

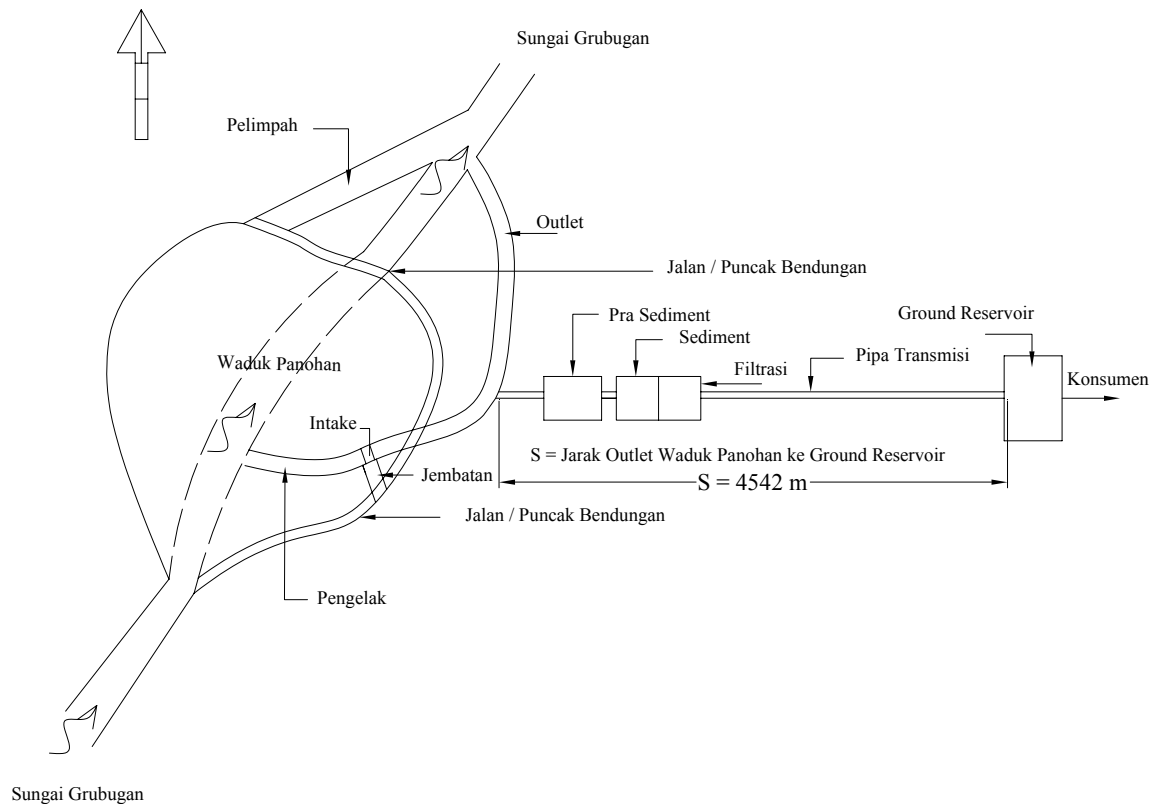
BAB VII

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN JARINGAN TRANSMISI

7.1 TINJAUAN UMUM

Hasil dari analisis penentuan sumber air baku pada bab terdahulu didapatkan dari air permukaan yaitu Waduk Panohan. Sistem operasi penyediaan air bersih untuk Kecamatan Gunem Kabupaten Rembang ini dengan cara air dari *Outlet* Waduk Panohan dialirkan ke Bangunan *Pra Sediment*, kemudian dialirkan melalui pipa penghantar / pipa transmisi ke Bangunan *Sediment* dan *Filtrasi*, dari Instalasi Pengolahan Air (*water treatment plant*) tersebut kemudian dialirkan melalui pipa penghantar / pipa transmisi ke *Reservoir* di daerah Kecamatan Gunem Kabupaten Rembang.

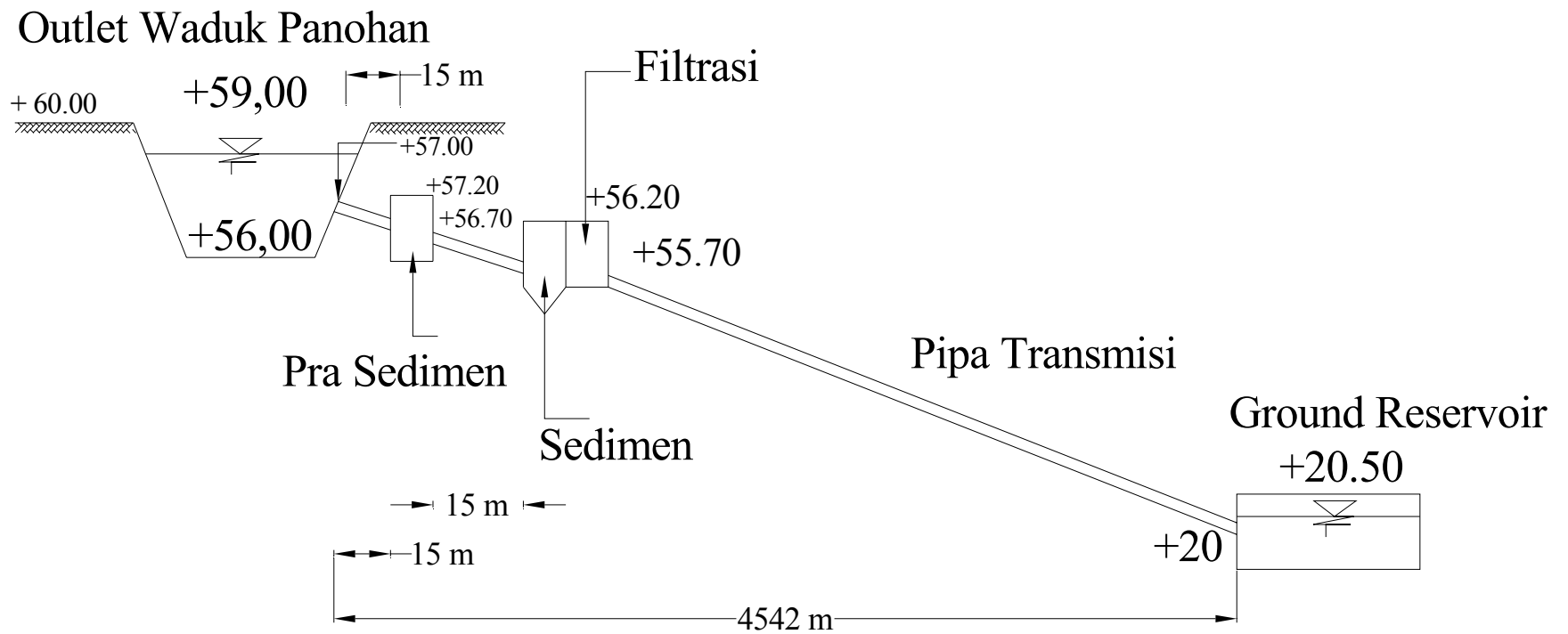
UTARA



Gambar 7.1 Skema Sistem Transmisi Penyediaan Air Bersih

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada tahun 2016 tersebut direncanakan pembangunan fasilitas – fasilitas penyediaan air bersih yang terdiri dari :

1. Instalasi Pengolahan Air (*water treatment plant*) yang terdiri dari :
 - A. Bangunan *Pra Sediment* terdiri dari :
 - 1 Saringan (*screen*)
 - 2 Pipa *inlet*
 - 3 Bak pengumpul
 - 4 Saluran peluap (*outflow*)
 - 5 Saluran penguras (*drain*)
 - 6 Pipa *outlet*
 - B. Bangunan *Sediment* terdiri dari :
 - 1 Bangunan pengendap pertama
 - 2 Bangunan pembubuh *koagolant*
 - 3 Bangunan pembentuk cepat
 - 4 Bangunan pembentuk *floc*
 - 5 Bangunan pengendap kedua
 - C. Saringan (*filter*) terdiri dari :
 1. Pasir
 2. Kerikil
 3. Ijuk
3. Bangunan *ground reservoir*
 - 1 Pipa *inlet*
 - 2 Bak pengumpul
 - 3 Pipa peluap
 - 4 Pipa penguras
 - 5 Pipa *outlet*
4. Sistem transmisi dari bangunan pengambilan ke *reservoir*
 - 1 Ketinggian lokasi sumber (Outlet Waduk) : 59 m di atas permukaan laut
 - 2 Ketinggian lokasi *reservoir* : 20 m di atas permukaan laut
 - 3 Sistem yang digunakan : sistem gravitasi dari *Outlet* di Waduk Panohan ke *ground reservoir* di Kecamatan Gunem Kabupaten Rembang



Gambar 7.2 Sistem transmisi dari *Outlet* Waduk Panohan ke *reservoir*

7.2 PERENCANAAN BANGUNAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR

Bangunan Instalasi Pengolahan Air dibagi 3 bagian yaitu bangunan *Pra Sediment*, bangunan *sediment*, bangunan *filtrasi*.

7.2.1 Bangunan *Pra sediment*

Bangunan *Pra Sediment* dilengkapi dengan saringan (*screen*) untuk menghindari masuknya sampah-sampah dan partikel-partikel besar masuk ke bak.

A. Perhitungan Dimensi Pipa Pada Bak Pengambilan

Diketahui :

$$\text{Debit yang dibutuhkan (Q}_{\text{md}}) = 24,241 \text{ liter/det} = 0,024 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Elevasi Muka Air Outlet waduk} = 59.00 \text{ m}$$

$$\text{Kekasaran Pipa (C) (tabel 2.1)} = 120$$

$$\text{Beda Tinggi Peil Pipa (} \Delta h \text{)} = 57.00 - 56.70 = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Waduk sampai Pra sediment (L)} = 15 \text{ m}$$

Perhitungan dimensi pipa yang akan dibutuhkan sebagai berikut :

$$Q_p = 0,279 \times C \times D^{2,63} \times S^{0,54} \text{ (rumus Hazen – Williams)}$$

Di mana :

$$Q_p = \text{Kapasitas Pipa Pengambilan}$$

$$Q_p = Q_{\text{md}}$$

$$= 0.024 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$= 0,024 \text{ m}^3/\text{det} \text{ direncanakan untuk 2 pipa}$$

$$\text{jadi untuk dimensi 1 pipa} = Q_p : 2 = 0,012 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$S = \text{kemiringan saluran/slope}$$

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

$$= 0,30 / 15 = 0,02$$

Maka :

$$Q_p = 0,279 \times C \times D^{2,63} \times S^{0,54}$$

$$0,012 = 0,279 \times 120 \times D^{2,63} \times 0,02^{0,54}$$

$$0,012 = 4,05 D^{2,63}$$

$$D^{2,63} = 0,00296$$

dengan menggunakan *trial and error* didapat :

Tabel 7.1 Perhitungan Diameter Pipa Penghantar ke Prasedimen

Diameter Pipa Penghantar (D) (m)	$D^{2,63} = 0,00296$
0.075	0.00110
0.080	0.00130
0.085	0.00153
0.090	0.00178
0.095	0.00205
0.100	0.00234
0.105	0.00267
0.110	0.00301

Sumber : Hasil Perhitungan, 2008

Diameter pipa = 0.110 m = 11 cm

Jadi dimensi pipa yang dipakai berdiameter 11 cm atau diameter 5 inch dan dipakai 2 buah pipa.

B. Perencanaan Kapasitas Bangunan *Pra Sediment*

Kriteria perencanaan :

- 1). Debit Air Baku Waduk Panohan = 30.00 liter/dt
- 2). Debit yang dibutuhkan sebesar (Q) = 21.079 liter/dt
- 3). Debit Harian Maksimum (Q_{md}) = $1.15 * 21.079 = 24.241$ liter/dt
- 4). Lama air berada dalam bak / waktu detensi (td) = (10 - 15 menit)
digunakan detensi = 15 menit = 900 detik
- 5). $Fb = (free\ board) /$ tinggi jagaan = 0.5 m (berdasarkan standar Cipta Karya)
- 6). T = tinggi muka air di bak = 1 m (berdasarkan standar Cipta Karya)

Perhitungan :

Volume = Debit kebutuhan x Waktu Detensi
 = 24.241 liter/detik x 900 detik
 = 21816.9 liter $\rightarrow 21.817\ m^3 \approx 22\ m^3$

Luas = $22\ m^3 / 1\ m = 22\ m^2$ (direncanakan bentuk bangunan segi empat)

Panjang rencana bak = $22 \text{ m}^2 / 4 \text{ m} = 5.5 \text{ m}$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka digunakan bangunan *Pra Sediment* dengan dimensi sebagai berikut : 4 m x 5.5 m x 1.5 m.

C. Rencana Desain Bangunan *Pra Sediment*

1). Panjang bangunan = 5.5 m

Lebar bangunan = 4 m

Tinggi MA dari dasar = 1 m

Tinggi jagaan = 0.5 m

Tinggi total bangunan = 1.5 m

2). Tebal dinding beton = 0.20 m

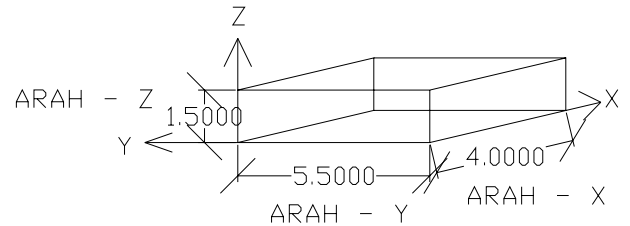
3). Tebal lantai beton = 0.25 m

4). Tebal plat atap beton = 0.20 m

5). Mutu beton (f_c) = 25 Mpa

Mutu baja (f_y) = 400 Mpa

6). Perhitungan struktur menggunakan program SAP 2000, dengan acuan buku "Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang " dan " Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang " berdasarkan SKSNI T 15–1991–03.



D. Penulangan Bangunan *Pra Sediment*

Bangunan *Pra Sediment* direncanakan menggunakan struktur beton bertulang. Dalam perhitungan menggunakan SAP didapat momen sebagai berikut ini :

Pelat Dasar

Tebal plat (h) = 25 cm = 250 mm

Lebar (b) = 1000 mm

Penutup beton (p) = 40 mm

Diameter tulangan utama direncanakan = $\varnothing 10 \text{ mm}$

Diameter tulangan bagi direncanakan = $\varnothing 8 \text{ mm}$

Tinggi efektif adalah :

Arah x (d_x) = $h - p - \frac{1}{2} \varnothing D$ = $250 - 40 - \frac{1}{2} 10$ = 205 mm

Arah y (d_y) = $h - p - \varnothing D - \frac{1}{2} \varnothing S$ = $250 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8$ = 196 mm

Dengan spesifikasi :

- mutu beton (f_c) = 25 Mpa
- mutu baja (f_y) = 400 Mpa

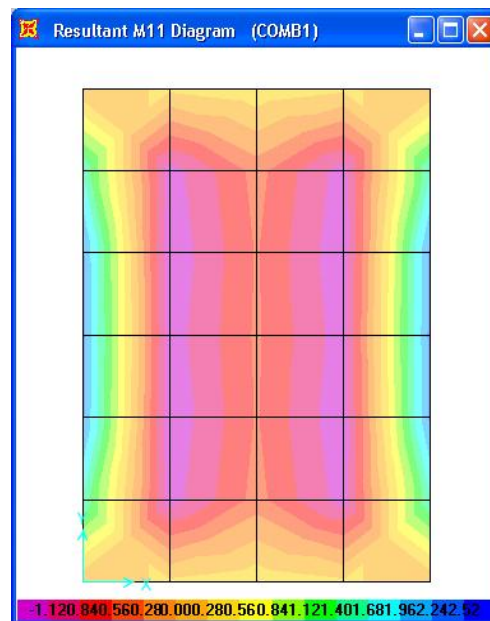
Maka digunakan :

- $\rho_{\min} = 0.0018$
- $\rho_{\max} = 0.0203$

Dari perhitungan SAP didapat :

Momen tumpuan arah - x = -1.12 kN.m

Momen lapangan arah - x = 2.33 kN.m



Gambar 7.3 Momen (M11) Plat Dasar Arah – x

➤ Momen tumpuan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{1.12}{1.(0.205^2)} = 26,651 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = \text{tidak ada}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$A_s = \rho.b.d_x$$

$$= 0.0018 \times 1 \times 0.205 \times 10^6$$

$$= 369 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 200$ (A_s terpasang 393 mm^2)

➤ Momen lapangan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{2,33}{1.(0.205^2)} = 55,443 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = \text{tidak ada (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$As = \rho.b.d_x$$

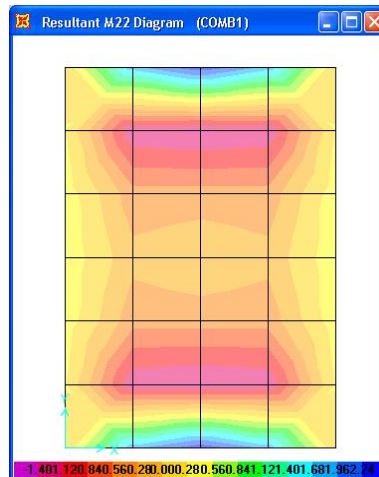
$$= 0.0018 \times 1 \times 0.205 \times 10^6$$

$$= 369 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan ϕ 10 – 200 (As terpasang 393 mm²)

$$\text{Momen tumpuan arah - y} = -1.40 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen lapangan arah - y} = 2.45 \text{ kNm}$$



Gambar 7.4 Momen (M22) Plat Dasar Arah y

➤ Momen tumpuan arah – y

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{1.4}{1.(0.196^2)} = 36,443 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = \text{tidak ada}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$As = \rho.b.d_y$$

$$= 0.0018 \times 1 \times 0.196 \times 10^6$$

$$= 353 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 125$ (As terpasang 402 mm^2)

➤ Momen lapangan arah – y

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{2.45}{1.(0.196^2)} = 63,776 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = \text{tidak ada}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$As = \rho.b.dx$$

$$= 0.0018 \times 1 \times 0.196 \times 10^6$$

$$= 353 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 125$ (As terpasang 402 mm^2)

Pelat Dinding

$$\text{Tebal plat (h)} = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Penutup beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama direncanakan} = \phi 10 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan bagi direncanakan} = \phi 8 \text{ mm}$$

Tinggi efektif adalah :

$$\text{Arah x (} d_x \text{)} = h - p - \frac{1}{2} \phi D = 200 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 155 \text{ mm}$$

$$\text{Arah y (} d_y \text{)} = h - p - \phi D - \frac{1}{2} \phi S = 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8 = 146 \text{ mm}$$

Dengan spesifikasi :

$$- \text{ mutu beton (} f_c \text{)} = 25 \text{ Mpa}$$

$$- \text{ mutu baja (} f_y \text{)} = 400 \text{ Mpa}$$

Maka digunakan :

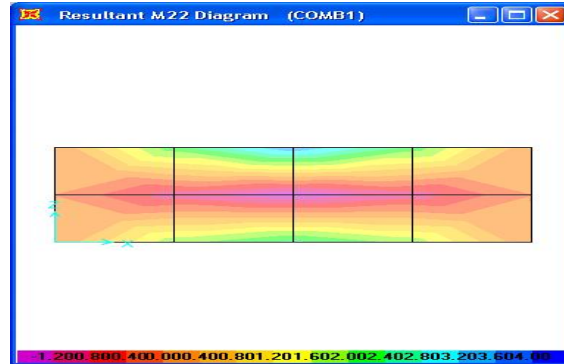
$$- \rho_{\min} = 0.0018$$

$$- \rho_{\max} = 0.0203$$

Dari perhitungan SAP didapat :

$$\text{Momen tumpuan arah - xz} = -1.2 \text{ kN.m}$$

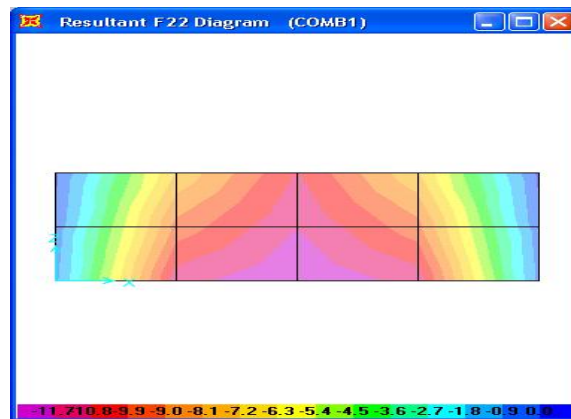
$$\text{Momen lapangan arah - xz} = 3.53 \text{ kN.m}$$



Gambar 7.5 Momen (M22) Dinding Arah xz

Gaya aksial dinding tumpuan arah - xz = -11,7 kN

Gaya aksial dinding lapangan arah - xz = 9 kN



Gambar 7.6 Gaya Aksial (F22) Dinding Arah - xz

➤ Momen tumpuan arah - x

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{1,2}{11,7} = 0,1026 \text{ m} = 102,6 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{102,6}{1000} = 0,1026$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{11700}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,1026 = 0,0004$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,00155 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$= 0,00155 \cdot 1,0$$

$$= 0,00155$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \rho \cdot b \cdot h \\ &= 0,00155 \cdot 200 \cdot 1000 \\ &= 310 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 250$ (As terpasang 314 mm^2)

➤ Momen lapangan arah – x

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{3,53}{9} = 0.392 \text{ m} = 392 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{392}{1000} = 0,392$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{9000}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,392 = 0,0013$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,0017 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$= 0,0017 \cdot 1$$

$$= 0,0017$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \rho \cdot b \cdot h \\ &= 0,0017 \cdot 200 \cdot 1000 \\ &= 340 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 175$ (As terpasang 449 mm^2)

Tulangan bagi : diambil 20% .As

$$\begin{aligned} \text{Tumpuan} &= 20\% \cdot 310 \text{ mm}^2 \\ &= 62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

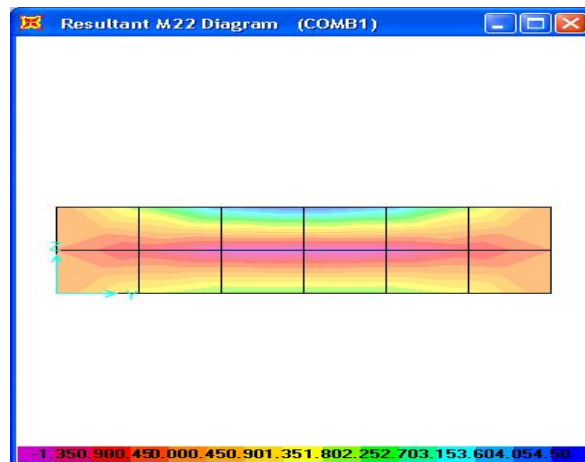
digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm^2)

$$\begin{aligned}\text{Lapangan} &= 20\% \cdot 340 \text{ mm}^2 \\ &= 68 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm^2)

Momen tumpuan arah - yz = -1.35 kNm

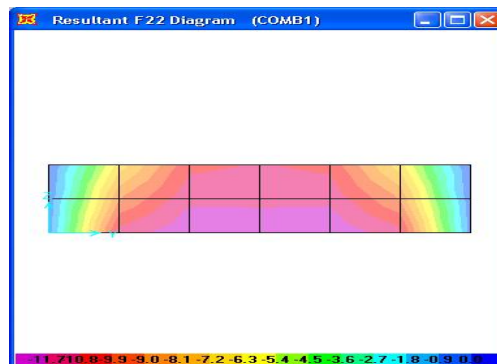
Momen lapangan arah - yz = 4.54 kNm



Gambar 7.7 Momen (M22) Dinding Arah - yz

Gaya Aksial tumpuan arah - yz = -11.7 kN

Gaya Aksial lapangan arah - yz = 8,1 kN



Gambar 7.8 Gaya Aksial (F22) Dinding Arah yz

➤ Momen tumpuan arah - y

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{1,35}{11,7} = 0,115\text{m} = 115 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{115}{1000} = 0,115$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{11700}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,115 = 0,0005$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,00156 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$= 0,00156 \cdot 1$$

$$= 0,00156$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \rho \cdot b \cdot h \\ &= 0,00156 \cdot 200 \cdot 1000 \\ &= 312 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 250$ (As terpasang 314 mm^2)

➤ Momen lapangan arah - y

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{4,54}{8,1} = 0,560 \text{ m} = 560 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{560}{1000} = 0,560$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{8100}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,560 = 0,0016$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,0020 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$= 0,0020 \cdot 1$$

$$= 0,0020$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \rho \cdot b \cdot h \\ &= 0,0020 \cdot 200 \cdot 1000 \\ &= 400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 175$ (As terpasang 449 mm^2)

Tulangan bagi : diambil 20% .As

$$\begin{aligned}\text{Tumpuan} &= 20\% \cdot 312 \text{ mm}^2 \\ &= 62,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm^2)

$$\begin{aligned}\text{Lapangan} &= 20\% \cdot 400 \text{ mm}^2 \\ &= 80 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm^2)

Pelat Atas

$$\text{Tebal plat (h)} = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Penutup beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama direncanakan} = \phi 10 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan bagi direncanakan} = \phi 8 \text{ mm}$$

Tinggi efektif adalah :

$$\text{Arah x (} d_x \text{)} = h - p - \frac{1}{2} \phi D = 200 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 155 \text{ mm}$$

$$\text{Arah y (} d_y \text{)} = h - p - \phi D - \frac{1}{2} \phi S = 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8 = 146 \text{ mm}$$

Dengan spesifikasi :

- mutu beton (f_c) = 25 Mpa
- mutu baja (f_y) = 400 Mpa

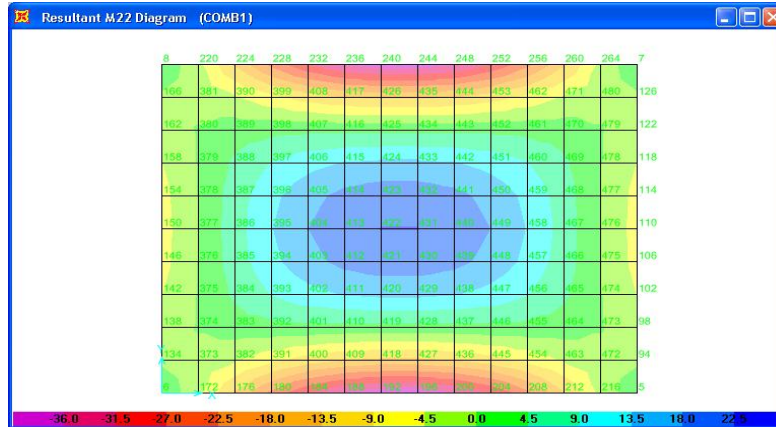
Maka digunakan :

- $\rho_{\min} = 0.0018$
- $\rho_{\max} = 0.0203$

Dari perhitungan SAP didapat :

$$\text{Momen Tumpuan arah - x} = -36 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen Lapangan arah - x} = 23 \text{ kN.m}$$



Gambar 7.9 Momen Plat Atas Arah – x

➤ Momen Tumpuan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{36}{1.(0.155^2)} = 1498,439 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0051 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.0051$$

$$As = \rho.b.d_x$$

$$= 0.0051 \times 1 \times 0.155 \times 10^6$$

$$= 790,5 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 75$ (As terpasang 1047 mm^2)

➤ Momen Lapangan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{23}{1.(0.155^2)} = 957,336 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0031 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.0031$$

$$As = \rho.b.d_x$$

$$= 0.0031 \times 1 \times 0.155 \times 10^6$$

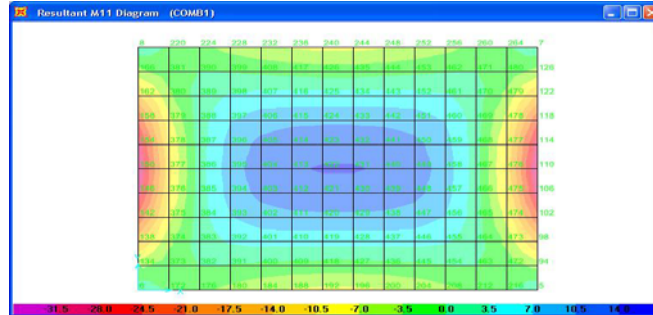
$$= 480,5 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 150$ (As terpasang 524 mm^2)

Dari perhitungan SAP didapat :

Momen Tumpuan – arah y = -31.5 kN.m

Momen Lapangan – arah y = 14.2 kNm



Gambar 7.10 Momen Plat Atas Arah - y

➤ Momen Tumpuan arah – y

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{31,5}{1.(0.146^2)} = 1477,763 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0050 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.0050$$

$$\begin{aligned} As &= \rho.b.d_y \\ &= 0.0050 \times 1 \times 0.146 \times 10^6 \\ &= 730 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan ϕ 10 – 100 (As terpasang 785 mm²)

➤ Momen Lapangan arah – y

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{14.2}{1.(0.146^2)} = 666,166 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.00216 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.00216$$

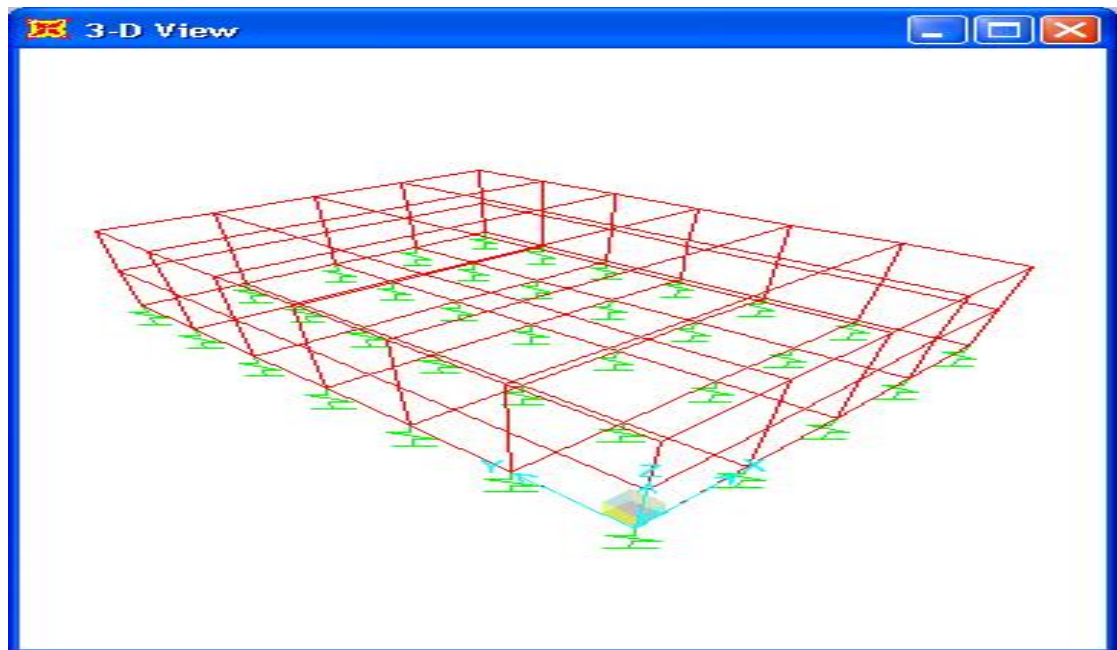
$$\begin{aligned} As &= \rho.b.d_y \\ &= 0.00216 \times 1 \times 0.146 \times 10^6 \\ &= 315,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan ϕ 8 – 150 (AS terpasang 335 mm²)

Tabel 7.2. Rangkuman Penulangan Bangunan *Pra Sediment*

Komponen Struktur	Ukuran	Penulangan
- Pelat Atas	Tebal: 200 mm	Tumpuan arah x P10-75
		Lapangan arah x P10-150
		Tumpuan arah y P10-100
		Lapangan arah y P8 - 150
- Pelat Dinding	Tebal: 200 mm	Tumpuan arah x P10-250
		Lapangan arah x P10-175
		Tulangan Bagi arah x P8-250
		Tumpuan arah y P10-250
		Lapangan arah y P10-175
		Tulangan Bagi arah y P8-250
- Pelat Dasar	Tebal: 250 mm	Tumpuan arah x P10-200
		Lapangan arah x P10-200
		Tumpuan arah y P8 – 125
		Lapangan arah y P8 – 125

Sumber: Hasil Perhitungan, 2008



Gambar 7.11 Pemodelan Bangunan *Pra Sediment* pada Program SAP

7.2.2 BANGUNAN SEDIMEN DAN FILTRASI

Air dari Bangunan *Pra Sediment* dialirkan ke Bangunan *Sediment* dan Filtrasi melalui pipa transmisi / pipa penghantar. Bangunan *Sediment* dan Filtrasi ini berfungsi sebagai pengolah air sungai / baku menjadi air bersih untuk dialirkan ke *Ground Reservoir* di Kecamatan Gunem Kabupaten Rembang. Bangunan *Sediment* dan *Filtrasi* ini terdiri dari :

1. Bangunan Pengendap Pertama

Bangunan pengendap pertama dalam instalasi pengolahan air ini berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel padat air Embung Panohan dengan gaya gravitasi, pada prosesnya ini tidak ada pembubuhan zat/bahan kimia.

2. Bangunan Pembubuh *Koagulant*

Koagulant adalah bahan kimia yang dibutuhkan pada air untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya.

Bangunan ini berfungsi untuk tempat membubuhkan *koagulant* secara teratur sesuai dengan kebutuhan, di mana bahan/zat kimia *kouglant* dalam bentuk larutan mengalir dengan sendirinya karena gravitasi.

3. Bangunan Pembentuk Cepat

Unit meratakan bahan/zat kimia *kouglant* yang ditambahkan agar dapat bercampur dengan air secara baik dan cepat. Sedangkan cara pengadukan dapat dilakukan dengan cara penerjunan air (gravitasi).

4. Bangunan Pembentuk *Floc* (*Floculator*)

Bangunan ini berfungsi membentuk partikel supaya membentuk kesatuan yang lebih besar (*floc*), sehingga dapat diendapkan dari hasil reaksi partikel kecil (*koloidal*) dengan bahan/zat kimia *koagulant* yang telah dibubuhkan. Pengendapan terjadi dengan gaya gravitasi. Aliran pada bangunan ini dijaga sedemikian rupa supaya tetap tenang.

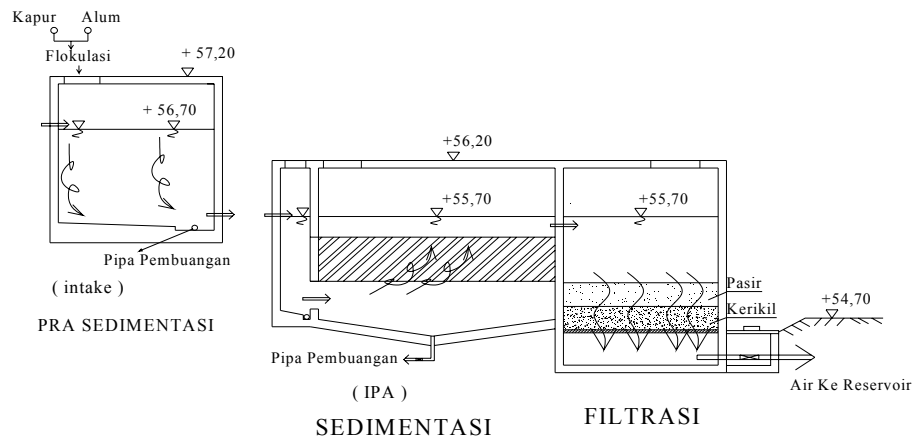
5. Saringan (*Filter*)

Menggunakan sistem saringan cepat (*rapid sand filter*), berfungsi untuk menyaring *floc* – *floc* halus yang tidak ikut terendapkan di dalam bak-bak pengendapan (*sedimentasi*). Media penyaring terdiri dari dua jenis media yaitu : antrasit dan pasir, di mana susunannya berupa lapisan bagian bawah

berupa pasir dan bagian atas berupa antrasit. Media penyokong direncanakan berupa *garment* dan kerikil.

Bangunan ini terletak pada elevasi muka air + 55,70 dan elevasi puncak bangunan + 56,20 di mana bangunan ini berguna untuk mengolah air dari bangunan pra sedimen. Untuk dimensi bangunan *sediment* direncanakan hampir sama ukurannya dimensi bangunan *pra sediment* yaitu $5,5 \times 4 \times 1,5 \text{ m}^3$, sedangkan untuk bangunan *filtrasi* dengan dimensi $1,5 \times 4 \times 2 \text{ m}^3$.

Perencanaan struktur dan penulangan untuk bangunan *sediment*, sama dengan perencanaan bangunan *pra sediment*.



Gambar 7.12 Instalasi Pengolahan Air

7.3 PERENCANAAN BANGUNAN *GROUND RESERVOIR*

Setelah air baku dari Embung Panohan ditampung dan diolah di bangunan Instalasi Pengolahan Air, sehingga menghasilkan air bersih, maka air bersih tersebut dialirkan dengan pipa penghantar/pipa transmisi ke *ground reservoir* di Desa Gunem Kecamatan Gunem Kabupaten Rembang secara gravitasi. *Reservoir* ini berfungsi sebagai tampungan air untuk memenuhi kebutuhan air konsumen. Penyediaan produksi air di *ground reservoir* ini dilaksanakan dengan menentukan penetapan kapasitas berdasarkan persamaan tampungan.

a. Bagian – Bagian Bangunan *Ground Reservoir*

Reservoir direncanakan berupa bangunan dengan perletakan di dalam tanah atau disebut *ground reservoir*.

Bangunan *ground reservoir* direncanakan terdiri dari :

1). Dinding tengah

Dinding tengah berfungsi sebagai pemisah bangunan *reservoir* menjadi dua kompartemen. Dinding tengah terbuat dari beton bertulang, kedap air, dan harus kuat menahan tekanan air.

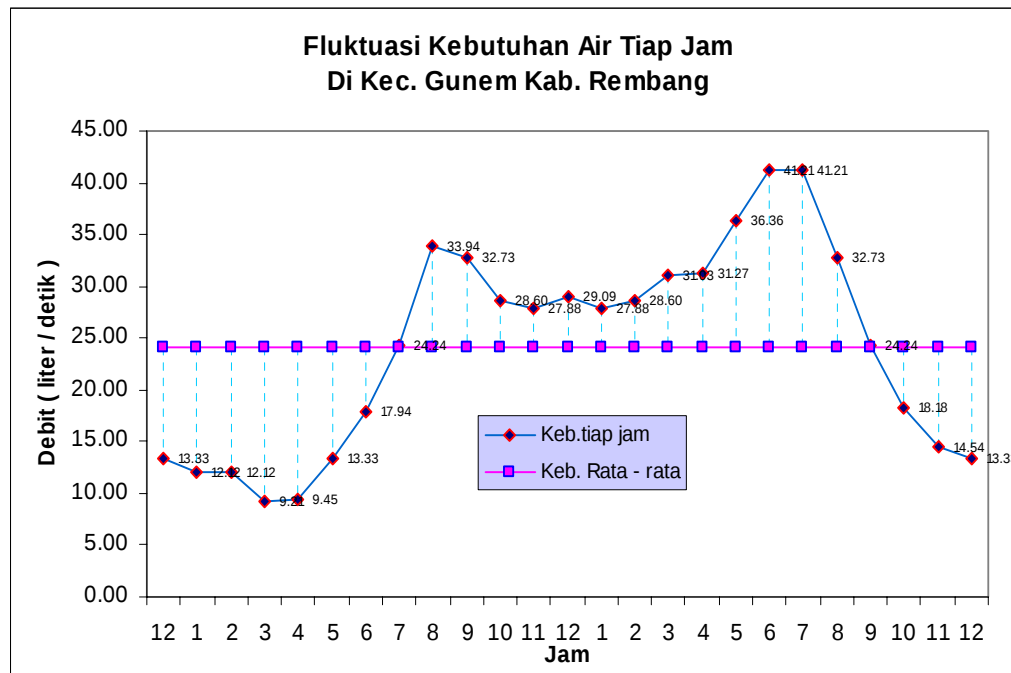
2). Dinding sekat

Dinding sekat berfungsi untuk mengarahkan aliran air yang masuk melalui pipa *inlet* dan keluar melalui pipa *outlet*. Dinding sekat terbuat dari pasangan batu bata kedap air.

b. Rencana Volume Bangunan *Ground Reservoir*

Kriteria perencanaan :

- 1 Kebutuhan air rata – rata hasil perhitungan = 21.079 liter/det
- 2 Kebutuhan air harian maksimum (faktor 1.1) = 24.241 liter/det



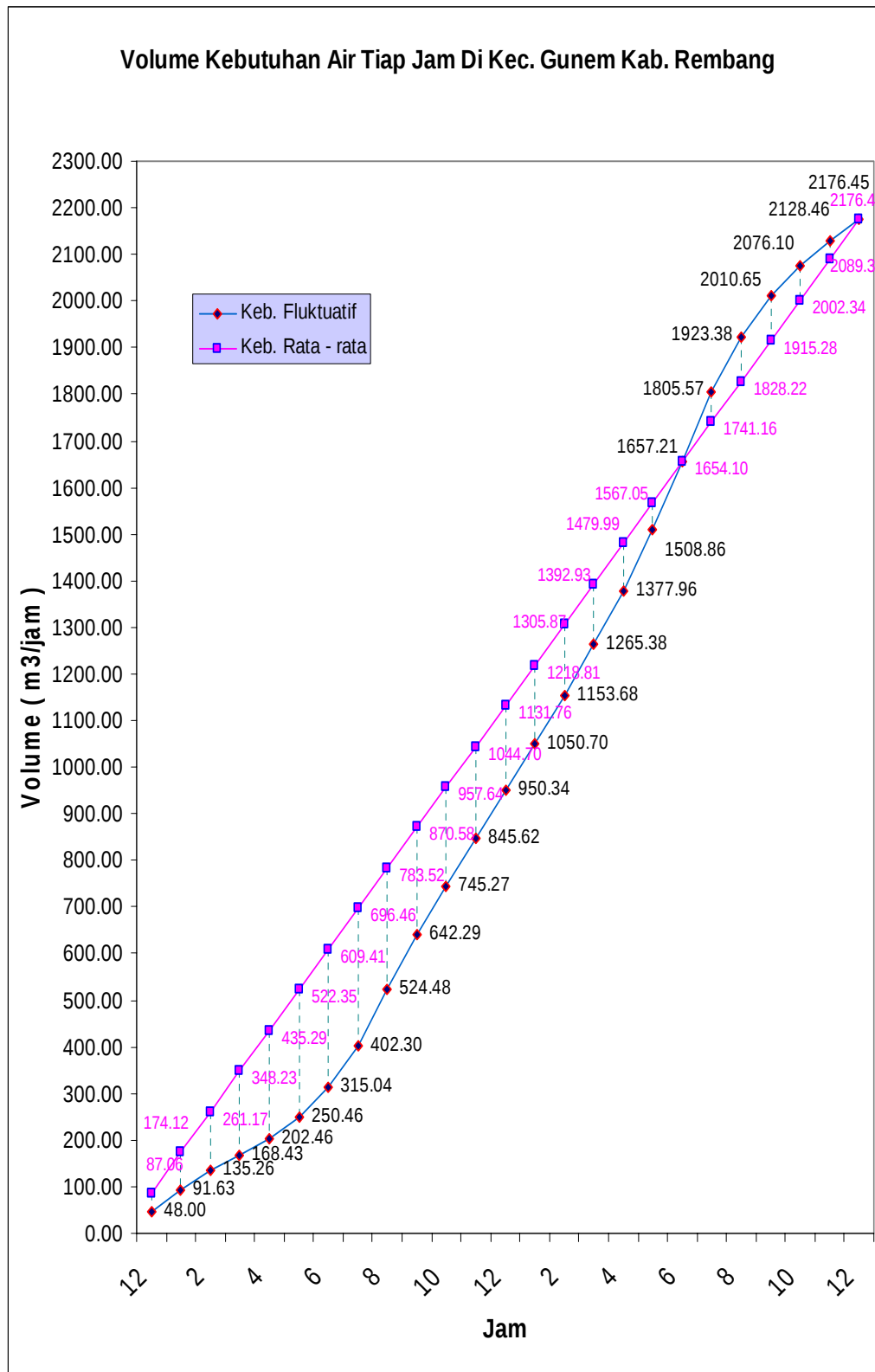
Gambar 7.13 Grafik Fluktuasi Pemakaian Air 24 Jam Kecamatan Gunem

Sumber : Hasil Perhitungan, 2008

Tabel 7.3 Fluktuasi Kebutuhan Air tiap jam Kecamatan Gunem

Keterangan	Jam	Keb tiap jam %	Keb tiap jam (liter/detik)	Keb rata-rata (liter/detik)	Keb tiap jam (m3/jam)	Supply Air (m3/jam)	Kum Keb (m3/jam)	Kum Supply (m3/jam)	Selisih (m3/jam)
Malam	12	55%	13,33	24,18	48,00	87,06	48,00	87,06	39,06
	1	50%	12,12	24,18	43,63	87,06	91,63	174,12	82,49
	2	50%	12,12	24,18	43,63	87,06	135,26	261,17	125,91
	3	38%	9,21	24,18	33,16	87,06	168,43	348,23	179,81
	4	39%	9,45	24,18	34,03	87,06	202,46	435,29	232,83
	5	55%	13,33	24,18	48,00	87,06	250,46	522,35	271,89
	6	74%	17,94	24,18	64,58	87,06	315,04	609,41	294,37
	7	100%	24,24	24,18	87,27	87,06	402,30	696,46	294,16
	8	140%	33,94	24,18	122,17	87,06	524,48	783,52	259,04
	9	135%	32,73	24,18	117,81	87,06	642,29	870,58	228,29
	10	118%	28,60	24,18	102,98	87,06	745,27	957,64	212,37
	11	115%	27,88	24,18	100,36	87,06	845,62	1044,70	199,07
Siang	12	120%	29,09	24,18	104,72	87,06	950,34	1131,76	181,41
	1	115%	27,88	24,18	100,36	87,06	1050,70	1218,81	168,11
	2	118%	28,60	24,18	102,98	87,06	1153,68	1305,87	152,19
	3	128%	31,03	24,18	111,70	87,06	1265,38	1392,93	127,55
	4	129%	31,27	24,18	112,58	87,06	1377,96	1479,99	102,03
	5	150%	36,36	24,18	130,90	87,06	1508,86	1567,05	58,19
	6	170%	41,21	24,18	148,35	87,06	1657,21	1654,10	-3,11
	7	170%	41,21	24,18	148,35	87,06	1805,57	1741,16	-64,41
	8	135%	32,73	24,18	117,81	87,06	1923,38	1828,22	-95,16
	9	100%	24,24	24,18	87,27	87,06	2010,65	1915,28	-95,37
	10	75%	18,18	24,18	65,45	87,06	2076,10	2002,34	-73,76
	11	60%	14,54	24,18	52,36	87,06	2128,46	2089,39	-39,06
Malam	12	55%	13,33	24,18	48,00	87,06	2176,45	2176,45	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2008



Gambar 7.14 Grafik Kumulatif Volume Kebutuhan Air dalam 24 Jam

Sumber : Hasil Perhitungan, 2008

Dari Perhitungan di atas, diperoleh volume yang harus ditampung *ground reservoir* di mana diambil volume yang terbesar :

$$294.37 \text{ m}^3/\text{jam} (\text{jam 6 pagi}) + 95.37 \text{ m}^3/\text{jam} (\text{jam 8 malam}) = 389.74 \text{ m}^3 \\ \approx 390 \text{ m}^3$$

Kapasitas *Ground Reservoir* Kecamatan Gunem :

Volume yang dibutuhkan : 390 m^3

Direncanakan tinggi *ground reservoir* 3 m dan lantai dasar *ground reservoir* persegi ($P = L$)

Maka dimensi *ground reservoir* yang lain :

$$V = P \times L \times t$$

$$390 \text{ m}^3 = P \times L \times 3 \text{ m}$$

$$P \times L = 130 \text{ m}^2$$

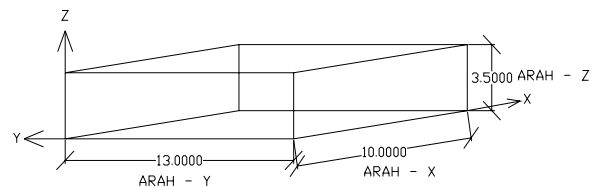
$$P = 13$$

$$L = 10 \text{ m}$$

Jadi dimensi *reservoir* : $P = 13 \text{ m}$; $L = 10 \text{ m}$; $t = 3,5 \text{ m}$. (0,5 *Freeboard*).

c. Rencana Desain Bangunan *Ground Reservoir*

- 1). Panjang bangunan = 13 m
Lebar bangunan = 10 m
Tinggi MA dari dasar = 3 m
Tinggi jagaan = 0.5 m
Tinggi total bangunan = 3.5 m
- 2). Tebal dinding beton = 0.20 m
- 3). Tebal lantai beton = 0.25 m
- 4). Plat atap beton = 0.20 m
- 5). Mutu beton (f_c) = 25 Mpa
Mutu baja (f_y) = 400 Mpa



- 6). Perhitungan struktur menggunakan program SAP dengan acuan buku "Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang " dan " Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang " berdasarkan SKSNI T 15 – 1991 – 03.

d. Perhitungan Struktur *Ground Reservoir*

Ground Reservoir direncanakan menggunakan struktur beton bertulang. Sebelumnya perlu dilakukan perhitungan terhadap pembebanan *ground*

reservoir. Perhitungan pembebanan *ground reservoir* sebagai berikut ini :

Perhitungan Pelat Dasar

Tebal plat (h) = 25 cm = 250 mm

Lebar (b) = 1000 mm

Penutup beton (p) = 40 mm

Diameter tulangan utama direncanakan = $\varnothing$ 10 mm

Dimeter tulangan bagi direncanakan = $\varnothing$ 8 mm

Tinggi efektif adalah :

Arah x (d_x) = $h - p - \frac{1}{2} \varnothing D$ = $250 - 40 - \frac{1}{2} 10$ = 205 mm

Arah y (d_y) = $h - p - \varnothing D - \frac{1}{2} \varnothing S$ = $250 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8$ = 196 mm

Dengan spesifikasi :

- Mutu beton (f_c) = 25 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa

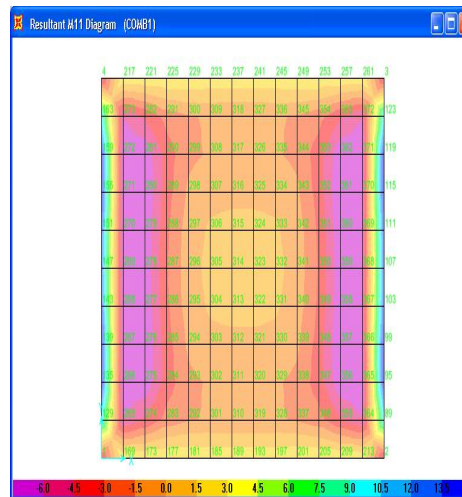
Maka digunakan :

- ρ_{min} = 0.0018
- ρ_{max} = 0.0203

Dari perhitungan SAP didapat :

Momen Tumpuan - x = -6.4 kN.m

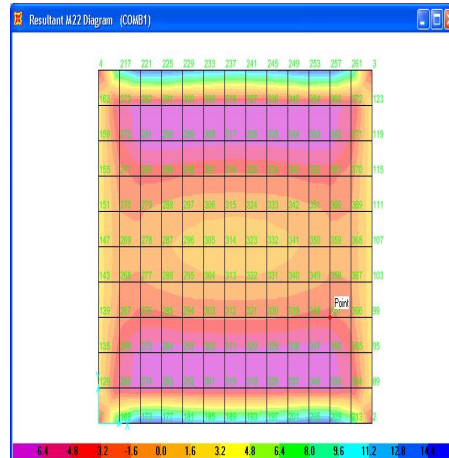
Momen Lapangan - x = 0.67 kN.m



Gambar 7.15 Momen (M11) Plat Dasar Arah x

Momen Tumpuan - y = -6 kN.m

Momen Lapangan - y = 0.5 kN.m



Gambar 7.16 Momen (M22) Plat Dasar Arah y

➤ Momen Tumpuan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{6.4}{1.(0.205)^2} = 152.2903 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0005 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$As = \rho.b.d_x$$

$$= 0.0018 \times 1000 \times 0.205 \times 10^6$$

$$= 369 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 200$ (As terpasang 393 mm²)

➤ Momen Lapangan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{0.67}{1.(0.205)^2} = 15.94 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0005 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_x \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 0.205 \times 10^6 \\
 &= 369 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 200$ (As terpasang 393 mm^2)

➤ Momen Tumpuan arah – y

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{6}{1 \cdot (0.196)^2} = 156.18152.2903 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0005 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_y \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 0.196 \times 10^6 \\
 &= 352.8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 125$ (As terpasang 402 mm^2)

➤ Momen Lapangan arah - y

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{0.5}{1 \cdot (0.196)^2} = 152.2903 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0005 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_y \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 0.196 \times 10^6 \\
 &= 352.8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 125$ (As terpasang 402 mm^2)

Perhitungan Atap

Tebal plat (h)	= 20 cm	= 200 mm
Lebar (b)	= 1000 mm	
Penutup beton (p)	= 40 mm	
Diameter tulangan utama direncanakan	= $\phi 10$ mm	

Diameter tulangan bagi direncanakan $= \varnothing 10 \text{ mm}$

Tinggi efektif adalah :

$$\text{Arah } x (d_x) = h - p - \frac{1}{2} \varnothing D = 200 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 155 \text{ mm}$$

$$\text{Arah } y (d_y) = h - p - \varnothing D - \frac{1}{2} \varnothing S = 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8 = 146 \text{ mm}$$

Dengan spesifikasi :

- Mutu beton (f_c) $= 25 \text{ Mpa}$
- Mutu baja (f_y) $= 400 \text{ Mpa}$

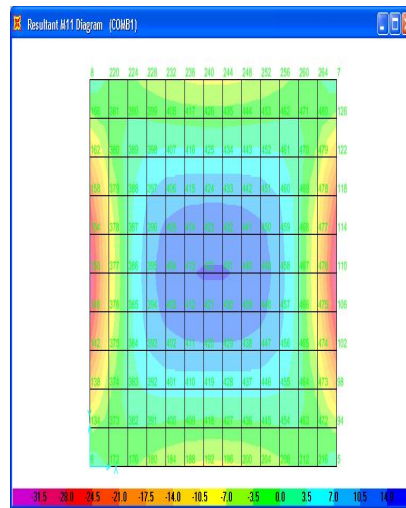
Maka digunakan :

- $\rho_{\min} = 0.0018$
- $\rho_{\max} = 0.0203$

Dari perhitungan SAP didapat :

Momen Tumpuan - x $= -36 \text{ kN.m}$

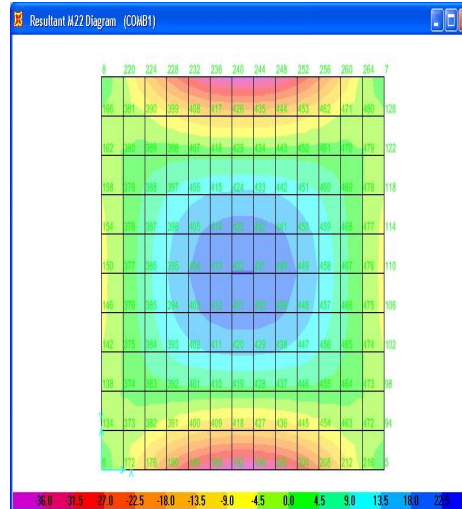
Momen Lapangan - x $= 23 \text{ kN.m}$



Gambar 7.17 Momen (M22) Plat Atap Arah x

Momen Tumpuan - y = -31.5 kN.m

Momen Lapangan - y = 14.2 kN.m



Gambar 7.18 Momen (M22) Plat Atap Arah y

➤ Momen Tumpuan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{36}{1.(0.155)^2} = 1498.44 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0051 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.0051$$

$$As = \rho.b.d_x$$

$$= 0.0051 \times 1000 \times 0.155 \times 10^6$$

$$= 790.5 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 75$ (As terpasang 1047 mm²)

➤ Momen Lapangan arah – x

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{23}{1.(0.155)^2} = 957.34 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0031 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.0031$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_x \\
 &= 0.0031 \times 1000 \times 0.155 \times 10^6 \\
 &= 480.5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan tulangan ϕ 10 – 150 (A_s terpasang 524 mm²)

➤ Momen Tumpuan arah – y

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{31.5}{1 \cdot (0.146)^2} = 1477.76 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.005 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.005$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_y \\
 &= 0.005 \times 1000 \times 0.146 \times 10^6 \\
 &= 730 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan tulangan ϕ 8 – 50 (A_s terpasang 1005 mm²)

➤ Momen Lapangan arah - y

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{14.2}{1 \cdot (0.146)^2} = 666.17 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\max} = 0.0203$$

$$\rho = 0.0022 \text{ (diinterpolasi)}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{dipakai } \rho = 0.0022$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d_y \\
 &= 0.0022 \times 1000 \times 0.146 \times 10^6 \\
 &= 321.2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan tulangan ϕ 8 – 150 (A_s terpasang 335 mm²)

Perhitungan Dinding

Tebal plat	= 20 cm	= 200 mm
Penutup beton (p)	= 40 mm	
Diameter tulangan utama direncanakan	= ϕ 10 mm	
Dimeter tulangan bagi direncanakan	= ϕ 8 mm	

Tinggi efektif adalah :

$$\text{Arah } x (d_x) = h - p - \frac{1}{2} \phi D = 200 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 155 \text{ mm}$$

$$\text{Arah } y (d_y) = h - p - \phi D - \frac{1}{2} \phi S = 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8 = 146 \text{ mm}$$

Dengan spesifikasi :

- Mutu beton (f_c) = 25 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa

Maka digunakan :

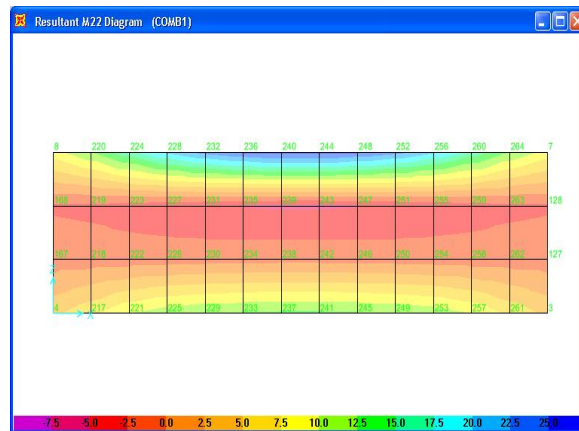
- $\rho_{\min} = 0.0018$
- $\rho_{\max} = 0.0203$

Dinding arah xz

Dari perhitungan SAP didapat :

Momen Tumpuan - x = -7,5 kN.m

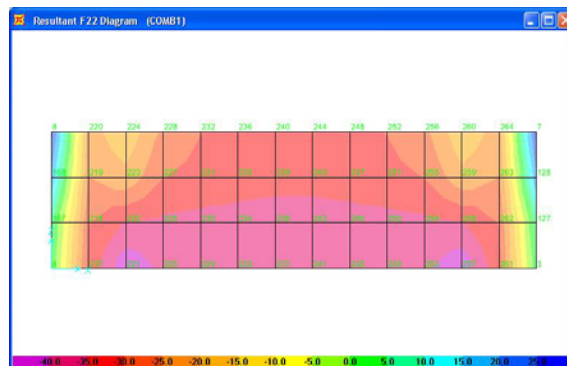
Momen Lapangan - x = 5 kN.m



Gambar 7.19 Momen (M22) Plat dinding arah x

P_u Tumpuan - x = - 40 kN.m

P_u Lapangan - x = 25 kN.m



Gambar 7.20 Gaya Aksial (F22) Plat dinding arah x

➤ Momen Tumpuan arah – x

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{7,5}{40} = 0.1875 \text{ m} = 187,5 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{187,5}{1000} = 0,1875$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c'} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{40000}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,1875 = 0,0027$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,0020 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$= 0,0020 \cdot 1,0$$

$$= 0,0020$$

Tulangan Utama

$$As_{tot} = \rho \cdot b \cdot h$$

$$= 0,0020 \cdot 200 \cdot 1000$$

$$= 400 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 175$ (As terpasang 449 mm²)

➤ Momen Lapangan arah – x

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{5}{25} = 0.2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{200}{1000} = 0,2$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c'} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{5000}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,2 = 0,0004$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,00155 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\begin{aligned}\rho &= r \cdot \beta \\ &= 0,00155 \cdot 1,0 \\ &= 0,00155\end{aligned}$$

Tulangan Utama :

$$\begin{aligned}As_{tot} &= \rho \cdot b \cdot h \\ &= 0,00155 \cdot 200 \cdot 1000 \\ &= 310 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 250$ (As terpasang 314 mm^2)

Tulangan bagi :

diambil 20% .As

$$\begin{aligned}\text{Tumpuan} &= 20\% \cdot 400 \text{ mm}^2 \\ &= 80 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm^2)

$$\begin{aligned}\text{Lapangan} &= 20\% \cdot 310 \text{ mm}^2 \\ &= 62 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

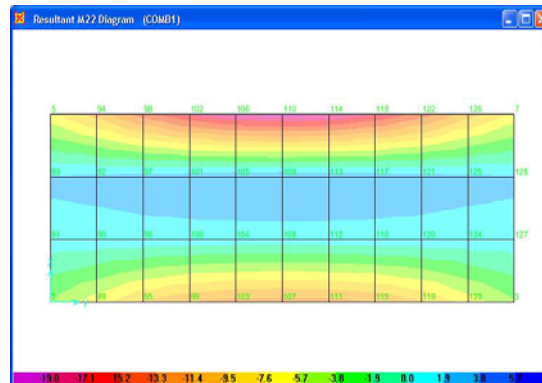
digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm^2)

Dinding arah yz

Dari perhitungan SAP didapat :

Momen Tumpuan - y = -19 kN.m

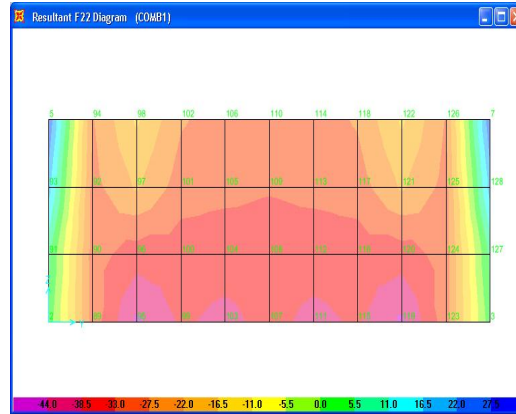
Momen Lapangan - y = 3,8 kN.m



Gambar 7.21 Momen (M22) plat dinding arah y

Gaya Aksial (Pu) Tumpuan - y = -44 kN.m

Gaya Aksial (Pu) lapangan - y = 27,5 kN.m



Gambar 7.22 Gaya Aksial (F22) plat dinding arah y

➤ Momen Tumpuan arah – y

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{19}{44} = 0,432\text{m} = 432 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{432}{1000} = 0,432$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{44000}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,432 = 0,00688$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,0025 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\begin{aligned} \rho &= r \cdot \beta \\ &= 0,0025 \cdot 1,0 \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} A_s \text{ tot} &= \rho \cdot b \cdot h \\ &= 0,0025 \cdot 200 \cdot 1000 \\ &= 500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 150$ (As terpasang 524 mm²)

➤ Momen Lapangan arah - y

$$e_1 = \frac{Mu}{Pu} = \frac{3,8}{27,5} = 0,1382 \text{ m} = 138,2 \text{ mm}$$

$$\frac{e_1}{h} = \frac{138,2}{1000} = 0,1382$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right] \cdot \left[\frac{e_1}{h} \right] = \left[\frac{40000}{0,65 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 25} \right] \cdot 0,1382 = 0,0014$$

Dari grafik tulangan kolom (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Didapat :

$$r = 0,0017 \quad ; \quad \beta = 1,0$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$= 0,0017 \cdot 1$$

$$= 0,0017$$

Tulangan Utama

$$As_{tot} = \rho \cdot b \cdot h$$

$$= 0,0017 \cdot 200 \cdot 1000$$

$$= 340 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 10 - 225$ (As terpasang 349 mm²)

Tulangan bagi :

diambil 20% .As

$$\text{tumpuan} = 20\% \cdot 500 \text{ mm}^2$$

$$= 100 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm²)

$$\text{Lapangan} = 20\% \cdot 340 \text{ mm}^2$$

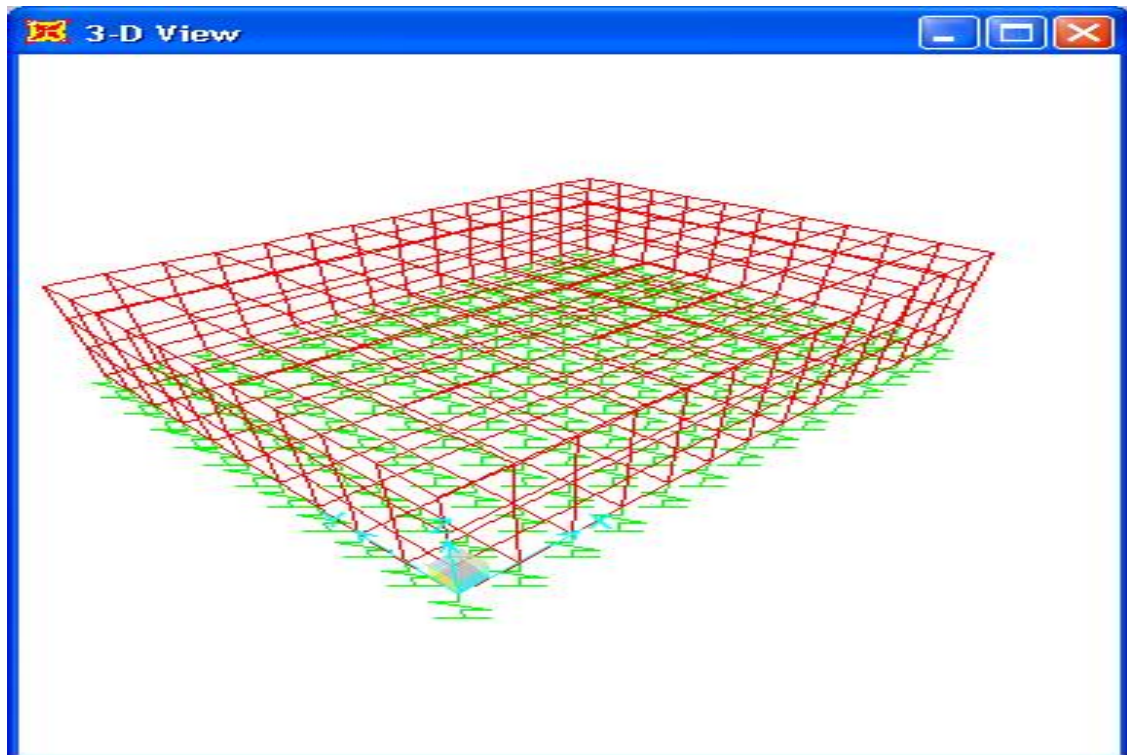
$$= 68 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan $\phi 8 - 250$ (As terpasang 201 mm²)

Tabel 7.4 Rangkuman Penulangan *Ground Reservoir*

Komponen Struktur	Ukuran	Penulangan
- Pelat Atas	Tebal: 200 mm	Tumpuan arah – x P10 - 75
		Lapangan arah – x P10 - 150
		Lapangan arah – y P8 - 50
		Lapangan arah – y P8 - 150
- Pelat Dinding	Tebal: 200 mm	Tumpuan arah – xz P10 -175
		Lapangan arah – xz P10 - 250
		Tulangan bagi – xz P8 - 250
		Tumpuan arah – yz P10 -150
		Lapangan arah – yz P10 - 225
		Tulangan bagi – yz P8 – 250
- Pelat Dasar	Tebal: 250 mm	Tumpuan arah – x P10 - 200
		Lapangan arah – x P10 - 200
		Lapangan arah – y P8 - 125
		Lapangan arah – y P8 - 125

Sumber : Hasil Perhitungan, 2008



Gambar 7.23 Pemodelan *Ground Reservoir* pada program SAP

7.4 PERENCANAAN TEKNIS PIPA TRANSMISI

Jaringan transmisi direncanakan dari sumber air di Waduk Panohan ke *Ground Reservoir* di Kecamatan Gunem Kabupaten Rembang.

➤ Debit dan kecepatan air

$$\text{Debit air} = 24.241 \text{ liter/detik} = 0.024 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kecepatan aliran air dalam pipa 0.3 m/detik s/d 3,0 m/detik

➤ Kondisi Lokasi

Ketinggian lokasi sumber air = 57 meter dpa

Ketinggian lokasi *reservoir* = 20 meter dpa

Sistem yang digunakan = sistem gravitasi

7.4.1 Analisis Hidrolika Jaringan Pipa

Analisis hidrolika bertujuan untuk memastikan elevasi garis energi (EGL) lebih tinggi dari pada elevasi HGL (garis tenaga) pada setiap jaringan pipa yang ada sehingga air dapat mengalir secara gravitasi. Dalam perhitungan digunakan persamaan Hazen – Williams, yaitu :

$$Q_p = 0,279 \times C \times D^{2,63} \times S^{0,54}$$

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_b = k_b * \frac{v^2}{2g}$$

Untuk mendapatkan nilai EGL ada banyak faktor yang mempengaruhi dalam perhitungan, yaitu elevasi sumber air, kehilangan energi (h_f primer dan h_f sekunder), untuk h_f primer dipengaruhi oleh jarak (L) , diameter pipa (D), kecepatan (v), gravitasi (g) , faktor gesekan pada pipa (f). Sedangkan h_f sekunder dipengaruhi oleh koefisien belokan pipa (k_b) , kecepatan (v) , dan gravitasi (g). Untuk mencari nilai HGL dipengaruhi oleh nilai EGL, kecepatan (v) dan gravitasi (g). Setelah didapat nilai EGL dan HGL maka yang terakhir mencari nilai residu yaitu nilai HGL dikurangi nilai elevasi pipa (H_s). Jika nilai residu positif maka air dapat mengalir.

Untuk mempermudah dalam perhitungan, dibuat dengan menggunakan perhitungan tabel, seperti terlihat pada tabel 7.5 sebagai berikut :

Tabel 7.5 Perhitungan Analisis Hidrolika Pipa Dari Waduk Panohan – Reservoir

Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
BM. MAN	57.00	0	0	Sumber Air	24.24								-	-			57.00			
B. 1	56.70	15	15	Pra Sediment	24.24	5	0.127	GIP	120	1.91	248114	0.53	-	0	0	0.53	56.47	0.19	56.81	0.11
B. 2	55.70	15	30	Sediment	24.24	5	0.127	GIP	120	1.91	248114	0.53	-	0	0	0.53	55.94	0.19	56.28	0.58
B. 3	55.45	18	48	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	-	0	0	0.07	55.87	0.03	55.91	0.46
B. 4	55.15	48	96	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	55.69	0.03	55.84	0.69
B. 5	54.85	48	144	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	55.51	0.03	55.66	0.81
B. 6	54.55	48	192	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	55.32	0.03	55.48	0.93
B. 7	54.25	48	240	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	55.14	0.03	55.30	1.05
B. 8	53.95	48	288	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	54.96	0.03	55.11	1.16
B. 9	53.65	48	336	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	45	0.36	0.01	0.19	54.77	0.03	54.93	1.28
B. 10	53.35	48	384	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	54.58	0.03	54.74	1.39
B. 11	53.05	48	432	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0.004	0.19	54.40	0.03	54.55	1.50
B. 12	52.75	48	480	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.01	0.19	54.20	0.03	54.37	1.62
B. 13	52.55	42	522	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.16	60	0.36	0	0.16	54.05	0.03	54.18	1.63
B. 14	52.25	48	570	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0.001	0.18	53.86	0.03	54.02	1.77
B. 15	51.95	24	594	Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0.001	0.09	53.77	0.03	53.83	1.88

Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
B. 16	51.65	24	618	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0.001	0.09	53.68	0.03	53.74	2.09
B. 17	51.35	24	642	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0.001	0.09	53.59	0.03	53.65	2.30
B. 18	51.05	24	666	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0.004	0.10	53.49	0.03	53.56	2.51
B. 19	50.75	48	714	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.15	0.001	0.18	53.31	0.03	53.46	2.71
B. 20	50.45	24	738	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0	0.09	53.22	0.03	53.28	2.83
B. 21	50.15	48	786	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0.01	0.19	53.02	0.03	53.19	3.04
B. 22	49.85	18	804	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	60	0.36	0.001	0.07	52.95	0.03	53.00	3.15
B. 23	49.55	30	834	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.11	22.5	0.05	0	0.11	52.84	0.03	52.93	3.38
B. 24	49.25	48	882	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0.001	0.18	52.66	0.03	52.81	3.56
B. 25	48.95	48	930	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	52.47	0.03	52.63	3.68
B. 26	48.65	24	954	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0.001	0.09	52.38	0.03	52.45	3.80
B. 27	48.35	24	978	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0.001	0.09	52.29	0.03	52.35	4.00
B. 28	48.05	12	990	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	22.5	0.05	0	0.05	52.24	0.03	52.26	4.21
B. 29	47.75	48	1038	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0.001	0.18	52.06	0.03	52.22	4.47
B. 30	47.45	24	1062	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	22.5	0.05	0.001	0.09	51.97	0.03	52.03	4.58
B. 31	47.15	18	1080	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	22.5	0.05	0.004	0.07	51.90	0.03	51.94	4.79
B. 32	46.85	30	1110	Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.11	30	0.14	0.001	0.12	51.78	0.03	51.87	5.02

Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
B. 33	46.55	48	1158	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.004	0.19	51.60	0.03	51.75	5.20
B. 34	46.25	36	1194	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	30	0.14	0.004	0.14	51.45	0.03	51.57	5.32
B. 35	45.95	24	1218	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	30	0.14	0.004	0.09	51.36	0.03	51.43	5.48
B. 36	45.65	18	1236	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	30	0.14	0.004	0.07	51.29	0.03	51.33	5.68
B. 37	45.35	30	1266	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.11	30	0.14	0	0.11	51.17	0.03	51.26	5.91
B. 38	45.05	48	1314	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0.001	0.18	50.99	0.03	51.15	6.10
B. 39	44.75	48	1362	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	50.81	0.03	50.96	6.21
B. 40	44.45	48	1410	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.004	0.19	50.62	0.03	50.78	6.33
B. 41	44.15	30	1440	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.11	30	0.14	0	0.11	50.51	0.03	50.59	6.44
B. 42	43.85	48	1488	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0.01	0.19	50.32	0.03	50.48	6.63
B. 43	43.55	48	1536	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	60	0.36	0.01	0.19	50.12	0.03	50.29	6.74
B. 44	43.25	24	1560	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	-	0	0	0.09	50.03	0.03	50.10	6.85
B. 45	42.95	48	1608	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	49.85	0.03	50.00	7.05
B. 46	42.65	48	1656	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	49.67	0.03	49.82	7.17
B. 47	42.35	48	1704	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	49.49	0.03	49.64	7.29
B. 48	42.05	48	1752	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	60	0.36	0.01	0.19	49.30	0.03	49.46	7.41
B. 49	41.75	60	1812	Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.23	22.5	0.05	0.001	0.23	49.07	0.03	49.27	7.52

Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
B. 50	41.45	48	1860	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	48.88	0.03	49.04	7.59
B. 51	41.15	42	1902	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.16	-	0	0	0.16	48.72	0.03	48.86	7.71
B. 52	40.85	48	1950	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	60	0.36	0.01	0.19	48.53	0.03	48.70	7.85
B. 53	40.55	36	1986	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	22.5	0.05	0.001	0.14	48.39	0.03	48.50	7.95
B. 54	40.25	36	2022	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	-	0	0	0.14	48.26	0.03	48.37	8.12
B. 55	39.95	36	2058	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	22.5	0.05	0.001	0.14	48.12	0.03	48.23	8.28
B. 56	39.65	36	2094	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	30	0.14	0.004	0.14	47.98	0.03	48.09	8.44
B. 57	39.35	36	2130	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	30	0.14	0.004	0.14	47.84	0.03	47.95	8.60
B. 58	39.05	12	2142	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	30	0.14	0.004	0.05	47.79	0.03	47.81	8.76
B. 59	38.75	36	2178	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	-	0	0	0.14	47.65	0.03	47.76	9.01
B. 60	38.45	48	2226	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	47.47	0.03	47.63	9.18
B. 61	38.15	48	2274	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	60	0.36	0.01	0.19	47.28	0.03	47.44	9.29
B. 62	37.85	30	2304	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.11	30	0.14	0.004	0.12	47.16	0.03	47.25	9.40
B. 63	37.55	12	2316	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	22.5	0.05	0.001	0.05	47.12	0.03	47.13	9.58
B. 64	37.25	18	2334	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	30	0.14	0.004	0.07	47.04	0.03	47.09	9.84
B. 65	36.95	36	2370	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	30	0.14	0.004	0.14	46.90	0.03	47.01	10.06
B. 66	36.65	18	2388	Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	30	0.14	0.004	0.07	46.83	0.03	46.87	10.22

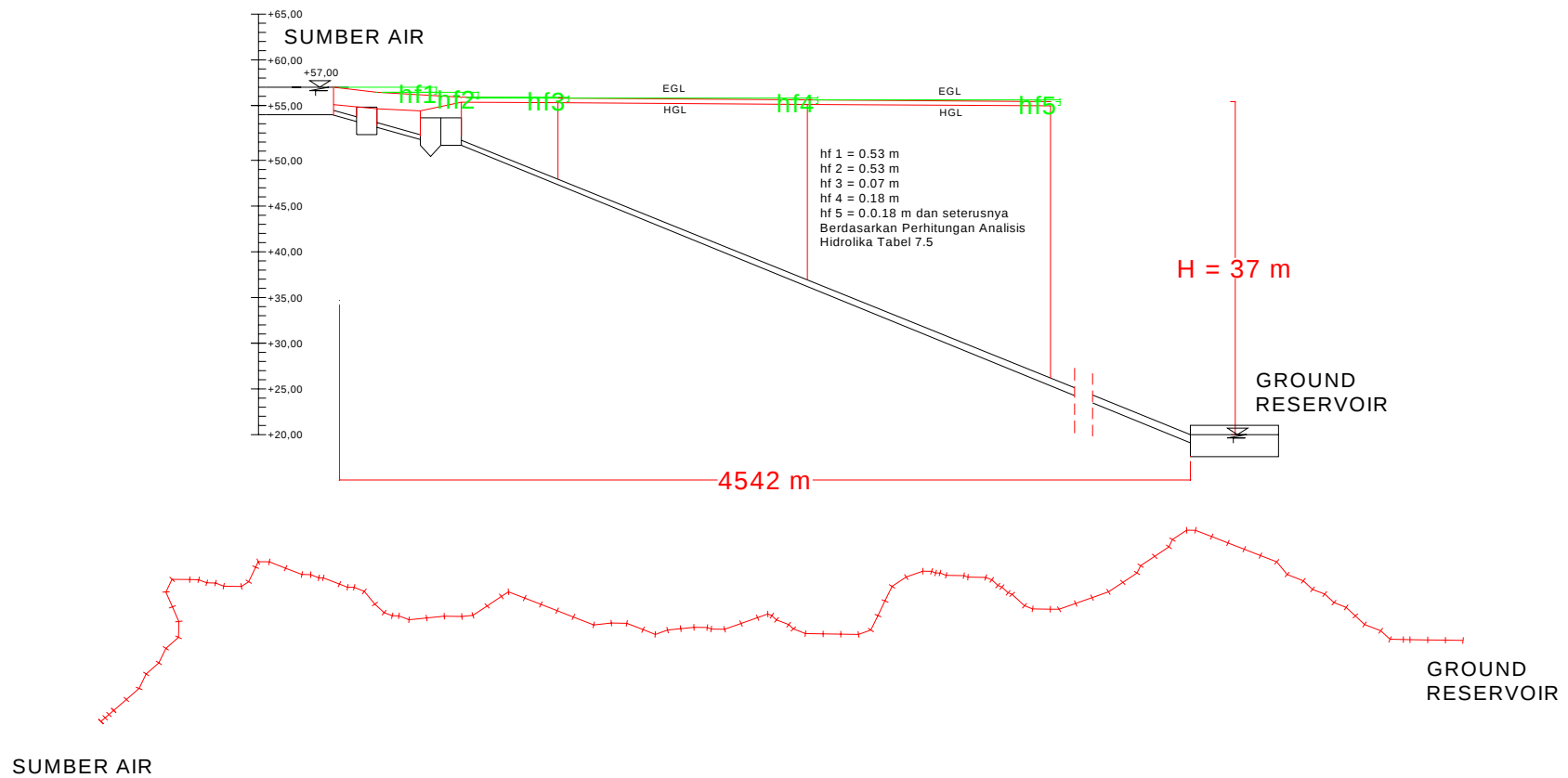
Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
B. 67	36.35	36	2424	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	-	0	0	0.14	46.69	0.03	46.80	10.45
B. 68	36.05	48	2472	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	46.51	0.03	46.67	10.62
B. 69	35.75	48	2520	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	46.33	0.03	46.48	10.73
B. 70	35.45	48	2568	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	60	0.36	0.01	0.19	46.14	0.03	46.30	10.85
B. 71	35.15	36	2604	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	-	0	0	0.14	46.00	0.03	46.11	10.96
B. 72	34.85	48	2652	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	45.82	0.03	45.97	11.12
B. 73	34.55	48	2700	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	45.63	0.03	45.79	11.24
B. 74	34.25	48	2748	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	45.45	0.03	45.60	11.35
B. 75	33.95	48	2796	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	45.27	0.03	45.42	11.47
B. 76	33.65	48	2844	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	45.08	0.03	45.24	11.59
B. 77	33.35	24	2868	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	30	0.14	0.004	0.09	44.99	0.03	45.05	11.70
B. 78	33.05	12	2880	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	30	0.14	0.004	0.05	44.94	0.03	44.96	11.91
B. 79	32.75	12	2892	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	30	0.14	0.004	0.05	44.89	0.03	44.91	12.16
B. 80	32.45	18	2910	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	30	0.14	0.004	0.07	44.82	0.03	44.86	12.41
B. 81	32.15	48	2958	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	44.63	0.03	44.79	12.64
B. 82	31.85	12	2970	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	30	0.14	0.004	0.05	44.58	0.03	44.60	12.75
B. 83	31.55	48	3018	Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	44.39	0.03	44.55	13.00

Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
B. 84	31.25	18	3036	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	30	0.14	0.004	0.07	44.32	0.03	44.37	13.12
B. 85	30.95	24	3060	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	30	0.14	0.004	0.09	44.23	0.03	44.29	13.34
B. 86	30.65	12	3072	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	30	0.14	0.004	0.05	44.18	0.03	44.20	13.55
B. 87	30.35	24	3096	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	30	0.14	0.004	0.09	44.08	0.03	44.15	13.80
B. 88	30.05	12	3108	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.05	30	0.14	0.004	0.05	44.03	0.03	44.05	14.00
B. 89	29.75	48	3156	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	43.85	0.03	44.00	14.25
B. 90	29.45	24	3180	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	-	0	0	0.09	43.76	0.03	43.82	14.37
B. 91	29.15	48	3228	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	43.57	0.03	43.73	14.58
B. 92	28.85	24	3252	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	-	0	0	0.09	43.48	0.03	43.54	14.69
B. 93	28.55	48	3300	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	43.30	0.03	43.45	14.90
B. 94	28.25	48	3348	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	43.12	0.03	43.27	15.02
B. 95	27.95	48	3396	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	42.94	0.03	43.09	15.14
B. 96	27.65	48	3444	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	42.75	0.03	42.91	15.26
B. 97	27.35	48	3492	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	42.56	0.03	42.72	15.37
B. 98	27.05	24	3516	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	-	0	0	0.09	42.47	0.03	42.54	15.49
B. 99	26.75	48	3564	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	42.29	0.03	42.44	15.69
B. 100	26.45	48	3612	Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	42.10	0.03	42.26	15.81

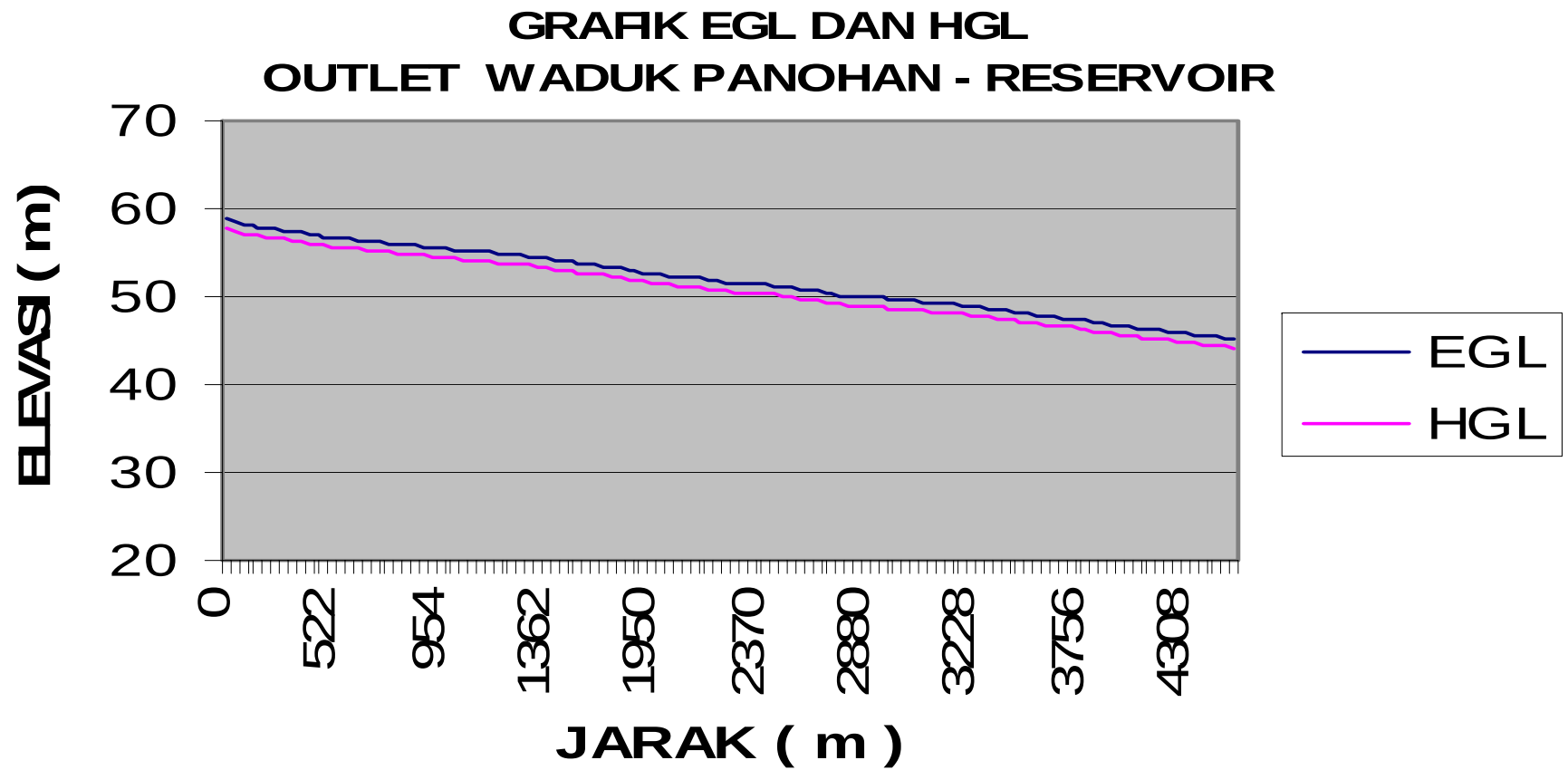
Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
B. 101	26.15	24	3636	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	30	0.14	0.004	0.09	42.01	0.03	42.07	15.92
B. 102	25.85	48	3684	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	41.82	0.03	41.98	16.13
B. 103	25.55	24	3708	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.09	-	0	0	0.09	41.73	0.03	41.79	16.24
B. 104	25.25	48	3756	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	41.55	0.03	41.70	16.45
B. 105	25.05	48	3804	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	41.37	0.03	41.52	16.47
B. 106	24.75	48	3852	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	41.19	0.03	41.34	16.59
B. 107	24.45	48	3900	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	41.00	0.03	41.16	16.71
B. 108	24.15	48	3948	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	40.82	0.03	40.98	16.83
B. 109	23.85	48	3996	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	30	0.14	0.004	0.19	40.63	0.03	40.79	16.94
B. 110	23.55	48	4044	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	40.45	0.03	40.60	17.05
B. 111	23.25	36	4080	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	22.5	0.05	0.001	0.14	40.31	0.03	40.42	17.17
B. 112	22.95	36	4116	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	22.5	0.05	0.001	0.14	40.17	0.03	40.28	17.33
B. 113	22.65	36	4152	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	22.5	0.05	0.001	0.14	40.04	0.03	40.15	17.50
B. 114	22.35	36	4188	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	22.5	0.05	0.001	0.14	39.90	0.03	40.01	17.66
B. 115	22.15	36	4224	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	-	0	0	0.14	39.76	0.03	39.87	17.72
B. 116	21.85	36	4260	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	22.5	0.05	0.001	0.14	39.62	0.03	39.73	17.88
B. 117	21.55	48	4308	Sawah, Jln	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	22.5	0.05	0.001	0.18	39.44	0.03	39.60	18.05

Posi si	Hs (m)	Jarak (m)	Kum Jarak (m)	Keterangan	Q Sup. (lt/det)	D pipa (Inch)	D pipa (m)	Jenis Pipa	CH	V (m/det)	Re	hf primer (m)	Belo kan	Kb	hf seku nder (m)	hf Total (m)	EGL (m)	V2/2g (m)	HGL (m)	RESI DU (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
B. 118	21.25	36	4344	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	45	0.14	0.004	0.14	39.30	0.03	39.41	18.16
B. 119	20.95	36	4380	Sungai (Melintang)	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.14	-	0	0	0.14	39.16	0.03	39.27	18.32
B. 120	20.75	18	4398	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.07	-	0	0	0.07	39.10	0.03	39.14	18.39
B. 121	20.45	48	4446	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	38.91	0.03	39.07	18.62
B. 122	20.15	48	4494	Sawah, Jalan	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	38.73	0.03	38.89	18.74
B. 123	20.00	48	4542	Ground Reservoir	24.24	8	0.203	GIP	120	0.75	155071	0.18	-	0	0	0.18	38.55	0.03	38.70	18.70

Sumber : Hasil Perhitungan, 2008

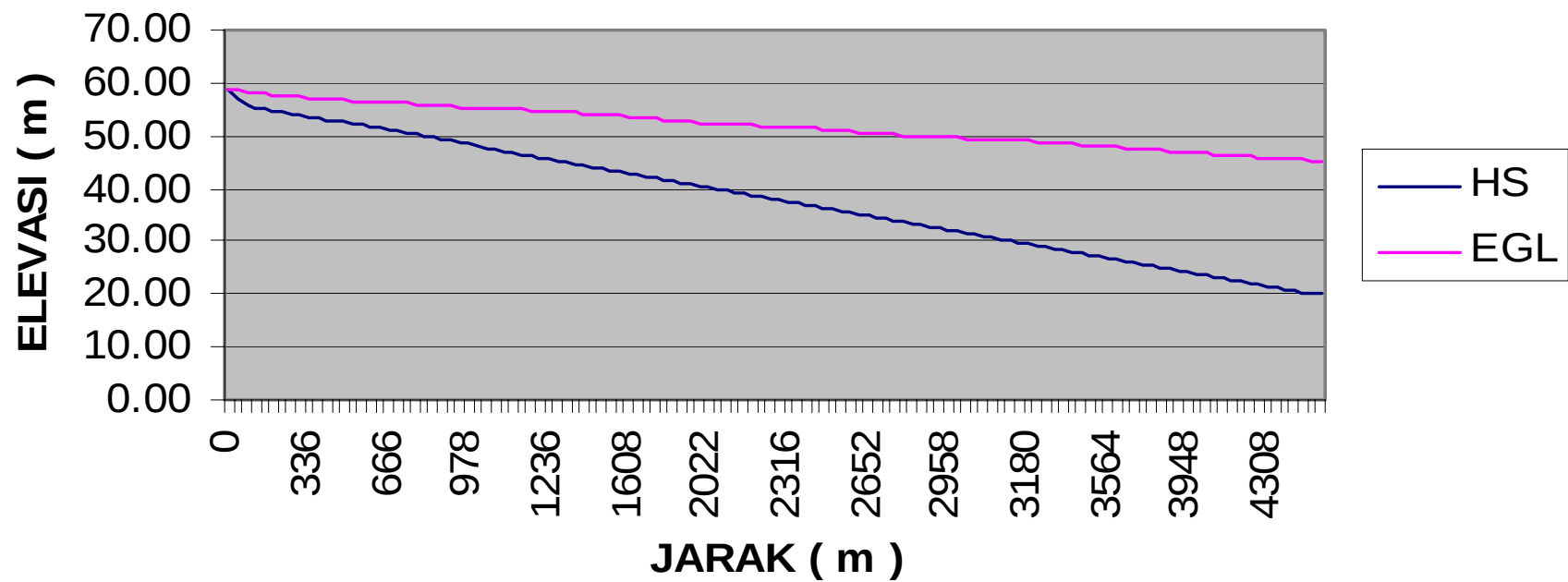


Gambar 7.24 Kehilangan Energi, EGL dan HGL Outlet Waduk Panohan – *Reservoir*



Gambar 7.25 EGL dan HGL Outlet Waduk Panohan – *Reservoir*

GRAFIK EGL DAN HS OUTLET WADUK PANOHAN - RESERVOIR



Gambar 7.26 EGL dan HS Outlet Waduk Panohan - *Reservoir*

Keterangan Tabel 7.6 :

1. Kode posisi pada peta topografi
2. H_s = Elevasi Statis (m)
3. Jarak dari per segmen (m)
4. Kumulatif jarak (m)
5. Keterangan posisi
6. Q Debit Supply (dari debit waduk panohan) (lt/det)
7. Diameter Pipa (Inchi)
8. Diameter Pipa (m)
9. Jenis Pipa
10. C = Koefisien Hazen-Williams
11. $V = Q$ Debit Supply/ luas pnp pipa (m/det)
12. Angka Reynolds = $Re = V.D/\nu$ dengan $\nu = 0,98.10^{-6} \text{ m}^2$
13. $h_f \text{ primer} = [f^* (L / D)^* (V^2 / 2 * g)]$
14. Sudut belokan
15. Koefisien k_b sebagai fungsi sudut belokan
16. $h_f \text{ sekunder} = k_b (V^2 / 2g)$ (m)
17. $h_f \text{ total} = h_f \text{ primer} + h_f \text{ sekunder}$
18. EGL = Elevasi *Outlet* Waduk Panohan – $h_f \text{ total}$
19. tinggi kecepatan = $V^2 / 2g$ (m)
20. HGL = EGL - $V^2 / 2g$ (m)
21. Residu = HGL – H_s (jika bernilai positif air dapat mengalir)

Dari hasil analisisa hidrolika terlihat tinggi tekanan efektif untuk semua sistem jaringan perpipaan ternyata bernilai positif sehingga air dapat mengalir secara gravitasi. Pemilihan jenis pipa menggunakan GIP (*Galvanis Iron Pipe*) Pipa Baja Galvanis karena berdasarkan pertimbangan:

- Kondisi medan yang berat membutuhkan pipa yang kuat
- Keawetan bahan lebih lama dibandingkan pipa PVC

Rangkuman perencanaan jaringan perpipaan disajikan dalam Tabel 7.7 berikut ini :

Tabel 7.7 Perencanaan sistem jaringan perpipaan

Sistem	Sub - Sistem	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa		Jenis Pipa	Jumlah Belokan			
			(Inchi)	(m)		22.5 ⁰	30 ⁰	45 ⁰	60 ⁰
MA Waduk Panohan	Outlet Waduk - IPA	30	5	0.127	GIP	0	0	0	0
	IPA - <i>Reservoir</i>	4512	8	0.203	GIP	37	37	2	4

7.4.2 Simulasi Menggunakan Epanet 2.0

Berdasarkan hasil simulasi program Epanet versi 2.0, diketahui bahwa sistem jaringan transmisi air baku dapat mengalirkan air dengan cara gravitasi dari Outlet Waduk Panohan sampai ke bak penampungan (*reservoir*) pada elevasi masing – masing 57.00 dpl dan 20 dpl. Dari segi kecepatan aliran, maka jaringan transmisi telah memenuhi persyaratan kecepatan, yaitu 0,3 - 3 m/detik.

Data *Input* dan *Output* pada EPANET 2.0 adalah sebagai berikut :

1. *Node*

Node pada EPANET adalah

a. Titik

menunjukkan bahwa pipa bergabung dan menunjukkan air masuk atau meninggalkan jaringan.

Input :

- elevasi
- kebutuhan air
- kualitas air

Output :

- *hydraulic head*
- *pressure*

- kualitas air

b. *Reservoir*

Reservoir pada EPANET adalah sumber air yang berasal dari luar, biasanya berupa sungai, waduk, danau, air bawah tanah dan sumber air yang berkaitan.

Input : - elevasi

Output : - *demand*

- *head*

- *pressure*

c. Tangki

Tangki merupakan tempat penyimpanan air, di mana volume dalam tangki dapat berubah – ubah sepanjang waktu simulasi.

Input :

- elevasi dasar tangki
- diameter tangki
- tinggi air minimal, maksimal dan inisial
- kualitas air

Output :

- total *head*
- kualitas air

2. *Link*

Link terdiri dari :

a) Pipa.

EPANET mengasumsikan bahwa pipa selalu penuh setiap saat.

Input :

- diameter
- panjang
- koefisien kekasaran pipa
- kondisi pipa (*open*, *close*, atau terpasang *check valve*)

Output :

- *flow*
- *velocity*
- *headloss*

➤ *friction factor*

b) Pompa

Data pompa yang dimaksudkan adalah kurva pompa yaitu perbandingan antara *flow* dan *head*.

c) Valve

Valve berfungsi untuk mengatur tekanan atau aliran pada titik khusus pada jaringan.

Input :

- diameter
- tipe *valve* dan setting sesuai jenis katupnya
- kondisi *valve* (*open*, *close*, *none*)

Output :

- *flow*
- *velocity*
- *headloss*

Adapun langkah – langkah untuk menjalankan program Epanet 2.0 adalah sebagai berikut :

1. Membuat jaringan system distribusi atau mengimport file jaringan dengan mengambil jaringan yang sudah ada (tersimpan dalam format / program lain) misalnya *Computer Aided Drawing* (*CAD*) atau *Geography Information System* (*GIS*).
2. Mengedit sifat objek atau komponen fisik yang terlihat dalam system distribusi. Yang termasuk komponen fisik dalam system distribusinya :
 - a. *Junction* adalah titik – titik yang merupakan tempat penyambungan antar *Links* (pipa, pompa, dan katup) sekaligus penanda masuk maupun keluarnya air dalam jaringan distribusi dengan format input pada *Junction* seperti terlihat pada gambar berikut :

Junction 4

Property	Value
*Junction ID	4
X-Coordinate	2503.28
Y-Coordinate	6540.56
Description	
Tag	
*Elevation	55.45
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	

- b. *Tank* merupakan *node* dengan kapasitas tampungan yang dapat beragam selama waktu simulasi (*Running*). Dengan tampilan / format inputnya pada gambar berikut ini :

Tank GroundReservoir

Property	Value
*Tank ID	Reservoir
X-Coordinate	7333.96
Y-Coordinate	8982.31
Description	
Tag	
*Elevation	20
*Initial Level	10
*Minimum Level	0
*Maximum Level	20
*Diameter	50

- c. *reservoir* merupakan titik yang mewakili sumber luar tak hingga atau cekungan air dalam jaringan distribusi misalnya danau, sungai dan akuifer air tanah. Dengan format *input* dan *property* dari *reservoir* seperti pada gambar berikut :

Reservoir S.Air	
Property	Value
*Reservoir ID	S.Air
X-Coordinate	2476.34
Y-Coordinate	6475.03
Description	
Tag	
*Total Head	57
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	-17.77

Reservoir PraSediment	
Property	Value
*Reservoir ID	PraSedimer
X-Coordinate	2485.43
Y-Coordinate	6497.18
Description	
Tag	
*Total Head	56.70
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	19.38

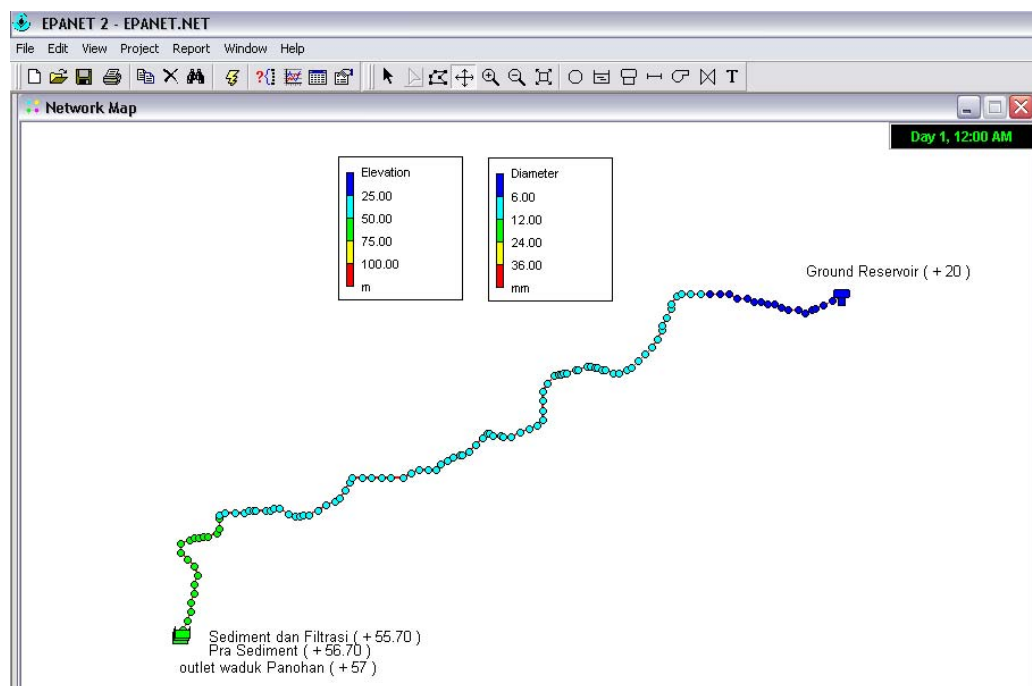
Reservoir sedimendanfiltrasi	
Property	Value
*Reservoir ID	sedimenda
X-Coordinate	2493.42
Y-Coordinate	6516.63
Description	
Tag	
*Total Head	55.70
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	10.12

3. Pengaturan dan pengoperasian system lebih ditekankan sebagai *Editing* pada komponen yang tidak nampak dalam system (*Non – Visual Component*).
Terdiri atas :

- a. *Curve Editor* ditujukan untuk mengatur bagaimana *Link* (pompa) maupun *Node* bekerja sesuai dengan standar atau keadaan yang dikehendaki. *Curve Editor* diantaranya hubungan tinggi tekan dengan debu (*Pump Curve*), biaya atas penggunaan energi / hubungan efisiensi dengan debit (*Efficiency Curve*), hubungan volume dengan kedalaman air (*Volume Curve*) dan hubungan kehilangan energi dengan debit (*Headloss Curve*)
 - b. *Pattern Editor* ditujukan untuk mengatur pola distribusi air bila dilakukan simulasi berjangka (*Extended Period Simulation*) sesuai dengan waktu yang dikehendaki.
 - c. *Controls Editor* merupakan pengaturan yang dilakukan terhadap *Node* dan *Links* pada saat simulasi terjadi, apakah dikehendaki tertutup, terbuka maupun keadaan lainnya.
 - d. *Demand Editor* ditujukan untuk pengaturan kebutuhan sekaligus dilakukan penggolongan kebutuhan tersebut berdasarkan kategori yang ditetapkan saat simulasi berjalan.
 - e. *Source Quality Editor* merupakan pengaturan dengan memasukkan komponen *Water Quality* ketika simulasi berjalan. Editor ini dapat diabaikan bilamana ditujukan hanya untuk simulasi hidrolis.
4. Memilih analisis yang diinginkan untuk menjalankan simulasi, diperlukan untuk kesesuaian dengan penggunaan formula, system satuan serta karakteristik lain yang dikehendaki, apakah menggunakan formula *Hazen - Williams*, *Darcy - Weisbach* Atau *Chezy- Manning*.
 5. Menjalankan program (*Running*) dilakukan setelah proses input terjadi, adapun komentar ketika running dilakukan diantaranya :
 - a. *Run Was Succesfull* yang berarti bahwa proses running berjalan baik sehingga bias dilanjutkan dengan mengetahuinya outputnya.



- b. *Run Was Unsuccessful. See Status Report For Reason* yang berarti bahwa proses berhenti dikarenakan beberapa hal namun dapat diketahui kesalahan yang terjadi dengan melihat komentar kesalahan tersebut.
 - c. *Warning Message Were Generated. See Status Report For Reason* yang berarti bahwa ada beberapa input yang menyebabkan kegagalan simulasi ketika simulasi sedang berjalan. Kesalahan ini dapat terjadi misalnya karena pompa yang tidak bekerja, jaringan tidak terhubung, adanya tekanan negative, system tidak seimbang serta persamaan hidrolik tidak terpecahkan.
6. Mengetahui hasil keluaran, tahapan akhir ini dapat diketahui bila proses analisis yang berlangsung berjalan dengan baik (*Running Was Succesfull*). Adapun hasil keluaran tersebut dapat ditampilkan dalam tabel dan grafik.



7.4.3 Pembahasan Hasil Perhitungan Hazen - Williams Dengan Epanet 2.0

1. Tekanan (*pressure*)

Tekanan yang diijinkan berdasarkan tabel 7.5 Perhitungan Hazen - Williams sisa tekan di penyediaan distribusi maksimal 18,70 m. dari hasil analisis Epanet 2.0 didapat nilai maksimal untuk tekanan yaitu 10,12 m. Jadi untuk tekanan yang terjadi dalam pipa masih aman.

2. Kecepatan (*velocity*)

Kecepatan aliran dalam jaringan pipa distribusi antara 0,3 – 3 m/detik. Dari hasil analisis perhitungan Hazen - Williams dan Epanet 2.0, sebagian besar kecepatan aliran dalam pipa masih aman.

Jadi berdasarkan hasil analisis perhitungan Hazen - Williams dan Epanet 2.0, tekanan dan kecepatan aliran yang terjadi dalam pipa cukup aman, sehingga dimensi pipa yang digunakan aman untuk digunakan pada pemasangan jaringan pipa distribusi PDAM Kecamatan Gunem Kabupaten Rembang tahun 2008.