

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL CLUSTER RIVERPLACE PERUMAHAN TIRTASANI KABUPATEN MALANG

¹Mohamad Zenurianto, ²Utami Retno Pudjowati, ³Zuhriya Aridhani

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹mzenurianto@polinema.ac.id, ²utamithe1st@gmail.com, ³zuhriyaa@gmail.com

Abstract

Tirtasani Estate doesn't have communal wastewater treatment which makes the water polluted. To solve those problems, the writer intended to design wastewater treatment plant. This thesis aimed to (1) find the wastewater discharge (2) design the wastewater treatment plant (WWTP) system (3) estimate the cost of WWTP manufacturing. The data needed for this design were the map of the housing, Tirtasani estate's topographic map, Work Unit Price of Malang District 2018. The data were obtained from site surveys. The design resulted in (1) 85.6 m³ / day wastewater discharge (2) wastewater discharge made into 4" wastewater pipe; 3 unit of 30 m³ WWTP tank with Anaerobic aerobic system ; 3.25 m x 9.5 m x 3.5 m WWTP structure.

Keywords: communal, design, WWTP

Pendahuluan

Perumahan Tirtasani Cluster Riverplace merupakan salah satu dari puluhan perumahan yang ada di Malang Raya. Perumahan Tirtasani Cluster Riverplace dibangun sejak tahun 2008, dengan total unit 107 rumah yang dibagi menjadi 7 blok. Perumahan ini terletak di desa Ngenep Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang.

Perumahan Tirtasani Cluster Riverplace yang dikelilingi oleh sungai Sidodadi belum mempunyai fasilitas pengolahan air limbah. Sebanyak 107 unit rumah yang ada di perumahan tersebut langsung membuang limbah cairnya ke sungai tanpa melalui penyaringan apapun.

Pencemaran sungai akibat limbah rumah tangga tersebut nampaknya berdampak pada ekosistem sungai yang sering mengeluarkan bau tidak sedap saat turun hujan, mengindikasikan adanya pencemaran pada sungai. Pencemaran pada sungai dapat dikurangi dengan adanya pemasangan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Maka dari itu dibuat perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan tersebut diatas maka tujuan pembahasan ini meliputi:

1. Menghitung debit air limbah rumah tangga pada Perumahan Tirtasani Cluster Riverplace.
2. Merencanakan sistem pengolahan air limbah rumah tangga Perumahan Tirtasani Cluster Riverplace.

Air Limbah Rumah Tangga

Air limbah rumah tangga dapat dikategorikan menjadi: air limbah perumahan, daerah perdagangan, daerah kelembagaan, daerah rekreasi. Air limbah perumahan terdiri dari air limbah yang berasal dari dapur, bekas cucian, kamar mandi dan kakus. (Sugiharto, 2008)

Dalam buku Materi Bidang Air Limbah I yang dikeluarkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum, rata-rata pemakaian air sebesar 100-200 L/orang/hari dan air limbah yang masuk ke jaringan perpipaan adalah 80% dari konsumsi air bersih tersebut, atau kira-kira 80-160 L/orang/hari.

Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah

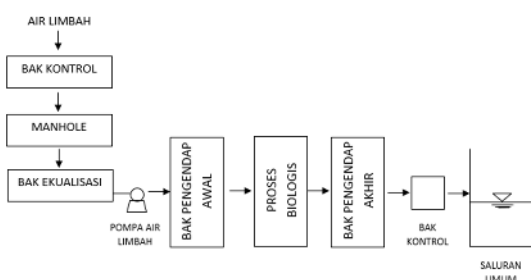
Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) merupakan struktur yang terdiri dari beberapa bak yang bertujuan untuk menghilangkan parameter pencemar yang ada di dalam air limbah sampai batas yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air sesuai dengan syarat baku

mutu yang diizinkan. Pengolahan air limbah secara garis besar dapat dibagi menjadi pemisahan padatan tersuspensi (*solid-liquid separation*), pemisahan senyawa koloid, serta penghilangan senyawa polutan terlarut. Ditinjau dari prosesnya, pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi proses pengolahan secara fisika, kimia dan biologi. (Said,2017)

Bangunan IPAL yang umumnya digunakan di permukaan dapat dikategorikan menjadi dua macam menurut proses pembuatannya, yaitu IPAL pabrikasi dan IPAL konvensional. IPAL

pabrikasi dibuat di pabrik, sedangkan IPAL konvensional biasanya dibuat di tempat (*on site*) dengan konstruksi dari beton bertulang. (Said,2017)

Sistem air buangan yang digunakan di permukiman dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu sistem sanitasi setempat dan sistem sanitasi terpusat. Sistem sanitasi setempat (*On-site sanitation*) merupakan sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak disalurkan kedalam suatu jaringan melainkan dibuang di tempat. Sistem ini merupakan sistem yang umum dipakai di Indonesia. Sistem sanitasi terpusat (*Off-site sanitation*) merupakan sistem pembuangan air limbah rumah tangga (mandi,cuci, dapur dan limbah kotoran) yang disalurkan keluar dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan dan selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan perairan (Fajarwati,2000). Sistem ini digunakan apabila menerapkan instalasi pengolahan air limbah komunal. Skema pengolahan air limbah dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Skema Pengolahan Air Limbah
Sumber : Said, 2017

Pipa

Peletakkan pipa saluran harus memperhatikan dasar dan dinding dari saluran serta ukurannya. Bahan-bahan yang digunakan sebagai penyaluran air limbah antara lain tanah

liat, beton, asbestos semen, besi tuang serta plastik.

Kecepatan maksimum yang diperbolehkan untuk pengaliran air limbah adalah sebesar 3m/detik, sedangkan kecepatan minimumnya adalah 0,5 m/detik dan untuk air hujan sebesar 1m/detik.

Perhitungan kecepatan aliran air pada pipa sama dengan perhitungan kecepatan aliran air pada saluran terbuka. Perhitungan kecepatan dapat dilihat pada **Persamaan 1**.

$$v = \frac{148.6 R^{2/3} S^{1/2}}{n} \tag{1}$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran

n = koefisien kekasaran pipa manning

R = jari-jari hidrolis

S = *sloope*

(Te Chow, 1959)

Setiap jenis pipa memiliki koefisien kekasaran manning yang berbeda beda, koefisien kekasaran manning dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Koefisien Kekasaran Pipa

| N | Jenis Saluran | Koefisien Kekasaran Manning (n) |
|----|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | Pipa Besi Tanpa Lapisan | 0,012-0,015 |
| a. | Dengan Lapisan Semen | 0,012-0,013 |
| b. | Pipa Berlapis Gelas | 0,011-0,017 |
| 2 | Saluran Pasangan Batu Bata | 0,012-0,017 |
| 3 | Pipa Beton | 0,012-0,016 |
| 4 | Pipa Plastik Halus (PVC) | 0,002-0,012 |
| 5 | Pipa Tanah Liat | 0,011-0,015 |

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum, 2013

Bak Kontrol

Sampah kecil dari kamar mandi dan dapur seperti potongan bekas shampo, rambut, bekas nasi, bekas lauk dan sebagainya dapat dengan sengaja maupun tidak sengaja masuk ke saluran pembuangan. Hal tersebut dapat mengakibatkan pengendapan pada dinding pipa saluran pembuangan jika terjadi untuk jangka waktu lama. Pengendapan itu dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pipa saluran pembuangan. Hal-hal ini dapat dicegah dengan adanya bak kontrol.

Bak kontrol harus dipasang di tempat yang mudah dicapai dan memiliki area yang cukup luas untuk orang yang melakukan pembersihan pipa. Bak kontrol harus dipasang di lokasi antara lain: awal dari cabang mendatar, pada pipa mendatar yang panjang, pada tempat dimana pipa pembuangan membelok dengan sudut lebih dari 45°, pada beberapa tempat sepanjang pipa pembuangan yang ditanam didalam tanah. (Kementrian Kesehatan, 2011)

Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk mengatur debit air limbah yang akan diolah serta untuk menyeragamkan konsentrasi zat pencemarnya agar hogen dan proses pengolahan air limbah dapat berjalan dengan stabil. Selain itu dapat juga digunakan sebagai bak aerasi awal pada saat terjadi beban yang besar secara tiba-tiba (shock load). (Kemenkes,2011)

Waktu tinggal di dalam bak ekualisasi umumnya berkisar antara 6 – 10 jam. Untuk menghitung volume bak ekualisasi menggunakan **Persamaan 2.**

Volume (m3) = Waktu Tinggal (jam) x Debit Air

$$\text{Limbah (m3/jam)} \quad (2)$$

Bak Pengendap Awal (Settling Tank)

Bak pengendap awal atau primer yakni bak pengendap tanpa bahan kimia yang digunakan untuk memisahkan atau mengendapkan padatan organik atau anorganik yang tersuspensi di dalam air limbah. Umumnya dipasang sebelum proses pengolahan sekunder atau proses pengolahan secara biologis.

Bak pengendap awal berfungsi untuk mengendapkan atau menghilangkan kotoran padat tersuspensi yang ada didalam air limbah. Kotoran atau polutan yang berupa padatan tersuspensi akan mengendap di bagian dasar bak pengendap. Kotoran padatan tersebut terutama yang berupa lumpur anorganik tdak dapat terurai secara biologis, jika tidak dihilangkan atau diendapkan akan menempel pada permukaan media biofilter sehingga menghambat transfer oksigen ke dalam lapisan biofilm, dan mengakibatkan dapat menurunkan efisiensi pengolahan. Pada bak pengendap awal aliran air limbah dibuat agar tenang untuk memberi kesempatan padatan/suspensi untuk mengendap. Gambar bak pengendap awal ditunjukkan pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Bak pengendap awal

Sumber : <http://www.kelair.bppt.go.id>

Kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak pengendap awal antara lain adalah waktu tinggal hidrolis, beban permukaan dan kedalaman bak. Waktu tinggal hidrolis adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata perhari. Waktu tinggal air limbah pada bak pengendap awal dihitung dengan **Persamaan 3.**

$$T = 24V/Q \quad (3)$$

Keterangan :

- T = waktu tinggal (jam)
- V = volume bak (m³)
- Q = laju rata-rata harian (m³/hari)

Beban permukaan bak dapat dihitung dengan **Persamaan 4.**

$$V_o = - \quad (4)$$

Keterangan :

- V_o = laju limpahan/ beban permukaan (m³/m² hari)
- Q = aliran rata-rata harian. m³/hari
- A = total luas permukaan (m²)

Proses Biologis

Proses pengolahan air limbah dengan aktivitas mikroorganismenya biasa disebut dengan proses biologis. Proses pengolahan secara biologis dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), anaerobic (tanpa udara), serta kombinasi aerobik dan anaerobic. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk air limbah dengan *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang tidak terlalu besar, sedangkan anaerobic digunakan pada pengolahan limbah dengan BOD yang sangat tinggi. Pengolahan air limbah secara biologis dapat dibagi menjadi tiga, yakni proses biologis biakan tersuspensi, biakan melekat dalam *lagoon* atau kolam.

Pengolahan air limbah dengan sistem biakan melekat atau dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reactor yang berisi media

yang mempunyai luas permukaan yang besar dimana film mikrobiologis (*biofilm*) melekat dipermukaan media tersebut. Air limbah dikontakkan dengan *biofilm* yang akan menguraikan polutan yang ada di air limbah tersebut.

Proses pengolahan air limbah sistem biakan melekat yang banyak digunakan adalah *tricking filter*, *bio-tower*, reaktor biologis putar (*Rotating Biological Contactor, RBC*) dan biofilter tercelup (*unfeasible*).

Biofilter Tercelup

Proses pengolahan air limbah dengan biofilm atau biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang didalamnya diisi media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganismenya dengan atau tanpa aerasi. Posisi media biofilter tercelup diletakkan dibawah permukaan air.

- Proses biofilter Anaerob

Secara garis besar, proses penguraian secara anaerob dapat dibagi menjadi dua yakni satu tahap dan dua tahap.

Penguraian satu tahap dilakukan dengan menguraikan dan mendapatkan lumpur secara simultan di dalam tangki. Stratifikasi lumpur dan membentuk lapisan berikut dari bawah ke atas : lumpur hasil penguraian, lumpur pengurai aktif, lapisan supernatant (jernih), lapisan buih (*skum*), dan ruang gas.

Penguraian dua tahap memerlukan dua tangki pengurai (reaktor), yakni satu tangki berfungsi mencampur secara terus menerus dan pemanasan untuk stabilisasi lumpur, sedangkan tangki lainnya untuk pemekatan dan penyimpanan sebelum dibuang ke pembuangan. (Said, 2017)

- Proses biofilter aerob

Berbeda dengan proses anaerob, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah sehingga prosesnya ditempatkan sesudah proses anaerob. Pada proses aerob pengolahan hasil proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hydrogen maupun karbon dioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen. (Said, 2017)

- Proses biofilter anaerob-aerob

Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Dengan menggunakan proses anaerob, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas

karbon dioksida dan metana menggunakan energy (blower udara), tetapi amoniak dan gas hydrogen sulfide (H_2S) tidak hilang. Oleh karena itu, jika hanya menggunakan proses anaerob saja hanya akan menurunkan polutan organik dan padatan tersuspensi. Dengan proses aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit lalu menjadi nitrat sedangkan gas H_2S menjadi sulfat. Proses biofilter anaerob-aerob akan menghasilkan air olahan dengan kualitas baik menggunakan konsumsi energy yang lebih rendah. (Said, 2017)

Struktur Beton

Beton merupakan campuran dari agregat kasar, agregat halus, semen dan air dengan perbandingan tertentu untuk mencapai mutu yang diinginkan. Sedangkan beton bertulang merupakan gabungan antara beton dan tulangan baja yang bekerja bersama untuk memikul beban yang ada (Setiawan, 2016)

Pelat Lantai

Pelat lantai adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom maupun dinding. (Setiawan, 2016)

Pelat terbagi menjadi dua jenis yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Pelat dikategorikan pelat satu arah apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2. Pelat dikategorikan pelat dua arah apabila struktur pelat beton ditopang pada keempat sisinya, dan rasio antara bentang panjang dan bentang pendeknya kurang dari 2. (Setiawan, 2016)

Langkah perhitungan pelat :

1. Merencanakan tebal pelat
Tebal minimum pelat sesuai dengan Permen PUPR No. 04 tahun 2017 untuk luar ruang bawah tanah dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.
2. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u). Momen rencana dapat dihitung dengan **Persamaan 5**.
$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L \quad (5)$$
3. Menghitung momen rencana (M_u)
4. Perkiraan tinggi efektif (d_{eff}).
Perhitungan tinggi efektif dengan **Persamaan 6**.

$$d_{\text{eff}} = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} \quad (6)$$

5. Menghitung rasio penulangan ()

Jika $>$ min, maka pakai

Jika $<$ min, maka pakai min

dihitung dengan **Persamaan 7**.

$$= -(1 - 1 - \dots) \quad (7)$$

6. Hitung As perlu.

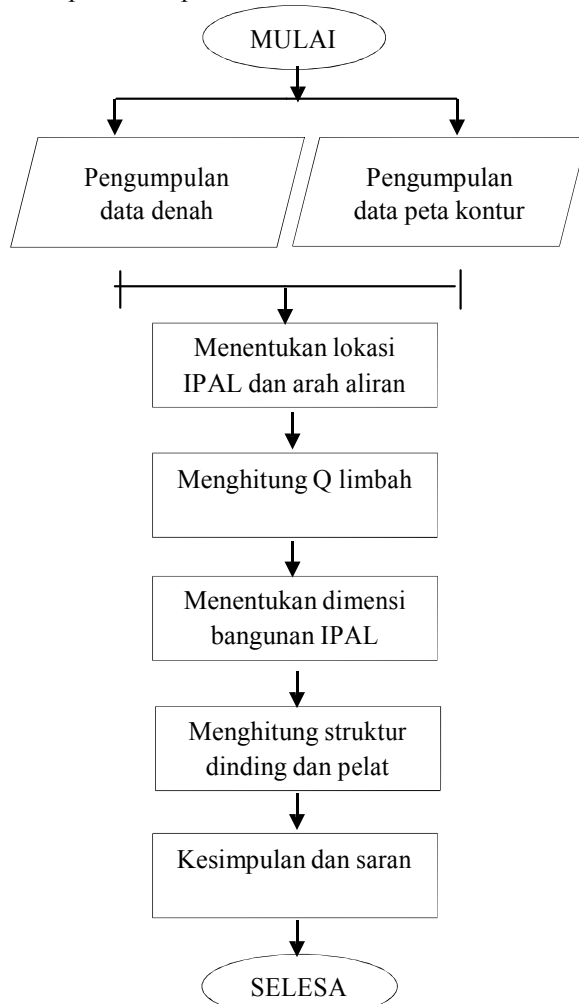
As perlu dihitung dengan **Persamaan 8**.

$$As = .b.d_{\text{eff}} \quad (8)$$

7. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang.

Metode Perencanaan

Metode pencarian data, analisis data hingga laporan, jika diwujudkan dalam gambar dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram Alir perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Cluster Riverplace Perumahan Tirtasani Kabupaten Malang.

Sumber: Hasil Perhitungan

Studi pustaka dilakukan pertama kali sebelum merencanakan IPAL untuk mengetahui sistem IPAL yang akan digunakan. Setelah dilakukan studi pustaka, dilakukan pencarian data untuk melengkapi perhitungan. Setelah data lengkap, lalu dilakukan perhitungan debit limbah yang diikuti dengan penentuan dimensi tangki IPAL yang akan digunakan. Setelah itu lakukan perhitungan struktur IPAL. Hasil dari semua perhitungan tersebut didapatkan kapasitas IPAL, dimensi pipa, dimensi bak kontrol, diameter tulangan.

Hasil dan Pembahasan

Debit Air Limbah Rumah Tangga

Langkah awal yang dilakukan adalah menghitung jumlah penduduk. Merujuk pada SNI 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan sub bab asumsi dan kebutuhan informasi, asumsi jumlah penghuni rata-rata perumahan adalah sebanyak 5 jiwa setiap unit.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penduduk} &= \text{jumlah rumah} \times 5 \\ &= 107 \times 5 = 535 \text{ orang} \end{aligned}$$

Debit air limbah didapatkan dari perkalian jumlah penduduk dengan air limbah. Besarnya air limbah menurut buku Materi Bidang Air Limbah Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP yang masuk ke jaringan pipa adalah 80% dari konsumsi air rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Air limbah} &= 80\% \times 200 \text{ L/orang/hari} \\ &= 160 \text{ L/orang/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total air limbah} &= 535 \times 160 = 85600 \text{ L/hari} \\ &= 85,6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Menentukan Tangki IPAL

Penentuan dimensi tangki IPAL dan jumlahnya mengacu pada volume total air limbah yang dihitung sebelumnya serta dimensi IPAL pabrikan yang ada. Dimensi pipa dari masing-masing tipe dapat diketahui dari **Tabel 2**.

Dari perhitungan debit air limbah rumah tangga, total air limbah setiap harinya sebesar 85,6 m³/hari, maka dapat digunakan 3 unit RCO series kapasitas 30m³. Alasan penggunaan unit RCO series adalah karena mudah digunakan, tipe RCO menggunakan sistem anaerob-aerob, sistem yang paling efektif dalam pengolahan limbah rumah tangga, selain itu IPAL RCO mudah pemasangannya tidak perlu membuat bak bak IPAL, dan tahan lama. Alasan digunakan 3 unit adalah ketersediaan lahan yang sempit, dengan banyaknya unit yang tersedia maka jika

terjadi kerusakan pada satu unit pengolahan limbah masih bisa berjalan dengan baik.

Tabel 2. Brosur IPAL tipe Biogift RCO series

| Tipe | Volume (m ³ /day) | Dimensi Luar | | |
|--------|---------------------------------|------------------|-----------------|----------------|
| | | Diameter (cm) | Panjang (cm) | Tinggi (cm) |
| RCO 15 | 15 | 175 | 630 | 193 |
| RCO 16 | 16 | 200 | 510 | 218 |
| RCO 17 | 17 | 200 | 550 | 218 |
| RCO 18 | 18 | 200 | 580 | 218 |
| RCO 19 | 19 | 200 | 610 | 218 |
| RCO 20 | 20 | 200 | 650 | 218 |
| RCO 25 | 25 | 225 | 630 | 243 |
| RCO 30 | 30 | 225 | 750 | 243 |
| RCO 35 | 35 | 225 | 900 | 243 |
| RCO 40 | 40 | 250 | 820 | 268 |
| RCO 45 | 45 | 250 | 920 | 268 |
| RCO 50 | 50 | 250 | 1020 | 268 |
| RCO 60 | 60 | 250 | 1200 | 268 |

Sumber : Brosur IPAL RCO series.

Jaringan Pipa

Saluran yang dihitung adalah saluran dari rumah menuju saluran pembuangan primer dan saluran pembuangan primer menuju bak kontrol.

a. Dimensi pipa dari rumah menuju saluran primer

$$\begin{aligned}
 Q \text{ saluran rumah} &= 160 \text{ l/orang/hari} \times 5 \\
 &= 800 \text{ l/hari} \\
 &= 0,000009 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

V ditentukan antara 0,6 m/s – 3 m/s (sesuai dengan buku materi bidang air limbah yang diterbitkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum bahwa kecepatan maksimum pada pipa umumnya berkisar antara 2-3 m/detik, kecepatan aliran minimum untuk menghindari pengendapan sebesar 0,6 m/detik.), maka ditentukan kecepatan pipa untuk hitungan dimensi pipa sebesar 1,5 m/detik.

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{4Q}{\pi V} \\
 &= \frac{4 \times 0,000009}{\pi \times 1,5} \\
 &= 2,76 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 &= 2,76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter pipa untuk air kotor adalah 4", maka pipa yang dipakai untuk mengalirkan air limbah adalah 4".

b. Dimensi pipa saluran primer

Saluran primer akan menyalurkan pipa dari rumah menuju bak kontrol. Contoh perhitungan saluran primer :

Q saluran = Q limbah rumah + Q saluran sebelumnya (jika ada)

$$Q_{A-B} = 3,703 \times 10^{-5}$$

$$V = 1,5 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{4Q}{\pi V} \\
 &= 0,0056 \text{ m} = 5,61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter pipa untuk air kotor adalah 4", maka pipa yang dipakai untuk mengalirkan air limbah adalah 4" untuk menyalurkan air limbah dari rumah ke saluran primer.

Permodelan Struktur

Data rencana bangunan penutup :

Dimensi IPAL :

Tinggi bangunan IPAL = 2,50 m

Lebar bangunan IPAL = 3,25 m

Panjang bangunan IPAL = 8,50 m

Dinding penahan :

Mutu beton (fc') = 15 Mpa

Mutu baja = BJ-24

Tegangan leleh = 240 Mpa

Tebal plat (t) = 250 mm

Lebar penampang (b) = 9500 mm

Tebal selimut beton (d') = 25 mm

Pelat lantai :

Mutu beton (fc') = 15 Mpa

Mutu baja = BJ-24

Tegangan leleh (fy) = 240 Mpa

Tebal plat = 150 mm

Lebar penampang (b) = 1000 mm

Tebal selimut beton = 25 mm

Data Tanah :

Jenis tanah = lempung

φ = 22,5°

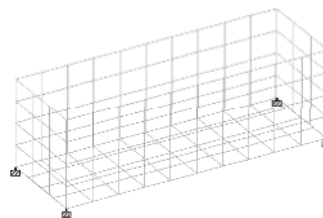
air = 1000kg/m³

Data tangki IPAL :

Berat tangki kosong = 3000 kg

Kapasitas tangki = 30m³

Berdasarkan data perencanaan tersebut struktur bangunan penutup IPAL dapat dilihat pada **Gambar 4.**



Gambar 4. Struktur Bangunan IPAL

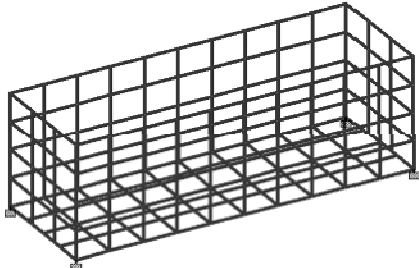
Sumber : Hasil Perhitungan

Pembebanan Struktur

Pembebanan pada plat terdiri dari beban tanah lateral, beban IPAL, uplift, selfweight dan beban kombinasi.

a. Beban sendiri (*selfweight*)

Nilai beban sendiri telah dihitung oleh program STAAD.Pro. Bentuk pembebanan beban sendiri dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Pembebanan *Selfweight*

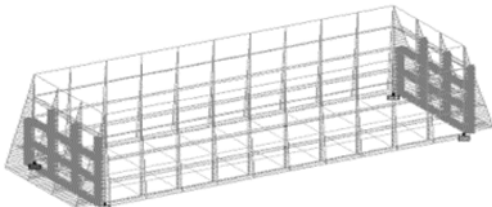
Sumber : Hasil Perhitungan

b. Beban tanah lateral

Data yang digunakan pada pembebanan tanah lateral adalah data tanah yang didapatkan dari lokasi proyek:

Jenis tanah = lempung
 = 22,5°
 air = 1000kg/m³
 Berat Jenis (Gs) = 2,75
 sat = 1,603 gr/cm³
 sat = $\frac{G_s \cdot (\rho_w)^*}{\rho_w}$
 sat = $\frac{2,75 \cdot (1000)^*}{1000} = 1,603 \text{ t/m}^3$
 Hitung koefisien tanah aktif (Ka):
 Ka = $\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$
 Ka = $\frac{1 - \sin 22,5}{1 + \sin 22,5}$
 Ka = 0,446
 Ea = $\frac{1}{2} \cdot \rho_s \cdot H^2 \cdot Ka$
 Ea = $\frac{1}{2} \cdot 1603 \cdot 2,5^2 \cdot 0,446$
 Ea = 2237,124 kg

Bentuk pembebanan akibat tekanan tanah samping dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pembebanan Akibat Tekanan Tanah Samping

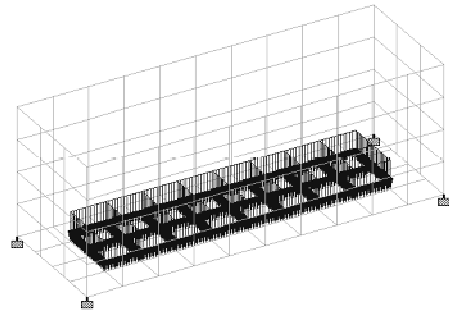
Sumber : Hasil Perhitungan

c. Beban IPAL

Beban IPAL dibedakan menjadi beban tangki dan beban air karena beban tangki adalah beban mati sedangkan beban air adalah beban hidup.

Berat IPAL kosong = 3000 kg
 Berat air = 30000kg
 Luasan plat yang menerima beban IPAL yaitu :
 A = 0,812 x 0,96 x 16
 = 12,472 m²
 Beban tangki = $\frac{8 \cdot 901 \cdot 10}{12,472}$
 = 240,533 kg/m²

Bentuk pembebanan akibat beban mati dapat dilihat pada **Gambar 7**.

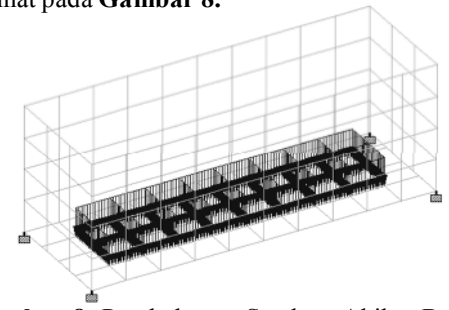


Gambar 7. Pembebanan Struktur Akibat Beban Mati

Sumber : Hasil Perhitungan

Beban air = $\frac{1000 \cdot 2405,326}{1000} = 2,405 \text{ t/m}^2$

Pembebanan struktur akibat beban hidup dapat dilihat pada **Gambar 8**.



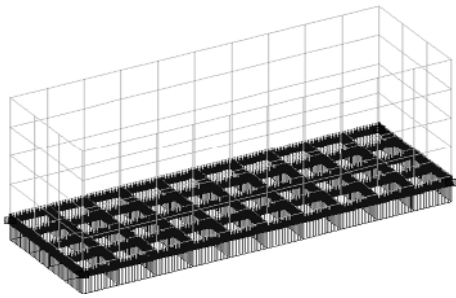
Gambar 8. Pembebanan Struktur Akibat Beban Hidup

Sumber : Hasil Perhitungan

d. Beban akibat daya dukung tanah

Beban akibat daya dukung tanah arahnya ke atas (positif). Didapatkan dari total force y dari beban tangki, beban air dan berat sendiri IPAL. Beban daya dukung tanah dapat dilihat pada **Gambar 9**.

Total force y = 105957,3 kg
 Beban = 3431,816 kg/m²



Gambar 9. Pembebanan Struktur Akibat Beban Daya Dukung Tanah

Sumber : Hasil Perhitungan

e. Beban kombinasi

Beban kombinasi yang digunakan pada saat struktur menerima beban dari IPAL, sehingga :
 Kombinasi = 1,2 (*Selfweight* + Beban Tangki) + 1,6 (Beban Air + Beban tanah samping, Beban daya dukung tanah)

Perhitungan Tulangan

Mu = 25,358 KNm
 = 25358000 Nmm

m = $\frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f_c}$

= $\frac{25358000}{0,85 \cdot 1000 \cdot 225^2 \cdot 25}$
 = 18,824

Rn = $\frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f_c}$
 = 0,626

min = 0,0058

maks = $0,75 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot Rn}}$
 = $0,75 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,626}}$
 = 0,032

As min = $\rho \cdot b \cdot d$
 = $0,0058 \cdot 1000 \cdot 225$
 = 1312,5 mm²

As max = $\rho \cdot b \cdot d$
 = $0,032 \cdot 1000 \cdot 225$
 = 7257,254 mm²

As coba = 1500 mm²

Cc = T

$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$ = As $\cdot f_y$

a = $\frac{C_c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$
 = $\frac{1500}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000}$
 = 28,235

Mn = KL $\cdot Mn \cdot (0 - \frac{a}{d})$
 = $750 \cdot 240 \cdot (225 - \frac{28,235}{225})$
 = 75917647 Nmm

Mn = 0,85 $\cdot Mn$
 = 60734118 Nmm

Kontrol tulangan :

Kontrol pada perhitungan plat dilakukan pada a dan Mn. Nilai a harus lebih kecil dari d dan Mn harus lebih besardari pada momen yang terjadi.

a = 14,118

d = 225

a < d , OK

Mn = 60734118 Nmm

Mu = 25358000 Nmm

Mn > Mu, OK.

Perhitungan tulangan :

Dimensi rencana tulangan = D16

Jarak antar tulangan = $\frac{8}{\phi \cdot \rho \cdot F}$
 = 134

Untuk keamanan, maka jarak antar tulangan yang dipakai lebih kecil daripada jarak antar tulangan pada hitungan, maka dipakai D16-125.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Debit air limbah Perumahan Tirtasani Cluster Riverplace sebesar 85,6 m³/hari.
2. Pengolahan air limbah menggunakan IPAL pabrikasi tipe biogift seri RCO-30 yang memiliki kapasitas 30m³/hari sebanyak 3 unit. Air limbah akan dialirkan melalui pipa PVC dengan diameter 4". Struktur IPAL berdimensi 3,25m x 9,5m x 3,5m berbahan beton K-175 dengan tebal plat 25 cm.

Daftar Rujukan

Ayi, Fajarwati. (2000). *Penyaluran Air Limbah Domestik*.
 Iskandar,dkk. (2016). *Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik-Terpusat Skala Permukiman*. Penerbit: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta
 Kusuma dan Vis. (1993). *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Penerbit: Erlangga, Jakarta
 Republik Indonesia, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 tentang *Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah*
 Said, Nusa Idaman. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Penerbit: Erlangga, Jakarta

- Setiawan, Agus. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:1023)*. Penerbit: Erlangga, Jakarta
- SNI-03-1733-2004. (2004). *Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan*. Badan Standardisasi Nasional. Bandung.
- Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah I*. Penerbit: UI-Press, Jakarta
- Suharno, Asmadi. (2012). *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Penerbit: Gosyen Publishing, Jakarta
- Te Chow, Ven. (1959). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydrolics)*. Penerbit: McGraw-Hill Kogakusha Book Company Inc, Tokyo
- Widayat dan Said. (2005). *Rancang Bangun Paket IPAL Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob, Kapasitas 20-30m³ Per Hari*