

WATER TREATMENT SYSTEM UNTUK PENINGKATAN KUALITAS AIR KOLAM AKIBAT PERTUMBUHAN ALGA (ALGAE)

Devi Megarusti Pratiwi^{1,*}), Mitsaq Addina Nisa¹⁾, Rafie Itharani Ulkhaq¹⁾

¹⁾*Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*

Jl. Prof. DR. G.A Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Kota Depok, Jawa Barat 16425.

^{*}*Correspondent Author: devi.megarusti.pratiwi@sipil.pnj.ac.id*

Abstract

One of the areas planned as a swimming pool tourist attraction with natural views is located in Cipelang Village, Cijeruk District, Bogor Regency, which has a land area of 1.5 hectares. The purpose and contribution of the research is to plan a swimming pool system (water treatment) in a tourist pool contaminated by algae bloom. This research will begin by calculating the amount of rainwater discharge and water load on the ground surface, then measuring the water quality of the swimming pool contaminated with algae bloom in accordance with the Regulation of Minister Health Regulation Republic Indonesia Numb 2 year 2023, namely Temperature, Turbidity, Odor, Laboratory Acidity Degree (pH), Residual Chlorine, Escherichia Coli. Then continued by compiling a DED (Detail Engineering Design) for the pool structure along with its water treatment. The results of water quality testing for the swimming pool are for parameters Temperature 26°C, Turbidity 0.45 NTU, Odor 1.4, Laboratory Acidity Degree (pH) 5.7, Residual Chlorine 1.75 mg/L, Escherichia Coli <1 CFU/100ml. After being designed for a pump system and implementing a water treatment system in the filtration system and adding PAC (Poly Aluminum Chloride), Alum, Soda Ash Dense USA, and 60% Chlorine Powder chemicals, the results of laboratory tests after the water was clear were that it met the requirements for all parameters.

Keywords: *water treatment, algae bloom, water quality, swimming pool, pump system, filtration*

PENDAHULUAN

Pengelolaan kualitas air kolam renang merupakan aspek penting dalam operasi fasilitas rekreasi air; kondisi kolam yang tidak terawat dapat memicu munculnya *algae bloom* secara cepat, terutama pada kolam terbuka dengan paparan sinar matahari tinggi dan pasokan nutrien (fosfat, nitrat) yang berlebih. Pengendalian kualitas air menjadi semakin penting seiring meningkatnya kasus

kontaminasi mikroalga dan mikrosistin pada sumber air baku, sehingga diperlukan teknologi efektif seperti metode UV-C yang terbukti mampu menghilangkan alga dan mendegradasi mikrosistin (Whang Zhenyao dkk, 2025). Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan kolam renang adalah menjaga kualitas air agar tetap bersih, jernih, dan aman bagi penggunanya.

Salah satu permasalahan utama pada kolam renang adalah pertumbuhan alga berlebih (*algae bloom*), terutama pada kolam terbuka di wilayah tropis seperti Desa Cipelang. Peningkatan beban alga pada sumber air baku menuntut pengembangan teknologi pengolahan yang lebih efektif, sehingga proses membran ganda ultrafiltrasi (Li, dkk, 2024). Selain itu, optimasi hidrodinamika dan kontrol proses koagulasi-filtrasi (mis. manipulasi kecepatan aliran, penggunaan aid/coagulant-aids, dan pengaturan dosis koagulan) terbukti meningkatkan efisiensi penghilangan alga pada berbagai studi, sehingga desain pompa dan sistem sirkulasi perlu dikaitkan langsung dengan strategi pengolahan kimia dan pemilihan unit filtrasi untuk hasil yang konsisten.

Upaya konservasi air menjadi semakin penting untuk menjaga keberlanjutan sumber daya air (Jati, dkk, 2022), klorin tetap populer karena biaya dan ketersediaan, namun studi memperingatkan tentang pembentukan produk sampingan disinfeksi (DBP) bila kondisi organik/alga tinggi — sehingga kombinasi pretreatment (koagulasi + filtrasi/adsorpsi) sebelum disinfeksi sangat dianjurkan untuk menurunkan risiko DBP dan meningkatkan kestabilan mutu air.

Berdasarkan rangkaian temuan di atas, untuk kasus kolam wisata di Desa Cipelang yang mengalami *algae bloom*, pemilihan koagulan yang tepat sangat menentukan efektivitas pengolahan air baku, sehingga

perbandingan antara tawas dan poli aluminium klorida (Komala, dkk, 2024). Perlu dirancang solusi integratif: (1) penentuan dosis koagulan (mis. PAC/tawas) dan soda ash untuk koreksi pH, (2) sistem pompa dan sirkulasi yang disesuaikan dengan laju aliran optimal agar filtrasi efisien, (3) unit filtrasi yang memadai (pasca-koagulasi: pasir/ karbon/ membran jika diperlukan), dan (4) strategi disinfeksi terkontrol (klorin +/atau UV) untuk memenuhi standar kesehatan tanpa menghasilkan DBP berlebih, optimalisasi proses koagulasi dan makrofiltrasi dalam penanganan mikroalga semakin diperlukan (Ding, dkk, 2023).

Permasalahan yang sering dijumpai dalam operasional kolam renang adalah pertumbuhan alga yang berlebihan, terutama di daerah beriklim tropis seperti Desa Cijeruk, Kecamatan Cipelang, Kabupaten Bogor. Air kolam renang merupakan media yang sangat rentan terhadap pencemaran, terutama oleh mikroorganisme seperti alga. Alga merupakan organisme autotrofik yang tumbuh subur di lingkungan perairan yang memiliki paparan sinar matahari tinggi, suhu yang hangat, dan kandungan nutrien yang mencukupi, seperti fosfat dan nitrat. Kondisi tersebut banyak dijumpai pada kolam renang terbuka yang tidak memiliki sistem pengolahan air yang memadai. Pertumbuhan alga secara berlebihan tidak hanya mengganggu estetika kolam, tetapi juga dapat menyebabkan gangguan pada sistem filtrasi serta menimbulkan potensi risiko kesehatan bagi pengguna kolam renang.

Di Desa Cijeruk, Kecamatan Cipelang, Kabupaten Bogor, terdapat beberapa fasilitas kolam renang yang dimanfaatkan oleh masyarakat maupun pengunjung wisata lokal. Namun, berdasarkan pengamatan awal, banyak kolam renang di wilayah tersebut yang mengalami masalah serius terkait kualitas air, terutama karena pertumbuhan alga yang tidak terkendali. Letak geografis Desa Cijeruk berada di Kawasan wisata Gunung Salak, dengan iklim yang lembab dan intensitas sinar matahari cukup tinggi, mendukung pertumbuhan alga secara masif jika tidak diiringi dengan sistem pengolahan air yang tepat.

Permasalahan ini diperparah oleh kurangnya pemahaman dan keterbatasan sumber daya dalam pengelolaan air kolam renang secara teknis. Umumnya, pengelolaan masih mengandalkan metode tradisional seperti penambahan kaporit dan pembersihan manual, yang tidak efektif untuk jangka panjang serta dapat menimbulkan iritasi kulit dan mata bagi pengguna kolam. Selain itu, tidak adanya sistem sirkulasi dan filtrasi yang optimal menyebabkan air kolam tidak mengalami proses peremajaan dan pengolahan yang kontinu, sehingga memungkinkan alga terus berkembang.



Gambar 1. Kondisi Kolam Eksisting sebelum terkontaminasi ALGA



Gambar 2. Air Kolam Renang yang Terkontaminasi Alga

Tulisan ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan solusi sistem pengolahan air kolam renang yang mampu mengatasi pertumbuhan alga secara efektif, efisien, dan ramah lingkungan. Pengembangan sistem *water treatment* yang sesuai dengan kondisi lokal diharapkan dapat mengurangi pertumbuhan alga tanpa menimbulkan efek samping terhadap kualitas air maupun kesehatan pengguna. Penggunaan metode seperti filtrasi mekanis, disinfeksi menggunakan sinar UV, atau sistem bioremediasi menjadi alternatif yang perlu diteliti lebih lanjut untuk diterapkan dalam skala lokal.

Dengan pendekatan berbasis studi kasus di Desa Cijeruk,, Kec. Cipelang, Kab. Bogor.

Tujuan dari tulisan ini adalah merancang dan mengembangkan serta menelaah pada sistem yang ada pada pengolahan air kolam renang yang adaptif terhadap kondisi lingkungan dan sumber daya yang tersedia, mengidentifikasi kualitas air kolam renang di Desa Cipelang yang terkontaminasi algae bloom, merancang sistem water treatment yang efektif melalui kombinasi filtrasi, pompa sirkulasi, serta penambahan bahan kimia. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi rekomendasi teknis yang aplikatif dan berkelanjutan bagi pengelolaan kolam renang di wilayah serupa.

Tulisan ini diharapkan bisa memberikan inovasi dalam pelaksanaan teknologi pengolahan air bersih di sektor non-domestik skala kecil, khususnya pada fasilitas rekreasi

publik. Selain itu, penelitian berikut dapat meningkatkan kesadaran Masyarakat, pentingnya pengelolaan air kolam renang yang baik serta mendukung upaya pelestarian lingkungan dan kesehatan masyarakat di wilayah Desa Cijeruk dan sekitarnya. Walaupun penelitian terdahulu telah mengkaji filtrasi, koagulasi, maupun disinfeksi UV, masih terdapat beberapa celah penelitian, yaitu: Minimnya penelitian yang menggabungkan perhitungan hidrolis sistem pompa dengan desain filtrasi secara simultan untuk kondisi kolam wisata di pedesaan, Belum adanya penelitian yang mengaplikasikan kombinasi PAC, tawas, soda ash, dan kaporit secara terukur pada kolam renang alami berukuran besar, Penelitian sebelumnya lebih fokus pada laboratorium atau skala kecil, sedangkan penelitian ini dilakukan pada kolam wisata aktual dengan kondisi algae bloom yang berat.

METODE PENELITIAN

Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian Teknik untuk melakukan pengumpulan data untuk kebutuhan penelitian berupa data primer dan sekunder. Berikut data sekunder :

1. Kondisi ketersediaan air dan pemanfaat sumber air baku
2. Peraturan perundangan yang berlaku

Selain data sekunder peneliti juga mengumpulkan data primer dan survei lapangan antara lain:

1. Pengujian kualitas air kolam

- renang
2. Survey topografi
 3. Survey harga satuan, diperlukan untuk menghitung anggaran biaya
 4. Survey ketersediaan logistic bahan material konstruksi dan elektrikal di daerah sekitar

Perencanaan Kolam Renang

Untuk perencanaan kolam renang setelah dilakukan survey di lapangan yang meliputi :

1. Survei topografi lingkungan Pembangunan
2. Survei keadaan social ekonomi sekitar
3. Survei luas dan ukuran yang akan direncanakan kolam renang
4. Survei sistem pompa untuk kolam renang

Perencanaan Sistem Pompa & Filtrasi

Untuk perencanaan sistem pompa & filtrasi didasarkan pada hasil pengujian laboratorium kualitas sumber air dari sumber yang digunakan sebagai kebutuhan pengairan untuk mengisi kolam renang yang telah teruji laboratorium di laboratorium Kesehatan daerah kota Bogor. Sampel pengambilan air sebanyak 5 Liter dengan jumlah 1 sampel.

Analisis Data

Setelah mendapatkan hasil uji laboratorium dan rencana bangunan pengolahan air selanjutnya melakukan menganalisa data antara lain:

1. Menghitung debit air baku untuk pengolahan air bersih
2. Uji sampel terhadap air baku yang akan digunakan. Sampel air baku tersebut diambil sebanyak 1 titik sampel yang kemudian dilakukan uji sampel di laboratorium. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah air baku tersebut memenuhi baku mutu sebagai peruntukan sumber air bersih.
3. Perhitungan hidrolis jaringan perpipaan
4. Perhitungan desain bangunan pengolahan air
5. Penentuan Spesifikasi teknis
6. Hasil setelah pemberian bahan kimia

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Tempat Penelitian

Tempat penelitian berada pada desa Cipelang Kabupaten Bogor Jawa Barat, untuk pengambilan sample airnya. Uji laboratorium kualitas air dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Bogor. Jadwal kegiatan penelitian adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Timeline Kegiatan

| No | Hari, Tanggal | Pekerjaan |
|----|----------------------|----------------------------------------------------|
| 1 | Kamis, 16 Juni 2025 | Pengambilan Sampel Air |
| 2 | Selasa, 1 Juli 2025 | Pengambilan Hasil di Labkesda |
| 3 | Senin, 7 Juli 2025 | Perencanaan desain filtrasi kolam sesuai hasil lab |
| 4 | Selasa, 15 Juli 2025 | Pelaksanaan penambahan bahan kimia |
| 5 | Selasa, 15 Juli 2025 | Pengambilan Sampel air yang telah jernih |
| 6 | Kamis, 31 Juli 2025 | Pengambilan hasil air filtrasi |



Gambar 4. Pengambilan sampel air

Kondisi eksisiting kolam renang yang terkontaminasi *algae bloom*. Dimana terlihat air berwarna hijau keruh, dan membutuhkan perlakuan khusus untuk mengatasi masalah pertumbuhan alga hijau tersebut.

Hasil Uji Laboratorium

Untuk selanjutnya dimasukan ke laboratorium kesehatan daerah Kota Bogor untuk dilakukan uji kualitas air kolam renang. Untuk pengambilan hasil uji laboratorium seperti di bawah ini:

Tabel 2. Uji Laboratorium Kualitas Air Kolam Renang Terkontaminasi Alga

| No | Parameter | Satuan | Hasil Pengujian | Baku Mutu ⁽²⁾ | Metode Uji |
|---------------------|--------------------------------------------------|------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Fisika | | | | | |
| 1. | Suhu Laboratorium ³⁾ | °C | 26,0 | ⁽⁴⁾ | SNI 06-6989.23-2005 |
| 2. | Kekeruhan ³⁾ | NTU | 0,45 | 0,5 | SNI 06-6989.23-2005 |
| 3. | Bau | - | 1,4 ⁸⁾ | ⁽⁵⁾ | SNI 06-6860-20002 |
| Kimia | | | | | |
| 1. | Derajat Keasaman (pH) Laboratorium ³⁾ | - | 5,71 | ⁽⁶⁾ | SNI 6989.11-2019 |
| 2. | Sisa klor sbg Cl ₂ ³⁾ | mg/L | 1,75 | ⁽⁷⁾ | SM APHA 24 th Ed. 4500-Cl B, 2023 |
| Mikrobiologi | | | | | |
| 1. | <i>Escherichia coli</i> ³⁾ | CFU/100 mL | <1 | <1 | SM APHA 24 th Ed. 9222H, 2023 (Membran Filter) |

Keterangan :

- 1) Pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Labkesda Kota Bogor
- 2) Berdasarkan Lampiran Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan BAB II.A.3
- 3) Terakreditasi SNI ISO/IEC 17025:2017 oleh Komite Akreditasi

- Nasional (KAN)
- 4) Baku Mutu yang diperbolehkan suhu udara \pm 3, bila pengujian dilakukan In situ (di lapangan)
 - 5) Baku Mutu yang diperbolehkan “tidak berbau”, Skala 1 : Tidak berbau
 - 6) Baku Mutu yang diperbolehkan 7 – 7,8 bila pengujian dilakukan In situ (di lapangan)
 - 7) Baku Mutu yang diperbolehkan 1 – 1,5 mg/L untuk kolam beratap/tidak beratap bila dilakukan In situ (di lapangan)
 - 8) Hasil di luar Baku Mutu yang diperbolehkan

Dari hasil di atas dapat dilihat berdasarkan acuan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan dan kualitas sumber air yaitu :

1. Parameter bau belum memenuhi standar yaitu 1,4 dimana standar baku mutu nilai kekeruhan air sesuai SNI 06-6860-2002 skala 1.
2. Parameter derajat keasaman (pH) 5,71 dimana sesuai SNI 6989.11-2024 antara 7 – 7,8 menandakan bahwa pH air tersebut termasuk basa.
3. Parameter Sisa klor sbg Cl₂ belum sesuai dengan standar baku mutu untuk parameter kualitas air kolam renang yaitu 1,75 dimana nilai yang

memenuhi standar baku mutu kualitas air yang terdapat pada kolam renang yaitu 1 – 1,5 mg/L.

Perhitungan Kapasitas Pompa

Perhitungan Volume air kolam renang

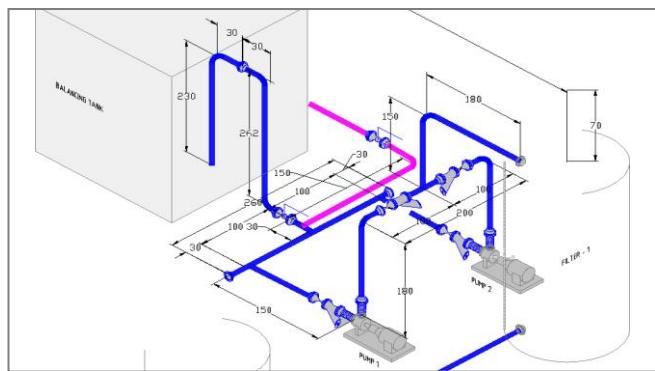
Sebagai penentu pompa kolam renang supaya sesuai, langkah pertama adalah menghitung volume air yang ada di dalam kolam. Perhitungannya menggunakan rumus panjang \times lebar \times tinggi air ($p \times l \times t$). Penting untuk memakai tinggi air aktual, bukan tinggi total kolam. Sebagai contoh, jika ukuran kolam 9 meter \times 5 meter dengan kedalaman air 2 meter, maka volume air yang diperoleh adalah 90 m³ ($9 \times 5 \times 2 = 90$). Dengan demikian, pompa direncanakan memiliki kapasitas aliran sebesar $Q = 6$ liter per detik.

Perhitungan Flow rate

Yang dimaksud dengan flow rate adalah jumlah air yang dapat dialirkan pompa dalam selang waktu tertentu. Contohnya, apabila pompa memiliki flow rate 16 m³ per jam, maka dalam satu jam pompa mampu memompa air sebanyak 16 kubik

Perhitungan Head Pompa

Skema pemasangan pipa pada bagian pipa isap dan bagian pipa tekan dapat dilihat pada Gambar 5. Rencana tersebut dibuat agar pompa berfungsi mengalirkan kembali air ke seluruh kolam renang yang berjumlah tiga.



Gambar 5. Sistem Pemompaan

Perhitungan Perbedaan Head

Tekanan Pompa ($\square H_p$)

Head tekanan pompa menunjukkan energi, digunakan untuk menutup selisih tekanan antara bagian sisi hisap dan bagian sisi buang. Pada kasus ini, tekanan air yang masuk maupun keluar dari pompa sama, yaitu 1 atmosfer, sehingga beda head tekanannya tidak ada atau nol.

Perhitungan Perbedaan Head

Kecepatan Aliran Pompa ($\square Hv$)

Untuk menghitung perbedaan tekanan pada head kecepatan aliran, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan besar kecepatan yang terjadi pada aliran dalam pipa. Pada dasarnya, kecepatan yang diizinkan dalam perencanaan pipa berdiameter kecil berkisar antara 1–2 m/s, sedangkan pada pipa berdiameter besar berada pada rentang 1,5–3,0 m/s. Dalam perhitungan sementara, digunakan kecepatan rata-rata 1 m/s untuk menentukan diameter pipa isap. Selanjutnya, nilai tersebut diperoleh melalui rumus persamaan kontinuitas.

$$Q_p = V_s \cdot A_s$$

Sebagai berikut:

$$Q_p = \text{Kapasitas Pada Pompa} = 6 \text{ l/s} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_s = \text{Kecepatan aliran yang terjadi di dalam pipa isap m/s}$$

$$A = \text{Luasan bidang aliran yang terairi} (\text{m}^2) = \frac{\pi}{4(dis)^2}$$

$$dis = \text{Diameter dalam pipa isap (m)}$$

Selanjutnya diameter dalam pipa isap sebagai berikut:

$$dis = \sqrt{\frac{4.Q_p}{\pi.V_s}} = \sqrt{\frac{4.0,006}{\pi.1}} = 0,0874 \text{ m} = 87$$

$$\text{mm} = 8,7 \text{ cm} = 3,4 \text{ inch}$$

Pada perencanaan ini, bagian pipa hisap dan bagian pipa tekan akan disesuaikan dari bahan PVC yang ada di pasaran, karena dapat meminimalkan kehilangan energi (head loss) sekaligus lebih hemat biaya. Mengacu pada tabel material pipa (Pipa uPVC Pralon class VP), diperoleh ukuran pipa dengan dimensi standar berdiameter 87 mm atau 3,4 inci

$$\text{Diameter dalam pipa (dis)} = 3,5 \text{ inch} = 89 \text{ mm} = 0,089 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar pipa (dos)} = 4 \text{ inch} =$$

$$101,6 \text{ mm} = 0,1016 \text{ m}$$

Berdasarkan ukuran pada pipa standar yang telah dihitung, maka didapatkan kecepatan aliran air dalam pipa yang sesungguhnya dapat ditentukan melalui persamaan kontinuitas sebagai berikut.

$$V_s = \frac{Q_p}{A} = \frac{4,0 Q_p}{\pi (dis)^2}$$

$$V_s = \frac{4,0,006}{\pi \cdot (0,089)^2}$$

$$V_s = 0,9648 \text{ m/s}$$

Maka pipa tekan yang digunakan dengan ukuran pipa dengan dimensi 3 [inch], dengan dimensi pipa :

Diameter dalam pipa (dis) = 2,5 [inch] = 65 [mm] = 0,065 [m]

Diameter luar pipa (dos) = 3 [inch] = 76 [mm] = 0,076 [m]

$$V_d = \frac{Q_p}{A} = \frac{4,0 Q_p}{\pi \cdot (dis)^2}$$

$$V_d = \frac{4,0,006}{\pi \cdot (0,065)^2}$$

$$V_d = 1,808 \text{ m/s}$$

Perhitungan Pada Perbedaan head pipa kecepatan aliran ialah:

$$\Delta H_v = \frac{V_d^2 - V_s^2}{2.g}$$

$$\Delta H_v = \frac{1,808^2 - 0,9648^2}{2,981}$$

$$\Delta H_v = 0,1192 \text{ m}$$

Perhitungan Perbedaan head Statis (ΔH_s)

Head statis pipa didefinisikan sebagai selisih ketinggian antara permukaan air di reservoir bawah (Balancing Tank) dengan permukaan air tertinggi pada kolam renang, sebagaimana ditunjukkan pada gambar sebelumnya. Pada perencanaan ini, nilai head statis dihitung menggunakan rumus berikut:

$$H_{statis \ total} = \left(Z_2 + \frac{V_d^2}{2.g} \right) - \left(Z_1 + \frac{V_s^2}{2.g} \right)$$

Maka H_{statis} total atau ΔH_s adalah:

$$H_{statis \ total} = \left(400 + \frac{1,808^2}{2,981} \right) - \left(200 + \frac{0,9648^2}{2,981} \right)$$

$$H_{statis \ total} = 200,1192 \text{ cm}$$

Perhitungan Pada Kerugian Head (HL) Pipa Kerugian Head Bagian Sepanjang Pipa Hisap (HLs)

Besarnya kehilangan energi (head loss) pada pipa hisap akibat gesekan (H_{fs}) diperoleh dari persamaan Darcy-Weisbach berikut:

$$H_f = f \frac{L_s}{d_i} \times \frac{V_s^2}{2.g}$$

$$H_f = [0,000017 \times \frac{20}{0,065}] \times [\frac{0,9648^2}{2,981}]$$

$$H_f = 2,5 \text{ m}$$

Material yang digunakan untuk merencanakan pipa isap berupa Pipa dengan material PVC = Drawn Tubing, dengan nilai kekasaran berada pada rentang 0,0015 hingga 0,02134. Namun, berdasarkan perhitungan dari Robert W. Fox dalam bukunya yang berjudul Introduction to Fluid Mechanics, nilai ϵ yang digunakan adalah 0,0015 mm.

Dengan demikian, kekasaran relatif (ϵ/d_i) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\epsilon/d_i = \frac{0,0015 \text{ [mm]}}{89 \text{ [mm]}} = 0,000017$$

Untuk memperoleh faktor gesekan (f), digunakan diagram Moody yang menggunakan syarat bilangan Reynolds (Re) telah diketahui

sebelumnya. Re adalah bilangan tak berdimensi yang dipakai sebagai kriteria aliran, dan juga bermanfaat dalam menentukan pressure drop maupun heat transfer, sebagai berikut:

$$Re = \frac{Vs \times di}{U}$$

$$Re = \frac{0,9648 \times 0,089}{1,004 \times 10^{-6}}$$

$$= 0,86 \times 105 \text{ (Turbulen)}$$

Head loss pada pipa isap (Hms) yang ditimbulkan oleh kelengkapan instalasi dapat ditentukan setelah mengetahui komponen apa saja bergantung pada yang diaplikasikan disepanjang pipa. Dengan demikian, jenis dan jumlah kelengkapan pipa yang terpasang disajikan sebagai berikut:

Table 3. Koefisien hasil kerugian pipa isap

| Jenis | Jumlah | K | n.K |
|---------------------|--------|---------|-------|
| Elbow (Belokan 45o) | 7 | 1,898 | 12,63 |
| Tee (Letter T) | 13 | 0,9648 | 10,81 |
| Valve | 2 | 5,75 | 11,42 |
| $\sum n.K$ | | 34,8012 | |

Oleh karena itu, nilai head loss terjadi akibat adanya kelengkapan pada pipa yang terjadi dijalur isap dapat dihitung sebesar:

$$h_m = \sum n \cdot k \frac{V_s^2}{2 \cdot g}$$

$$= 34,8012 \times \frac{0,9648^2}{2,981} = 1,65 \text{ m}$$

Dengan hasil perhitungan tersebut, besarnya kehilangan head pada jalur aliran pipa isap pada pompa kolam renang adalah:

$$H_{LS} = H_{FS} + H_{MS}$$

$$= 2,5 \text{ [m]} + 1,65 \text{ [m]} = 4,15 \text{ m}$$

Selanjutnya akan terjadi kerugian head pada pipa tekan (HLD) termasuk kerugian yang diakibatkan oleh suatu gesekan (Hfd). Jalur pipa bagian tekan yang mengalirkan air dari bagian pompa ke kolam renang akan menggunakan perencanaan yaitu, pipa PVC dengan spesifikasi sebagai berikut:

Diameter dalam pipa (di) = 2,5 inci =

$$65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar pipa (do)} = 3 \text{ inci} = 76 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$$

Berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach, maka apabila kerugian head akibat gesekan pada pipa bagian tekan dihitung dengan mempertimbangkan material pipa yang bahannya dianggap sama sesuai bahan pipa hisap, yaitu bahan PVC. Nilai kekasaran pipa yang dipakai pun sama, yaitu 0,0015 mm. Oleh karena itu, kekasaran relatif (ϵ/di) adalah:

$$\epsilon/di = \frac{0,0015}{65} = 0,000023$$

Faktor gesekan pipa (f) didapatkan dari hitungan diagram Moody dengan mengetahui terlebih dahulu bilangan Reynoldnya (Re) sebagai berikut :

$$Re = \frac{Vs \times di}{U}$$

Selanjutnya bilangan Reynold (Re) yaitu :

$$Re = \frac{1,808 \times 0,065}{1,004 \times 10^{-6}} = 1,1 \times 10^5$$

(Termasuk aliran Turbulen)

Berdasarkan diagram Moody dengan nilai $Re = 1,56 \times 10^5$ serta kekasaran relatif (ε/d) = 0,00023, maka didapatkan faktor gesek (f) sebesar 0,0285.

Maka kerugian gesekan pada pipa isap sesuai persamaan Darcy–Weisbach adalah:

$$H_f = [0,028 \times \frac{420}{0,065}] \times [\frac{1,808^2}{2 \times 9,81}] = 30,125 \text{ m}$$

Perhitungan Kerugian head akibat peralatan instalasi pada pipa bagian tekan (hmd)

Table 4. Tabel Koefisien kerugian pipa bagian tekan

| Jenis | Jumlah | K | n.K |
|----------------------------|--------|--------|-------|
| Bagian Elbow (Belokan 45o) | 16 | 1,898 | 12,63 |
| Bagian Tee (Letter T) | 36 | 0,956 | 10,81 |
| Bagian Valve | 8 | 5,75 | 11,42 |
| $\Sigma n.K$ | | 105,92 | |

Ditentukan kerugian yang terjadi harga head yang diakibatkan oleh pengaruh peralatan yang ada pada instalasi pipa bagian tekan sebagai berikut :

$$h_{md} = \sum n \cdot k \frac{Vd^2}{2 \cdot g} = 105,92 \times \frac{2,41^2}{2 \times 9,81}$$

$$[m] = 31,351 \text{ m}$$

Dari perhitungan yang terjadi kerugian pipa tekan ini sebagai berikut :

$$H_{Ld} = H_{fd} + H_{md}$$

$$= 30,125 \text{ [m]} + 31,35 \text{ [m]}$$

$$= 61,475 \text{ [m]}$$

Dari perhitungan kerugian head total pipa (HL) pada instalasi pipa ini yaitu :

$$\Delta H_L = H_{Ls} + H_{Ld}$$

$$= 4,15 \text{ [m]} + 61,475 \text{ [m]}$$

$$= 65,525 \text{ [m]}$$

Pemilihan Jenis Pompa Yang Sesuai
Ada beberapa macam – macam pompa dipilih dengan mempertimbangkan kapasitas aliran dan head yang telah ditentukan diatas. Dalam hal ini

kapasitas pompa adalah 6 l/s dengan head Hp = 65,525 m.

Perhitungan Motor Penggerak

- Motor listrik tersedia dalam rentang daya yang luas, dari skala kecil hingga besar,
- Efisiensinya lebih unggul dibandingkan motor berbahan bakar,
- Ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi maupun kebisingan, serta memiliki kestabilan operasi yang baik,
- Memiliki konstruksi sederhana dengan sistem pengoperasian yang praktis.

Perhitungan Kecepatan Spesifik Dan Tipe Impeler Pada Pipa

Impeler didefinisikan sebagai rotor yang telah dilengkapi oleh sudu-sudu, di mana sudu-sudu tersebut berperan dalam mentransfer energi mekanis dari

suatu poros dan berubah menjadi energi fluida. Ada beberapa tipe impeler pada sebuah sistem pompa dipengaruhi oleh nilai kecepatan spesifiknya. Adapun untuk pompa dengan impeler tunggal, nilai kecepatan spesifik dihitung melalui persamaan:

$$ns_1 = n \frac{\sqrt{Q_p}}{H_p^{0,75}}$$

$$= 1500 \times \left[\frac{\sqrt{95,10}}{265,775^{0,75}} \right]$$

$$= 175,05 \text{ rpm} = 176 \text{ rpm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan pipa spesifik sebesar $N_s = 176 \text{ rpm}$, Maka ada jenis impeler sesuai untuk kondisi ini adalah impeler bentuk aliran radial.

Perhitungan Efisiensi Pompa

Dalam penggunaan pompa secara kontinu, faktor efisiensi pompa (η_p) perlu mendapat perhatian khusus. Nilai

efisiensi ini dipengaruhi oleh capacity, tinggi tekanan (head), serta kecepatan aliran, dimana keseluruhannya tercakup dalam kecepatan spesifik. Maka hubungan antara kecepatan spesifik dan efisiensi pompa ditunjukkan pada hitungan berikut, dengan kondisi pompa sebagai berikut: $Q_p = \text{Kapasitas Sitem Pompa} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s} = 95,10 \text{ [gpm]}$

$N_s = \text{Kecepatan Spesifik Pompa} = 176 \text{ [rpm]}$

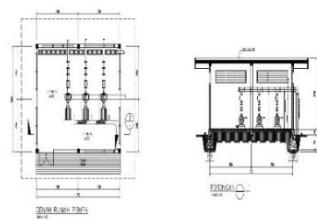
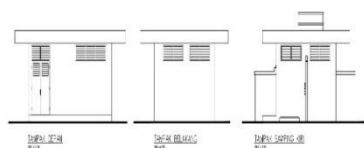
Maka akan didapatkan efisiensi sebesar 80 %

Gambar Perencanaan Kolam dan Sistem Pompa

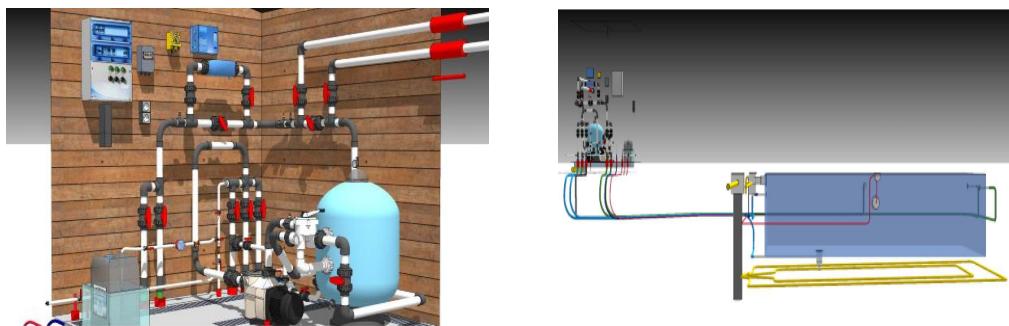
- 1) Gambar Perencanaan untuk kolam renang yang sudah diukur sesuai dengan kebutuhan lahan



Gambar 6. Gambar 3D Desain Kolam Renang



Gambar 7. Gambar DED Rumah Pompa



Gambar 8. Gambar 3D Sistem Pompa

- 2) Proses pemberian bahan kimia berupa PAC (Poly Aluminium Chloride), Tawas, Soda Ash Dense USA, dan Kaporit Powder 60% yang langsung dicampurkan ke dalam air kolam renang seperti pada

Gambar 9 di bawah. Sedangkan hasil laboratorium sesudah air jernih kembali oleh pemberian bahan kimia adalah seperti pada Tabel 5 di bawah.



Gambar 9. Foto Pemberian Obat Kimia

Tabel 5. Uji Laboratorium Kualitas Air Kolam Renang Terkontaminasi Alga

| No | Parameter | Satuan | Hasil Pengujian | Baku Mutu ⁽²⁾ | Metode Uji |
|---------------------|--------------------------------------------------|------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Fisika | | | | | |
| 1. | Suhu Laboratorium ³⁾ | °C | 26,0 | ⁽⁴⁾ | SNI 06-6989.23-2005 |
| 2. | Kekeruhan ³⁾ | NTU | 0,45 | 0,5 | SNI 06-6989.23-2005 |
| 3. | Bau | - | 1 | ⁽⁵⁾ | SNI 06-6860-20002 |
| Kimia | | | | | |
| 1. | Derajat Keasaman (pH) Laboratorium ³⁾ | - | 5,71 | ⁽⁶⁾ | SNI 6989.11-2019 |
| 2. | Sisa klor sbg Cl ₂ ³⁾ | mg/L | 1,2 | ⁽⁷⁾ | SM APHA 24 th Ed. 4500-Cl B, 2023 |
| Mikrobiologi | | | | | |
| 1. | <i>Escherichia coli</i> ³⁾ | CFU/100 mL | <1 | <1 | SM APHA 24 th Ed. 9222H, 2023 (Membran Filter) |

Keterangan :

- 1) Pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Labkesda Kota Bogor
- 2) Berdasarkan Lampiran Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan BAB II.A.3
- 3) Terakreditasi SNI ISO/IEC 17025:2017 oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN)
- 4) Baku Mutu yang diperbolehkan suhu udara \pm 3, bila pengujian dilakukan In situ (di lapangan)
- 5) Baku Mutu yang diperbolehkan "tidak berbau", Skala 1 : Tidak berbau
- 6) Baku Mutu yang diperbolehkan 7 – 7,8 bila pengujian dilakukan In situ (di lapangan)
- 7) Baku Mutu yang diperbolehkan 1 – 1,5 mg/L untuk kolam beratap/tidak beratap bila dilakukan In situ (di lapangan)
- 8) Hasil di luar Baku Mutu yang diperbolehkan

Dari hasil uji laboratorium yang telah dilakukan, maka hasil dari semua parameter kualitas air kolam renang memenuhi standar Permenkes RI No.2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan dan kualitas air sebagai berikut :

1. Parameter bau sudah memenuhi standar yaitu dengan nilai 1 dimana standar baku mutu nilai kekeruhan air SNI 06-6860-2002 skala 1.

2. Parameter derajat keasaman (pH) 5,71 dimana SNI 6989.11-2024 antara 7 – 7,8 menandakan bahwa pH air tersebut termasuk basa.
3. Parameter Sisa klor sbg Cl₂ sudah memenuhi standar baku mutu air kolam renang yaitu 1,2 dimana nilai yang telah memenuhi standar baku mutu air kolam renang yaitu 1 – 1,5 mg/L.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang meliputi analisis kondisi eksisting kolam, pengujian kualitas air laboratorium, perancangan sistem hidrolis pompa dan perpipaan, serta implementasi water treatment dengan kombinasi koagulasi-filtrasi dan disinfeksi, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang mampu meningkatkan kualitas air kolam secara signifikan dan memenuhi seluruh baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes RI No. 2 Tahun 2023.

Hasil uji kualitas air sebelum perlakuan menunjukkan beberapa parameter yang tidak memenuhi standar, antara lain bau, pH yang terlalu rendah, serta kadar sisa klor yang melebihi batas baku mutu. Kondisi ini diidentifikasi sebagai akibat dari pertumbuhan *algae bloom* yang cukup parah sehingga mengganggu kualitas estetika dan keamanan air kolam renang.

Setelah dilakukan perancangan dan penerapan sistem water treatment melalui integrasi koagulasi menggunakan PAC dan tawas, penyesuaian pH menggunakan soda

ash, filtrasi mekanis, serta disinfeksi menggunakan kaporit 60%, kualitas air kolam menunjukkan perbaikan signifikan. Pengujian lanjutan di laboratorium membuktikan bahwa seluruh parameter utama—meliputi suhu, tingkat kekeruhan, bau, pH, sisa klor, serta *Escherichia coli*—telah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Kejernihan air meningkat, bau berkurang, pH mendekati rentang standar, dan kontaminan mikrobiologi tidak terdeteksi.

Selain itu, hasil perhitungan hidrolis dan desain pompa menunjukkan bahwa kapasitas pompa ($Q = 6 \text{ L/s}$) dan total head ($H_p = 65,525 \text{ m}$) telah sesuai untuk mendukung efektivitas sirkulasi dan filtrasi pada kolam berukuran besar. Integrasi antara desain pompa, pemilihan diameter pipa, dan konfigurasi sistem filtrasi terbukti meningkatkan performa pengolahan air secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini diolah dari hasil penelitian berdasarkan Laporan Penelitian Asisten Ahli (PAA) tahun 2025 Politeknik Negeri Jakarta. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Politeknik Negeri Jakarta dengan nomor kontrak B.264/PL3.B/PN.003/2025,

DAFTAR PUSTAKA

Ding, X., 2023, *A pilot study on the dual membrane process of*

ultrafiltration and its application to algae-laden water (Aqua / IWA Publishing). AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society Vol 72 No 3, 259.

Hakim, Ismatul, dkk., 2010, *Social Forestry Menuju Restorasi Pembangunan Kehutanan Berkelanjutan*. Bogor. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Perubahan Iklim Dan Kebijakan. Hal. 1 – 141.

Jati Ratna Arifah, 2022, *Konservasi Air: Pengertian, Contoh Dan Manfaatnya* (UP 2022).

Komala, R., dkk., 2024, *Comparison of Alum and Poly Aluminum Chloride for raw water treatment*, Jurnal Sainmatika Vol. 21 No. 1, 2024. Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Li, L., 2024, *Study on the mechanism of hydrodynamic manipulation to optimize coagulation-microfiltration performance of microalgae*. Journal of Cleaner Production. Volume 434, 1 January 2024, 140397.

M. Kudeng Sallata, 2015, *Konservasi Dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya Sebagai Sumber Daya Alam*. Buletin Eboni 12 (1), 75-86. 01 Jan 2015 Vol. 12, Iss: 1, pp 75-86.

Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023 *Standar Mutu Lingkungan Untuk Air Minum, Air Untuk Keperluan Higiene Dan Sanitasi, Serta Air Kolam Renang*.

- Peraturan Pelaksanaan Peraturan
Pemerintah Nomor 66 Tahun
2014 Tentang Kesehatan
Lingkungan.
- SNI 06-6860 – 2022 *Tentang Angka
Bau Dan Kekeruhan Pada Air.*
- SNI 19-6774-2002 *Tentang Tata Cara
Perencanaan Unit Paket
Instalasi Penjernihan Air.*
- SNI 19-6774-2002 tentang *Tata Cara
Perencanaan Unit Paket
Instalasi Penjernihan Air.*
- Wang, L., 2024, *Suitability of
inorganic coagulants for algae-
laden water treatment.* (ScienceDirect).
- Whang Zhenyao, Jiaqing Xiong , Jiajia
Zhou, 2025, *Algae removal and
degradation of microcystins by
UV-C* (Wiley / Water
Environment Research). National
Library of Medicine. PMID:
40088081.