Planning Of The Wastewater Treatment Pond Wall Using Reinforced Concrete In The Taman Pinang, Sidoarjo

Perencanaan Dinding Kolam IPAL Menggunakan Beton Bertulang Pada Tempat Cuci Mobil Di Kawasan Taman Pinang, Sidoarjo

Mohamad Joe Pratama, Hendri Hermawan

{521joepratama@gmail.com[1] , hendrihermawan@umsida.ac.id[2],}

[1,2] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *General Background Vehicle washing operations generate wastewater containing sludge, oil, and detergents that can pollute urban environments if discharged without treatment. Specific Background Wastewater treatment plant ponds must provide watertight containment and resist internal fluid loads during continuous operation at car wash facilities in Taman Pinang, Sidoarjo. Knowledge Gap Practical structural planning for compact car wash wastewater pond walls under hydrostatic loading and reinforcement detailing requires clear documentation alongside broader tank and retaining structure studies. Aims This study plans reinforced concrete wastewater treatment pond walls for a car wash in Taman Pinang, Sidoarjo, by analyzing hydrostatic pressure and reinforcement requirements. Results For a rectangular pond of 3.0 m length, 1.2 m width, and 1.4 m height (1.2 m operating water depth) using fc' 20 MPa concrete, fy 240 MPa steel, and 10 cm wall thickness, hydrostatic calculation yields a base pressure of 14 kN/m², a horizontal resultant of 9.8 kN/m, a maximum moment of 4.57 kNm/m, an effective depth of 45 mm, a required steel area of approximately 485 mm², and vertical reinforcement of Ø10 at 150 mm spacing alongside horizontal reinforcement of Ø8 at 200 mm spacing. Novelty This work presents case-specific structural sizing and reinforcement calculations for a 10 cm reinforced concrete car wash wastewater pond wall in Taman Pinang, Sidoarjo. Implications The resulting wall thickness and reinforcement layout support safe and practical construction of wastewater containment walls at car wash facilities.*
Keywords *Wastewater Treatment Plant, Reinforced Concrete, Pond Wall, Hydrostatic Pressure, Structural Design*

Abstrak. Latar Belakang Umum Operasi pencucian kendaraan menghasilkan air limbah yang mengandung lumpur, minyak, dan deterjen yang dapat mencemari lingkungan perkotaan jika dibuang tanpa pengolahan. Latar Belakang Spesifik Kolam instalasi pengolahan air limbah harus menyediakan penahanan kedap air dan tahan terhadap beban cairan internal selama operasi berkelanjutan di fasilitas cuci mobil di Taman Pinang, Sidoarjo. Kesenjangan Pengetahuan Perencanaan struktural praktis untuk dinding kolam air limbah cuci mobil kompak di bawah pemuatan hidrostatik dan detail penguatan memerlukan dokumentasi yang jelas bersama studi tangki dan struktur penahan yang lebih luas. Tujuan Studi ini merencanakan dinding kolam pengolahan air limbah beton bertulang untuk cuci mobil di Taman Pinang, Sidoarjo, dengan menganalisis tekanan hidrostatik dan kebutuhan penguatan. Hasil Untuk kolam persegi panjang 3,0 m, lebar 1,2 m, dan tinggi 1,4 m (kedalaman air operasi 1,2 m) menggunakan beton fc' 20 MPa, baja fy 240 MPa, dan ketebalan dinding 10 cm, perhitungan hidrostatik menghasilkan tekanan dasar 14 kN/m², hasil horizontal 9,8 kN/m, momen maksimum 4,57 kNm/m, kedalaman efektif 45 mm, luas baja yang dibutuhkan sekitar 485 mm², dan tulangan vertikal Ø10 pada jarak 150 mm di samping tulangan horizontal Ø8 pada jarak 200 mm. Kebaruan Karya ini menyajikan perhitungan ukuran dan penguatan struktural spesifik untuk dinding kolam air limbah beton bertulang 10 cm di Taman Pinang, Sidoarjo. Implikasi Ketebalan dinding dan tata letak penguatan yang dihasilkan mendukung pembangunan dinding penahan air limbah yang aman dan praktis di fasilitas cuci mobil.
Kata kunci: Instalasi Pengolahan Air Limbah, Beton Bertulang, Dinding Kolam, Tekanan Hidrostatik, Desain Struktural

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah tempat cuci mobil di kawasan perkotaan seperti Taman Pinang, Sidoarjo, berkontribusi terhadap peningkatan volume air limbah yang dihasilkan setiap harinya. Air limbah dari kegiatan pencucian mobil umumnya mengandung berbagai bahan pencemar seperti deterjen, minyak dan lemak, serta padatan tersuspensi yang dapat menurunkan kualitas lingkungan jika dibuang langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu. Kondisi ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa limbah domestik dan komunal yang tidak dikelola dengan baik berdampak signifikan terhadap pencemaran lingkungan dan memerlukan sistem pengolahan yang efektif untuk memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke badan air atau sistem drainase.[1]

Oleh karena itu, pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menjadi sebuah kebutuhan penting untuk mendukung pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dan mencegah akumulasi bahan pencemar di lingkungan urban. IPAL berfungsi untuk mengolah air limbah melalui serangkaian proses fisik, kimia, dan biologis sehingga parameter pencemar seperti BOD, COD, dan TSS dapat diturunkan sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku.[2]

Kolam IPAL merupakan salah satu unit pengolahan awal yang berperan sebagai wadah penampungan dan proses awal pengolahan air limbah. Struktur kolam harus dirancang agar kuat, stabil, dan kedap air untuk menahan tekanan hidrostatis serta beban dari air limbah selama operasi. Dalam perencanaan konstruksi kolam ini, beton bertulang dipilih sebagai material utama karena memiliki kombinasi kekuatan tekan yang tinggi dari beton dan kekuatan tarik dari baja tulangan, serta ketahanan yang baik terhadap kondisi lingkungan basah yang terus-menerus.
Beton bertulang juga relatif mudah diaplikasikan di lapangan serta sesuai dengan praktik teknik sipil modern dalam pembangunan struktur pengolahan air limbah.[3]

II. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perencanaan teknis dengan pendekatan analitis melalui studi kasus. Analisis dilakukan terhadap tekanan hidrostatis air limbah yang bekerja pada dinding kolam IPAL serta perhitungan struktur beton bertulang untuk menentukan dimensi dan kebutuhan tulangan. Perhitungan didasarkan pada asumsi distribusi tekanan berbentuk segitiga, penentuan gaya resultan dan momen lentur maksimum, serta perencanaan tulangan sesuai prinsip bahwa beton menahan gaya tekan dan baja menahan gaya tarik.
Pendekatan serupa banyak digunakan dalam desain dan analisis struktur beton bertulang yang menerima beban fluida, khususnya pada tangki dan struktur penampung cairan dengan beban hidrostatik.[4]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran dan Dasar Perencanaan Struktur Beton Bertulang

Kolam IPAL pada tempat cuci mobil direncanakan berbentuk persegi panjang dengan dimensi panjang 3,0 m, lebar 1,2 m, dan tinggi kolam 1,4 m. Tinggi air operasi ditetapkan sebesar 1,2 m. Struktur kolam direncanakan berada di dalam tanah sehingga dinding kolam harus mampu menahan tekanan air dari dalam kolam selama masa operasional.

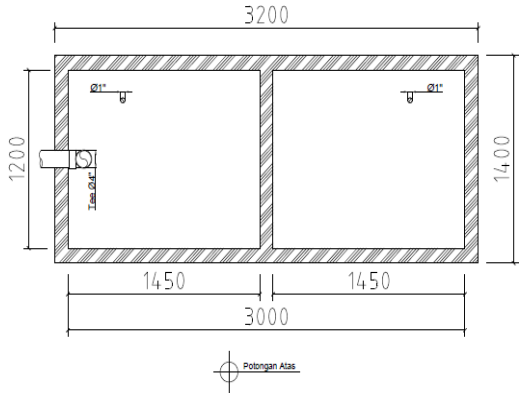
Perencanaan struktur dinding kolam IPAL didasarkan pada analisis tekanan hidrostatik air limbah. Tekanan air meningkat seiring bertambahnya kedalaman, sehingga bagian bawah dinding menerima beban terbesar. Tulangan beton direncanakan untuk menahan momen lentur yang timbul akibat tekanan tersebut.[5]

Parameter utama yang digunakan dalam perencanaan struktur beton bertulang seperti tinggi air kolam, berat jenis air limbah, mutu beton, mutu baja tulangan, serta tebal dinding kolam berperan penting dalam menentukan respons struktural terhadap beban hidrostatik dan distribusi gaya dalam yang terjadi pada dinding. Variasi dimensi geometri dan karakteristik material memengaruhi distribusi tekanan lateral, kapasitas lentur, dan kebutuhan tulangan pada dinding beton bertulang yang dirancang untuk menahan tekanan fluida, sehingga memperkuat validitas analisis berdasarkan parameter desain ini. Perencanaan struktur semacam ini telah dibahas dalam literatur teknik sipil terbaru yang meninjau desain beton bertulang terhadap beban internal dari fluida hidrostatik serta pengaruh parameter desain seperti ketebalan dinding dan mutu material terhadap perilaku struktural.[6]

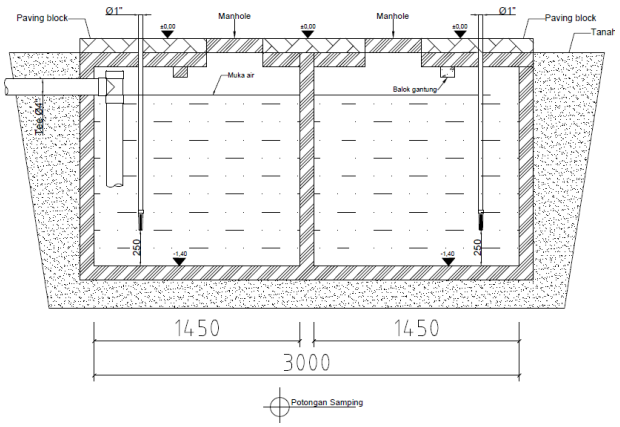
B. Perhitungan Teknis Dinding Kolam IPAL

Data Perencanaan

- Tinggi air dalam Bak Ipal (h) = 1,2 m
- Tinggi Bak = 1,4 m
- Panjang Bak = 3,0 m
- Lebar Bak = 1,2 m
- Berat jenis air limbah (γ) = 10 kN/m³
- Mutu beton = fc' 20 MPa
- Mutu baja tulangan = fy 240 MPa
- Tebal dinding kolam = 10 cm



Potongan Tampak atas



Potongan Tampak Samping

C. Metode Analisis Tekanan Hidrostatik

Tekanan air limbah dianalisis menggunakan teori tekanan hidrostatik, di mana tekanan air diasumsikan meningkat secara linier terhadap kedalaman. Distribusi tekanan pada dinding kolam dianggap berbentuk segitiga, dengan tekanan maksimum terjadi pada bagian dasar kolam. Dari analisis ini diperoleh gaya total air dan momen lentur maksimum yang bekerja pada dinding kolam.[7]

Tekanan maksimum di dasar kolam dihitung dengan persamaan:

$$Pmax = y.h = 10\ x\ 1{,}4 = 14\ kN/m^2$$

Nilai ini menunjukkan bahwa pada kedalaman 1,4 m, dinding kolam menerima tekanan lateral sebesar 14 kN/m².

D. Gaya Tekanan Air pada Dinding

Tekanan air pada dinding kolam tidak bersifat seragam, melainkan meningkat secara linier dari permukaan air hingga dasar kolam. Oleh karena itu, distribusi tekanan diasumsikan berbentuk segitiga. Gaya total tekanan air merupakan resultan dari distribusi tekanan tersebut. Gaya tekanan air per meter panjang dinding dihitung dengan rumus:

$$P = y.h \frac{1}{2} \gamma : \boldsymbol{h^2}\ 2$$

$$P = \frac{1}{2} x\ 10\ x\ (1{,}4)^2 = 9{,}8\ kN/M\ 2$$

Nilai gaya ini bekerja secara horizontal pada dinding kolam dan menjadi beban utama yang harus ditahan oleh struktur beton bertulang.[8]

E. Momen Lentur Maksimum

gaya tekanan air yang bekerja pada dinding, timbul momen lentur yang menyebabkan dinding mengalami kecenderungan melentur ke arah luar. Momen lentur terbesar terjadi di bagian dasar dinding karena menerima kombinasi tekanan terbesar dan jarak lengan momen terpanjang.[9]

Momen lentur maksimum dihitung dengan persamaan:

$$Mmax \frac{P.h}{} : \gamma : h^2\ 3$$

$$Mmax \frac{9{,}8\ x\ 1{,}4}{} : \gamma : h^2\ 3$$

$$Mmax = 4{,}57\ kN/m$$

Nilai momen ini digunakan sebagai dasar perencanaan kebutuhan tulangan dinding kolam.

F. Perhitungan Kedalaman Efektifitas Dinding

Kedalaman efektif merupakan jarak antara serat tekan beton terluar dengan pusat tulangan tarik. Nilai ini berpengaruh langsung terhadap kapasitas lentur elemen beton bertulang. Kedalaman efektif dihitung dengan mengurangi tebal total dinding dengan selimut beton dan setengah diameter tulangan.

$$d = t - selimut - \frac{1}{1}\emptyset$$

$$d = 100 - 50 - 5$$

$$d = 45mm$$

Kedalaman efektif sebesar 45 mm menunjukkan jarak kerja tulangan tarik yang relatif kecil, sehingga kebutuhan tulangan menjadi lebih besar.

G. Perhitungan Kebutuhan Luas Tulangan

Dalam perencanaan beton bertulang, beton diasumsikan menahan gaya tekan, sedangkan gaya tarik sepenuhnya dipikul oleh baja tulangan. Oleh karena itu, luas tulangan harus cukup untuk menahan momen lentur yang terjadi. Momen lentur diubah ke satuan N·mm:

$$M = 4{,}57\ x\ 10^6\ N/\ mm$$

Kebutuhan luas tulangan dihitung dengan persamaan:

$$A_8 = \frac{M}{0{,}87\ .fy\ .d}$$

$$A_8 = \frac{4{,}57\ x\ 10^6}{0{,}87\ x\ 240\ x\ 45}$$

$$A_8 \approx 485\ mm^2$$

Nilai ini merupakan luas minimum tulangan yang di butuhkan agar dinding kolam aman terhadap kegagalan lentur.

H. Penentuan Jumlah dan Jarak Tulangan

Setelah luas tulangan minimum diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah batang tulangan berdasarkan diameter tulangan yang diasumsikan.[10]
Luas satu batang tulangan Ø10 mm:

$$A_{\phi 10} = 78{,}5\ mm^2$$

Jumlah batang tulangan per meter panjang dinding:

$$n = \frac{485}{78{,}5} = 6{,}18$$

Nilai tersebut dibulatkan ke atas untuk keamanan struktur, sehingga digunakan **6 batang Ø10 per meter**.
Jarak antar tulangan dihitung sebagai berikut:

$$s = \frac{1000}{7}$$

$$s \approx 150 \text{ mm}$$

IV. KESIMPULAN

Perhitungan tekanan hidrostatik dilakukan untuk menentukan besarnya tekanan air limbah yang bekerja pada dinding kolam sebagai akibat dari kedalaman air. Tekanan tersebut kemudian digunakan untuk menghitung gaya tekanan air sebagai resultan beban lateral yang bekerja pada dinding kolam. Gaya ini selanjutnya menghasilkan momen lentur maksimum, terutama pada bagian dasar dinding, yang menjadi dasar dalam perencanaan struktur beton bertulang.

Penentuan kedalaman efektif dilakukan untuk mengetahui kapasitas kerja penampang beton bertulang, yang berpengaruh langsung terhadap kemampuan dinding dalam menahan momen lentur. Berdasarkan nilai momen dan kedalaman efektif tersebut, dihitung kebutuhan luas tulangan untuk memastikan bahwa gaya tarik dapat dipikul oleh baja tulangan secara aman.

Jumlah dan jarak tulangan kemudian ditetapkan sebagai detail penulangan yang memenuhi persyaratan kekuatan dan kemudahan pelaksanaan.

Berdasarkan hasil analisis, dinding kolam IPAL dengan tinggi air 1,4 m direncanakan menggunakan beton bertulang setebal 10 cm dengan tulangan vertikal Ø10–150 mm dan tulangan horizontal Ø8–200 mm. Konfigurasi ini dinilai mampu menahan tekanan hidrostatik air limbah secara aman dan sesuai dengan prinsip perencanaan bangunan air.

REFERENSI

[1] K. Sembung *et al.*, "Domestic Wastewater Treatment and Environmental Protection Study," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 5, pp. 62–70, 2020.

[2] D. A. Putri and M. Mirwan, "Evaluation of Wastewater Treatment Plant (IPAL) Effectiveness in Food Processing Industries in Sidoarjo Regency," *J. Lingkung. Trop.*, vol. 3, pp. 1–10, 2025.

[3] L. Tinja, I. Kabupaten, and B. Meriah, "Green Construction in Sustainable Infrastructure Development," *J. Pembang. Berkelanjutan*, vol. 2, no. 1, pp. 42–54, 2024.

[4] M. Haggag and M. K. Ismail, "Machine-Learning-Based Analysis of Internal Forces in Reinforced Concrete Conical and Cylindrical Tanks Under Hydrostatic Pressure Considering Material Nonlinearity," *Eng. Struct.*, vol. 325, p. 119456, 2025.

[5] J. I. Lingkungan, A. N. Azhari, and I. Apriani, "Design Review of Wastewater Treatment Plant (IPAL) in Liquid Waste Treatment at Workshop X," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 23, no. 3, pp. 811–819, 2025, doi: 10.14710/jil.23.3.811-819.

[6] A. A. Elansary, A. A. El Damatty, and A. M. El Ansary, "Nonlinear Behaviour of Reinforced Concrete Conical Tanks Under Hydrostatic Pressure," *Thin-Walled Struct.*, vol. 98, pp. 85–98, 2016.

[7] A. Pengujian, K. Bejana, and T. Dengan, "Structural Testing and Evaluation of Pressure Vessels and Fluid Containment," *J. Sustain. J. Has. Penelit. Ind. Terap.*, vol. 10, no. 1, pp. 37–44, 2021.

[8] F. Konstandakopoulou, M. Tsimirika, N. Pnevmatikos, and G. D. Hatzigeorgiou, "Optimization of Reinforced Concrete Retaining Walls Designed According to European Provisions," *Structures*, vol. 27, pp. 1094–1105, 2020.

[9] M. Lohy, S. Latar, and J. C. Jakob, "Evaluation of Earth Retaining Walls on the New Kate-Kate Road, Hunuth Village, Teluk Ambon District," *J. Tek. Sipil Terap.*, vol. 3, no. 6, pp. 225–235, 2024.

[10] D. H. Maulida and A. Alihudin, "Alternative Study of River Cliff Stability Handling Using Cantilever Retaining Walls: Case Study of Indragiri River Area, Kampung Baru Village, Cerenti District, Kuantan Singingi Regency," *J. Smart Teknol.*, vol. 4, no. 4, pp. 496–512, 2023.

[11] M. Haggag and M. K. Ismail, "Machine-Learning-Based Analysis of Internal Forces in Reinforced Concrete Conical and Cylindrical Tanks Under Hydrostatic Pressure Considering Material Nonlinearity," *Structures*, vol. 74, p. 108512, 2025, doi: 10.1016/j.istruc.2025.108512.

[12] J. I. Lingkungan, A. N. Azhari, and I. Apriani, "Review Design Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Pengolahan Limbah Cair Bengkel X," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 23, no. 3, pp. 811–819, 2025, doi:

10.14710/jil.23.3.811-819.

[13] A. A. M. Bakri, M. M. Al Bakri Abdullah, and K. Hussin, "Geopolymer and Reinforced Concrete Structural Performance Under Aggressive Fluid Exposure," *Buildings*, vol. 14, no. 5, p. 1342, 2024, doi: 10.3390/buildings14051342.

[14] H. Zhang, Y. Wang, and X. Liu, "Flexural Behavior and Reinforcement Design of Reinforced Concrete Walls Subjected to Lateral Hydrostatic Pressure," *Eng. Struct.*, vol. 308, p. 117985, 2024, doi: 10.1016/j.engstruct.2024.117985.

[15] R. Rahmawati, S. Santoso, and D. Nugroho, "Structural Analysis of Reinforced Concrete Wastewater Treatment Tanks Against Lateral Pressure," *Civ. Eng. J.*, vol. 10, no. 3, pp. 812–826, 2024, doi: 10.28991/CEJ-2024-010-03-011.