

BAB VI

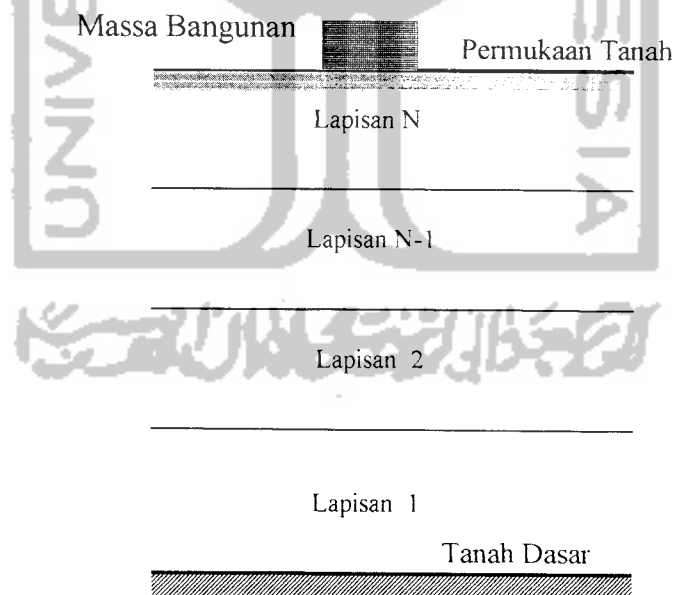
ANALISIS PERHITUNGAN

6.1 Umum

Data tanah yang digunakan dalam tugas akhir ini diperoleh dari beberapa hasil penyelidikan tanah di beberapa tempat. Data tanah yang akan dianalisis diperoleh dari daerah : 1. Dalangan – Tawang Sari – Sukoharjo

2. Jl. Pemuda – Semarang

Cara analisa yaitu membandingkan respon seismik gempa dari masing-masing lapisan tanah dengan adanya massa bangunan di atasnya dan tanpa massa bangunan di atas lapisan tanah seperti terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 6.1 Profil lapisan tanah

6.2 Perhitungan Karakteristik Dinamika Lapisan Tanah Daerah Dalangan Tawanghari Sukoharjo Dengan Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa Koyna.

6.2.1 Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dari persamaan 3.1 – 3.4 pada Bab III.

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

6.2.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 dan 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = -300 \text{ cm}, \quad \bar{\sigma}_{11} = \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 11.944 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 300 - 675 \text{ cm}, \quad \bar{\sigma}_{12} = \gamma_2 \cdot h_2 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 15.56 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 675 - 1000 \text{ cm}, \quad \bar{\sigma}_{13} = \gamma_3 \cdot h_3 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 16.6166 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 1000 - 1600 \text{ cm}, \quad \bar{\sigma}_{14} = \gamma_4 \cdot h_4 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 17.807 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 1600 - 1800 \text{ cm}, \quad \bar{\sigma}_{15} = \gamma_5 \cdot h_5 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 18.565 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 1800 - 2000 \text{ cm}, \quad \bar{\sigma}_{16} = \gamma_6 \cdot h_6 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 19.455 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 2000 - 2500 \text{ cm}, \quad \bar{\sigma}_{17} = \gamma_7 \cdot h_7 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 22.347 \text{ T/m}^2$$

6.2.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan 3.13 yaitu

$$G_{\max} = 3310cr^k \frac{(2,973 - e)^2}{(1 + e)} \cdot \sigma_0^{-0.5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.2.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan 3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = M_2 + \frac{0.749 \times 2.5 + 0.658 \times 1}{9.8} = 2.9067 \text{ T} \cdot \text{dt}^2 / \text{m} = 29.067 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_2 = M_3 + \frac{0.658 \times 1 + 0.623 \times 1}{9.8} = 2.6485 \text{ T} \cdot \text{dt}^2 / \text{m} = 26.485 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_3 = M_4 + \frac{0.623 \times 1 + 0.607 \times 3}{9.8} = 2.5178 \text{ T} \cdot \text{dt}^2 / \text{m} = 25.178 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_4 = M_5 + \frac{1.607 \times 3 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 2.2684 T dt^2 / m = 22.684 kg \cdot dt^2 / cm$$

$$M_5 = M_6 + \frac{1.668 \times 1.875 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 1.9698 T dt^2 / m = 19.698 kg \cdot dt^2 / cm$$

$$M_6 = \frac{1.668 \times 1.875 + 11.944}{9.8} = 1.5379 T dt^2 / m = 15.379 kg \cdot dt^2 / cm$$

Tabel 6.1 Hasil perhitungan G_{\max} tanah Tawang dengan Massa Bangunan

Kedalaman (cm)	e	PI (%)	OCR	k_0	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	Gmax (gr/cm ²)
-3	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.194	0.7629	0.907	484.2
-6.75	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.556	0.9939	1.181	552.67
-6.75	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.556	1.1279	1.271	471.33
-10	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.617	1.1719	1.32	480.42
-10	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.617	1.1901	1.332	302.48
-16	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.781	1.311	1.468	317.38
-16	1.7	35.9	1	0.651	0.276	1.781	1.16	1.367	230.46
-18	1.7	35.9	1	0.651	0.276	1.857	1.422	32.23	235.36
-18	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.857	1.1392	1.378	301.97
-20	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.946	1.1938	1.444	309.12
-20	1.31	33.8	1	0.665	0.263	1.946	1.2932	1.511	487.85
-25	1.31	33.8	1	0.665	0.263	2.235	1.4854	1.735	522.86

6.2.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548 \cdot M} \times (\Delta + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 0.894 \times 10^{0.548 \times 6.5} \times (5.6 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 2.0535 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.1 didapat nilai $G_{G_{max}}$ untuk :

$$\text{Lapisan 1} = 0.765 \quad G = 0.806 \times 522.860 = 421.425 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 2} = 0.765 \quad G = 0.806 \times 309.123 = 249.1531 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 3} = 0.765 \quad G = 0.806 \times 235.316 = 189.6647 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 4} = 0.81 \quad G = 0.887 \times 317.838 = 281.9223 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.81 \quad G = 0.887 \times 480.419 = 426.9484 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.765 \quad G = 0.806 \times 552.668 = 445.4504 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan 3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{399.9879 \times 100 \times 100}{500} = 8912.2322 \text{ kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{236.479 \times 100 \times 100}{200} = 12457.6569 \text{ kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{180.0167 \times 100 \times 100}{200} = 9483.2348 \text{ kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{257.4488 \times 100 \times 100}{600} = 4698.7051 \text{ kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{389.1393 \times 100 \times 100}{325} = 13111.7432 \text{ kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{422.7910 \times 100 \times 100}{375} = 11878.6776 \text{ kg/cm.}$$

6.2.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.2.

Tabel 6.2 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/detik)
1	0.08303	5.03671
2	0.56685	13.16011
3	1.92383	24.24426
4	2.75493	29.01216
5	4.39281	36.63502
6	6.49024	44.53027

6.2.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.3 Hasil perhitungan mode shape tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6
1	1	1	1	1	1
1.6562	1.3113	0.3439	-0.2485	-1.4161	-2.9113
2.4009	1.0860	-1.0825	-1.3044	0.7180	8.0735
3.5775	-0.3766	-0.5520	2.4478	-0.1385	-55.5424
3.8421	-0.7879	0.1994	0.2280	-0.1238	112.2038
3.9726	-1.0156	0.8345	-2.5405	0.1680	-71.5912

6.2.9 Perhitungan *damping ratio*.

Nilai *damping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan persamaan 3.19 pada Bab III. Dengan nilai $\bar{\sigma}_v$ berdasarkan tabel 6.1, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.2 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan *damping ratio* dapat dilihat pada tabel 6.4 berikut ini :

Tabel 6.4 *Damping ratio* Desa Tawang Sari, Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Lapisan	<i>Damping ratio</i> (%)
1	4.0978
2	4.3753
3	4.5576
4	2.6833
5	2.7642
6	4.8779

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *damping ratio equivalent*.

Untuk menghitung *damping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 4.19166 \%$$

6.2.10 Perhitungan respon seismik lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, Hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi terdapat massa bangunan untuk gempa Koyna dapat dilihat pada Bab V.

6.3 Analisis Karakteristik Dinamik Lapisan Tanah Pada Daerah Dalangan Tawanghari Sukoharjo Tanpa Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa Koyna.

6.3.1. Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dengan persamaan 3.1 – 3.4

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

$$K_0 \text{ Lapisan 7} = 0.556$$

6.3.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 – 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = 0 - 3 \quad \sigma_{11} = 5.28 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 3 - 6.75 \quad \sigma_{12} = 11.535 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 6.75 - 10 \quad \sigma_{13} = 13.745 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 10 - 16 \quad \sigma_{14} = 17.387 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 16 - 18 \quad \sigma_{15} = 18.633 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 18 - 20 \quad \sigma_{16} = 19.949 \text{ T/m}^2$$

$$Z = 20 - 25 \quad \sigma_{17} = 23.694 \text{ T/m}^2$$

6.3.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan 3.13 yaitu

$$G_{\max} = 331ocr^k \frac{(2,973 - e)^2}{(1 + e)} \cdot \sigma_0^{-0.5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.3.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan 3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = 22.256 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_2 = 19.676 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_3 = 18.366 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_4 = 15.876 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_5 = 12.89 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_6 = 8.57 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_7 = 2.69 \text{ kg dt}^2/\text{cm}$$

Tabel 6.5 Hasil perhitungan G_{\max} tanah Tawang tanpa Massa Bangunan

Z	e	PI	Ko	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	Gmax (gr/cm ²)
0	0.916	22.37	0.55659	0.194	0	0	0	0
-3	0.916	22.37	0.55659	0.194	5.28	2.9388	3.7192	445.654
-3	1.154	34.11	0.63877	0.265	5.28	3.37271	4.0085	321.933
-6.8	1.154	34.11	0.63877	0.265	11.535	7.36821	8.7571	475.855
-6.8	1.277	44.9	0.7143	0.327	11.535	8.23945	9.338	405.822
-10	1.277	44.9	0.7143	0.327	13.745	9.81805	11.127	442.986
-10	1.551	56.19	0.79333	0.389	13.745	10.9043	11.851	279.25
-16	1.551	56.19	0.79333	0.389	17.387	13.7936	14.991	314.069
-16	1.704	35.92	0.65144	0.27552	17.387	11.3266	13.347	227.7299
-18	1.704	35.92	0.65144	0.27552	18.633	12.1383	14.303	235.753
-18	1.562	30.52	0.61364	0.24312	18.633	11.434	13.834	302.525
-20	1.562	30.52	0.61364	0.24312	19.949	12.2415	14.811	313.026
-20	1.309	33.75	0.63625	0.2625	19.949	12.6926	15.111	494.006
-25	1.309	33.75	0.63625	0.2625	23.694	15.0753	17.948	538.374

6.3.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548 \cdot M} \times (\Delta + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 0.894 \times 10^{0.548 \cdot 6.5} \times (5.6 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 2.0535 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.1 didapat nilai G/G_{\max} untuk :

$$\text{Lapisan 1} = 0.765 \quad G = 0.765 \times 538.374 = 433.929 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 2} = 0.765 \quad G = 0.765 \times 313.026 = 252.299 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 3} = 0.765 \quad G = 0.765 \times 235.753 = 190.017 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 4} = 0.81 \quad G = 0.81 \times 314.069 = 278.579 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.81 \quad G = 0.81 \times 442.986 = 392.928 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.765 \quad G = 0.765 \times 475.855 = 383.539 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 7} = 0.765 \quad G = 0.765 \times 445.654 = 359.197 \text{ kg/cm}^2$$

6.3.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan 3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{411.85616 \times 100 \times 100}{500} = 8678.58 \text{ kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{239.4649 \times 100 \times 100}{200} = 12614.95 \text{ kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{180.3510 \times 100 \times 100}{200} = 9500.85 \text{ kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{254.3959 \times 100 \times 100}{600} = 4642.983 \text{ kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{358.8187 \times 100 \times 100}{325} = 12090.092 \text{ kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{364.0290 \times 100 \times 100}{375} = 10227.707 \text{ kg/cm.}$$

$$K_7 = \frac{340.9253 \times 100 \times 100}{300} = 11973.233 \text{ kg/cm.}$$

6.3.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan

kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.6.

Tabel 6.6 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/detik)
1	0.02061	5.96373
2	0.13279	15.13925
3	0.44101	2758979.
4	0.61648	32.61983
5	1.04488	42.46738
6	1.46510	50.28707
7	3.62364	79.08512

6.3.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.7 Hasil perhitungan *mode shape* tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6	Mode ke7
1	1	1	1	1	1	1
1.6252	1.2836	0.3450	-0.1893	-1.4916	-2.7735	-9.3465
2.3356	1.0509	-1.0685	-1.3513	0.7671	6.7410	97.9792
3.4608	-0.3781	-0.7437	1.9585	-0.1076	-41.2202	-2106.4478
3.7313	-0.8131	0.1244	0.4930	-0.1805	77.2394	14347.2070
3.8837	-1.0924	1.0312	-1.9005	0.1454	-28.8954	-79294.9766
3.9151	-1.1518	1.2440	-2.4977	0.2448	-65.2562	195695.1250

6.3.9 Perhitungan *dumping ratio*.

Nilai *dumping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan persamaan 3.19 pada Bab III. dengan nilai $\bar{\sigma}_0$ berdasarkan tabel 6.5, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.6 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan *dumping ratio* dapat dilihat pada tabel 6.8 berikut ini :

Tabel 6.8 *Dumping ratio* Desa Tawang Sari, Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Lapisan	"Dumping ratio" (%)
1	4.0944
2	4.3993
3	4.0049
4	2.7155
5	2.8414
6	5.0520
7	5.5498

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *dumping ratio equivalent*.

Untuk menghitung *dumping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 4.065 \%$$

6.3.10 Perhitungan percepatan maksimum lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, Hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi tanpa massa bangunan untuk gempa Koyna dapat dilihat pada Bab V

6.4 Perhitungan Karakteristik Dinamika Lapisan Tanah Daerah Dalangan Tawang Sari Sukoharjo Dengan Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa Kobe

6.4.1. Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dengan persamaan 3.1 – 3.4 pada Bab III.

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

6.4.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 – 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = 0 - 3 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{11} = \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 11.944 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -3 \text{ m} - 6.75 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{12} = \gamma_2 \cdot h_2 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 15.56 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -6.75 \text{ m} - 10 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{13} = \gamma_3 \cdot h_3 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 16.6166 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -10 \text{ m} - 16 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{14} = \gamma_4 \cdot h_4 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 17.807 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -16 \text{ m} - 18 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{15} = \gamma_5 \cdot h_5 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 18.565 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -18 \text{ m} - 20 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{16} = \gamma_6 \cdot h_6 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 19.455 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -20 \text{ m} - 25 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{17} = \gamma_7 \cdot h_7 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 22.347 \text{ T/m}^2$$

6.4.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan 3.13 yaitu

$$G_{\max} = 33 \text{OCR}^k \frac{(2,973 - e)^2}{(1 + e)} \cdot \sigma_0^{-0.5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.4.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan 3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = M_2 + \frac{0.749 \times 2.5 + 0.658 \times 1}{9.8} = 2.9067 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 29.067 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_2 = M_3 + \frac{0.658 \times 1 + 0.623 \times 1}{9.8} = 2.6485 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 26.485 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_3 = M_4 + \frac{0.623 \times 1 + 0.607 \times 3}{9.8} = 2.5178 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 25.178 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_4 = M_5 + \frac{1.607 \times 3 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 2.2684 T dt^2 / m = 22.684 kg \cdot dt^2 / cm$$

$$M_5 = M_6 + \frac{1.668 \times 1.875 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 1.9698 T dt^2 / m = 19.698 kg \cdot dt^2 / cm$$

$$M_6 = \frac{1.668 \times 1.875 + 11.944}{9.8} = 1.5379 T dt^2 / m = 15.379 kg \cdot dt^2 / cm$$

Tabel 6.9 Hasil perhitungan G_{max} tanah Tawang dengan Massa Bangunan

Kedalaman (cm)	e	PI (%)	OCR	k_0	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	Gmax (gr/cm ²)
-3	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.194	0.7629	0.907	484.2
-6.75	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.556	0.9939	1.181	552.67
-6.75	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.556	1.1279	1.271	471.33
-10	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.617	1.1719	1.32	480.42
-10	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.617	1.1901	1.332	302.48
-16	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.781	1.311	1.468	317.38
-16	1.7	35.9	1	0.651	0.276	1.781	1.16	1.367	230.46
-18	1.7	35.9	1	25.54	0.276	1.857	47.422	32.23	235.36
-18	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.857	1.1392	1.378	301.97
-20	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.946	1.1938	1.444	309.12
-20	1.31	33.8	1	0.665	0.263	1.946	1.2932	1.511	487.85
-25	1.31	33.8	1	0.665	0.263	2.235	1.4854	1.735	522.86

6.4.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548M} \times (\Delta + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 0.894 \times 10^{0.548 \times 7.1} \times (9 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 4.0799 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.1 didapat nilai G/G_{\max} untuk :

$$\text{Lapisan 1} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 522.860 = 407.8308 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 2} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 309.123 = 241.1159 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 3} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 235.316 = 183.5465 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 4} = 0.8 \quad G = 0.8 \times 317.838 = 254.2704 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.8 \quad G = 0.8 \times 480.419 = 384.3352 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 552.668 = 431.081 \text{ kg/cm}^2$$

6.4.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan 3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{407.8308 \times 100 \times 100}{500} = 8624.616 \text{ kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{241.1159 \times 100 \times 100}{200} = 12055.797 \text{ kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{183.5465 \times 100 \times 100}{200} = 9177.324 \text{ kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{254.2704 \times 100 \times 100}{600} = 4237.84 \text{ kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{384.3352 \times 100 \times 100}{325} = 11825.6985 \text{ kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{431.081 \times 100 \times 100}{375} = 14369.37 \text{ kg/cm.}$$

6.4.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.10.

Tabel 6.10 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/detik)
1	0.0875	4.9094
2	0.5891	12.7405
3	2.0720	23.8949
4	3.0371	28.9293
5	4.7110	36.0300
6	7.7151	46.1082

6.4.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.12 Hasil perhitungan *mode shape* tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6
1	1	1	1	1	1
1.6573	1.3240	0.3388	-0.3024	-1.4145	-3.4104
2.4054	1.1295	-1.0881	-1.2829	0.7130	11.7199
3.6812	-0.3811	-0.4870	2.9727	-0.1788	-103.5469
3.9682	-0.8038	0.2618	-0.2745	-0.0532	277.4124
4.0732	-0.9728	0.6731	-2.6320	0.1448	-217.5409

6.4.9 Perhitungan *damping ratio*.

Nilai *damping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan persamaan 3.19 pada Bab III, dengan nilai $\bar{\sigma}_0$ berdasarkan tabel 6.9, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.10 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan *damping ratio* dapat dilihat pada tabel 6.12 berikut ini :

Tabel 6.12 “*Damping ratio*” Desa Tawang Sari, Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Lapisan	“ <i>Damping ratio</i> ” (%)
1	4.55576
2	4.86587
3	5.07606
4	4.6691
5	4.8064
6	5.46293

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *damping ratio equivalent*.

Untuk menghitung *damping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 4.8538 \%$$

6.4.10 Perhitungan percepatan maksimum lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, Hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi terdapat massa bangunan untuk gempa Kobe dapat dilihat pada Bab V

6.5 Analisis Karakteristik Dinamik Lapisan Tanah Pada Daerah Dalangan Tawang Sari Sukoharjo Tanpa Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa Kobe

6.5.1. Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dengan persamaan 3.1 - 3.4 pada Bab III.

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

$$K_0 \text{ Lapisan 7} = 0.556$$

6.5.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 – 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = 0 - 3 \text{ m} \quad \sigma_{11} = 5.28 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -3 \text{ m} - 6.75 \text{ m} \quad \sigma_{12} = 11.535 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -6.75 \text{ m} - 10 \text{ m} \quad \sigma_{13} = 13.745 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -10 \text{ m} - 16 \text{ m} \quad \sigma_{14} = 17.387 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -16 \text{ m} - 18 \text{ m} \quad \sigma_{15} = 18.633 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -18 \text{ m} - 20 \text{ m} \quad \sigma_{16} = 19.949 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -20 \text{ m} - 25 \text{ m} \quad \sigma_{17} = 23.694 \text{ T/m}^2$$

6.5.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan

3.13 yaitu

$$G_{\max} = 33 \text{OCR}^k \frac{(2,973 - e)^2}{(1 + e)} \cdot \sigma_0^{-0.5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.5.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan 3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = 22.256 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_2 = 19.676 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_3 = 18.366 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_4 = 15.876 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_5 = 12.89 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_6 = 8.57 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_7 = 2.69 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

Label 6.13 Hasil perhitungan G_{\max} tanah Tawang tanpa Massa Bangunan

Z	e	PI	Ko	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	Gmax (gr/cm ²)
0		0.916	22.37	0.5566	0.194	0	0	0
-3		0.916	22.37	0.5566	0.194	5.28	2.9388	3.7192
-3		1.154	34.11	0.6388	0.265	5.28	3.37271	4.0085
-6.8		1.154	34.11	0.6388	0.265	11.535	7.36821	8.7571
-6.8		1.277	44.9	0.7143	0.327	11.535	8.23945	9.338
-10		1.277	44.9	0.7143	0.327	13.745	9.81805	11.127
-10		1.551	56.19	0.7933	0.389	13.745	10.9043	11.851
-10		1.551	56.19	0.7933	0.389	17.387	13.7936	14.991
-16		1.704	35.92	0.6514	0.27552	17.387	11.3266	13.347
-16		1.704	35.92	0.6514	0.27552	18.633	12.1383	14.303
-18		1.704	35.92	0.6514	0.27552	18.633	11.434	13.834
-18		1.562	30.52	0.6136	0.24312	19.949	12.2415	14.811
-20		1.562	30.52	0.6136	0.24312	19.949	12.6926	15.111
-20		1.309	33.75	0.6363	0.2625	23.694	15.0753	17.948
-25		1.309	33.75	0.6363	0.2625	23.694	15.0753	17.948

6.5.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548A} \times (\Delta + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 0.894 \times 10^{0.548 \times 7.1} \times (9 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 4.0799 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.1 didapat nilai G/G_{\max} untuk :

$$\text{Lapisan 1} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 538.374 = 419.93172 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 2} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 313.026 = 244.1603 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 3} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 235.753 = 183.8873 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 4} = 0.8 \quad G = 0.8 \times 314.069 = 251.2552 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.8 \quad G = 0.8 \times 442.986 = 354.3888 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 475.855 = 371.1669 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 7} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 445.654 = 347.610 \text{ kg/cm}^2$$

6.5.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan

3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{419.93172 \times 100 \times 100}{500} = 8398.6344 \text{ kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{244.1603 \times 100 \times 100}{200} = 12208.014 \text{ kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{183.8873 \times 100 \times 100}{200} = 9194.367 \text{ kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{251.2552 \times 100 \times 100}{600} = 4187.5867 \text{ kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{354.3888 \times 100 \times 100}{325} = 10904.2708 \text{ kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{371.1669 \times 100 \times 100}{375} = 9897.784 \text{ kg/cm.}$$

$$K_7 = \frac{347.610 \times 100 \times 100}{300} = 11587.604 \text{ kg/cm.}$$

6.5.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan

kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.14.

Tabel 6.14 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/detik)
1	0.0217	5.8107
2	0.1374	14.6256
3	0.4669	26.9584
4	0.6415	31.6014
5	1.1192	41.7405
6	1.5123	48.5212
7	3.8873	77.7909

6.5.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.15 Hasil perhitungan *mode shape* tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6	Mode ke7
1	1	1	1	1	1	1
1.6264	1.2980	0.3630	-0.1326	-1.4883	-2.6041	-9.3442
2.3406	1.0995	-1.0473	-1.3531	0.7569	5.7305	97.9290
3.5433	-0.4240	-0.6239	2.2163	-0.4121	-38.3624	-2407.135
3.8309	-0.8770	0.1989	0.3646	0.1843	76.2007	17838.984
3.9794	-1.1318	0.9171	-2.1496	0.4231	-31.2210	-100442.3
4.0069	-1.1704	1.0377	-2.7095	0.0819	-68.6172	248076.26

6.5.9 Perhitungan *dumping ratio*.

Nilai *dumping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan persamaan 3.19 pada Bab III. dengan nilai $\bar{\sigma}_0$ berdasarkan tabel 6.13, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.14 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan *dumping ratio* dapat dilihat pada tabel 6.16 berikut ini :

Tabel 6.16 *Dumping ratio* Desa Tawang Sari, Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Lapisan	"Dumping ratio" (%)
1	4.5514
2	4.89177
3	5.12089
4	4.7146
5	4.9422
6	5.6229
7	6.1955

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *dumping ratio equivalent*.

Untuk menghitung *dumping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 5.07218$$

6.5.10 Perhitungan percepatan maksimum lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi tanpa massa bangunan untuk gempa Kobe dapat dilihat pada Bab V

6.6 Perhitungan Karakteristik Dinamika Lapisan Tanah Daerah Dalangan Tawanghari Sukoharjo Dengan Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa Miyakii

6.6.1 Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dengan persamaan 3.1 -3.4 pada Bab III.

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

6.6.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 dan 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = 0 - 3 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{11} = \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 11.944 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -3 \text{ m} - 6.75 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{12} = \gamma_2 \cdot h_2 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 15.56 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -6.75 \text{ m} - 10 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{13} = \gamma_3 \cdot h_3 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 16.6166 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -10 \text{ m} - 16 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{14} = \gamma_4 \cdot h_4 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 17.807 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -16 \text{ m} - 18 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{15} = \gamma_5 \cdot h_5 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 18.565 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -18 \text{ m} - 20 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{16} = \gamma_6 \cdot h_6 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 19.455 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -20 \text{ m} - 25 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{17} = \gamma_7 \cdot h_7 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 22.347 \text{ T/m}^2$$

6.6.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan

3.13 yaitu

$$G_{\max} = 331ocr^k \frac{(2,973 - e)^2}{(1 + e)} \cdot \sigma_0^{-0.5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.6.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan

3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = M_2 + \frac{0.749 \times 2.5 + 0.658 \times 1}{9.8} = 2.9067 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 29.067 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_2 = M_3 + \frac{0.658 \times 1 + 0.623 \times 1}{9.8} = 2.6485 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 26.485 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_3 = M_4 + \frac{0.623 \times 1 + 0.607 \times 3}{9.8} = 2.5178 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 25.178 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_4 = M_5 + \frac{1.607 \times 3 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 2.2684 T dt^2 / m = 22.684 \text{ kg} \cdot dt^2 / \text{cm}$$

$$M_5 = M_6 + \frac{1.668 \times 1.875 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 1.9698 T dt^2 / m = 19.698 \text{ kg} \cdot dt^2 / \text{cm}$$

$$M_6 = \frac{1.668 \times 1.875 + 11.944}{9.8} = 1.5379 T dt^2 / m = 15.379 \text{ kg} \cdot dt^2 / \text{cm}$$

Tabel 6.17 Hasil perhitungan G_{\max} tanah Tawang dengan Massa Bangunan

Kedalaman (cm)	e	PI (%)	OCR	k_0	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	Gmax (gr/cm ²)
-3	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.194	0.7629	0.907	484.2
-6.75	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.556	0.9939	1.181	552.67
-6.75	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.556	1.1279	1.271	471.33
-10	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.617	1.1719	1.32	480.42
-10	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.617	1.1901	1.332	302.48
-16	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.781	1.311	1.468	317.38
-16	1.7	35.9	1	0.651	0.276	1.781	1.16	1.367	230.46
-18	1.7	35.9	1	25.54	0.276	1.857	47.422	32.23	235.36
-18	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.857	1.1392	1.378	301.97
-20	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.946	1.1938	1.444	309.12
-20	1.31	33.8	1	0.665	0.263	1.946	1.2932	1.511	487.85
-25	1.31	33.8	1	0.665	0.263	2.235	1.4854	1.735	522.86

6.6.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548M} \times (\Lambda + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 0.894 \times 10^{0.548 \times 7.4} \times (100 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 4.915 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.1 didapat nilai G/G_{\max} untuk :

$$\text{Lapisan 1} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 522.860 = 360.7734 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 2} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 309.123 = 213.2948 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 3} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 235.316 = 162.3684 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 4} = 0.76 \quad G = 0.76 \times 317.838 = 241.55688 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.76 \quad G = 0.76 \times 480.419 = 365.1184 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 552.668 = 381.3409 \text{ kg/cm}^2$$

6.6.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan

3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{360.7734 \times 100 \times 100}{500} = 7629.5784 \text{ kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{213.2948 \times 100 \times 100}{200} = 10664.7435 \text{ kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{162.3684 \times 100 \times 100}{200} = 8118.402 \text{ kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{241.55688 \times 100 \times 100}{600} = 4025.948 \text{ kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{365.1184 \times 100 \times 100}{325} = 11234.4135 \text{ kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{381.3409 \times 100 \times 100}{375} = 10169.0912 \text{ kg/cm.}$$

6.6.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.18.

Tabel 6.18 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/det)
1	0.0830	4.6608
2	0.5666	12.1793
3	1.9225	22.4337
4	2.7537	26.844
5	4.3893	33.8976
6	6.4874	41.2102

6.6.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.19 Hasil perhitungan *mode shape* tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6
1	1	1	1	1	1
1.6562	1.3111	0.3437	-0.2493	-1.4164	-2.9133
2.4008	1.0853	-1.0827	-1.3042	0.7187	8.0868
3.5763	-0.3768	-0.5514	2.4483	-1.1406	-55.6203
3.8406	-0.7879	0.1993	0.2294	-0.1223	112.2767
3.9711	-1.0157	0.8344	-2.5422	0.1702	-71.5881

6.6.9 Perhitungan *damping ratio*.

Nilai *damping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan persamaan 3.19 pada Bab III. Dengan nilai $\bar{\sigma}_0$ berdasarkan tabel 6.17, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.18 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan *damping ratio* dapat dilihat pada tabel 6.20 berikut ini :

Tabel 6.20 *Damping ratio* Desa Tawang Sari, Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Lapisan	<i>Damping ratio</i> (%)
1	6.362
2	6.794
3	7.3845
4	5.5349
5	5.703
6	7.572

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *damping ratio equivalent*.

Untuk menghitung *damping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 6.3776 \%$$

6.6.10 Perhitungan percepatan maksimum lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, Hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi terdapat massa bangunan untuk gempa Miyaki dapat dilihat pada Bab V

6.7 Analisis Karakteristik Dinamik Lapisan Tanah Pada Daerah Dalangan Tawanghari Sukoharjo Tanpa Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa Miiyaki

6.7.1 Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dengan persamaan 3.1 - 3.4 pada Bab III.

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

$$K_0 \text{ Lapisan 7} = 0.556$$

6.7.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 dan 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = 0 - 3 \text{ m} \quad \sigma_{11} = 5.28 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -3 \text{ m} - 6.75 \text{ m} \quad \sigma_{12} = 11.535 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -6.75 \text{ m} - 10 \text{ m} \quad \sigma_{13} = 13.745 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -10 \text{ m} - 16 \text{ m} \quad \sigma_{14} = 17.387 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -16 \text{ m} - 18 \text{ m} \quad \sigma_{15} = 18.633 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -18 \text{ m} - 20 \text{ m} \quad \sigma_{16} = 19.949 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -20 \text{ m} - 25 \text{ m} \quad \sigma_{17} = 23.694 \text{ T/m}^2$$

6.7.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan

3.13 yaitu

$$G_{\max} = 331 \text{ocr}^k \frac{(2,973 - e)^2}{(1 + e)} \sigma_0^{-0.5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.7.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan 3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = 22.256 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_2 = 19.676 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_3 = 18.366 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_4 = 15.876 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_5 = 12.89 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_6 = 8.57 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

$$M_7 = 2.69 \text{ kg.dt}^2/\text{cm}$$

Tabel 6.21 Hasil perhitungan G_{max} tanah Tawang tanpa Massa Bangunan

Z	e	PI	Ko	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	Gmax (gr/cm ²)
0	0.916	22.37	0.5566	0.194	0	0	0	0
-3	0.916	22.37	0.5566	0.194	5.28	2.9388	3.7192	445.654
-3	1.154	34.11	0.6388	0.265	5.28	3.37271	4.0085	321.933
-6.8	1.154	34.11	0.6388	0.265	11.535	7.36821	8.7571	475.855
-6.8	1.277	44.9	0.7143	0.327	11.535	8.23945	9.338	405.822
-10	1.277	44.9	0.7143	0.327	13.745	9.81805	11.127	442.986
-10	1.551	56.19	0.7933	0.389	13.745	10.9043	11.851	279.25
-16	1.551	56.19	0.7933	0.389	17.387	13.7936	14.991	314.069
-16	1.704	35.92	0.6514	0.27552	17.387	11.3266	13.347	227.73
-18	1.704	35.92	0.6514	0.27552	18.633	12.1383	14.303	235.753
-18	1.562	30.52	0.6136	0.24312	18.633	11.434	13.834	302.525
-20	1.562	30.52	0.6136	0.24312	19.949	12.2415	14.811	313.026
-20	1.309	33.75	0.6363	0.2625	19.949	12.6926	15.111	494.006
-25	1.309	33.75	0.6363	0.2625	23.694	15.0753	17.948	538.374

6.7.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned}
 \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548 \cdot \Delta} \times (\Delta + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\
 &= 0.894 \times 10^{0.548 \cdot 7.4} \times (100 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\
 &= 4.915 \times 10^{-1}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.10 didapat nilai G/G_{max} untuk :

$$\text{Lapisan 1} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 538.374 = 371.47806$$

$$\text{Lapisan 2} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 313.026 = 215.9879$$

$$\text{Lapisan 3} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 235.753 = 162.6696$$

$$\text{Lapisan 4} = 0.76 \quad G = 0.76 \times 314.069 = 238.6924$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.76 \quad G = 0.76 \times 442.986 = 336.6694$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 475.855 = 328.3395$$

$$\text{Lapisan 7} = 0.69 \quad G = 0.69 \times 445.654 = 307.5012$$

6.7.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan 3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{371.47806 \times 100 \times 100}{500} = 7429.5612 \quad \text{kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{215.9879 \times 100 \times 100}{200} = 10799.397 \quad \text{kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{162.6696 \times 100 \times 100}{200} = 8133.4785 \quad \text{kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{238.6924 \times 100 \times 100}{600} = 3978.2073 \quad \text{kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{336.6694 \times 100 \times 100}{325} = 10359.6573 \quad \text{kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{328.3395 \times 100 \times 100}{375} = 8755.732 \quad \text{kg/cm.}$$

$$K_7 = \frac{307.5012 \times 100 \times 100}{300} = 10250.042 \quad \text{kg/cm.}$$

6.7.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan

kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.22.

Tabel 6.22 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/det)
1	0.0206	5.519
2	0.1327	14.0111
3	0.4407	25.5296
4	0.6162	30.1872
5	1.0440	39.2935
6	1.4652	46.5491
7	3.6205	73.1729

6.7.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.23 Hasil perhitungan *mode shape* tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6	Mode ke7
1	1	1	1	1	1	1
1.6252	1.2834	0.3448	-0.1900	-1.4940	-2.7775	-9.3464
2.3355	1.0502	-1.0688	-1.3512	0.7747	6.7661	97.9775
3.4594	-0.3784	-0.7429	1.9593	-0.1091	-41.4065	-2104.485
3.7296	-0.8131	0.1243	0.4944	-0.1903	77.5897	14317.75
3.8819	-1.0925	1.0311	-1.9021	0.1462	-29.1225	-79110.60
3.9132	-1.1519	1.2438	-2.5000	0.2449	-67.5174	195234.1

6.7.9 Perhitungan *damping ratio*.

Nilai *damping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan persamaan 3.19 pada Bab III.

dengan nilai $\bar{\sigma}_0$ berdasarkan tabel 6.21, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.22 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan *damping ratio* dapat dilihat pada tabel 6.24 berikut ini :

Tabel 6.24 *Damping ratio* Desa Tawang Sari, Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Lapisan	<i>Damping ratio</i> (%)
1	6.3534
2	6.83
3	7.14
4	5.60
5	5.8634
6	7.8473
7	8.6273

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *damping ratio equivalent*.

Untuk menghitung *damping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 6.7068 \%$$

6.7.10 Perhitungan percepatan maksimum lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, Hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi tanpa massa bangunan untuk gempa Miyaki dapat dilihat pada Bab V

6.8 Perhitungan Karakteristik Dinamika Lapisan Tanah Daerah Dalangan Tawanghari Sukoharjo Dengan Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa El Centro

6.8.1. Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dengan persamaan 3.1 - 3.4 pada Bab III.

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

6.8.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 dan 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = 0 - 3 \text{ m, } \bar{\sigma}_{11} = \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 11.944 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -3 \text{ m} - 6.75 \text{ m, } \bar{\sigma}_{12} = \gamma_2 \cdot h_2 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 15.56 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -6.75 \text{ m} - 10 \text{ m, } \bar{\sigma}_{13} = \gamma_3 \cdot h_3 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 16.6166 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -10 \text{ m} - 16 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{14} = \gamma_4 \cdot h_4 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 17.807 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -16 \text{ m} - 18 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{15} = \gamma_5 \cdot h_5 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 18.565 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -18 \text{ m} - 20 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{16} = \gamma_6 \cdot h_6 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 19.455 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -20 \text{ m} - 25 \text{ m}, \quad \bar{\sigma}_{17} = \gamma_7 \cdot h_7 + \frac{P}{(B+Z)(L+Z)} = 22.347 \text{ T/m}^2$$

6.8.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan 3.13 yaitu

$$G_{\max} = 3310c^k \frac{(2,973 - e)^2 - 0,5}{(1 + e)} \cdot \sigma_0^{-0,5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.8.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan 3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = M_2 + \frac{0.749 \times 2.5 + 0.658 \times 1}{9.8} = 2.9067 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 29.067 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_2 = M_3 + \frac{0.658 \times 1 + 0.623 \times 1}{9.8} = 2.6485 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 26.485 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_3 = M_4 + \frac{0.623 \times 1 + 0.607 \times 3}{9.8} = 2.5178 \text{ Tdt}^2 / \text{m} = 25.178 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2 / \text{cm}$$

$$M_4 = M_5 + \frac{1.607 \times 3 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 2.2684 T dt^2 / m = 22.684 kg \cdot dt^2 / cm$$

$$M_5 = M_6 + \frac{1.668 \times 1.875 + 0.68 \times 1.625}{9.8} = 1.9698 T dt^2 / m = 19.698 kg \cdot dt^2 / cm$$

$$M_6 = \frac{1.668 \times 1.875 + 11.944}{9.8} = 1.5379 T dt^2 / m = 15.379 kg \cdot dt^2 / cm$$

Tabel 6.25 Hasil perhitungan G_{\max} tanah Tawang dengan Massa Bangunan

Kedalaman (cm)	e	PI (%)	OCR	k_0	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	G_{\max} (gr/cm ²)
-3	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.194	0.7629	0.907	484.2
-6.75	1.15	34.1	1	0.639	0.265	1.556	0.9939	1.181	552.67
-6.75	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.556	1.1279	1.271	471.33
-10	1.28	44.9	1	0.725	0.327	1.617	1.1719	1.32	480.42
-10	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.617	1.1901	1.332	302.48
-16	1.55	56.2	1	0.736	0.389	1.781	1.311	1.468	317.38
-16	1.7	35.9	1	0.651	0.276	1.781	1.16	1.367	230.46
-18	1.7	35.9	1	25.54	0.276	1.857	47.422	32.23	235.36
-18	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.857	1.1392	1.378	301.97
-20	1.56	30.5	1	0.614	0.243	1.946	1.1938	1.444	309.12
-20	1.31	33.8	1	0.665	0.263	1.946	1.2932	1.511	487.85
-25	1.31	33.8	1	0.665	0.263	2.235	1.4854	1.735	522.86

6.8.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548M} \times (\Delta + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 0.894 \times 10^{0.548 \times 7.1} \times (9 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 4.0799 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.1 didapat nilai G/G_{\max} untuk :

$$\text{Lapisan 1} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 522.860 = 407.8308 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 2} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 309.123 = 241.1159 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 3} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 235.316 = 183.5465 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 4} = 0.8 \quad G = 0.8 \times 317.838 = 254.2704 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.8 \quad G = 0.8 \times 480.419 = 384.3352 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 552.668 = 431.081 \text{ kg/cm}^2$$

6.8.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan 3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{407.8308 \times 100 \times 100}{500} = 8624.616 \text{ kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{241.1159 \times 100 \times 100}{200} = 12055.797 \text{ kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{183.5465 \times 100 \times 100}{200} = 9177.324 \text{ kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{254.2704 \times 100 \times 100}{600} = 4237.84 \text{ kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{384.3352 \times 100 \times 100}{325} = 11825.6985 \text{ kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{431.081 \times 100 \times 100}{375} = 14369.37 \text{ kg/cm.}$$

6.8.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.26.

Tabel 6.26 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/detik)
1	0.0875	4.9094
2	0.5891	12.7405
3	2.0720	23.8949
4	3.0371	28.9293
5	4.7110	36.0300
6	7.7151	46.1082

6.8.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.27 Hasil perhitungan *mode shape* tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6
1	1	1	1	1	1
1.6573	1.3240	0.3388	-0.3024	-1.4145	-3.4104
2.4054	1.1295	-1.0881	-1.2829	0.7130	11.7199
3.6812	-0.3811	-0.4870	2.9727	-0.1788	-103.5469
3.9682	-0.8038	0.2618	-0.2745	-0.0532	277.4124
4.0732	-0.9728	0.6731	-2.6320	0.1448	-217.5409

6.8.9 Perhitungan *dumping ratio*.

Nilai *dumping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan persamaan 3.19 pada Bab III. Dengan nilai $\bar{\sigma}_0$ berdasarkan tabel 6.25, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.26 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan “*dumping ratio*” dapat dilihat pada tabel 6.28 berikut ini :

Tabel 6.28 *Dumping ratio* Desa Tawang Sari, Sukoharjo dengan Massa Bangunan

Lapisan	<i>Dumping ratio</i> (%)
1	4.55576
2	4.86587
3	5.07606
4	4.6691
5	4.8064
6	5.46293

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *dumping ratio equivalent*.

Untuk menghitung *dumping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 4.8538 \%$$

6.8.10 Perhitungan percepatan maksimum lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, Hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi terdapat massa bangunan untuk gempa El Centro dapat dilihat pada Bab V

6.9 Analisis Karakteristik Dinamik Lapisan Tanah Pada Daerah Dalangan Tawangsari Sukoharjo Tanpa Massa Bangunan Di atas Lapisan Tanah Untuk Gempa El Centro

6.9.1. Menghitung K_0

Nilai K_0 dapat dilihat dengan persamaan 3.1 – 3.4 pada Bab III.

$$K_0 \text{ Lapisan 1} = 0.6647$$

$$K_0 \text{ Lapisan 2} = 0.6136$$

$$K_0 \text{ Lapisan 3} = 0.6514$$

$$K_0 \text{ Lapisan 4} = 0.7362$$

$$K_0 \text{ Lapisan 5} = 0.7249$$

$$K_0 \text{ Lapisan 6} = 0.639$$

$$K_0 \text{ Lapisan 7} = 0.556$$

6.9.2 Menghitung $\bar{\sigma}_0$

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_0$ (*effective convining preasure*) dapat menggunakan persamaan 3.14 dan 3.15.

Untuk menghitung $\bar{\sigma}_1$ seperti persamaan di bawah ini :

$$Z = 0 - 3 \text{ m} \quad \sigma_{11} = 5.28 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -3\text{m} - 6.75 \text{ m} \quad \sigma_{12} = 11.535 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -6.75 \text{ m} - 10 \text{ m} \quad \sigma_{13} = 13.745 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -10 \text{ m} - 16 \text{ m} \quad \sigma_{14} = 17.387 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -16 \text{ m} - 18 \text{ m} \quad \sigma_{15} = 18.633 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -18 \text{ m} - 20 \text{ m} \quad \sigma_{16} = 19.949 \text{ T/m}^2$$

$$Z = -20 \text{ m} - 25 \text{ m} \quad \sigma_{17} = 23.694 \text{ T/m}^2$$

6.9.3 Menghitung G_{\max}

Untuk menghitung nilai G_{\max} untuk tanah kohesif dapat dilihat persamaan 3.11 yaitu

$$G_{\max} = 331ocr^k \frac{(2,973 - e)^2}{(1 + e)} \cdot \sigma_0^{-0.5}$$

Dengan OCR=1 dan nilai k diambil dari tabel 3.1

6.9.4 Menghitung massa

Nilai massa dan kekakuan tiap lapisan tanah dapat dilihat pada persamaan 3.11 pada Bab III. Hasil perhitungan massa dan kekakuan berdasarkan persamaan-persamaan diatas dapat dilihat di bawah ini :

$$M_1 = 22.256 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_2 = 19.676 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_3 = 18.366 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_4 = 15.876 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_5 = 12.89 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_6 = 8.57 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

$$M_7 = 2.69 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{cm}$$

Tabel 6.29 Hasil perhitungan G_{\max} tanah Tawang tanpa Massa Bangunan

Z	e	PI	Ko	k	$\bar{\sigma}_1$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_3$ (gr/cm ²)	$\bar{\sigma}_0$ (gr/cm ²)	G _{max} (gr/cm ²)
0	0.916	22.37	0.5566	0.194	0	0	0	0
-3	0.916	22.37	0.5566	0.194	5.28	2.9388	3.7192	445.654
-3	1.154	34.11	0.6388	0.265	5.28	3.37271	4.0085	321.933
-6.8	1.154	34.11	0.6388	0.265	11.535	7.36821	8.7571	475.855
-6.8	1.277	44.9	0.7143	0.327	11.535	8.23945	9.338	405.822
-10	1.277	44.9	0.7143	0.327	13.745	9.81805	11.127	442.986
-10	1.551	56.19	0.7933	0.389	13.745	10.9043	11.851	279.25
-16	1.551	56.19	0.7933	0.389	17.387	13.7936	14.991	314.069
-16	1.704	35.92	0.6514	0.27552	17.387	11.3266	13.347	227.73
-18	1.704	35.92	0.6514	0.27552	18.633	12.1383	14.303	235.753
-18	1.562	30.52	0.6136	0.24312	18.633	11.434	13.834	302.525
-20	1.562	30.52	0.6136	0.24312	19.949	12.2415	14.811	313.026
-20	1.309	33.75	0.6363	0.2625	19.949	12.6926	15.111	494.006
-25	1.309	33.75	0.6363	0.2625	23.694	15.0753	17.948	538.374

6.9.5 Menghitung regangan geser

Dalam menentukan regangan geser dapat menggunakan persamaan 3.20 seperti yang tercantum dibawah ini

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.894 \times 10^{0.548 \cdot 1} \times (\Delta + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 0.894 \times 10^{0.548 \times 7.1} \times (9 + 30)^{-0.774} \times 10^{-6} \\ &= 4.0799 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 3.10 didapat nilai G/G_{\max} untuk :

$$\begin{aligned} \text{Lapisan 1} &= 0.78 & G &= 0.78 \times 538.374 = 419.93172 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Lapisan 2} &= 0.78 & G &= 0.78 \times 313.026 = 244.1603 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Lapisan 3} &= 0.78 & G &= 0.78 \times 235.753 = 183.8873 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Lapisan 4} &= 0.8 & G &= 0.8 \times 314.069 = 251.2552 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lapisan 5} = 0.8 \quad G = 0.8 \times 442.986 = 354.3888 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 6} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 475.855 = 371.1669 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Lapisan 7} = 0.78 \quad G = 0.78 \times 445.654 = 347.610 \text{ kg/cm}^2$$

6.9.6 Menghitung kekakuan

Untuk menghitung kekakuan lapisan tanah maka dapat dilihat pada persamaan

3.12 pada Bab III.

$$K_1 = \frac{419.93172 \times 100 \times 100}{500} = 8398.6344 \text{ kg/cm.}$$

$$K_2 = \frac{244.1603 \times 100 \times 100}{200} = 12208.014 \text{ kg/cm.}$$

$$K_3 = \frac{183.8873 \times 100 \times 100}{200} = 9194.367 \text{ kg/cm.}$$

$$K_4 = \frac{251.2552 \times 100 \times 100}{600} = 4187.5867 \text{ kg/cm.}$$

$$K_5 = \frac{354.3888 \times 100 \times 100}{325} = 10904.2708 \text{ kg/cm.}$$

$$K_6 = \frac{371.1669 \times 100 \times 100}{375} = 9897.784 \text{ kg/cm.}$$

$$K_7 = \frac{347.610 \times 100 \times 100}{300} = 11587.604 \text{ kg/cm.}$$

6.9.7 Perhitungan lamda dan frekuensi alam.

Data dari data diatas digunakan untuk membuat matriks massa dan matrik kekakuan, kemudian disusun menjadi persamaan eigenproblem. Setelah di masukan

kedalam program komputer maka akan menghasilkan lamda dan frekuensi alam seperti pada tabel 6.30.

Tabel 6.30 Lamda dan Frekuensi Alam Desa Tawang Sari, Sukoharjo

Lapisan	Lamda (λ)	Frekuensi Alam (Φ)(rad/detik)
1	0.0217	5.8107
2	0.1374	14.6256
3	0.4669	26.9584
4	0.6415	31.6014
5	1.1192	41.7405
6	1.5123	48.5212
7	3.8873	77.7909

6.9.8 Perhitungan *mode shape*

Data-data tersebut diatas dipakai untuk menyelesaikan persamaan keseimbangan dan analisis perhitungan seperti langkah-langkah pada sub bab 3.11.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6.31 Hasil perhitungan *mode shape* tanah Desa Tawang Sari Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Mode ke1	Mode ke2	Mode ke3	Mode ke4	Mode ke5	Mode ke6	Mode ke7
1	1	1	1	1	1	1
1.6264	1.2980	0.3630	-0.1326	-1.4883	-2.6041	-9.3442
2.3406	1.0995	-1.0473	-1.3531	0.7569	5.7305	97.9290
3.5433	-0.4240	-0.6239	2.2163	-0.4121	-38.3624	-2407.135
3.8309	-0.8770	0.1989	0.3646	0.1843	76.2007	17838.984
3.9794	-1.1318	0.9171	-2.1496	0.4231	-31.2210	-100442.3
4.0069	-1.1704	1.0377	-2.7095	0.0819	-68.6172	248076.26

6.9.9 Perhitungan *damping ratio*.

Nilai *damping ratio* untuk lapisan tanah pada daerah ini dapat digunakan persamaan-persamaan pada tabel 3.2 dan pada persamaan 3.19 pada Bab III. Dengan

nilai $\bar{\sigma}_0$ berdasarkan tabel 6.29, nilai f = frekuensi berdasarkan tabel 6.30 sedangkan nilai N berdasarkan gambar 3.2. Hasil perhitungan *dumping ratio* dapat dilihat pada tabel 6.32 berikut ini :

Tabel 6.32 *Dumping ratio* Desa Tawang Sari, Sukoharjo tanpa Massa Bangunan

Lapisan	<i>Dumping ratio</i> (%)
1	4.5514
2	4.89177
3	5.12089
4	4.7146
5	4.9422
6	5.6229
7	6.1955

Untuk proses hitungan, nilai yang dipakai adalah *dumping ratio equivalent*. Untuk menghitung *dumping ratio equivalent* dipakai persamaan

$$D_{eq} = \frac{\sum D_i * h_i}{\sum h_i}$$

$$= 5.07218$$

6.9.10 Perhitungan percepatan maksimum lapisan tanah

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel-tabel tersebut diatas, Hasil respon seismik lapisan tanah Tawang Sari, Sukoharjo pada kondisi tanpa massa bangunan untuk gempa El Centro dapat dilihat pada Bab V.

Analogi untuk lapisan tanah di daerah Dalangan Tawang Sari II dan II. Pemuda Semarang. Sedang hasil respon seismik lapisan tanah di dua daerah tersebut dapat dilihat pada Bab V.