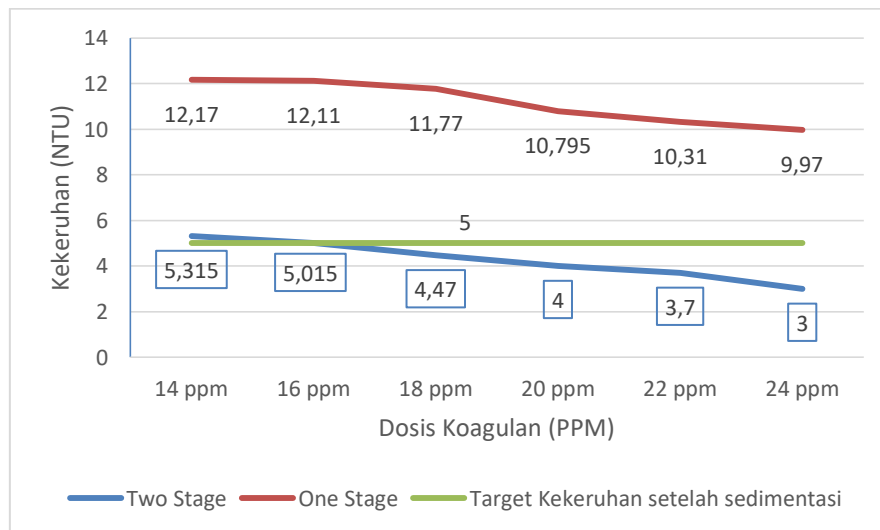
Sumber: ¹PP No.22 Tahun 2021/²Lampiran VI PP No 22 Tahun 2021/³DLH Kota Cimahi, 2024

Keterangan: * Melebihi Baku Mutu

Sementara itu, tingginya nilai TDS, TSS, kekeruhan, warna, dan mangan dipengaruhi oleh karakteristik fisik DAS yang didominasi tanah lempung tufaan dengan tingkat erosi tinggi (Pratiwi dkk., 2022). Perubahan tata guna lahan mengurangi kapasitas infiltrasi, sehingga mempermudah pengangkutan partikel tanah dan mineral melalui mekanisme oksidasi reduksi maupun limpasan (Hasanuddin & Leonard, 2023). Interaksi faktor alamiah dan aktivitas antropogenik ini menurunkan kejernihan serta meningkatkan kandungan logam perairan. Oleh karena itu, pengolahan air baku memerlukan integrasi proses fisik, kimia, dan biologi seperti koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, serta desinfeksi untuk menjamin kualitas air memenuhi standar (Crittenden dkk., 2014; Mirkovic dkk., 2017).

3.2 Dosis Koagulan

Penentuan dosis koagulan dilakukan melalui uji *jar test* dengan hasil sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode *one-stage coagulation* menghasilkan nilai kekeruhan yang relatif tinggi pada seluruh variasi dosis dan tidak mampu mencapai target SNI 6774:2023, yaitu sebesar 5 NTU pasca-sedimentasi. Sebaliknya, metode *two-stage coagulation* menunjukkan kinerja yang lebih efektif; nilai kekeruhan berada di bawah 5 NTU pada dosis koagulan > 18 ppm. Penggunaan dua tahap koagulasi lebih efektif karena tahap pertama difokuskan untuk menyisihkan zat humat (NOM) yang dapat mengganggu proses destabilisasi dimana definisi NOM sendiri merupakan campuran senyawa organik kompleks yang ditemukan pada sumber air baku (Hidayah., 2019), sehingga pada tahap kedua koagulan dapat bekerja optimal dalam menggumpalkan partikel tersuspensi dan logam (Carlson & Gregory, 2000). Berdasarkan hasil tersebut, dosis optimum yang dipilih adalah 20 ppm dengan metode *two-stage coagulation* karena telah memenuhi target kekeruhan sekaligus mempertimbangkan efisiensi bahan kimia.



Gambar 3. Hasil Kekeruhan Menggunakan Metode *Jar-test*

3.3 Penentuan Skema Alternatif Pengolahan

Pertimbangan unit-unit yang diperlukan untuk mengolah air baku disesuaikan dengan kualitas air baku yang melebihi baku mutu dari parameter fisika, kimia dan, biologi, sehingga perlu meliputi screening, koagulasi-flokulasi-sedimentasi, dan *sand filter* (JICA, 1991). Setelah ditetapkan unit-unit yang mampu menyisihkan parameter yang melebihi baku mutu, selanjutnya ditentukan dua alternatif skema pengolahan yang dibedakan berdasarkan tipe unit yang digunakan. Kedua skema alternatif pengolahan yang ditentukan menggunakan aliran secara hidrolis.

Tabel 2. Skema Alternatif Pengolahan Unit

Alternatif 1	Alternatif 2
Intake + <i>Bar screen</i>	Intake + <i>Bar screen</i>
<i>Inline- Static Mixer Coagulation</i>	<i>Hydraulic Jump Coagulation</i>
<i>Horizontal Baffled Channel Flocculation</i>	<i>Over & Under Baffled Channel Flocculation</i>
<i>Sedimentation with tube settler</i>	<i>Sedimentation with Plate settler</i>
<i>Rapid sand Filter Single Media (pasir)</i>	<i>Rapid Sand Filter Multi Media (Pasir & Antrasit)</i>
<i>Disinfection</i>	<i>Disinfection</i>

Setelah skema alternatif terpilih ditetapkan, langkah selanjutnya adalah penentuan nilai Koefisien Pentingnya Faktor (KPF) untuk menentukan alternatif pengolahan unit yang akan digunakan pada perencanaan IPA Pasirkaliki. Pembobotan ini menggunakan skala prioritas dengan ketentuan nilai 1 untuk parameter yang lebih penting, 0,5 untuk parameter yang sama pentingnya, dan 0 untuk parameter yang kurang penting dibandingkan parameter lainnya.

Tabel 3. Penilaian KPF Faktor Pembanding

Faktor Pembanding	Efisiensi Pengolahan	Kemudahan O&M	Sumber Daya Manusia	Kebutuhan Lahan	Biaya O&M	Biaya Investasi	Jumlah	Nilai KPF
Efisiensi Pengolahan	-	1	1	1	0,5	0,5	4	0,267
kemudahan O&M	0	-	1	1	0,5	1	3,5	0,233
Sumber Daya Manusia	0	0	-	1	0	0	1	0,067
Kebutuhan Lahan	0	0	0	-	0	0,5	0,5	0,033
Biaya O&M	0,5	0,5	1	1	-	0,5	3,5	0,233
Biaya Investasi	0,5	0	1	0,5	0,5	-	2,5	0,167
JUMLAH							15	1

Faktor efisiensi pengolahan merupakan aspek paling dominan dengan nilai 4 (KPF 0,267). Hal ini didasarkan pada kemampuan sistem dalam menyisihkan kontaminan air baku; semakin tinggi tingkat penyisihan, semakin baik kinerja IPAM yang direncanakan (Adlaa dkk., 2025). Aspek kemudahan Operasi dan Pemeliharaan (O&M) menempati urutan kedua (nilai 3,5; KPF 0,233) karena sistem yang ergonomis dapat meminimalkan kerusakan besar dan biaya penggantian alat. Parameter biaya investasi serta biaya operasi masing-masing memiliki KPF 0,167. Biaya investasi mencakup seluruh pengeluaran untuk memperoleh manfaat ekonomi dan sosial (Bestari, 2013), sedangkan biaya O&M berkaitan langsung dengan pengeluaran rutin dan penetapan tarif layanan.

Tabel 4. Penilaian Alternatif Secara Kualitatif

Faktor Pemanding	Alt1	Alt 2
Efisiensi Pengolahan	Efisiensi cukup baik, namun penyisihan dengan <i>inline static mixer</i> dan filtrasi single media masih kurang efektif	Efisiensi lebih tinggi dengan filtrasi multi media
kemudahan O&M	Perawatan lebih sulit dan lebih sering terutama pada unit koagulasi dan filtrasi	Perawatan relatif lebih mudah, jangka waktu pembersihan lebih panjang pada filtrasi
Sumber Daya Manusia	Tidak banyak SDM diperlukan	Tidak banyak SDM diperlukan
Kebutuhan Lahan	Membutuhkan lahan yang luas	Membutuhkan lahan yang luas
Biaya O&M	Biaya O&M rendah	Biaya O&M rendah
Biaya Investasi	Biaya investasi relatif lebih murah	Biaya investasi relatif lebih mahal

Sumber: (APHA, AWWA, 2017, Hammer, 2004, Tchobanoglous, 2014.)

Di sisi lain, faktor SDM (KPF 0,067) dan kebutuhan lahan (KPF 0,033) dinilai kurang signifikan. Kebutuhan SDM diasumsikan dapat beradaptasi dengan teknologi yang dipilih (Hajkowicz & Higgins, 2008), sementara kebutuhan lahan memiliki bobot terendah karena ketersediaan lahan milik pemerintah kota yang memadai. Setelah penentuan nilai Koefisien Pentingnya Faktor (KPF), langkah selanjutnya adalah menetapkan Koefisien Pentingnya Alternatif (KPA) untuk menentukan skema unit pengolahan terbaik. Penilaian setiap alternatif didasarkan pada tinjauan kelebihan dan kelemahan masing-masing terhadap parameter yang telah ditetapkan.

Tabel 5. Penentuan Skema Terpilih

Faktor Pemanding	KPA		KPAxKPF	
	Alt 1	Alt 2	Alt 1	Alt 2
Efisiensi Pengolahan	0	1	0,00	0,27
kemudahan O&M	0	1	0,00	0,23
Sumber Daya Manusia	0,5	0,5	0,03	0,03
Kebutuhan Lahan	0,5	0,5	0,02	0,02
Biaya O&M	0,5	0,5	0,12	0,12
Biaya Investasi	1	0	0,17	0,00
Jumlah			0,33	0,67

3.4 Perhitungan Unit Pengolahan Terpilih

Intake + Bar Screen

Air baku yang masuk melalui *intake* akan melewati dua buah penyaring (*screen*) terlebih dahulu, yaitu *coarse screen* dengan lebar bukaan 75 mm dan *fine screen* dengan lebar bukaan 10 mm (Reynolds & Richards, 1982). Penggunaan dua tahap penyaringan ini bertujuan mengurangi frekuensi pembersihan dan perawatan alat karena masing-masing penyaring menangani beban sesuai ukurannya (Sulzer, 2020).

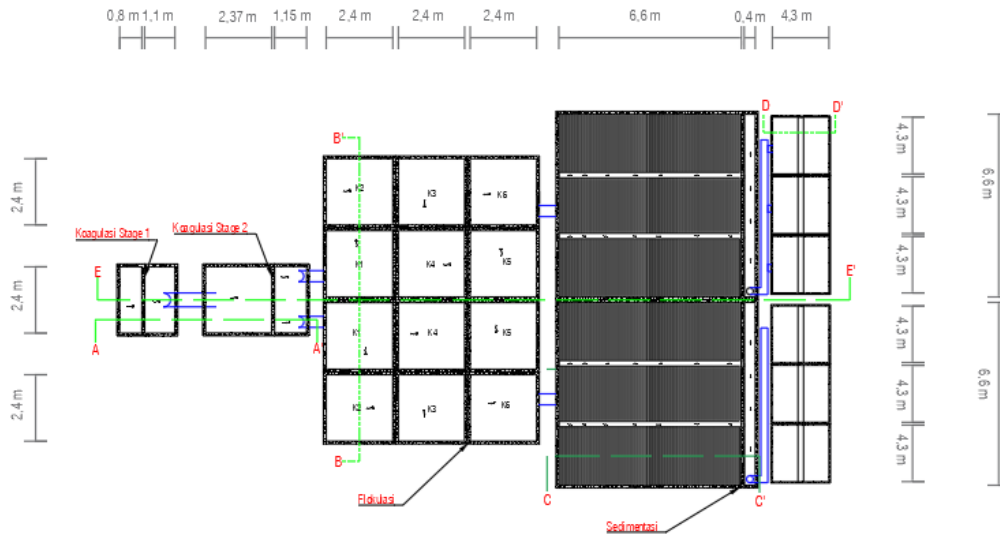
Tabel 6. Hasil Dimensi Intake		
Parameter	Nilai	Satuan
Saluran Pembawa		
Lebar Saluran	1,08	m
Tinggi Saluran	1,30	m
Coarse Screen		
Jumlah Bar	11	Buah
Lebar Efektif	0,90	m ²
Fine Screen		
Jumlah Bar	19	Buah
Lebar Efektif	0,20	m ²
Sumur Intake		
Volume	198,43	m ³
Jumlah Sumur	2	buah
Volume per sumur	99,22	m ³
Panjang =Lebar	5,25	m



Gambar 4. Denah Unit Intake & Bar Screen

Layout IPA Pasirkaliki

Setelah ditetapkan skema pengolahan instalasi pengolahan air minum, dilakukan perhitungan dimensi untuk setiap unit berdasarkan debit pengolahan yang telah direncanakan, yaitu sebesar 150 liter per detik. Setiap unit pengolahan direncanakan berjumlah dua dengan kapasitas pengolahan masing-masing 75 liter per detik, kecuali pada unit koagulasi dan desinfeksi, sehingga proses pengolahan tetap dapat berjalan meskipun dilakukan pemeliharaan.



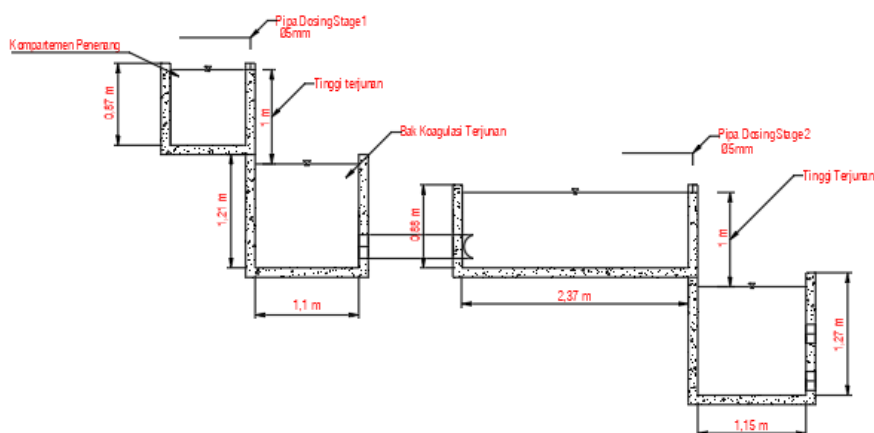
Gambar 5. Denah Skema Unit Pengolahan IPA Pasirkaliki

Koagulasi

Unit koagulasi dalam perencanaan ini menggunakan sistem pengadukan hidrolis tipe terjunan (*hydraulic jump*). Mekanisme ini memanfaatkan energi potensial akibat perbedaan elevasi, energi gesek aliran, atau lompatan hidrolik untuk mencampurkan koagulan dengan air baku (Kawamura, 2000). Parameter kritis dalam proses ini adalah nilai gradien kecepatan (G). Nilai G yang tinggi diperlukan untuk memastikan koagulan terdispersi merata sehingga destabilisasi partikel dan pembentukan mikroflok berlangsung optimal. Sebaliknya, nilai G yang terlalu rendah dapat menghambat tumbukan antarpartikel (Bratby, 2016). Pada unit ini, bak penenang ditempatkan sebelum proses terjunan untuk menstabilkan debit muka air dan memaksimalkan waktu detensi yang diperlukan (Harmiyati, 2018).

Tabel 7. Dimensi Unit Koagulasi

Parameter	Nilai		Satuan
	Stage 1	Stage 2	
Kompartemen Penenang			
Volume Bak (V)	1,50	4,51	m ³
Panjang Bak (p)	0,8	2,37	m
Lebar Bak (L)	2,4	2,4	m
Tinggi Air (H _{air})	0,8	0,80	m
Tinggi bak penenang (H _{bak})	0,87	0,88	m
Bak Koagulasi Terjunan			
Volume Bak (V)	3,01	3,01	m ³
Lebar Bak (L)	2,40	2,37	m
Panjang Bak (p)	1,10	1,15	m
Tinggi Air (H _{air})	1,10	1,15	m
H bak Desain	1,21	1,27	m
Tinggi Terjunan	1	1	m



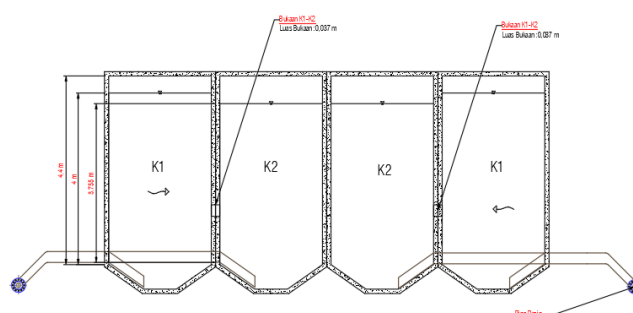
Gambar 6. Desain Unit Koagulasi

Flokulasi

Flokulasi dilakukan melalui pengadukan bertahap untuk memperbesar ukuran flok hasil koagulasi. Pengadukan pada bak flokulasi hidrolis diatur agar nilai gradien kecepatan (G) menurun secara bertahap ke arah hilir guna memfasilitasi tumbukan antarpartikel sekaligus mencegah pecahnya flok yang telah terbentuk (Bratby, 2016). Sesuai standar, waktu detensi direncanakan pada rentang 20–40 menit. Nilai G direncanakan menurun secara sekuensial, yaitu 100, 82, 64, 46, 28, dan 10. Selain itu, dimensi luas bukaan pada setiap kompartemen perlu diperhatikan secara saksama untuk memastikan penurunan kecepatan aliran selaras dengan gradien kecepatan yang telah ditentukan.

Tabel 8. Dimensi Unit Flokulasi

Parameter	Nilai	Satuan
Volume Total Bak Flokulasi (V_{total})	22,52	m^3
Jumlah Kompartemen	6	Tahap
Luas Penampang	5,631	m^2
Tinggi Bak Kompartemen	4,4	m
Saluran Penghubung (SI) Kompartemen (persegi)		
SI 1-2	0,037	m^2
SI 2-3	0,046	m^2
SI 3-4	0,060	m^2
SI 4-5	0,085	m^2
SI 5-6	0,141	m^2



Gambar 7. Desain Unit Flokulasi

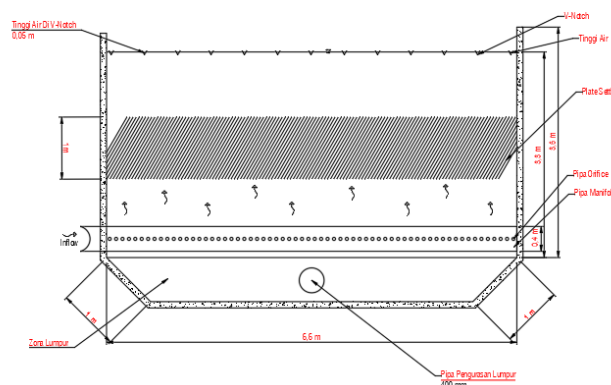
Sedimentasi

Unit sedimentasi menggunakan *plate settler* untuk meningkatkan laminaritas dan stabilitas aliran di dalam bak ditunjukkan Gambar 8 dan Tabel 9.

Tabel 9. Dimensi Unit Sedimentasi

Parameter	Nilai	Satuan
Dimensi Bak Sedimentasi		
Luas Penampang	43,294	m ²
Panjang Bak	6,580	m
Lebar Bak	6,580	m
Tinggi Air	3,3	m
Tinggi Bak	3,6	m
Plate Settler		
Panjang Plate	1,15	m
Panjang Zona Pengendapan	0,018	m
Tinggi Pengendapan	0,1	m
Waktu Pengendapan	590,4	detik
Jumlah Plate dalam 1 jalur	132	buah
Cek Aliran		
Bilangan Reynolds	58,404	
Bilangan Froud	1,63864 x10 ⁻⁰⁵	

Penambahan *settler* berfungsi memastikan flok yang terbawa aliran tertahan secara fisik pada permukaan plat sehingga mempercepat proses pengendapan (Cahyanto dkk., 2023). Sistem *vertical flow* dipilih karena memiliki keunggulan teknis berupa kebutuhan lahan yang lebih efisien akibat waktu tinggal hidraulik yang singkat, serta distribusi aliran yang lebih merata untuk meminimalkan risiko aliran pintas (*short-circuiting*) (Yalcuk & Ugurlu, 2009). Kriteria desain unit ini ditetapkan dengan bilangan *Reynolds* < 500, waktu detensi 42 menit, beban pelimpah 6,25 m³/jam/m² dan jarak antar plat sebesar 0,05 m.



Gambar 8. Desain Unit Sedimentasi

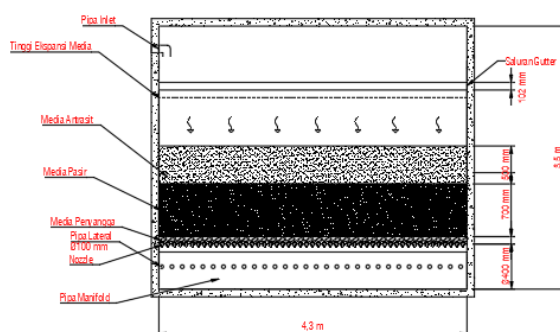
Filtrasi

Filtrasi merupakan suatu proses pemisahan padatan dari cairan melalui suatu media berpori, dimana air dialirkan ke dalam media berpori sehingga padatan akan tertahan dalam media (Huisman, 2004). Media filter yang digunakan pada perencanaan ini menggunakan dual

media yaitu media pasir dengan ketebalan 700 mm dan antrasit dengan ketebalan 500 mm. Penggunaan dual media filter memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan single media filter. Kombinasi media anthracite dan pasir mampu memperpanjang siklus filtrasi karena beban kotoran dapat ditahan lebih banyak sebelum diperlukan pencucian balik (backwash). Kondisi ini juga berdampak pada laju kenaikan head-loss yang lebih lambat sehingga proses filtrasi dapat berlangsung lebih stabil. Selain itu, dual media menghasilkan kualitas air yang lebih konsisten dengan tingkat kekeruhan yang lebih rendah dibandingkan filter pasir tunggal (Zouboulis dkk., 2007).

Tabel 10. Dimensi Unit Filtrasi

Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah Filtrasi Tiap Bak	3	Buah
Menghitung Luas Tiap Bak	18,3	m ²
Panjang Bak	4,3	m
Lebar Bak	4,3	m
Tinggi Media Pasir	700	mm
Tinggi Media Antrasit	500	mm
Tinggi penyangga	100	mm
Diameter Manifold	400	mm
Diameter Lateral	100	mm



Gambar 9. Desain Unit Filtrasi

Desinfeksi

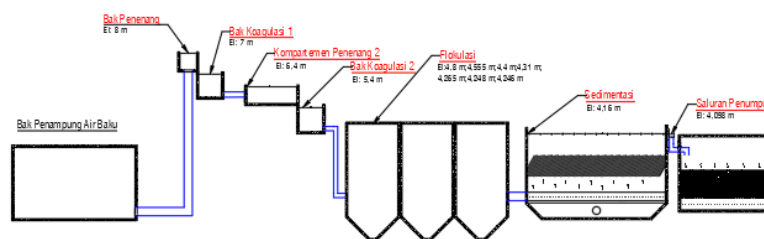
Desinfeksi merupakan proses penyisihan mikroorganisme patogen untuk mencegah penularan penyakit melalui air. Klor yang dibubuhkan akan bereaksi dengan mikroorganisme serta senyawa organik dan anorganik, sehingga konsentrasi klor akan menurun seiring waktu reaksi. Reaksi desinfeksi harus berlangsung pada kondisi optimal, meliputi suhu, debit, kualitas air, dan waktu kontak, guna memastikan air bersifat non-toksik, tidak berasa, serta menyisakan residu klor yang aman (Layla, 1978). Unit desinfeksi direncanakan menggunakan *inline static mixer* dengan lima buah *baffle* pada pipa sepanjang 1 meter. Rancangan ini bertujuan mencapai nilai gradien kecepatan (G) $> 500 \text{ s}^{-1}$ untuk menjamin pencampuran desinfektan yang cepat dan homogen.

Tabel 11. Dimensi Unir Desinfeksi

Parameter	Nilai	Satuan
Luas Penampang Pipa	0,1962	m ²
Kecepatan Air	0,76	m/det
Waktu Detensi Dalam Pipa	1,31	Det
Headloss	0,0336	m
Headloss total	0,1682	m
Gradien	1.121,453	

Profil Hidrolis

Profil hidrolis merupakan representasi elevasi permukaan air di setiap unit pengolahan, mulai dari *inlet* hingga *outlet*. Perancangan profil yang akurat sangat krusial untuk meminimalkan kebutuhan energi pompa dan memastikan performa setiap unit berjalan optimal. Hal ini dilakukan untuk menjamin perubahan elevasi air selaras dengan kriteria desain serta untuk menghitung kehilangan energi (*headloss*) akibat gesekan, perubahan arah aliran, maupun perbedaan ketinggian antarunit (Setiawan dkk., 2021). Dalam perencanaan ini, bak penenang 1 sebagai unit awal ditempatkan pada elevasi +8 m dari permukaan tanah guna memastikan aliran berlangsung secara gravitasi dengan kontinuitas yang terjaga.

**Gambar 10. Profil Hidrolis**

4. KESIMPULAN

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pasirkaliki yang memanfaatkan Sungai Cibeureum sebagai sumber air baku memerlukan skema pengolahan yang mampu mengatasi beban pencemar dengan efektif. Berdasarkan hasil analisis kualitas air dan uji jar test, injeksi koagulan yang diterapkan menggunakan metode *two stage coagulation* terbukti mampu menurunkan kekeruhan hingga di bawah baku mutu yang ditetapkan. Rangkaian unit pengolahan yang direncanakan meliputi Intake dengan bar screen untuk penyaringan awal, *Hydraulic Jump Coagulation* untuk pencampuran cepat, *Over and Under Baffled Channel Flocculation* untuk pembentukan flok, Sedimentation dengan *Plate Settler* untuk pengendapan, Rapid Sand Filter Multi Media (pasir dan antrasit) untuk penyaringan lanjutan, serta Disinfection untuk menjamin keamanan mikrobiologis air. Jumlah kebutuhan lahan yang diperlukan dalam perencanaan unit pengolahan IPA Pasirkaliki yaitu sebesar 432,6 m².

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, arahan, serta kontribusi yang berharga selama proses pengumpulan data dan penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada instansi terkait yang telah memberikan dukungan serta fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Tanpa dukungan dari berbagai pihak tersebut, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2007). Status Mutu Air Sungai.
- Adlaa, L. Q., Nengse, S., Setyowati, R. D. N., & Nilandita, W. (2025). Kajian Efisiensi Penyisihan Unit IPAM Karangpilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 9(1), 32–43. <https://doi.org/10.26760/jrh.v9i1.32-43>
- Andini. (2017). Perencanaan Unit Pengolahan Air Bersih di Kecamatan Sumedang Selatan. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, No.2| Vol.05, - Oktober 2017, 05(2), 1–11.
- APHA, AWWA, W. (2017). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23rd Edition.
- ARJASA, P., HARTATI, E., & AINUN, S. (2018). Analisis Tingkat Ekonomi untuk Jenis Penutup Harian Alternatif di TPPAS Regional Sarimukti. *Jurnal Reka Lingkungan*, 6(2), 1–12. <http://ejournal.itenas.ac.id/index.php/lingkungan/article/view/3130>
- Bestari. (2013). *Dasar-Dasar Pemasaran*. Unit Penerbitan Fakultas Ekonomi (UPFE).
- Bratby, J. (2016). *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*. IWA Publishing.
- Cahyanto, A. D., Ilyas, N. I., & Putra, A. (2023). Penentuan Bilangan Reynold Dan Froude, Pada Zona Sedimentasi Rectangular. *Jurnal Poli -Teknologi*, 22(2), 71–83.
- Carlson, K. H., & Gregory, D. (2000). Optimizing Water Treatment with Two-Stage Coagulation. *Journal of Environmental Engineering*, 126(6), 556–561. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9372\(2000\)126:6\(556\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9372(2000)126:6(556))
- Chen, C., & Chen, X. (2018). Natural Organik Matter Characterization and Removal in Drinking Water Treatment Proseses.
- Crittenden, J. C., Trussell, R. R., W., D., Hand, K. J. H., & Tchobanoglous, G. (2014). *Water Treatment: Principles and Design*, Third Edition: Principles and Design. *Chromatographia*, 77(5), 527–528. <https://doi.org/10.1007/s10337-013-2600-x>
- Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kota Cimahi Tahun 2024
- Hajkowicz, S., & Higgins, A. (2008). (2008). A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research*.
- Hammer, M. (2004). *Water and Wastewater Technology*. Prentice Hall.
- Harmiyati, H. (2018). Tinjauan Proses Pengolahan Air Baku (Raw Water) Menjadi Air Bersih Pada Sarana Penyediaan Air Minum (Spam) Kecamatan Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Saintis*, 18(1), 1–15. [https://doi.org/10.25299/saintis.2005.vol8\(2\).2808](https://doi.org/10.25299/saintis.2005.vol8(2).2808)
- Hasanuddin, & Leonard, F. (2023). Konsentrasi logam berat besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu) pada perairan sungai Radda. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Ilmu*, 2(4), 2167–2172.
- Huisman, L. (2004). *Sedimentation and flocculation*. Delft University Of Technology, September, 3–2 – 3–40.
- Kawamura. (2000). *Integrated Design of Water Treatment Facilities*.
- Layla. (1978). *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science.
- Mirkovic, T., Ostroumov, E. E., Anna, J. M., Van Grondelle, R., Govindjee, & Scholes, G. D. (2017). Light absorption and energy transfer in the antenna complexes of photosynthetic organisms. *Chemical Reviews*, 117(2), 249–293. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00002>
- Ndao, S., Thioune, P. B. D., & Gassama, D. (1990). *Water Quality and Handbook of Community Water Supplies*. Mc Graw Hill.
- Oksita Asri Widayanti, Mazidah Noer Inayah, Epsi Marwati, & Martha Intan Nagari Pratiwi. (2023). Deteksi Kadar Amonia (NH₃) pada Air Limbah Domestik di Rumah Makan Ajibarang Purwokerto. *Corona: Jurnal Ilmu Kesehatan Umum, Psikolog, Keperawatan Dan Kebidanan*, 1(2), 01–09. <https://doi.org/10.61132/corona.v1i2.662>
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan

Pengelolaan Lingkungan Hidup

- Pratiwi, I. N. T., Yushardi, Y., Kurnianto, F. A., Astutik, S., & Apriyanto, B. (2022). Evaluasi dan Sebaran Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Litologi, Tekstur Tanah, dan Limbah di Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. *Majalah Pembelajaran Geografi*, 5(2), 82. <https://doi.org/10.19184/pgeo.v5i2.34379>
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1982). *Unit Operations And Processes In Environmental Engineering*. Brooks/Cole. Engineering Division Monterey.
- Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Kota Cimahi Tahun 2022
- Rizki Darmawan, D., Rangga Sururi, M., & Hartati, E. (2023). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum di Kecamatan Bandung Kidul, Kota Bandung. *Jurnal Serambi Engineering*, VIII(2), 5729–5738. www.google.com
- Rosariawari, F., Wijayanto, E. M., & Farahdiba, A. U. (2019). Penyisihan Total Suspended Solid (Tss) Air Sungai Dengan Hidraulis Koagulasi Flokulasi. *Jurnal Envirotek*, 11(2), 53–59. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i2.12>
- Setiawan, D., Rahmawati, I., & Haryanto, A. (2021). Analisis Profil Hidrolis pada Instalasi Pengolahan Air Minum untuk Efisiensi Energi. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Sheng, D. P. W., Bilad, M. R., & Shamsuddin, N. (2023). Assessment and Optimization of Coagulation Process in Water Treatment Plant: A Review. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 3(1), 79–100. <https://doi.org/10.17509/ajse.v3i1.45035>
- Sulzer. (2020). *MevaScreen coarse and fine screen solutions Main industries and applications*.
- Sururi, M. R., Dirgawati, M., Roosmini, D., & Notodarmodjo, S. (2021). Characterization of fluorescent dissolved organic matter in an affected pollution raw water source using an excitation-emission matrix and parafac. *Environment and Natural Resources Journal*, 19(6), 459–467. <https://doi.org/10.32526/enrj/19/2021008>
- Sururi, M. R., & Hardika. (2024). Penyisihan Kekeruhan Dan Natural Organic Matter (Nom) Pada Unit Koagulasi-Flokulasi Instalasi Pengolahan Air Minum Di Asia Tenggara : Studi. *Jurnal Reka Lingkungan*, 12(1), 63–79.
- Tchobanoglous, G. (2014). *Small and Decentralized Wastewater Management Sistem*. McGraw Hill.
- Widodo, T., Sri Budiastuti, M. T., & Komariah. (2019). Water Quality and Pollution Index in the Grenjeng River, Boyolali Regency, Indonesia. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 34(2), 150–161. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v34i2.29186>
- Yalcuk, A., & Ugurlu, A. (2009). Comparison of horizontal and vertical constructed wetland systems for landfill leachate treatment. *Bioresource Technology*, 100(9), 2521–2526. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.029>
- Yasya. (2020). Pemetaan Area Risiko Sanitasi Air Limbah Domestik Kota Cimahi. *European University Institute*, 1(2), 2–5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=PT%0Ahttp://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012PC0011:pt:NOT>
- Zouboulis, A., Traskas, G., & Samaras, P. (2007). Comparison of single and dual media filtration in a full-scale drinking water treatment plant. *Desalination*, 213(1–3), 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.02.102>