

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di PT Behaestex Pandaan, Jalan Gunung Gangsir Desa Wangi, kelurahan Sumberrejo, Kecamatan Pandaan, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur pada bulan Mei sampai Juni 2017.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat dan Bahan Perancangan

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan Unit Pengolahan air limbah PT Behaestex Pandaan dilakukan, adalah sebagai berikut :

- Komputer : Sebagai perangkat pengolah data penelitian
- Alat tulis kantor : Untuk mencatat data hasil pengamatan
 - Bolpoin
 - *Notebook*
- *Software*
 - *Autocad* : Untuk membuat gambar rancangan berupa *layout* maupun desain unit yang di rancang
 - *Maps* : Menggambarkan lokasi, kondisi topografis dan perencanaan unit

pengolahan limbah cair

- *Microsoft Word*: Untuk merekam hasil penelitian dalam bentuk catatan / makalah
- *Microsoft Excel*: Untuk mengolah data berupa angka dan grafik
- Kalkulator : Sebagai Alat bantu perhitungan
- Meteran gulung 100 m: Untuk mengukur dan memetakan lahan
- Data karakteristik air limbah Harian (meliputi COD, TSS, *Turbidity*, Warna) : Sebagai data awal Penelitian
- Data karakteristik air limbah *Shift* (meliputi COD, TSS, *Turbidity*, Warna) : Sebagai data awal Penelitian

3.2.2 Alat dan Bahan Uji *Jar test*

Tujuan dari dilakukannya uji *jar test* adalah untuk mengetahui dosis koagulan yang tepat serta untuk mengetahui besar efisiensi apabila dilakukan penambahan perlakuan yakni pemberian *coagulant aid* berupa air regenerasi yang mengandung garam CaCl_2 dan MgCl_2 . Air regenerasi ini sendiri adalah air buangan dari proses *water softening*. Berikut adalah alat dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan uji *jar test* terhadap sampel air limbah PT Behaestex Pandaan :

Alat :

- Timbangan Analitik : Untuk menimbang bahan yang berbentuk padatan
- Gelas ukur 1 ltr : Sebagai wadah untuk mereaksikah sampel uji

- Pengaduk : Sebagai simulator proses koagulasi flokulasi
- Pipet 10 ml : Untuk membubuhkan koagulan ke dalam sampel uji
- *Stopwatch* : Untuk memperhitungkan waktu
- *Colourimetri* : Menguji parameter limbah (COD, TSS, dan Pt-Co)

Bahan :

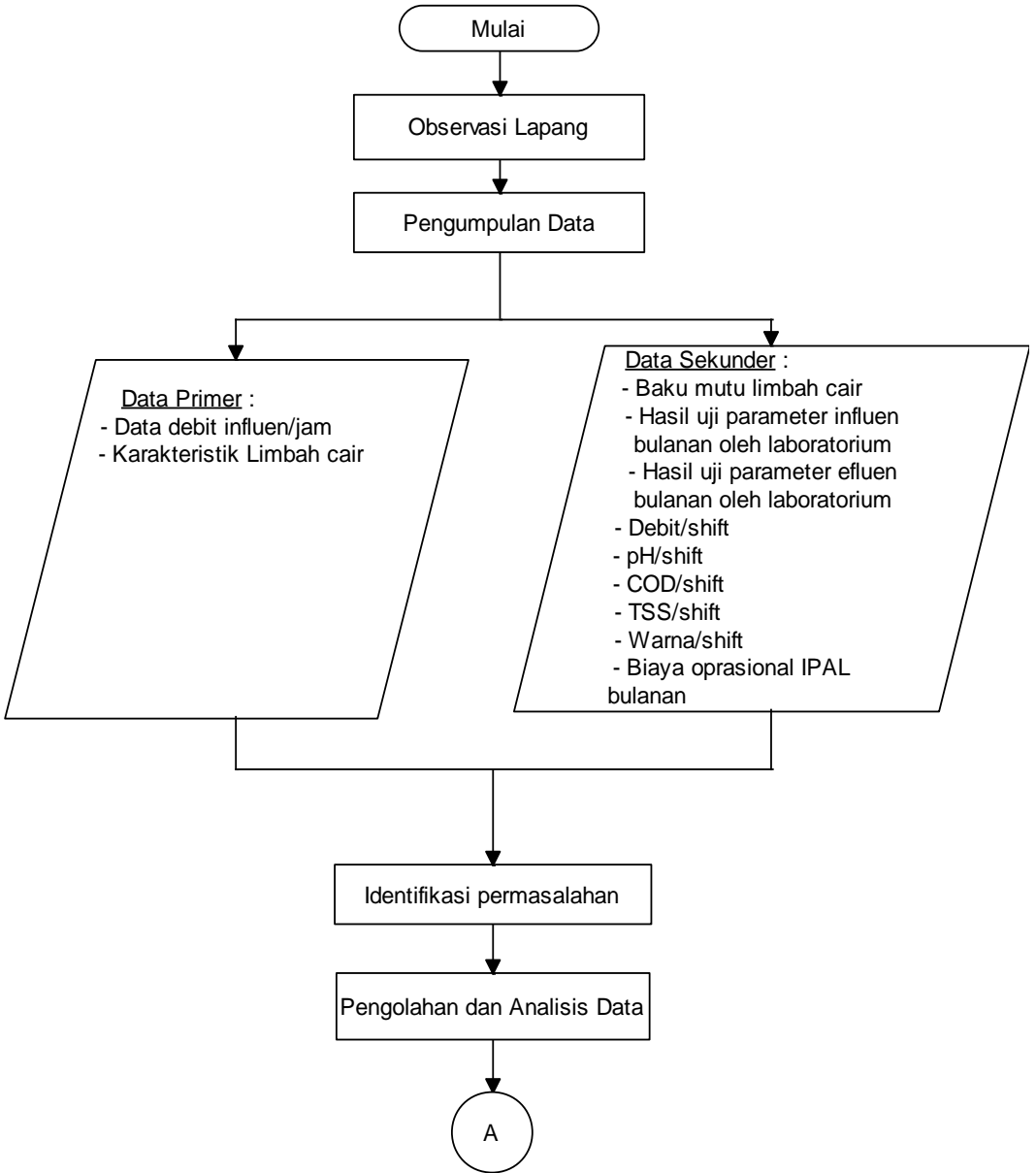
- Sampel air limbah : Sebagai bahan uji *jar test*
- Larutan kapur 5% : Untuk meningkatkan pH sampel
- FeCl_3 : Sebagai koagulan
- Air regenerasi : Sebagai *coagulant aids*
- *Polyelectrolite* : Untuk memperbesar flok

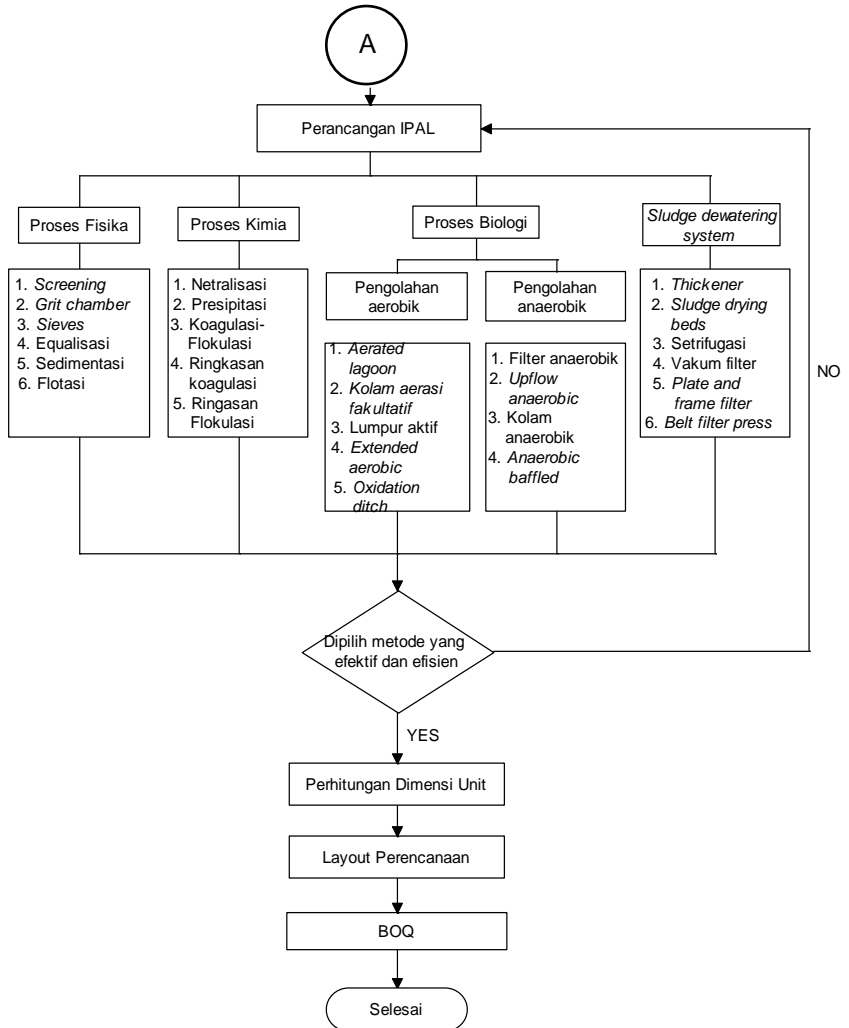
3.3 Metode Perancangan

3.3.1 Tahapan Perancangan

Studi awal perancangan ini dilaksanakan dengan observasi lapang. Observasi dengan meninjau langsung kondisi lapang yang terdapat pada PT Behaestex Pandaan. Peninjauan lapang meliputi *survey* lokasi lahan yang akan direncanakan untuk dibangun Unit Pengolahan Air Limbah. Kondisi lapang yang dimaksudkan adalah luasan lahan, bentuk dan ukuran lahan, kondisi topografinya serta pengumpulan data terkait karakteristik limbah dan masalah-masalah di maksudkan adalah di temui di PT Behaestex Pandaan. Data sekunder karakteristik air limbah didapat dari hasil uji parameter yang dilakukan oleh laboratorium yang telah dimiliki oleh perusahaan yang telah terakreditasi dan juga dari pihak manajemen perusahaan. Data lain yang dibutuhkan dalam penelitian berupa data debit per jam, diukur pada saat melakukan observasi lapang. Data diolah dan dianalisis untuk memperkirakan penerapan sistem yang tepat guna. Perkiraan penerapan sistem disesuaikan dengan

karakteristik limbah yang akan di olah. Terdapat beberapa pilihan proses yang dapat diterapkan, diantaranya proses kimia fisika, biologi dan *sludge dewatering system* yang dapat diterapkan salah satunya atau dapat juga dikombinasikan untuk memperoleh hasil pengolahan limbah yang optimal. Selanjutnya dilakukan perancangan dengan Kriteria rancangan yang dirujuk dari buku teks Reynold (1977) dengan judul *Unit Operations And Process In Environmental Engineering* dan beberapa referensi pendukung lainnya. Selanjutnya barulah dilakukan perhitungan terhadap dimensi, dan penentuan utilitas pendukung yang dibutuhkan parameter yang ingin dicapai dari masing-masing unit pengolahan air limbah. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan denah atau *layout* rencana dengan dimensi real dan tata letak sesuai kondisi lahan yang tersedia di PT Behaestex Pandaan. Tahap Terakhir dilakukan estimasi biaya pembangunan unit pengolahan air limbah / *Bill of quantity* (BOQ). BOQ di estimasi dengan menggunakan panduan BSN yakni SNI 7394:2008 tentang Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan, SNI 2835:2008 tentang Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan tanah untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan, SNI 2836:2008 tentang Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan pondasi untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan, dan SNI 6897:2008 tentang Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan dinding untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan. Adapun diagram alir perancangan ditunjukkan oleh **Gambar 3.1**.





Gambar 3.1 Diagram alir perancangan Unit Pengolahan Air Limbah PT Behaestex Pandaan

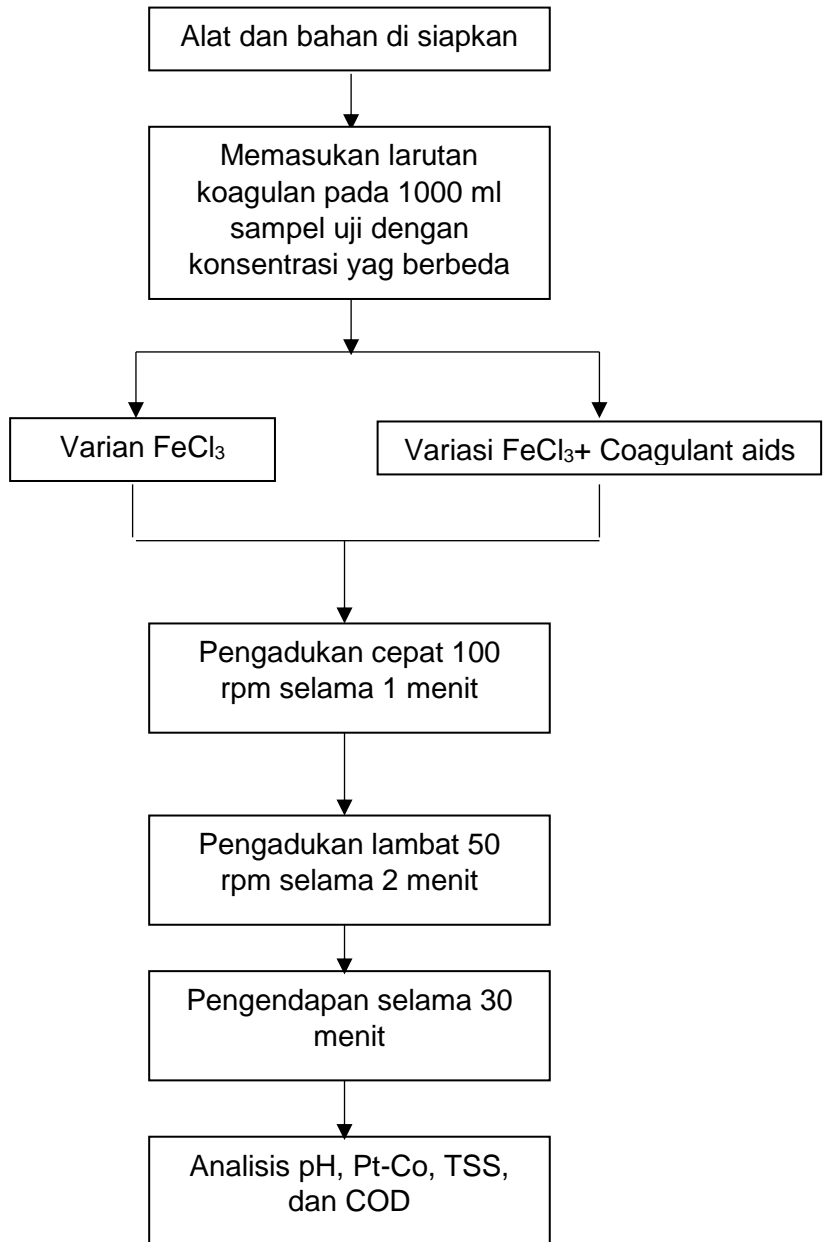
3.3.2 Cara Kerja Uji *Jar test* :

Uji *jar test* dilakukan dengan tahapan kerja (diagram alir diacu pada gambar 3.2) sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Menuangkan sampel air limbah kedalam 12 buah gelas ukur masing-masing sebanyak 1 liter.
3. Memberi label pada masing-masing gelas ukur masing-masing I-I, I-II, I-III, II-I, II-II, II-III, III-I, III-II, III-III, IV-I, IV-II, dan IV-III.
4. Melakukan uji parameter awal berupa COD TSS dan Pt-co
5. Membuat 1 liter larutan kapur 5 % dengan prosedur sebagai berikut :
 - a. Menuangkan air sebanyak 500 ml air kedalam gelas ukur dengan kapasitas 1 liter
 - b. Menimbang 50 gr batu kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
 - c. Melarutkan batu kapur yang telah ditimbang kedalam gelas ukur berisi 500 ml air
 - d. Menambahkan 500 ml air kedalam larutan yang telah dibuat
 - e. Menghomogenisasi larutan dengan pengaduk
6. Menambahkan 18 ml larutan kapur kedalam gelas sampel berlabel I dan 16 ml larutan kapur untuk sampel berlabel II, III, dan IV dengan menggunakan pipet tetes
7. Mengaduk masing-masing sampel hingga homogen.
8. Menambahkan FeCl_3 sebanyak 1 ml kedalam sampel berlabel I-I, II-I, III-I, dan IV-I, FeCl_3 sebanyak 1,5 ml kedalam sampel berlabel I-II, II-II, III-II, IV-II, dan FeCl_3 sebanyak 2 ml ke dalam sampel berlabel I-III, II-III, III-III, IV-III.
9. Menambahkan air regenerasi sebanyak 1 ml ke dalam sampel berlabel II-I, III-I, IV-I, air regenerasi sebanyak 1,5 ml kedalam sampel berlabel II-II, III-II, IV-II, dan air

regenerasi sebanyak 2 ml kedalam sampel berlabel II-III, III-III, IV-III.

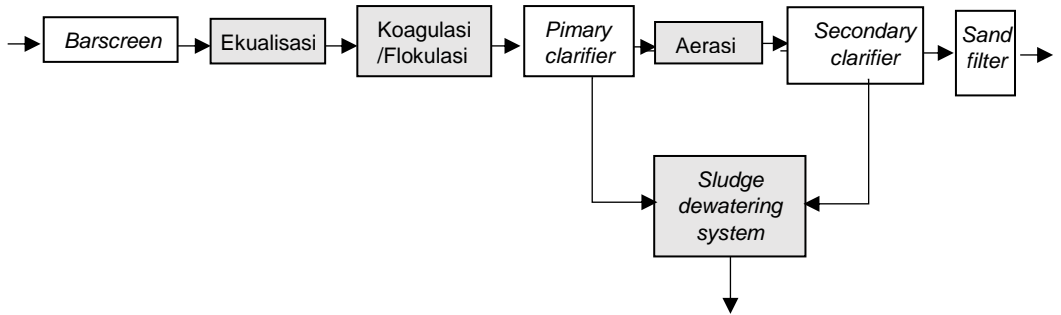
10. Menambahkan polyelectrolite sebanyak 2 ml kedalam masing-masing sampel uji.
11. Menyimulasikan pengadukan cepat dan pengadukan lambat dengan kecepatan pengadukan 100 r.p.m. selama 1 menit dan 50 r.p.m. selama 2 menit.
12. Menguji parameter akhir limbah (COD, TSS, Pt-co)



Gambar 3.2 Diagram alir pengujian *jar test*

3.4 Diagram alur perhitungan unit pengolahan air limbah

3.4.1 metode unit IPAL terpilih



*tanda ■ menunjukkan unit yang direncanakan untuk dilakukan perubahan

Gambar 3.3 Rencana unit proses IPAL

3.4.2 Bar screen

Tahapan perancangan *bar screen* meliputi kriteria desain dan penentuan dimensi bar. Dari penentuan tersebut didapatkan data yang berfungsi untuk menghitung ketinggian bar yang dibutuhkan. Tahapan perancangan *bar screen* dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.

Kriteria desain untuk perancangan *bar screen* meliputi asumsi dan data awal. Luas (L), kedalaman (h) dan sudut kemiringan bar (α) diasumsikan sesuai kriteria desain dapat dilihat di table 3.1. Tahapan berikutnya adalah menentukan spasi antar bar serta kecepatan maksimum aliran air limbah melalui rak (V_{max}) yang besarnya diasumsikan dari kriteria unit *bar screen* dan kedalaman air (d_1).

Tabel 3.1 Kriteria Disain *Bar Screen*

Parameter	Mekanik
Kecepatan di <i>screen</i> (m/dtk)	0,6 - 1
Ukuran bar:	
• Lebar (mm)	8 - 10
• Dalam (mm)	50 – 75
Jarak spasi antar batang (mm)	75 – 85
Kemiringan	(45-75) ⁰
Headloss yang diijinkan (cm)	15
Headloss saat penyumbatan (cm)	80

(Qasim, 1985)

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap dimensi meliputi Luas penampang (A), luas bersih rak (A), total lebar bukaan bar (L_c), diameter dan jumlah bar, lebar *chamber* (L), Kedalaman aktual (h_a), serta parameter lain seperti *headloss* (H_l), kedalaman, dan kecepatan aliran di bawah rak. Luas penampang didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = Q/V \quad (1)$$

Keterangan :

A = Luas penampang (m²)

Q = Debit aliran (m³/s)

V = Kecepatan aliran (m²/s)

Selanjutnya dihitung lebar area bersih pada bukaan rak. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L = A/h \quad (2)$$

Keterangan :

A = Luas penampang (m²)

H = Kedalaman aliran (m)

Setelah mendapatkan dimensi keseluruhan dari unit *bar screen*, selanjutnya diasumsikan jumlah bukaan bar. Asumsi ini di sesuaikan dengan kebutuhan dan kriteria desain yang telah ditentukan. Dari asumsi tersebut maka jumlah bar dapat diketahui dari jumlah asumsi dikurang 1. Untuk menghitung total lebar bukaan bar (L_c) digunakan formulasi sebagai berikut :

$$L_c = \frac{\text{Jumlah spasi} \times \text{spasi}}{1000}$$

(3)

Keterangan :

L_c = Total lebar bukaan rak
 Jumlah spasi = Jumlah rongga antar bar
 Spasi = jarak antara 2 bar (m)

Tahapan lanjutan dari perancangan unit *bar screen* adalah dengan menghitung parameter lain seperti kedalaman aktual serta *headloss* yang akan terjadi pada unit *bar screen*. Untuk mengetahui nilai *headloss* digunakan rumus sebagai berikut :

$$Hl = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \times \frac{1}{0,7}$$

(4)

Keterangan :

Hl = headloss
 V_1 = Kecepatan aliran awal (m/s)
 V_2 = Kecepatan aliran akhir (m/s)
 g = gravitasi (m/s)

$$Hl = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right) \times H_v \times \sin \theta$$

(5)

Keterangan :

HI = headloss

β = faktor tingkat pada bentuk bukaan (1,79)

w = maksimal *cross section*

b = area bersih bar

Hv =kecepatan aliran puncak

$\sin \theta$ = sudut *rack*

Sedangkan untuk formulasi kedalaman aktual digunakan untuk mencari kedalaman air (d_2) dan kecepatan aliran di hilir bar (V_2) :

$$Z_1 + d_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{2g} + HI(6)$$

Keterangan :

Z_1 = ketinggian awal diasumsikan bernilai 0

Z_2 = ketinggian di bar diasumsikan bernilai 0

d_1 = kedalaman air di hulu bar

d_2 = kedalaman air (m) dicari dengan interpolasi

v_1 = kecepatan aliran di hulu bar (m/s)

v_2 = kecepatan aliran di hilir bar (m/s) diinterpolasi

g = Percepatan gravitasi (m^2/s)

HI = headloss

Parameter selanjutnya yang dihitung adalah kedalaman (d_3) dan kecepatan bawah rak (v_3). Dalam mencari besar nilai d_3 dan v_3 dilakukan dengan menginterpolasi rumus sebagai berikut :

$$d_2 + \frac{v_2^2}{2g} = d_3 + \frac{v_3^2}{2g} + HI \quad (7)$$

Keterangan :

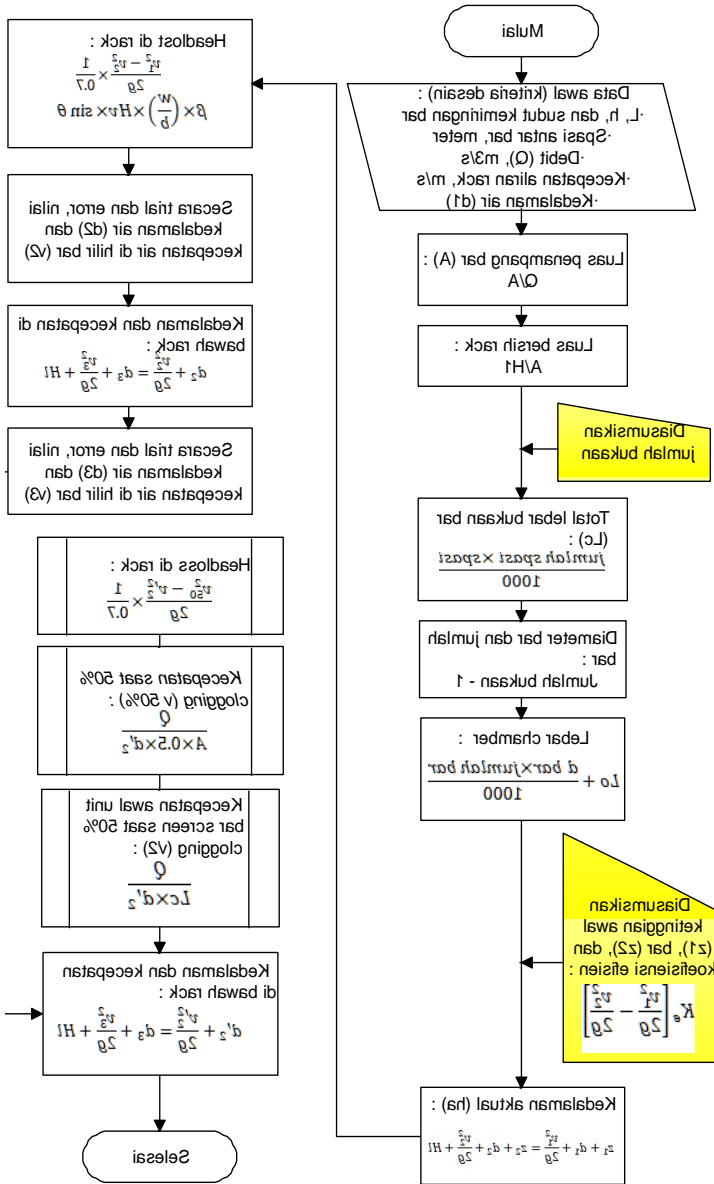
d_2 = kedalaman bar (m)

d_3 = kedalaman rak (m) diinterpolasi

v_2 = kecepatan aliran di hilir bar (m/s)

v_3 = kecepatan aliran bawah rak (m/s) diinterpolasi

g = Percepatan gravitasi (m^2/s)



Gambar 3.4 Diagram alir Perhitungan unit bar screen

3.4.3 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi termasuk *pre-treatment* dari suatu rangkaian desain unit pengolahan air limbah. Bak ekualisasi memiliki fungsi-fungsi pokok diantaranya menghomogenkan debit dan zat-zat terlarut yang terkonsentrasi pada air limbah, menurunkan kadar COD *volatile* serta menurunkan suhu agar air limbah dapat di proses pada unit selanjutnya. Diagram alir perancangan bak ekualisasi dapat dilihat pada **Gambar 3.4**. Berikut adalah tahapan perhitungan desain rancangan bak ekualisasi :

Tahap pertama yakni menentukan kriteria desain yang dapat dilihat di **tabel 3.2** dan kesetimbangan volume masuk dan keluar bak . Sebelumnya dibutuhkan data primer seperti debit rata-rata ($Q_{rata-rata}$), BOD, TSS dan juga data sekunder berupa volume kumulatif inlet dan outlet..

Tabel 3.2 Kriteria desain bak ekualisasi

Parameter	Kriteria desain
Kedaaman	1,5 - 3 m
Slope	(2-5) m \rightarrow (2 - 3) : 1
Luas atas	20% - 25% \times Luas bawah
Vinlet = Voutlet	0,3 – 0,6 m/detik

Langkah awal perhitungan bak ekualisasi adalah dengan menghitung volume kumulatif outlet dalam 24 jam dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{ko} = Q_{rata-rata} + V_{ko_{t-1}} \quad (8)$$

Keterangan :

V_{ko} = volume kumulatif outlet (m^3)

$Q_{rata-rata}$ = debit rata – rata (m^3/s)

$V_{ko_{t-1}}$ = volume kumulatif outlet pada saat $t - 1$ (m^3)

Setelah itu dilanjutkan dengan membuat data inlet kumulatif dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{ki} = Q_t - Q_{t-1} \quad (9)$$

Keterangan :

V_{ki} = volume kumulatif inlet (m^3)

Q_t = debit pada saat t (m^3/s)

Q_{t-1} = debit pada saat $t - 1$ (m^3/s)

Dari data kumulatif inlet dan outlet maka dapat dilakukan langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan terhadap volume kumulatif rata-rata bak ekualisasi. Volume kumulatif rata-rata adalah besar rata-rata volume air yang tertampung pada bak ekualisasi. Cara mengetahui nilainya adalah dengan menghitung selisih antara volume inlet dan outlet setiap jam selama 24 jam atau dapat dilihat dalam rumus sebagai berikut.

$$V_{k \text{ rata-rata}} = V_{ko} - V_{ki} \quad (10)$$

Keterangan :

$V_{k \text{ rata-rata}}$ = volume kumulatif rata – rata (m^3)

V_{ki} = volume kumulatif inlet (m^3)

V_{ko} = volume kumulatif outlet (m^3)

Setelah mengetahui volume rata-rata kumulatif maka dapat diperhitungkan volume dalam bak ekualisasi pada saat akhir periode waktu. Pengoperasian hitungan dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{sc} = V_{sp} + V_{ic} - V_{oc} \quad (11)$$

Keterangan :

V_{sc} = volume dalam bak ekualisasi pada akhir periode waktu (m^3)

V_{sp} = volume bak ekualisasi periode sebelumnya (m^3)

V_{ic} = volume yang masuk saat ini (m^3)

V_{oc} = volume yang keluar saat ini (m^3)

Tahapan kedua bertujuan untuk memperhitungkan jumlah BOD dan TSS yang masuk ke bak ekualisasi. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan kadar parameter dengan debit aliran yang dihasilkan setiap jam. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BOD_{mass\ loading} = BOD \times Q_t \quad (12)$$

Keterangan :

$BOD_{mass\ loading}$ = BOD yang diproses(g/m^3)

BOD = BOD yang masuk (g/m^3)

Q_t = debit aliran (m^3/s)

$$TSS_{mass\ loading} = TSS \times Q_t \quad (13)$$

Keterangan :

$TSS_{mass\ loading}$ = TSS yang diproses(g/m^3)

TSS = TSS masuk (g/m^3)

Q_t = debit aliran (m^3/s)

$$BOD_{eq} = \frac{(V_{ic} \times BOD_t) + (V_{sp} \times BOD_{sp})}{V_{ic} + V_{sp}} \quad (14)$$

BOD_{eq} = total BOD pada bak ekualisasi (g/m^3)

V_{ic} = volume yang masuk saat ini (m^3)

BOD_t = BOD saat ini (g/m^3)

V_{sp} = volume bak ekualisasi periode sebelumnya (m^3)

BOD_{sp} = BOD bak ekualisasi periode sebelumnya (g/m^3)

$$TSS_{eq} = \frac{(V_{ic} \times TSS_t) + (V_{sp} \times TSS_{sp})}{V_{ic} + V_{sp}} \quad (15)$$

TSS_{eq} = total TSS pada bak ekualisasi (g/m^3)

V_{ic} = volume yang masuk saat ini (m^3)

TSS_t = TSS saat ini (t) (g/m^3)

V_{sp} = volume bak ekualisasi periode sebelumnya (m^3)

TSS_{sp} = TSS bak ekualisasi periode sebelumnya (g/m^3)

$$BOD_{mass\ loading\ (eq)} = BOD_{eq} \times Q_t \quad (16)$$

Keterangan :

$BOD_{mass\ loading\ (eq)}$ = BOD total (g/m^3)

BOD_{eq} = BOD yang masuk (g/m^3)

Q_t = debit aliran (m^3/s)

$$TSS_{mass\ loading\ (eq)} = TSS_{eq} \times Q_t \quad (17)$$

Keterangan :

$TSS_{mass\ loading\ (eq)}$ = TSS total pada bak ekualisasi (g/m^3)

TSS_{eq} = TSS yang masuk pada bak ekualisasi (g/m^3)

Q_t = debit aliran (m^3/s)

Tahapan terakhir dari perancangan unit bak ekualisasi adalah dengan menentukan dimensi bak ekualisasi. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$Cek\ kemiringan : \frac{(p_1 - p_2)/2}{h} \quad (18)$$

Keterangan :

p_1 = panjang sisi permukaan bak (m)

p_2 = panjang sisi dasar bak (m)

h = kedalaman bak (m)

$$A = \frac{Q_{max}/2}{v_i} \quad (19)$$

Keterangan :

A = luas penampang saluran bak (m^2)

Q_{max} = debit maksimum (m^3/s)

V_i = kecepatan aliran (m/s)

Dari perhitungan luas penampang sebelumnya dapat diturunkan menjadi perhitungan untuk mengetahui diameter pipa outlet yang dibutuhkan pada bak ekualisasi ini. Berikut adalah penurunan rumus untuk mengetahui diameter pipa outlet yang dibutuhkan :

$$d = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \quad (20)$$

Keterangan :

d = diameter pipa (m)

A = luas penampang saluran bak (m^2)

$\pi = 3,14$

Untuk memastikan apakah kecepatan aliran sesuai dengan kriteria desain yang telah ditentukan dilakukan pengecekan dengan rumus sebagai berikut :

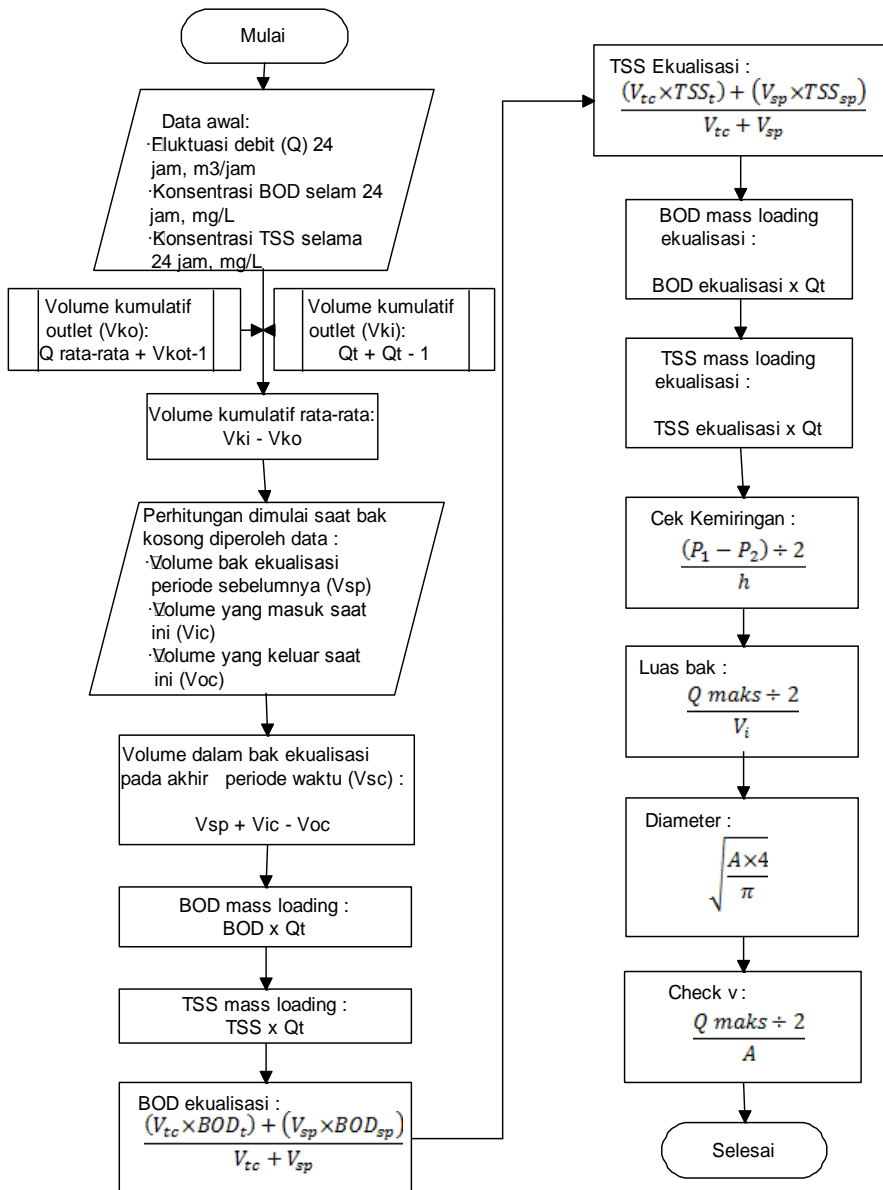
$$cek V = \frac{Q_{max}/2}{A} \quad (21)$$

Keterangan :

A = luas penampang saluran bak (m^2)

Q_{max} = debit maksimum (m^3/s)

V_i = kecepatan aliran (m/s)



Gambar 3.5 Diagram alir Perhitungan unit Bak ekualisasi

3.4.4 Unit Koagulasi

Tahapan dari perancangan unit koagulasi secara garis besar terdiri dari penentuan dimensi tangki, penentuan besar daya dan energi yang dibutuhkan, serta dimensi pengaduk. Tidak ada perhitungan mengenai dosis koagulan, jumlah flok serta lama pengendapan karena data mengenai hal ini telah didapatkan dari hasil uji laboratorium.

Tahapan pertama yaitu menentukan dimensi tangki. Volume tangki dapat diketahui berdasarkan debit dan waktu detensi. Sedangkan untuk perhitungan diameter dilakukan terlebih dahulu dilakukan dengan mengasumsikan kedalaman tangki (h) dan menentukan kriteria desain (**Tabel 3.4; 3.5; 3.6**).

Tabel 3.4 Kriteria desain pengadukan cepat (koagulasi)

Unit	Kriteria
Tipe	Hidraulis : <ul style="list-style-type: none">• terjunan• saluran bersekat• dalam pipa bersekat• perubahan fasa pengaliran (nre) Mekanis : <i>blade, paddle</i> , kipas flotasi
Waktu Pengadukan	30-120
Nilai G/detik	>750

(Reynold & Richards,1996)

Tabel 3.5 Nilai *gradien* kecepatan dan waktu pengadukan

Waktu pengadukan, td (detik)	Gradien kecepatan (1/detik)
20	1000
30	900
40	790
50	700

(Reynold & Richards,1996)

Tabel 3.6 Kriteria *impeller*

Tipe impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
<i>Paddle</i>	10-150 rpm	Diameter: 50 - 80% lebar bak Lebar: 1/6 - 1/10 diameter paddle	
<i>Turbine</i>	20-150 rpm	Diameter 30- 50% lebar bak	
<i>Propeller</i>	400-1750 rpm	Diameter max : 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

(Reynold & RichardsS,1996)

Tabel 3.7 Konstanta K_T dan K_L untuk tangki bersekat

Jenis Impeller	K_L	K_T
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41.0	0.32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43.5	1.00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60.0	5.31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65.0	5.75
Turbine, 6 curved blades	70.0	4.80

Fan Turbine, 6 blades at 45 ⁰	70.0	1.65
Shroude turbine, 6 curved blades	97.5	1.08
Shroude turbine, with stator, no baffles	172.5	1.12
Flat paddles, 2 blades (single padlle), Di/Wi = 4	43.0	2.25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 6	36.5	1.70
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 8	33.0	1.15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi = 6	49.0	2.75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi = 8	71.0	3.82

(Reynold & Richards,1996)

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mendapatkan volume tangki yang sesuai :

$$V = Q \times td \tag{22}$$

Keterangan:

V = volume bak (m³)

Q = debit aliran (m³/s)

td = waktu tinggal (h)

Tahapan selanjutnya adalah dengan menghitung daya yang diimpartasikan. Rumus untuk menghitung daya ini diambil dari buku teks yang disusun Reynold (1971). Berikut adalah formulasinya :

$$W = G^2 \times \mu \tag{23}$$

Keterangan:

W = daya yang disalurkan (m.kg/s.m³)

G = kecepatan pengendapan (s⁻¹)

μ = kecepatan absolut air (2,73 x 10⁻³lb-sec/ft²)

$$P = W \times V \quad (24)$$

Keterangan:

P = total energi (m,g/s)

W = daya yang disalurkan (m.kg/s.m³)

V = volume bak (m³)

Tahapan terakhir dari perancangan unit koagulasi adalah menentukan dimensi pengaduk dan spesifikasinya, meliputi diameter, kecepatan rotasi, hingga *air flowrate*. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan dimensi pengaduk unit koagulasi :

$$d1 = \left(\frac{P g_c}{K_r n^3 \gamma} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (25)$$

Keterangan:

d1 = diameter pengaduk (m)

P = total energi (m,g/s)

g_c = percepatan gravitasi (m²/s)

K_r = konstanta impeller untuk aliran turbulen

n = kecepatan rotasi (m/s)

γ = massa jenis cairan (kg/m³)

Selanjutnya dilakukan pengecekan bilangan *reynold* untuk memastikan jenis aliran yang akan terbentuk. Pengecekan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_{Re} = \left(\frac{n \times d_1^2 \times \gamma}{\mu} \right) \quad (26)$$

Keterangan:

N_{Re} = bilangan Reynold

n = kecepatan rotasi (m/s)

d1 = diameter pengaduk (m)

γ = massa jenis cairan (kg/m³)

μ = kecepatan absolut air ($2,73 \times 10^{-3} \text{lb-sec/ft}^2$)

Ga adalah salah satu variabel yang perlu diketahui dalam perancangan baling pengaduk. Fungsinya adalah untuk mengetahui kecepatan aliran udara yang akan dihasilkan dari sejumlah energi yang disalurkan. Berikut adalah rumus perhitungannya :

$$Ga = \frac{P/81,5}{\log\left(\frac{h + 34}{34}\right)} \quad (27)$$

Keterangan:

Ga = kecepatan aliran udara (m/s)

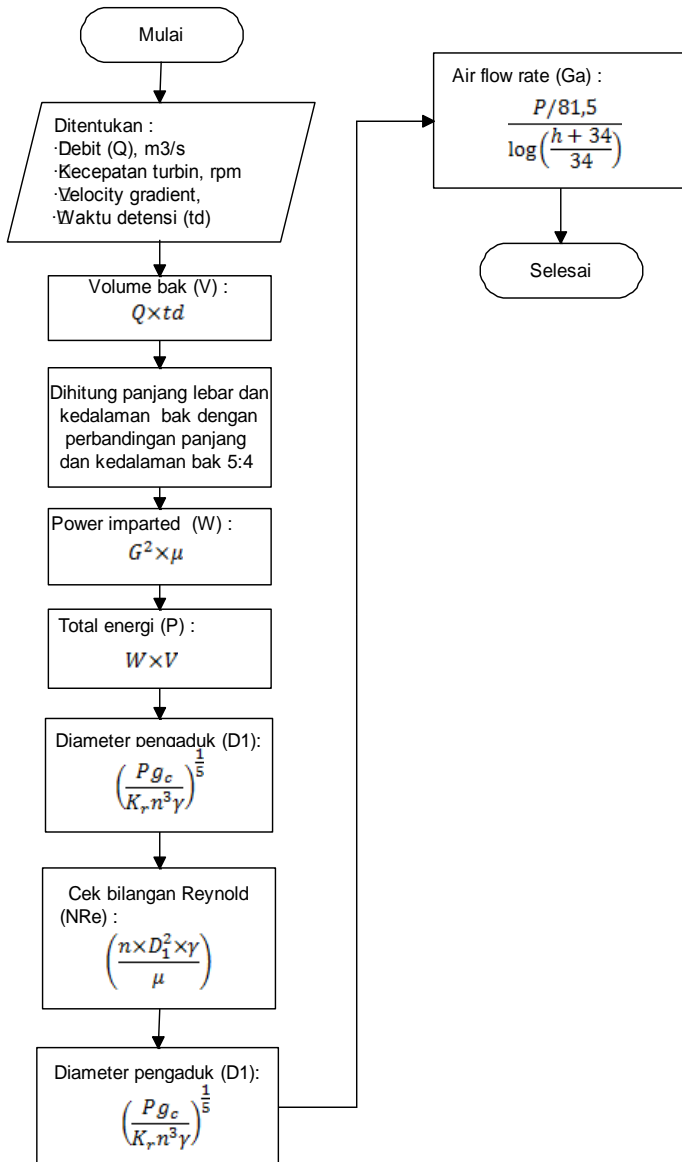
P = total energi (m,g/s)

h = kedalaman tangki (m)

3.4.5 Unit Flokulasi

Flokulasi adalah unit dimana air limbah yang sudah direaksikan dengan koagulan akan bereaksi dengan membentuk flok-flok yang kemudian akan mengendap. Pada dasarnya perhitungan dimensi tangki tidaklah berbeda dengan perhitungan dimensi pada tangki koagulasi. Yang berbeda adalah perlakuan pengadukan dimana proses flokulasi melibatkan perlakuan berupa pengadukan lambat sehingga akan menimbulkan perbedaan kecepatan pengadukan dan juga penggunaan daya seperti pada tangki koagulasi. Berikut adalah perhitungan unit flokulasi (**Gambar 3.7**) :

$$GT = G \times td \quad (28)$$



Gambar 3.6 Diagram alir Perhitungan unit Koagulasi

Keterangan :

GT = Bilangan champ
G = gradien kecepatan (s^{-1})
td = waktu detensi (s)

Volume tangki dapat diketahui dengan mengalikan debit aliran dengan waktu detensi yang direncanakan. Waktu detensi didapat dari hasil uji *jar test* di laboratorium. Berikut adalah rumus penentuan volume tangki flokulasi :

$$V = Q \times td \quad (29)$$

Keterangan:

V = volume tangki flokulasi (m^3)
Q = debit aliran (m^3/s)
td = waktu detensi (s)

Setelah volume diketahui maka dapat dicari luasan penampang permukaan tangki dengan membagi antara volume tangki dan juga kedalaman tangki yang telah direncanakan. Perhitungan digambarkan dengan rumus sebagai berikut :

$$A = \frac{V}{h} \quad (30)$$

Keterangan:

A = luas permukaan tangki (m^2)
V = volume tangki (m^3)
h = kedalaman tangki (m)

Tahapan selanjutnya setelah memperhitungkan dimensi bak adalah dengan merancang bangun baling-baling. Fungsi dari baling-baling adalah untuk mempercepat reaksi antara air limbah

dan koagulan. Berikut adalah perhitungan dimensi dan spesifikasi baling-baling :

$$A_B = l_B \times \sum_B \times \sum_{paddle} \quad (31)$$

Keterangan:

A_B = luas area *blade* (m²)

l_B = lebar *blade* (m)

\sum_B = jumlah *blade*

\sum_{paddle} = jumlah *paddle*

$$\%CSA = \frac{A_B \times 100}{l_T \times h} \quad (31)$$

Keterangan:

% CSA = persen *cross section area*

A_B = luas area blade (m²)

l_T = lebar tangki (m)

h = kedalaman tangki (m)

Selain dimensi baling, faktor lain yang dihitung adalah kebutuhan energi untuk memutar baling-baling pengaduk. Rumus energi total yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P = \mu \times G^2 \times V \quad (32)$$

Keterangan:

P = energi yang dibutuhkan (N.kg/s)

μ = kecepatan absolut air (2,73 x 10⁻³lb-sec/ft²)

G = gradien kecepatan (s⁻¹)

V = volume tangki (m³)

Dari energi total yang telah ditentukan kemudian dihitung jumlah energi yang dibutuhkan oleh setiap baling untuk mengaduk air limbah yang direaksikan pada tangki koagulasi. Berikut adalah rumus perhitungannya :

$$P = 0,97 \times C_D \times A \times U^2$$

(33)

Keterangan:

P = energi per baling (N.kg/s)

C_D = koefisien (1,50)

A = luas baling-baling (m^2)

U = kecepatan rotasi (m/s)

Yang terakhir adalah menentukan kecepatan putaran baling-baling pengaduk agar dapat mengaduk air limbah secara efektif dan efisien. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan putaran dalam m/s secara tepat :

$$v = (rps) \times \left(\frac{\pi \times d}{rev} \right) \times 0,75$$

(34)

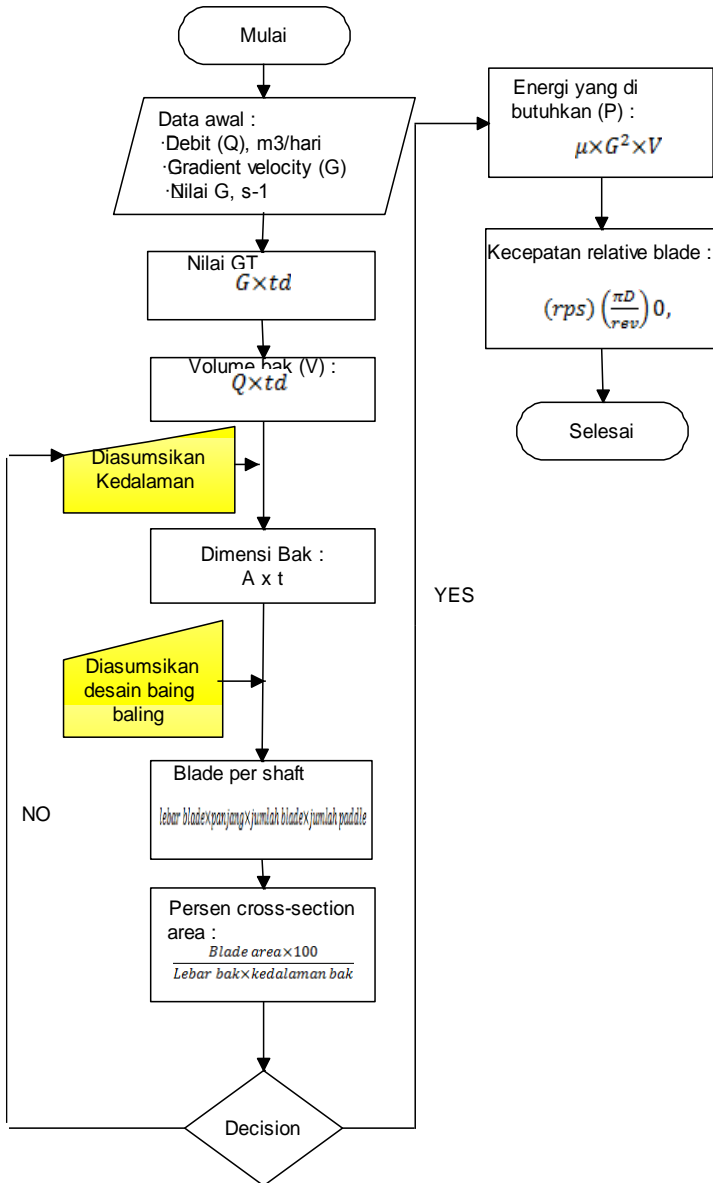
Keterangan:

v = kecepatan baling-baling (m/s)

rps = asumsi v_2 (m/s)

d = diameter kincir (m)

Konstanta faktor bentuk *paddle* = 0,75



Gambar 3.7 Diagram alir Perhitungan unit Flokulasi

3.4.6 Primary clarifier

Primary clarifier merupakan salah satu alternatif unit pengolahan air limbah yang memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengendapkan padatan yang tersuspensi dalam air. Pada *primary clarifier* terjadi penurunan jumlah padatan dan material terapung yang pada umumnya disebut dengan *scum*. *Primary clarifier* yang akan didesain berbentuk *circular* dengan jenis aliran fluida *upflow*. Berikut adalah kriteria desain beserta tahapan perhitungan desain *Primary Clarifier* (**Gambar 3.8**):

Tabel 3.8 Kriteria desain *primary clarifier*

Parameter	Range	Satuan
Waktu detensi, h	1.5-2.5	Jam
Surface Loading Rate	30-50	m ³ /m ² .d
Overflow Rate, m³/m².d		
Debit rata-rata	32-48	m ³ /m ² .d
debit puncak	80-120	m ³ /m ² .d
Weir Loading	125-500	m ³ /m ² .d
dimensi, m		
Depth	3 to 5	M
Panjang	15-90	M
	3 to 24	M
sludgescrapperspeed, m/min	0.6-1.2	m/min
Circular		
Depth	3 to 5	m
Diameter	3.6-60	m
bottomslope, mm/m	60-160	mm/m
sludgescrapperspeed, r/min	0.02-0.05	r/min

1. Mendesain Dimensi Bak Sedimentasi :

- Menentukan debit untuk 1 bak sedimentasi

$$Q = \frac{Q_{rata\ rata}}{Jumlah\ Bak}$$

(35)

Keterangan :

Q = Debit rencana (m³/s)

Q_{rata rata} = Debit rata-rata harian (m³/s)

Jumlah bak = Banyaknya bak yang direncanakan

- Menentukan Luas Bak Sedimentasi

Surface loading ditentukan

$$A = \frac{Q_{rata\ rata}}{Surface\ Loading\ Rate}$$

(36)

Keterangan :

A = Luas permukaan bak(m²)

Q_{rata} = Debit rata-rata harian (m³/s)

Surface loading rate = beban pencemar

- Menentukan diameter bak sedimentasi

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

(37)

Keterangan :

D = Diameter bak (m)

A = Luas permukaan bak

Cek kriteria (3.6 - 60)

- Menentukan kedalaman bak sedimentasi

$$H = \frac{Q \times t}{A}$$

(38)

Keterangan :

H = Kedalaman bak (m)

Q = Debit aliran bak (m^3/s)

t = waktu detensi (s)

A = Luas permukaan bak (m^2)

Cek Kriteria Desain (3 – 5 m)

- Menentukan Volume bak

$$V = h \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (39)$$

Keterangan :

V = Volume bak (m^3)

h = kedalaman bak (m)

D = diameter bak (m)

- Keliling Bak Sedimentasi

$$Keliling\ Bak = \pi D \quad (40)$$

Keterangan :

D = Diameter bak (m)

$\pi = 3,14$

- Cek waktu tinggal di dalam bak sedimentasi

$$t = \frac{V}{Q} \quad (41)$$

Keterangan :

t = waktu detensi (s)

V = Volume bak (m^3)

Q = Debit (m^3/s)

Cek Kriteria Desain (1,5 – 2,5 jam)

- Cek Overflow Rate

$$OFR = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d}$$

(42)

Keterangan :

OFR = Over flowrate (m²/s)

Q = Debit aliran (m³/s)

d = diameter (m)

π = 3,14

Cek Kriteria Desain (30 – 50 m³/m².hari)

2. Menghitung Jumlah Timbulan Lumpur

- Menentukan desain awal unit meliputi :
 - Debit setiap bak
 - TSS
 - % penyisihan TSS
 - Berat jenis lumpur
 - Kadar Lumpur
 - Lamanya Penampungan
- Menghitung produksi lumpur 1 bak sedimentasi

$$Px = Q \times TSS$$

(43)

Keterangan :

Px = Produksi lumpur

Q = Debit aliran (m³/s)

TSS = *total suspended solid* (kg/m³)

- Menentukan padatan yang mengendap

Persentase penyisihan padatan yang mengendap yaitu 40% dari produksi lumpur, sehingga

$$\begin{aligned} \text{Padatan yang mengendap} \\ = \text{produksi lumpur} \times \text{persentase} \end{aligned} \quad (44)$$

- Menghitung Debit Lumpur

$$Q_x = \frac{m}{\rho \times \text{kadar lumpur}} \quad (45)$$

Keterangan :

Q_x = Debit lumpur (m^3/s)

m = berat padatan (g)

ρ = Berat jenis (g/m^3)

- Menampung Kapasitas Penampungan Lumpur

Lama penampungan lumpur diasumsikan sebelum dilakukan perancangan desain penampungan lumpur dengan rumus :

$$\text{Kapasitas} = \text{debit lumpur} \times \text{waktu pengendapan} \quad (46)$$

3. Menentukan Diameter Pipa Influen

Kecepatan dalam pipa terlebih dahulu diasumsikan sebelum mendesain struktur influen yang akan digunakan pada unit *primary sedimentation* sehingga perhitungan diameter pipa dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut

$$A = \frac{Q}{v} \quad (47)$$

$$\frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{Q}{v} \quad (48)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}} \quad (49)$$

Keterangan :

A = Luas penampang pipa (m²)

Q = Debit influen (m³/s)

D = Diameter pipa (m)

v = kecepatan aliran (m²/s)

π = 3,14

4. Perhitungan *Feedwell*

- Diameter *Feedwell*

Asumsi:

- a. Diameter *Feedwell* Sebesar 10% diameter bak:

$$D_{Feedwell} = 10\% \times d \quad (50)$$

Keterangan :

D_{feedwell} = Diameter *feedwell* (m)

d = Diameter bak

- Volume *Feedwell*:

- a. Waktu detensi = 60 sekon

$$V_{Feedwell} = Q \times td_{Feedwell} \quad (51)$$

Keterangan :

V_{feedwell} = Volume *feedwell* (m^3)

Q = Debit aliran (m^3/s)

t_{feedwell} = waktu detensi *feedwell* (s)

- Kedalaman *Feedwell*

$$H_{\text{Feedwell}} = \frac{V_{\text{Feedwell}}}{\frac{1}{4}\pi D_{\text{Feedwell}}^2} \quad (52)$$

Keterangan :

H_{feedwell} = kedalaman *feedwell* (m)

V_{feedwell} = Volume *feedwell* (m^3)

D_{feedwell} = Diameter *feedwell* (m)

5. Perhitungan struktur effluen:

- Panjang weir yang dibutuhkan

$$L_{\text{Weir}} = \frac{Q}{\text{Weir loading}} \quad (53)$$

Keterangan :

Q = Debit pada weir (m^3/s)

- Elevasi weir

$$\begin{aligned} \text{Elevasi weir} &= \text{kedalaman bak} \\ &\quad - \text{batas air di atas ambang} \end{aligned} \quad (54)$$

- Jumlah Weir

Asumsikan:
Lebar weir
Jarak antar weir

$$n_{Weir} = \frac{l}{(l_{weir} + s_{weir})} \quad (55)$$

Debit Weir

$$Q_{Weir} = \frac{Q}{n_{Weir}} \quad (56)$$

L_{weir} = Lebar weir (m)

6. Menentukan Dimensi Ruang Lumpur

- Dimensi Ruang Lumpur
Ruang lumpur dibentuk kerucut. Hal ini bertujuan agar lumpur yang dihasilkan dapat mengendap secara gravitasi. Berikut adalah perhitungan slopenya :

$$h = \frac{V}{A} \quad (57)$$

$$\text{Slope ruang lumpur} = \frac{h}{d} \quad (58)$$

Keterangan :

h = kedalaman ruang lumpur (m)

V = volume ruang lumpur (m^3)

A = luas penampang ruang lumpur (m^2)

d = diameter saluran (m)

7. Perhitungan daya pompa penguras: diasumsikan:

- a. Head pompa sebesar
- b. Efisiensi pompa sebesar
- c. Debit hisap pompa sebesar

$$P = \frac{Q \times \rho_{\text{sludge}} \times g \times H}{\mu} \quad (59)$$

Keterangan :

P = daya pompa

Q = Debit (m³/s)

ρ_{sludge} = Massa jenis sludge (kg/m³)

g = gravitasi (m²/s)

H = ketinggian pipa

μ = Kecepatan absolut air

8. Perhitungan Headloss:

- Struktur influen
- Struktur effluen

Asumsikan:

- a. Weir yang digunakan berbentuk V-notch 90°.
- b. Cd sebesar 0,6

$$hL = \left(\frac{1,5 \times Q}{C_d \times L \sqrt{2g}} \right)^2 \quad (60)$$

Keterangan :

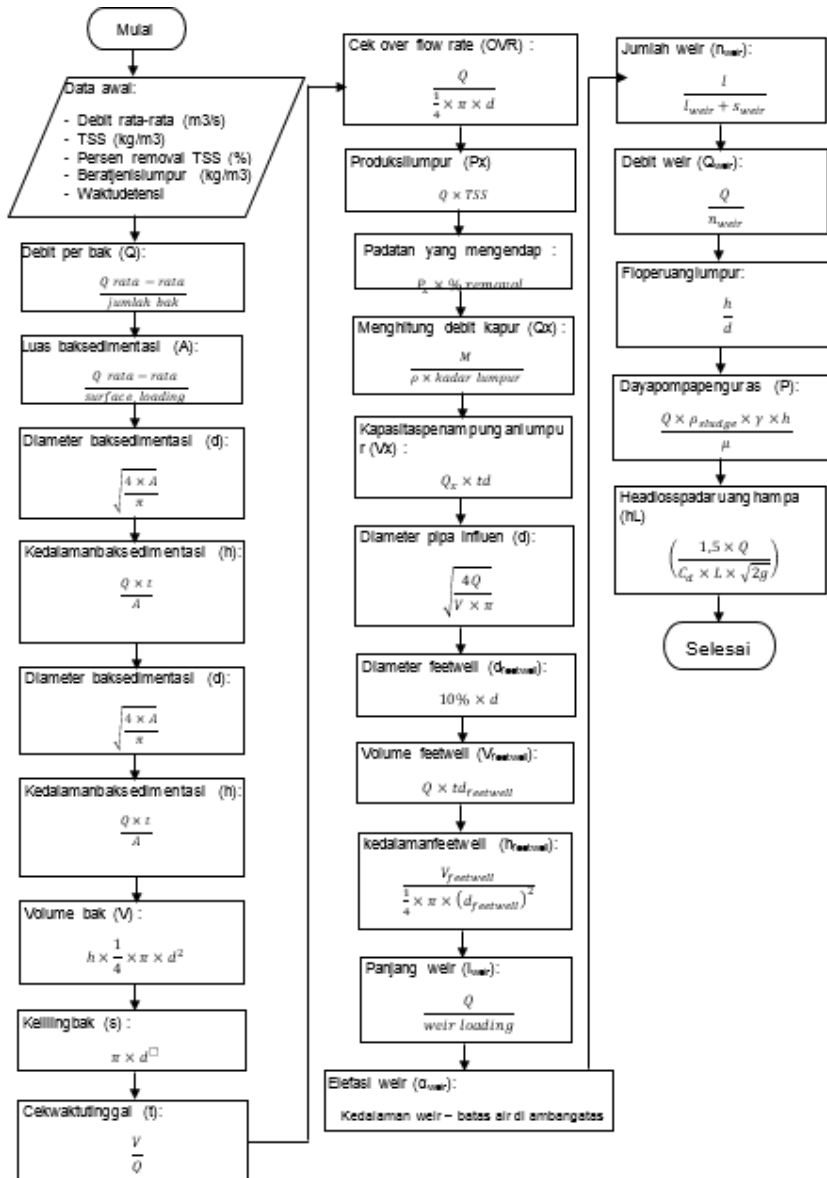
hL = *headloss*

Q = Debit pada saluran (m³/s)

C_d = koefisien

L = panjang saluran (m)

g = gravitasi (m/s)



Gambar 3.8 Diagram alir Perhitungan unit primary clarifier

3.4.7 Aeration tank

Aeration tank adalah media yang digunakan untuk metode *activated sludge* atau lumpur aktif. Metode lumpur aktif adalah salah satu metode pengolahan air limbah secara biologis yang bertujuan untuk mereduksi kadar pencemar seperti COD dan BOD dengan bantuan mikroba yang tersuspensi dalam MLSS. Berikut adalah kriteria desain pada **Tabel 3.9** dan tahapan perhitungan perancangan unit tangki aerasi pada **Gambar 3.9**.

Tabel 3.9 Kriteria desain tangki aerasi

Parameter	Kriteria desain
Kedalaman	3-5 m
<i>Freeboard</i>	0,3-0,6 m
Lebar : Kedalaman	1 : 1 – 2,2 : 1
Lebar	3,0 – 11,0 m

(Qasim,1985)

$$BOD_5 = 68\% \times BOD_{ultimate} \quad (61)$$

Keterangan:

BOD_5 = BOD yang berusia 5 hari (kg/m^3)

$BOD_{ultimate}$ = BOD saat ini (kg/m^3)

$$BOD_{solid} = 65\% \times biodegradable \quad (62)$$

Keterangan:

BOD_{solid} = (kg/m^3)

$biodegradable$ =

$$BOD_{eff} = BOD_{desain} - BOD_{solid} \quad (63)$$

Keterangan:

BOD_{eff} = BOD pada effluen (kg/m^3)

BOD_{desain} = BOD yang direncanakan (kg/m^3)

BOD_{solid} = BOD influen (kg/m^3)

$$E_f = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}}$$

(64)

Keterangan:

E_f = efisiensi tangki (%)

BOD_{in} = BOD inlet (kg/m^3)

BOD_{out} = BOD inlet (kg/m^3)

$$SR = X(Q_r + Q_{in})$$

(65)

Keterangan:

SR = rasio sirkulasi lumpur

X = Konsentrasi mikroorganisme (mgVss / l)

Q_r = debit resirkulasi (m^3/s)

Q_{in} = debit masuk (m^3/s)

$$V = \frac{y \times \theta_c \times Q(S_0 - S)}{X(1 + kd \times \theta_c)}$$

(66)

Keterangan:

V = volume tangki aerasi (m^3)

y = *ciomassyield*

θ_c = Umur lumpur (hari)

Q = debit masuk (m^3/s)

S_0 = konsentrasi BOD di influen (g/m^3)

S = konsentrasi BOD di effluen (g/m^3)

X = Konsentrasi mikroorganisme (mgVss / l)

kd = Koefisien kerusakan

$$Y_{abs} = \frac{y}{X(1 + kd \times \theta_c)}$$

(67)

Keterangan:

Y_{abs} = koefisien yield observasi

y = *biomassyield*

x = Konsentrasi mikroorganisme (mgVss / l)

kd = Koefisien kerusakan

θ_c = Umur lumpur (hari)

$$P_x = \frac{Y_{obs} \times Q \times (S_0 - S)}{1000}$$

(68)

Keterangan:

P_x = produksi lumpur (m³)

Y_{abs} = koefisien yield observasi

Q = debit masuk (m³/s)

S_0 = konsentrasi BOD di influen (g/m³)

S = konsentrasi BOD di efluen (g/m³)

$$P_x MLSS = \frac{P_x}{MLSS}$$

(69)

Keterangan:

$P_x MLSS$ = produksi lumpur MLSS (m³)

P_x = produksi lumpur (m³)

MLSS = lumpur biologis (m³)

$$Q_w = \frac{w}{2,5 \text{ kg/m}^3}$$

(70)

Keterangan:

Q_w = total solid waste MLSS (kg/m³)

w = total solid waste (m³)

$$Q_{eff} = Q_{in} - Q_w$$

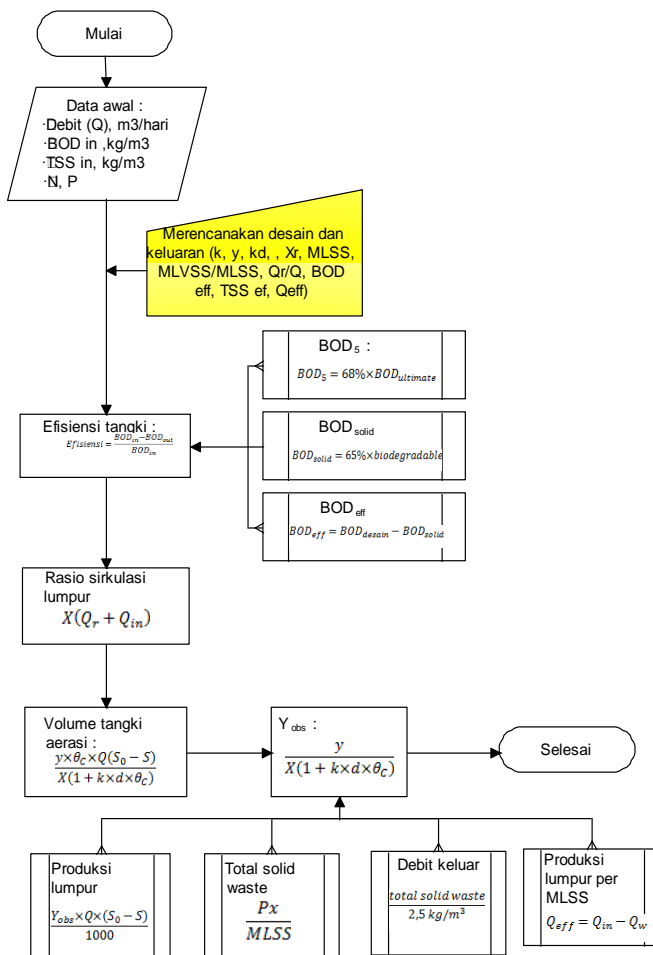
(71)

Keterangan:

Q_{eff} = debit effluent (m^3/s)

Q_{in} = debit influent (m^3/s)

Q_w = debit waste (m^3/s)



Gambar 3.9 Diagram alir Perhitungan

3.4.8 Secondary clarifier

Perancangan unit *secondary clarifier* diawali dengan merencanakan rancangan dasar berupa *Q* rata-rata, *Free board* dan Jumlah unit yang dibutuhkan

Tabel 3.10 Kriteria Desain Pengendapan Kedua Untuk Lumpur Aktif

Kriteria Desain	Kisaran
<i>Over flowrate</i>	16 – 28 m ³ /m ² hari
<i>l</i>	1 – 5 kg/m ² jam
Kedalaman	2,5 - 6 m

(sumber: Metcalf& Eddy; 2004)

Data seperti MLSS, *Q_r*, dan MLSS waste didapatkan dari data perhitungan *activated sludge*. Berikut adalah tahapan perhitungan untuk merancang unit *secondary clarifier* :

1. Aliran Ke *secondary clarifier*

$$Q_{in} = Q + Q_r - \text{buangan MLSS} \quad (72)$$

Keterangan :

Q_{in} = Debit masuk (m³/s)

Q = Debit (m³/s)

Q_r = Debit resirkulai (m³/s)

2. Luas Dan Diameter *secondary clarifier*

$$A = \frac{Q \cdot X}{SF} \quad (73)$$

Dimana:

A = luas bak *secondary clarifier* (m²)

Q = total debit masuk termasuk resirkulasi (m³/jam)

X = MLSS (kg/m³)

SF = solid fluxrate (Kg/m².jam)

3. Cek *over flowrate* pada kondisi rata-rata

$$Q/A$$

(74)

Keterangan :

Q = Debit (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

(Cek Kriteria desain)

4. Cek *solid loading*

$$\frac{Q \times MLSS}{A}$$

(75)

Keterangan :

Q = Debit (m³/s)

MLSS = kadar lumpur (kg/m³)

A = Luas penampang (m²)

(Cek kriteria desain)

5. Kedalaman *secondary clarifier*

Kedalaman cairan di *secondary clarifier*

= kedalaman zona cair bersih + kedalaman zona pengentalan + kedalaman ruang lumpur

a. kedalaman zona cair bersih antara 1-2 m

b. kedalaman zona *thickening*

asumsi massa lumpur yang ditahan pada bak pengendapan adalah 20% dimensi tangki aerasi :

$$p \times l \times t$$

(76)

Keterangan :

p = Panjang (m)

l = lebar (m)

t = tinggi (m)

- Total solid di bak aerasi
- Total padat di bak pengendap
- Kedalaman zona pengentalan :

$$\frac{TSS_s}{[Sludge] \times A} \quad (77)$$

Keterangan :

TSS_s = Padatan di bak pengendap (kg)

[Sludge] = konsentrasi lumpur (kg/m^3)

A = Luas Penampang (m^2)

c. Kedalaman ruang lumpur

Asumsi = *factor sustained* BOD_5

Factor sustained flowrate

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + Kd \times \theta_c} \quad (78)$$

Keterangan:

Y_{abs} = koefisien yield observasi

y = *biomass yield*

x = Konsentrasi mikroorganisme (mgVss / l)

kd = Koefisien kerusakan

θ_c = Umur lumpur (hari)

Ditetapkan 1 hari penyimpanan lumpur dan TSS

- Total solid yang disimpan
 - Total solid di bak pengendap II
 - Kedalaman bak pengendap untuk ruang lumpur = total solid / (konsentrasi lumpur x A)
 - Tinggi bebas = 0,5 m
 - Kedalaman pengendap
6. Volume bak pengendap

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 h \quad (79)$$

Keterangan :

V = Volume bak pengendap (m³)

π = 3,14

d = diameter bak (m)

h = Tinggi bak (m)

7. Waktu detensi pada saat rata-rata termasuk resirkulasi

$$T_d = V/Q \quad (80)$$

Keterangan :

T_d = Waktu detensi (h)

V = Volume bak (m³)

Q = Debit masuk (m³/s)

8. Struktur efluen

- Diameter pipa efluen = diameter outlet bak aerasi
- Panjang *effluen weir plate* = (π x d) – 1
- Digunakan V-notch 90° dengan jarak dari pusat adalah 20 cm
- Total jumlah V-notch
- *Head over* V-notch pada aliran rata-rata
- Desain rata-rata dari bak pengendap
- Rata-rata yang menuju ke bak aerasi – buangan MLSS

- Aliran pada setiap v-notch saat kondisi rata-rata

$$Q = 8/15 \times Cd \times \sqrt{2g} \times \text{tg } \theta/2 \times H^{5/2} \quad (81)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran masuk (m²/s)

Cd = Koefisien determinasi

g = kecepatan gravitasi

θ = Kemiringan dasar

Tinggi bebas di v-notch 2 cm, total kedalaman di v-notch

9. Dimensi effluent standar

- Lebar *lauder* (b)
- Lebar *effluent box*
- Diameter outlet :

$$\sqrt{\frac{\left(\frac{Q}{V}\right)}{\frac{1}{4}\pi}} \quad (82)$$

Keterangan :

Q = Debit (m³/s)

V = kecepatan aliran keluar (m/s)

π = 3,14

- Diameter pasaran

Cek v :

$$Q/A \quad (83)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luas penampang saluran (m²)

- Ketinggian air di *effluent box* = 0,5 m
- Turunan di *effluent box* = 0,3 m
- Ketinggian air di *effluent launder* di titik keluaran (y2)
- Ketinggian air di *effluent box* – Turunan di *effluent box*
- Panjang *launder*
- Aliran per meter panjang weir (q')
- Jumlah sisi penerima aliran (N) = 1
- Kedalaman air di titik masuk pada *effluent launder* (y1)

$$\sqrt{y_2^2 + \frac{2(q'LN)^2}{gb^2y_2^2}}$$

(84)

- Diasumsikan jumlah friksi, Jenis aliran dan Jenis pompa

Hpompa :

$$H_{statis} + H_I$$

(85)

Keterangan :

Hstatis = tinggi bak pengendap II (m)

H_I = *headloss* pada pipa

- h_L pipa tekan :
 - asumsi nilai D

$$v = Q/A$$

(86)

Keterangan :

V = Kecepatan aliran pada pipa (m/s)

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luasan penampang pipa (m²)

$$hL = f \times L/D \times v^2/2g \quad (87)$$

o Kehilangan tekanan akibat aksesoris

$$k \times v^2/2g \quad (88)$$

Keterangan :

K = Koefisien gesek aksesoris

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Kecepatan gravitasi (m/s)

o Hpompa Daya pompa dengan efisiensi 75% :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\eta} \quad (89)$$

Keterangan :

P = daya pompa

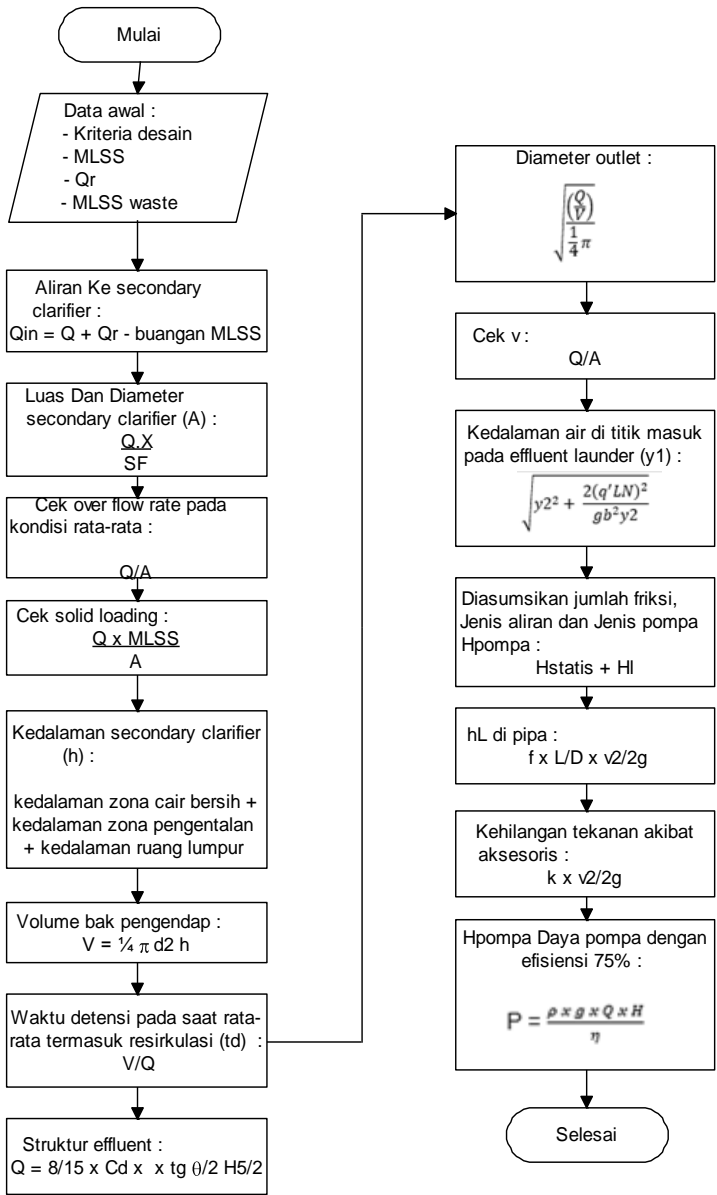
Q = Debit (m³/s)

ρ_{sludge} = Massa jenis *sludge* (kg/m³)

g = gravitasi (m²/s)

H = ketinggian pipa

μ = Kecepatan absolut air



Gambar 3.10 Diagram alir Perhitungan Secondary clarifier

3.4.8 Unit Filtrasi

Dalam perancangan ini, unit *sand filter* yang digunakan adalah paket unit *sand filter* jadi dengan kapasitas 25 m³/jam dan spesifikasi sebagai berikut :

- Material *Mild Steel*
- Piping System : *PVC / BS Pipe Medium Class*
- *Joint System Flange Connections JIS 10 K*
- *Nozzle Strainer Mushroom Type and SK Type*
- *Bottom Strainer*
- *Top Strainer Lateral Type*
- *Backwash Manual*
- *Working Pressure 8 bar*
- *Accessories : Manhole 2 pcs, Butterfly Valve 5 Pcs, Safety Valve 1 pcs, PressureGauge 1 Pcs*
- Media Filter : *Silica Sand*
- Media Filter Support : *Gravel*

Tabel 3.11 Dimensi filter karbon

Flowrate	25m³/ jam
Dimensi (mm)	1550 x 2000
Tebal Tangki (mm)	6,4
Volume tangki (liter)	3775
Media filter (kg)	2114
Inlet/outlet (inch)	3"

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Kurnia (2010), menunjukkan bahwa penurunan nilai kekeruhan oleh *slow sand filter* memiliki kemampuan sebesar 96,73%, sedangkan penyisihan *coliform* oleh *slow sand filter* sebesar 98% (Rahmayanti, 2012).

