



TUGAS AKHIR – RC 141501

**PERENCANAAN KAPASITAS POMPA DAN PONDASI  
BEBAN DINAMIS PADA RUMAH POMPA KREMBANGAN  
UNTUK PROYEKSI KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

GANDARJATI NUR P  
NRP. 3114 105 029

Dosen Pembimbing :  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.  
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., PhD

Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR – RC 141501

**PERENCANAAN KAPASITAS POMPA DAN PONDASI  
BEBAN DINAMIS PADA RUMAH POMPA KREMBANGAN  
UNTUK PROYEKSI KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

GANDARJATI NUR P  
NRP. 3114 105 029

Dosen Pembimbing :  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.  
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., PhD

Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – RC 141501

**PUMP CAPACITY PLANNING AND DYNAMIC LOADS OF  
FOUNDATION IN HOUSE PUMP KREMBANGAN FOR  
WATER REQUIREMENT PROJECTION YEAR 2030**

GANDARJATI NUR P  
NRP. 3114 105 029

Supervisor :  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.  
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., PhD

Civil Engineering Department  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN KAPASITAS POMPA DAN PONDASI BEBAN DINAMIS PADA RUMAH POMPA KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi Sarjana Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**GANDARJATI NUR PRAMARTHA**  
NRP 3114 105 029

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr.Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.  
NIP 1961092711987011001
2. Endah Wahyuni, ST., M.Sc., PhD  
NIP 197002011995122001



*Handwritten signatures of the supervisors, including 'Wardoyo' and 'Endah Wahyuni'.*

SURABAYA, JULI 2016

# **PERENCANAAN KAPASITAS POMPA DAN PONDASI BEBAN DINAMIS PADA RUMAH POMPA KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Nama Mahasiswa** : Gandarjati Nur Pramatha  
**NRP** : 3114 105 029  
**Jurusan** : Teknik Sipil  
**Pembimbing** : 1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.  
2. Endah Wahyuni, ST, MSc, PhD

## **Abstrak :**

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya memasok kebutuhan air bersih hampir di seluruh Kota Surabaya. Seiring dengan pertumbuhan penduduk di seluruh wilayah, hal ini mengakibatkan juga pertumbuhan pelanggan pada daerah layanan. Melayani 95% dari penduduk surabaya juga menjadi target rencana perusahaan PDAM Surabaya. Semakin banyaknya pelanggan mengakibatkan kurangnya kapasitas reservoir dan efektifitas pompa yang harus menyalurkan air bersih kepada seluruh pelanggan. Diperlukan pengembangan pada rumah pompa baik dalam segi kuantitas dengan menambah kapasitas reservoir, ataupun kualitas dengan menambah pompa guna mengatasi masalah debit kebutuhan yang diperlukan. Oleh karena itu perlu direncanakan pertambahan kebutuhan air pelanggan, kebutuhan pompa dan pondasi beban dinamis dari pompa yang akan di dikerjakan pada Tugas Akhir ini.

Pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan dengan metode statistika untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk. Setelah itu digunakan acuan Petunjuk Teknis Perencanaan Penyediaan Air Minum DPU Cipta Karya untuk menghitung debit kebutuhan. Butuh analisa tentang koefisien pemakaian air bersih oleh pelanggan dalam periode waktu tertentu

melalui data debit pemakaian dari PDAM Surabaya. Setelah didapatkan kebutuhan debit dan periode pemakaian maka dapat dihitung kapasitas reservoir serta kebutuhan pompa. Setelah itu baru direncanakan dimensi reservoir sesuai lahan yang tersedia. Dan yang terakhir akan direncanakan pondasi beban dinamis pompa yang dibutuhkan.

Dari hasil Tugas Akhir ini diketahui berapa kebutuhan air bersih untuk penambahan pelanggan sesuai target PDAM yaitu 95% pada proyeksi penduduk tahun 2030, kapasitas reservoir yang dibutuhkan, dimensi reservoir sesuai lahan yang ada, kebutuhan pompa untuk mendistribusikan kepada pelanggan, serta pondasi dinamis yang aman untuk menahan kebutuhan pompa.

**Kata Kunci : pompa, pondasi beban dinamis**

# **PUMP CAPACITY PLANNING AND DYNAMIC LOADS OF FOUNDATION IN HOUSE KREMBANGAN PUMP FOR WATER REQUIREMENT PROJECTION YEAR 2030**

**Name of Student** : Gandarjati Nur Pramatha  
**NRP** : 3114 105 029  
**Department** : Civil Engineering  
**Supervisor** : 1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.  
2. Endah Wahyuni, ST, MSc, PhD

## **Abstract :**

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Surabaya supply clean water to almost all the city of Surabaya. Along with population growth throughout the region, it also resulted in subscriber growth in the service area. Serving 95% of the population of Surabaya also plan target company PDAM Surabaya. Increasing number of customers resulting in a lack of reservoir capacity and effectiveness of the pump should deliver clean water to all customers. Required the development of the pump housing both in terms of quantity by increasing the capacity of the reservoir, or the quality by increasing the pump discharge in order to overcome the problem of the necessary requirements. Therefore, it is necessary to plan the increase of the water needs of customers, the need for pumps and foundation dynamic load of the pump that will be done in this final project.

The execution of this final project is done with statistical methods to calculate population projections. After it is used benchmark Technical Guidelines for Drinking Water Supply Planning Human Settlements DPU to calculate the discharge requirements. Need analysis of the coefficients of clean water usage by customers in a certain period of time through the use of flow data from PDAM Surabaya. Having obtained the discharge needs and usage period are used to

determine the capacity of the reservoir as well as the need for pumps. After the planned new dimension corresponding reservoir of available land. And the last one planned foundation dynamic load pumps needed.

From the results of this final project known how much water needs to gain customers on target PDAM ie 95% on the projected population in 2030, the capacity of the reservoir is needed, dimension of reservoir suitable land available, the pump needs to distribute to customers, as well as the foundation of dynamic safety to resist the need for pumps.

**Keywords: pump, foundation dynamic load**



# DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>                                       |             |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                            | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                       | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                    | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                  | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                 | <b>xv</b>   |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....                             | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                    | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah.....                                 | 4           |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                   | 5           |
| 1.4 Tujuan.....  | 5           |
| 1.5 Manfaat.....   | 5           |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                        | <b>7</b>    |
| 2.1 Umum.....  | 7           |
| 2.2 Periode Perencanaan.....                               | 7           |
| 2.3 Proyeksi Jumlah Penduduk.....                          | 8           |
| 2.3.1 Metode Linier .....                                  | 8           |
| 2.3.1 Metode Bunga Berganda .....                          | 8           |
| 2.3.1 Metode Regresi Linier .....                          | 9           |
| 2.4 Kebutuhan Air .....                                    | 10          |
| 2.4.1 Populasi .....                                       | 10          |
| 2.4.2 Kebiasaan dan Cara Hidup .....                       | 11          |
| 2.4.3 Industri.....  | 11          |
| 2.4.4 Kebutuhan Domestik .....                             | 11          |
| 2.4.5 Kebutuhan Non Domestik .....                         | 11          |
| 2.5 Beban Dinamis .....                                    | 12          |
| 2.6 Metode Analisis Akibat Beban Dinamis .....             | 12          |
| 2.6.1 <i>Linier Elastic Weightless Spring Method</i> ..... | 12          |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.6.2  | Metode Elastis <i>Half-Space</i> .....         | 13        |
| 2.6.3  | Metode <i>Lumped Parameter System</i> .....    | 13        |
| 2.7  | Teori Getaran .....                            | 14        |
| 2.7.1  | Getaran Bebas ( <i>Transient</i> ) .....       | 15        |
| 2.7.2  | <i>Forced Vibration</i> .....                  | 18        |
| 2.8  | Persyaratan Pondasi Mesin .....                | 22        |
| 2.9  | Pondasi Mesin Untuk Beban Dinamis .....        | 27        |
| 2.9.1  | Pondasi Dangkal .....                          | 27        |
| 2.9.2  | Pondasi Dalam .....                            | 29        |
| 2.9.3  | Derajat Kebebasan Pondasi .....                | 29        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI .....</b>                  |  | <b>31</b> |
| 3.1  | Umum .....                                     | 32        |
| 3.2  | Studi Literatur .....                          | 32        |
| 3.3  | Pengumpulan Data .....                         | 32        |
| 3.4  | Proyeksi Jumlah Penduduk .....                 | 33        |
| 3.5  | Perhitungan Debit .....                        | 33        |
| 3.6  | Analisa Fluktuasi Pemakaian .....              | 33        |
| 3.7  | Perhitungan Volume Reservoir .....             | 33        |
| 3.8  | Perencanaan Pompa .....                        | 33        |
| 3.9  | Perhitungan Pondasi Beban Dinamis Pompa .....  | 34        |
| 3.10   | Penyusunan Laporan .....                       | 34        |
| <b>BAB 4 PERENCANAAN KAPASITAS POMPA .....</b> |  | <b>35</b> |
| 4.1  | Konsep Umum .....                              | 35        |
| 4.2  | Prediksi Jumlah Penduduk Tahun 2030 .....      | 37        |
| 4.2.1  | Jumlah Penduduk Wilayah Pelayanan .....        | 38        |
| 4.2.2  | Analisa Metode Linier .....                    | 38        |
| 4.2.3  | Analisa Metode Bunga Berganda .....            | 39        |
| 4.2.4  | Analisa Metode Regresi Linier .....            | 40        |
| 4.3  | Perhitungan Kebutuhan Air Bersih .....         | 43        |
| 4.4  | Fluktuasi Pemakaian Air .....                  | 46        |
| 4.5  | Volume Reservoir dan Debit Kebutuhan Air ..... | 57        |
| 4.6  | Perhitungan Kebutuhan Pompa .....              | 64        |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| 5.7   | Desain Reservoir .....                      | 65         |
| <b>BAB 5 PERENCANAAN PONDASI DINAMIS POMPA.....</b> |   | <b>69</b>  |
| 5.1   | Data Perencanaan .....                      | 69         |
| 5.1.1   | Data Pompa yang Digunakan .....             | 69         |
| 5.2.2   | Data Perencanaan Pilecap .....              | 70         |
| 5.2.3   | Data Perencanaan Pondasi Tiang Pancang..... | 71         |
| 5.2   | Pembebanan.....                             | 71         |
| 5.2.1   | Beban Mati .....                            | 71         |
| 5.2.2   | Beban Hidup .....                           | 72         |
| 5.3   | Dimensi Pilecap.....                        | 72         |
| 5.4   | Analisa Statis Pondasi Tiang Pancang.....   | 73         |
| 5.4.1   | Daya Dukung Satu Tiang.....                 | 73         |
| 5.4.2   | Daya Dukung Ijin Tanah .....                | 75         |
| 5.4.3   | Perencanaan Pondasi .....                   | 76         |
| 5.4.4   | Daya Dukung Tiang Kelompok.....             | 78         |
| 5.5   | Modulus Geser.....                          | 79         |
| 5.6   | Analisa Dinamis Pondasi.....                | 81         |
| 5.6.1   | Analisa Vertikal .....                      | 82         |
| 5.6.2   | Analisa Horizontal .....                    | 89         |
| 5.6.3   | Analisa Rocking .....                       | 99         |
| 5.7   | Perencanaan Poer.....                       | 99         |
| 5.8   | Kontrol Geser Ponds Poer .....              | 99         |
| 5.9   | Perhitungan Penulangan Poer.....            | 101        |
| 5.9.1   | Penulangan Arah X.....                      | 102        |
| 5.9.2   | Penulangan Arah Y.....                      | 104        |
| <b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>             |   | <b>107</b> |
| 6.1   | Kesimpulan.....                             | 107        |
| 6.2   | Saran.....                                  | 108        |

|   |     |
|---|-----|
| DAFTAR PUSTAKA.....                     | 109 |
| LAMPIRAN A DATA POMPA .....             | 0   |
| LAMPIRAN B DATA PENDUDUK.....           | 0   |
| LAMPIRAN C DATA TANAH .....             | 0   |
| LAMPIRAN D DATA SPEK TIANG PANCANG..... | 0   |

## DAFTAR TABEL

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1  | Standar Perencanaan Pelayanan Kebutuhan Air.....                                     | 10 |
| Tabel 2.2  | Faktor Layanan.....  | 26 |
| Tabel 2.3  | Batasan Kriteria Desain Pondasi Mesin.....   | 26 |
| Tabel 4.1  | Jumlah Penduduk per Kecamatan Tahun 2010-2014 pada Wilayah Pelayanan.....            | 38 |
| Tabel 4.2  | Perhitungan dengan Metode Linier.....  | 39 |
| Tabel 4.3  | Perhitungan dengan Metode Bunga Berganda.....  | 40 |
| Tabel 4.4  | Perhitungan dengan Metode Regresi Linier .....                                       | 41 |
| Tabel 4.5  | Perhitungan dengan Metode Regresi Linier (Lanjutan) .....                            | 41 |
| Tabel 4.6  | Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2030 .....                               | 42 |
| Tabel 4.7  | Standar Perencanaan Kebutuhan Air .....  | 43 |
| Tabel 4.8  | Perhitungan Kebutuhan Air Wilayah Pelayanan ....                                     | 44 |
| Tabel 4.9  | Perhitungan Koefisien Pemakaian Air di Kenjeran Wilayah Non Domestik (Industri)..... | 46 |
| Tabel 4.10 | Perhitungan Koefisien Pemakaian Air di Semampir Wilayah Domestik (Pemukiman) .....   | 49 |
| Tabel 4.11 | Total Debit Kebutuhan (Outflow).....   | 54 |
| Tabel 4.12 | Mencari Volume Reservoir cara 1 .....  | 57 |
| Tabel 4.13 | Mencari Volume Reservoir cara 2 .....  | 61 |
| Tabel 4.14 | Jumlah dan Debit Pompa pada Sistem Transmisi Air Minum .....                         | 65 |
| Tabel 5.1  | Data Conus Tanah.....  | 74 |
| Tabel 5.2  | Korelasi IP dengan nilai k.....  | 80 |
| Tabel 5.3  | Perhitungan Tegangan Efektif Pondasi.....  | 80 |
| Tabel 5.4  | <i>Boussinesq</i> (Tegangan minimum) Pondasi .....                                   | 80 |
| Tabel 5.5  | Perhitungan $\Sigma a$ .....   | 84 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabel 5.6 | <i>Frequency Independent Constants for Embedded Pile Cap with Side Resistance</i> .....   | 86 |
| Tabel 5.7 | Parameter untuk getaran lateral dan rocking dengan $l/r_0 > 25$ untuk tanah homogen ..... | 93 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 1.1  | Daerah Layanan Distribusi RP. Krembangan .....  | 1  |
| Gambar 1.2  | Cakupan Wilayah Pelayanan RP.<br>Krembangan .....   | 2  |
| Gambar 1.3  | Fluktuasi Pemakaian Air Bersih.....   | 3  |
| Gambar 2.1  | Model <i>Lumped Parameter System</i> .....  | 14 |
| Gambar 2.2  | Kurva getaran harmonik .....  | 14 |
| Gambar 2.3  | Pemodelan sistem massa, pegas, redaman .....  | 15 |
| Gambar 2.4  | Getaran bebas dengan <i>viscous damping</i> .....   | 17 |
| Gambar 2.5  | Diagram vektor gaya, massa, pegas dan<br>redaman.....   | 18 |
| Gambar 2.6  | Plot pembesaran dinamis $M=X_{ok}/F_o$ vs.<br>frekuensi ratio $r$ untuk getaran vertikal<br>konstan ..... | 20 |
| Gambar 2.7  | Plot $M_{x0}/m_e$ vs. frekuensi $r$ untuk <i>rotating<br/>unbalance</i> .....                             | 21 |
| Gambar 2.8  | Batasan amplitudo vertikal.....   | 23 |
| Gambar 2.9  | Batasan percepatan amplitudo.....   | 24 |
| Gambar 2.10 | Respon spektrum untuk limit getaran.....  | 25 |
| Gambar 2.11 | Fondasi Mesin Tipe Mat Slab .....   | 27 |
| Gambar 2.12 | Pondasi Mesin Tipe Portal .....   | 28 |
| Gambar 2.13 | Pondasi Mesin Tipe Blok .....   | 28 |
| Gambar 2.14 | Derajat Kebebasan Mesin Tipe Blok .....   | 29 |
| Gambar 3.1  | Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....   | 31 |
| Gambar 4.1  | Peta Layanan Distribusi RP. Krembangan.....   | 35 |
| Gambar 4.2  | Daerah Layanan Distribusi Rumah Pompa<br>Krembangan Pada Peta Pembagian<br>Kecamatan Kota Surabaya .....  | 36 |
| Gambar 4.3  | Sistem Distribusi dari Instalasi ke Rumah<br>Pompa Krembangan .....                                       | 37 |
| Gambar 4.4  | Grafik Fluktuasi Pemakaian KebUtuhan Non<br>Domestik dan Domestik.....                                    | 53 |
| Gambar 4.5  | Diagram Perhitungan Volume Reservoir<br>dengan cara Debit Konstan. ....                                   | 60 |

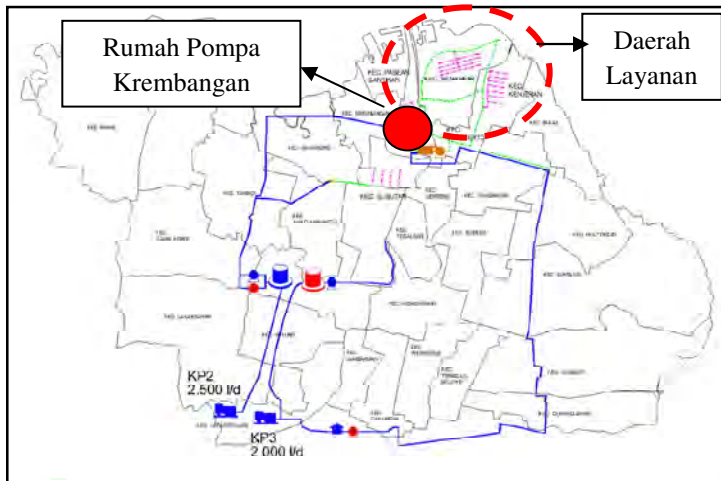
|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Gambar 4.6  | Diagram Perhitungan Volume Reservoir dengan cara Debit Kumulatif .....       | 64  |
| Gambar 4.7  | Layout Rumah Pompa Krembangan .....  | 66  |
| Gambar 4.8  | Tambak Samping .....   | 67  |
| Gambar 4.9  | Tampak Atas .....  | 67  |
| Gambar 4.10 | Denah Tatak Letak Reservoir Baru .....                                       | 67  |
| Gambar 5.1  | Dimensi Pompa .....  | 69  |
| Gambar 5.2  | Dimensi Pilecap .....  | 70  |
| Gambar 5.3  | Rencana Pondasi .....  | 77  |
| Gambar 5.4  | Rencana Perletakan Pondasi.....  | 78  |
| Gambar 5.5  | Grafik <i>Stiffnes and damping factors</i> .....                             | 82  |
| Gambar 5.6  | Rencana Pondasi Pile No.2 Sebagai Acuan .....                                | 83  |
| Gambar 5.7  | Grafik $\alpha_a$ as a function of pile lenght and spacing .....             | 83  |
| Gambar 5.8  | Grafik Cek Syarat Keadaan Mesin dari Faktor Frekuensi dengan Amplitudo ..... | 87  |
| Gambar 5.9  | Grafik Cek Syarat Keadaan Mesin dari Faktor Frekuensi dengan Kecepatan.....  | 88  |
| Gambar 5.10 | Perencanaan Geser Ponds.....   | 100 |
| Gambar 5.11 | Pembebanan Penulangan Arah X.....  | 102 |
| Gambar 5.12 | Pembebanan Penulangan Arah Y.....  | 104 |
| Gambar 5.13 | Hasil Penulangan Pondasi .....   | 106 |



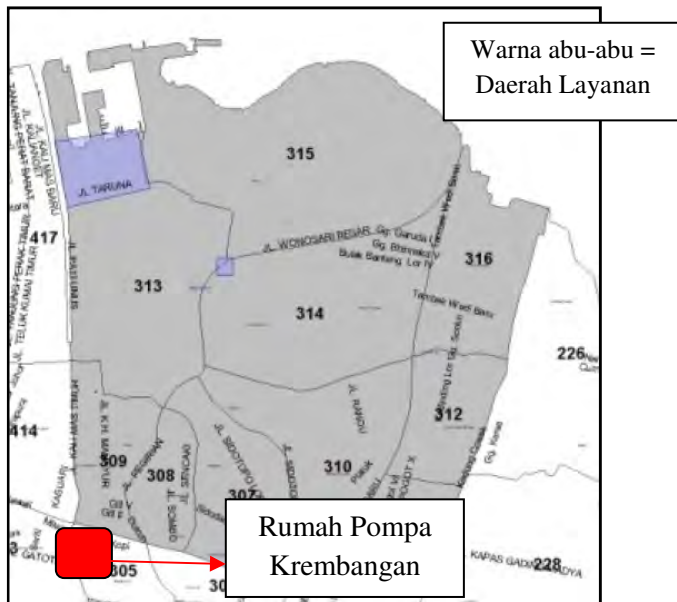
# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Seiring waktu pertumbuhan penduduk menjadi masalah yang harus diperhatikan. Hal tersebut menyebabkan masalah lain, salah satunya bertambahnya kebutuhan air bersih penduduk. PDAM Kota Surabaya yang melayani pasokan air bersih di hampir seluruh Surabaya harus mengembangkan kapasitas reservoir dan rumah pompanya. Banyak peningkatan pelanggan PDAM tiap tahunnya salah satunya pada Rumah Pompa di Kecamatan Krembangan. Rumah Pompa di Krembangan sendiri mendapat pasokan air bersih dari Instalasi Karang Pilang 2 (KP2) dan Karang Pilang 3 (KP3). Dari Rumah Pompa Krembangan air bersih disalurkan kepada pelanggan wilayah pelayanan sekitarnya. Skema penyaluran air bersih dan cakupan wilayah pelayanan untuk wilayah Krembangan dapat dilihat pada gambar 1.1 dan 1.2 berikut.



**Gambar 1.1 Daerah Layanan Distribusi RP. Krembangan  
(Sumber: PDAM Surabaya, 2015)**

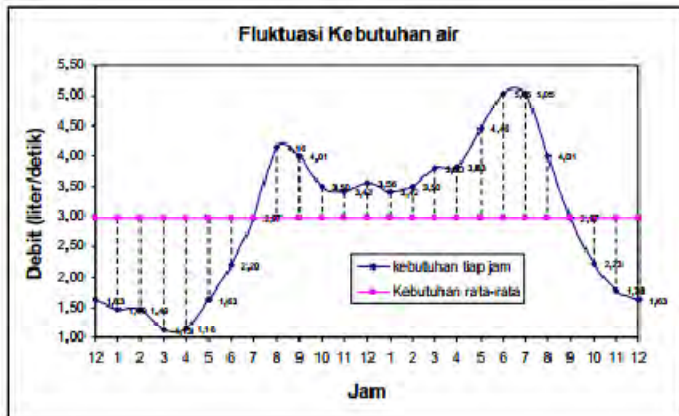


**Gambar 1.2 Cakupan Wilayah Pelayanan RP. Krembangan  
(Sumber: PDAM Surabaya, 2015)**

Peningkatan permintaan pasokan air bersih terjadi baik dari warga maupun instansi swasta dan pemerintah. Peningkatan ini masih akan terus berlanjut karena masih terdapat lahan kosong untuk pembangunan perumahan dan perindustrian. Seiring dengan hal tersebut menyebabkan *supply* dan *demand* pada Rumah Pompa di Kecamatan Krembangan tidak seimbang yang dapat mengakibatkan masalah kedepannya. Hal ini akan berakibat pada pandangan masyarakat kepada pelayanan PDAM Surabaya yang dianggap kurang.

Reservoir sebagai salah satu bagian unit sistem penyediaan air minum (SPAM) mempunyai fungsi sebagai pengendali sistem *supply* pelayanan distribusi dimana mempunyai fluktuasi selama 24 jam, terjadi pemakaian minimum saat di malam hari dan tengah hari sedangkan pada pagi hari dan sore hari terjadi pemakaian maximum. Dengan demikian

reservoir dapat menampung pada saat kebutuhan distribusi di bawah dari kapasitas produksi dan akan mensupply pada kebutuhan puncak di atas kapasitas produksi. Salah satu contoh fluktuasi pemakaian air dapat dilihat pada gambar 1.3 berikut.



**Gambar 1.3 Fluktuasi Pemakaian Air Bersih  
(Sumber: PDAM Surabaya, 2015)**

Reservoir dan Rumah Pompa adalah satu kesatuan guna menstabilkan debit. Butuh perencanaan tersendiri untuk pompa terkait dari kapasitas reservoir dan debit yang keluar dari rumah pompa.

Pompa terbagi atas 2 kelompok besar yaitu pompa sentrifugal dan pompa aksial. Dari 2 kelompok tersebut masih dibagi lagi menurut kapasitas dan kegunaannya. Pompa yang banyak dipakai terutama di bidang perindustrian adalah pompa sentrifugal.

Pompa bekerja menghasilkan getaran pada daerah di sekitarnya. Untuk menanggulangi kerusakan akibat getaran yang dihasilkan pompa ini, maka diperlukan perencanaan khusus pada pondasinya. Pondasi yang menopang mesin pompa ini akan dipengaruhi oleh getaran yang disebabkan gaya dinamis dan juga oleh beban statis yang terjadi saat mesin bekerja. Getaran yang

berlebihan dan secara terus menerus akan menyebabkan mesin pompa rusak dan berefek negatif pada pondasi juga orang yang bekerja di dekat mesin pompa tersebut. Diperlukan perhatian khusus dalam perencanaan pondasi untuk pompa ini karena efek dari beban dinamis pompa.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa kebutuhan air bersih prediksi pada proyeksi jumlah penduduk tahun 2030 untuk wilayah pelayanan pada Rumah Pompa Krembangan yang harus dipenuhi?
2. Berapakah kapasitas reservoir baru yang harus dibangun untuk dapat memenuhi kebutuhan yang harus dipenuhi?
3. Bagaimana dimensi reservoir baru dengan keterbatasan lahan yang ada?
4. Bagaimana spesifikasi pompa yang harus direncanakan?
5. Bagaimana merencanakan pondasi dinamis pompa?

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada Penelitian ini pembahasan menggunakan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Kualitas air bersih yang dialirkan tidak ditinjau.
2. Jaringan perpipaan pada pelanggan tidak dihitung.
3. Penentuan Spesifikasi Pompa yang dipakai pabrikan dari merk yang sering dipakai oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.
4. Tidak menghitung struktur reservoir.
5. Tidak menghitung RAB.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menghitung kebutuhan rencana air bersih wilayah pelayanan Rumah Pompa Krembangan proyeksi penduduk tahun 2030.
2. Menghitung kapasitas reservoir.
3. Merencanakan kebutuhan pompa yang diperlukan rumah pompa.
4. Merencanakan dimensi reservoir baru.
5. Merencanakan desain pondasi beban dinamis pompa.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat merencanakan pengembangan reservoir dan rumah pompa untuk kedepannya.
2. Menjadi acuan dalam pengembangan reservoir dan rumah pompa PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya mempunyai rencana untuk terus meningkatkan pelayanan dalam memenuhi kebutuhan air bersih kepada seluruh pelanggannya. Berbagai macam peningkatan dilakukan. Baik dalam hal peningkatan kualitas dari air bersih itu sendiri maupun kuantitas dalam bentuk peningkatan volume untuk melayani pertambahan pelanggan setiap tahunnya. Peningkatan volume untuk menampung air bersih dimana selanjutnya akan didistribusikan kepada pelanggan ini realisasinya adalah dengan pembangunan reservoir beserta rumah pompanya.

Dalam pembangunan reservoir dan rumah pompa ini tentu saja banyak hal yang perlu diperhatikan. Untuk menghitung jumlah kebutuhan air bersih, perlu dilakukan perhitungan jumlah dan pertumbuhan pelanggan yang dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk di dalamnya. Setelah diketahui kebutuhan air bersih, lalu direncanakan tampungannya yaitu reservoir serta rumah pompa untuk mendistribusikan kepada pelanggan. Pada perencanaan rumah pompa ini hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Periode perencanaan;
2. Pertumbuhan penduduk yang dilayani;
3. Pola pemakaian air penduduk;
4. Jenis-jenis pompa yang akan dipakai;
5. Tipe dan perhitungan pondasi untuk mesin pompanya.

#### **2.2 Periode Perencanaan**

Periode perencanaan sistem distribusi air bersih biasanya adalah 10-25 tahun. Pada perencanaan ini ditetapkan waktu periode 15 tahun dari tahun 2015-2030.

### 2.3 Proyeksi Jumlah Penduduk

Kebutuhan akan air bersih semakin lama akan semakin meningkat sesuai dengan semakin berkembangnya jumlah penduduk di masa yang akan datang. Proyeksi jumlah penduduk dibutuhkan untuk merencanakan atau menanggulangi peningkatan kebutuhan air bersih.

#### 2.3.1 Metode Linier

Metode ini mengasumsikan pertumbuhan penduduk yang jumlahnya konstan dari tahun ke tahun. Model persamaannya sebagai berikut:

$$P_n = P_o + na \quad (2.1)$$

Sumber: Permen PU No. 18/PRT/M/2007

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun ke dasar pengamatan

$n$  = Tambah tahun dihitung dari tahun dasar

$a$  = Jumlah pertambahan penduduk tiap tahunnya.

#### 2.3.2 Metode Bunga Berganda

Metode Bunga Berganda mengasumsikan tingkat pertumbuhan penduduk tiap tahunnya akan selalu proporsional dengan jumlah penduduk tahun sebelumnya. Ada suatu variable yang bersifat konstan, yaitu laju pertumbuhan penduduk, bukan jumlah pertumbuhan penduduk. Model persamaannya sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (2.2)$$

Sumber: Permen PU No. 18/PRT

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun ke n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun dasar pengamatan

$n$  = Periode pengamatan

$r$  = Persentase laju pertumbuhan tiap tahun



### 2.3.3 Metode Regresi Linier

Asumsi dasar penggunaan regresi linier adalah adanya korelasi yang linier antara tahun pengamatan dengan jumlah penduduk pada tahun pengamatan tersebut. Model matematisnya sebagai berikut:

$$P = a + bx \quad (2.3)$$

Sumber: Permen PU No. 18/PRT/M/2007

Dimana:

P = Jumlah penduduk pada tahun ke x

x = Tambahan tahun terhitung dari tahun dasar

a, b = Konstanta dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum Px}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{N \cdot \sum Px - \sum x \cdot \sum Px}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

## 2.4 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah dari air yang dibutuhkan oleh pengguna air. Dalam suatu kota kebutuhan air untuk pemadam kebakaran ikut dipertimbangkan walau itu bersifat tidak selalu dibutuhkan tetapi tak terduga. Kebutuhan dasar dan kehilangan air pada suatu kota bersifat fluktuatif pada kurun waktu tertentu.

Untuk perencanaan kapasitas air mengacu pada buku Rekayasa Sumber Daya Air Karya Prof, Dr, Ir. Nadjadji Anwar, MSc. Perencanaan kapasitas air disini menggunakan metode:

1. Cara pengoperasian
2. Cara lengkung "S".

Untuk Perencanaan kebutuhan air digunakan Standar Perencanaan Pelayanan Kebutuhan Air dari Ditjen Cipta Karya, 1998 sebagai acuan. Tabel tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.1** Standar Perencanaan Pelayanan Kebutuhan Air

| No. | Parameter   | Kota metro<br>>1.000.000<br>(Jrwa)   | Kota Besar<br>500.000-1.000.000<br>(Jrwa) | Kota Sedang<br>100.000-500.000<br>(Jrwa) | Kota Kecil<br><100.000<br>(Jrwa) |
|-----|---|--|---|--|----------------------------------|
| 1   | Tingkat Pelayanan<br>(target)   | 100%   | 100%                                      | 100%                                     | 100%                             |
| 2   | Tingkat pemakaian air<br>(liter/orang/hari)<br>Sambungan Rumah (SR)<br>Kawasan Umum (KU)  | 120<br>80  | 170<br>30                                 | 150<br>30                                | 130<br>30                        |
| 3   | Kebutuhan Non domestik<br>- Industri (l/d/ha)<br>Berat<br>Sedang<br>Ringan<br>- Komersial (l/d/ha)<br>Pasar<br>Hotel<br>- Social & Institusi:<br>Universitas (l/d/ha/ha)<br>Sekolah (l/d/ha/ha)<br>Mesjid (m <sup>3</sup> /ha/wat)<br>Rumah Sakit (l/ha/hr)<br>Puskesmas (m <sup>3</sup> /ha/wat)<br>Emator (l/d/ha)<br>Militer (m <sup>3</sup> /ha/ha) | 0,50-1,000<br>0,25-0,50<br>0,1-1,0<br>400<br>1000<br>20<br>15<br>1-2<br>400<br>1-2<br>0,01<br>10 |   | 15% - 30% x Kebutuhan Domestik           |                                  |
| 4   | Jumlah Jrwa/SR<br>Jumlah Jrwa/BU<br>SR: HU  | 5<br>100<br>50 : 50 s/d 80 : 20  | 5<br>100<br>50 : 50 s/d 80 : 20           | 5<br>100<br>80 : 20                      | 6<br>100 - 200<br>70 : 30        |
| 4   | Kebutuhan hari rata-rata (Q <sub>0</sub> )  | Kebutuhan Domestik (D) + Non Domestik (ND) + Kehilangan Air (KA)                                 |   |  |                                  |
| 5   | Kebutuhan hari maksimum (Q <sub>max</sub> )   | Kebutuhan rata-rata x 1,15 - 1,20 (faktor hari maksimum)   |   |  |                                  |
| 6   | Kehilangan air (KA)<br>Sistem baru<br>Sistem lama   | 20% x Kebutuhan rata-rata<br>30%-50% x Kebutuhan rata-rata                                       |   |  |                                  |
| 7   | Kebutuhan jam Puncak  | Kebutuhan rata-rata x faktor jam puncak 1,5 - 2  |   |  |                                  |

Sumber: Petunjuk Teknis Perencanaan Pelayanan Inklusif dan Studi Kelayakan sistem Penyediaan air minum, DPO Lempit Cipta Karya, 1998

(Sumber: Ditjen Cipta Karya, 1998)

Pemakaian air adalah besarnya penggunaan air oleh pengguna air pada kurun waktu tertentu. Besarnya konsumsi air yang digunakan bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini:

### 2.4.1 Populasi

Populasi atau pertumbuhan penduduk menjadi target utama dalam pengerjaan tugas akhir ini. Karena kapasitas pelayanan dialokasikan untuk pemenuhan kebutuhan air di masa yang akan datang, maka perlu dibuat suatu estimasi jumlah penduduk untuk waktu yang ditentukan.

#### **2.4.2 Kebiasaan dan cara hidup**

Penggunaan air pada suatu kota juga dipengaruhi oleh kebiasaan dan cara hidup masyarakat di dalamnya. Misalnya: penggunaan air untuk mandi dalam sehari bisa dua atau tiga kali tergantung kebiasaan, air untuk berwudhu untuk masyarakat muslim, cara hidup masyarakat mewah yang butuh air untuk mencuci mobil dan yang lainnya.

#### **2.4.3 Industri**

Adanya industri cenderung menaikkan kebutuhan air, baik untuk proses industri itu sendiri maupun untuk konsumsi pekerjanya. Semakin banyak jumlah industri yang ada, maka penggunaan air akan meningkat.

#### **2.4.4 Kebutuhan Domestik**

Kebutuhan dasar domestik ditentukan oleh adanya konsumen domestik, yang dapat diketahui dari data penduduk yang ada. Kebutuhan domestik antara lain: mandi, minum, memasak dan lainnya.

#### **2.4.5 Kebutuhan Non Domestik**

Kebutuhan dasar non domestik ditentukan oleh banyaknya konsumen non domestik yang meliputi:

- Kebutuhan komersial  
Yaitu kebutuhan air di pusat-pusat perdagangan seperti perkantoran, hotel , pencucian barang, dan lainnya.
- Kebutuhan umum  
Yaitu jumlah air yang dipakai untuk melayani kebutuhan orang banyak yang bersifat sosial. Seperti sekolah , tempat ibadah, kamar mandi umum dan lainnya.

- **Kebutuhan Industri**  
Biasanya kebutuhan industri ini ditentukan dari luas lahan yang digunakan maupun jenis industri tersebut.
- **Kebutuhan Air Untuk Pemadam Kebakaran**  
Kebutuhan air untuk pemadam kebakaran bervariasi tergantung area pelayanan, konstruksi bangunan yang ada, dan jenis pemakaian gedung dan diutamakan ditujukan bagi area yang rawan akan terjadinya bahaya kebakaran. Besarnya kebutuhan air untuk pemadam kebakaran ini tidak fluktuatif karena terjadinya kebakaran tidak dapat ditentukan.

## **2.5    Beban Dinamis**

Beban yang bergetar akan mempengaruhi lingkungan di sekitarnya, baik itu manusia maupun struktur bangunan di sekitarnya. Pada suatu struktur bangunan, beban yang bergetar merupakan masalah yang perlu diperhatikan. Salah satunya yaitu getaran pada mesin pompa pada rumah pompa yang akan direncanakan pada tugas akhir ini. Getaran akibat beban mesin pada pondasi bisa diumpamakan sebagai pegas dan peredam.

## **2.6    Metode Analisis Akibat Beban Dinamis**

Metode analisis akibat beban dinamis dapat dibedakan menjadi 3 metode yaitu;

### **2.6.1   Metode *LinearElastic Weightless Spring Method*.**

Tanah dianggap sebagai pegas. Redaman dimasukkan sebagai nilai yang belum dicari, walaupun redaman tidak begitu mempengaruhi terhadap frekuensi resonansi dari sistem tapi redaman memberi pengaruh yang signifikan pada amplitudo saat resonansi. Selama zona resonansi dapat dihindarkan dalam perencanaan pondasi, pengaruh redaman pada amplitudo saat frekuensi juga kecil bila dibandingkan amplitudo saat resonansi.

### 2.6.2 Metode Elastic Half – Space

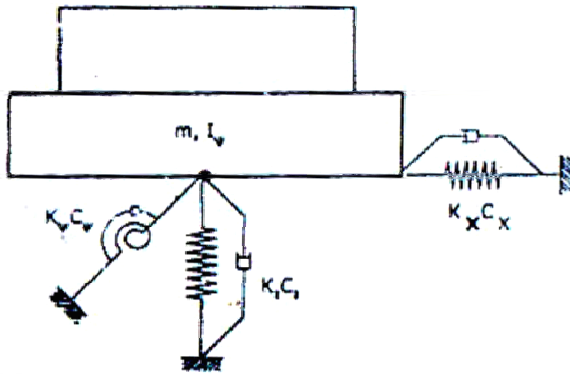
Teori elastisitas digunakan sebagai metode pendekatan, terlihat lebih rasional tetapi lebih rumit. Teori elastic half – space digunakan untuk amplitudo kecil. Dalam pemakaiannya untuk efek penanaman, kerusakan tanah yang terjadi akibat penggalian dan penimbunan, banyak massa tanah yang turut menyebabkan getaran dan ketidaklinearan dari tanah yang akan membuat perhitungan makin rumit. Teori ini menganggap pondasi sebagai homogen isotropik.

### 2.6.3 Metode Lumped Parameter System.

Metode Lumped Parameter System adalah pengembangan dari teori Elastic Half – Space dan harga suatu parameter didapatkan dengan cara tersebut. Teori Lumped Parameter System adalah sistem yang digunakan untuk memperkaku blok pondasi dengan menggunakan massa, pegas dan dashpot. Sistem ini menerapkan semua komponen massa, pegas dan redaman. Metode ini dikembangkan oleh Lysmer dan Richart (1966) yang bersumber dari “*Dynamic Boussinesq Problems*”. Metode ini dikembangkan untuk pondasi lingkaran dengan radius  $r_0$  dengan kondisi pondasi berada diatas tanah. Teori Lumped Parameter System, respon dinamis tanah terhadap pondasi dan beban dinamis dapat dimodelkan sebagai berikut;

- a) Pegas / spring dengan harga kekakuan “ $k$ ”.
- b) Dashpot / damping / redaman dengan harga koefisien damping “ $c$ ”.

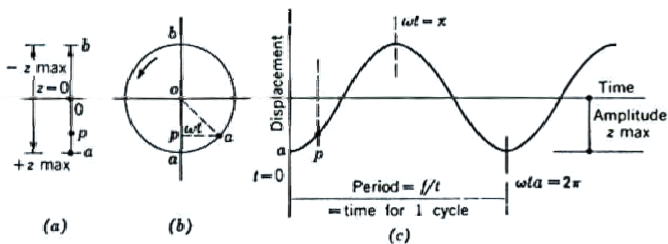
Model pegas dan damping dapat dimodelkan secara vertikal, horizontal, torsi maupun rocking. Berikut adalah permodelan sistem pondasi mesin dan tanah pada metode Lumped Parameter System.



**Gambar 2.1 Model Lumped Parameter System**  
(Wood, 1970)

## 2.7 Teori Getaran

Getaran harmonik adalah perpindahan bolak balik suatu titik dalam suatu garis sedemikian rupa sehingga percepatan dari titik tersebut proporsional terhadap jarak dari suatu posisi setimbang dan selalu mengarah menuju posisi setimbang tersebut (Arya, 1981). Sesuai gambar dibawah ini.



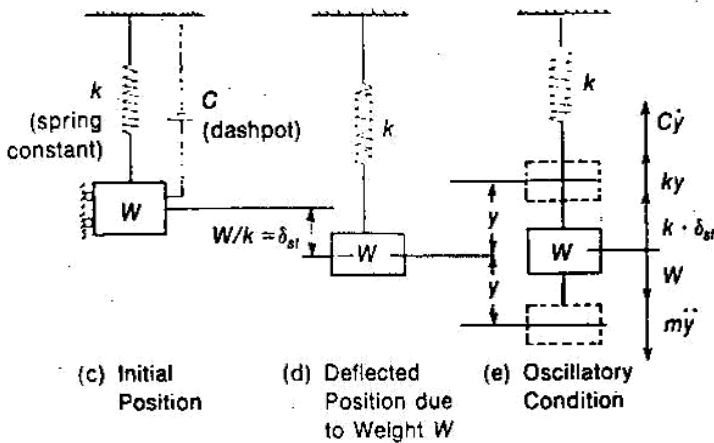
Ways of representing motion of weight. (a) Actual path of  $p$  moving in simple harmonic motion; (b)  $p$  determined from projection of equivalent circular motion of  $\omega t$ ; (c) time-displacement curve for motion of  $p$ .

**Gambar 2.2 Kurva getaran harmonik**  
(Bowles, 1977)

Jika suatu sistem massa-pegas oleh suatu gaya eksternal sehingga mengalami getaran harmonik, kemudian gaya tersebut dihilangkan maka sistem akan bergetar secara harmonik terus menerus dengan amplitudo dan frekuensi getaran yang sama. Getara tersebut akan berkurang sedikit demi sedikit hingga berhenti bila pada sistem tersebut terdapat peredam.

### 2.7.1 Getaran Bebas (*Transient*)

Getaran bebas atau *transient vibration* adalah getaran tanpa gaya eksternal. Jika terdapat unsur peredam pada getaran ini, maka akan hilang perlahan seiring berjalannya waktu. Pernyataan tersebut sesuai gambar dibawah ini:



**Gambar 2.3** Pemodelan sistem massa, pegas, redaman  
(Arya, 1981)

Permodelan diatas menggambarkan  $W$  adalah berat sistem yang bergetar,  $k$  adalah koefisien pegas sedangkan  $c$  adalah koefisien redaman atau damping. Akibat berat  $W$  pegas mengalami peregangan sebesar  $\delta_{st} = W/k$ . Pada awalnya sistem berada pada posisi statis dengan berat  $W$  diimbangi dengan gaya pegas  $k\delta_{st}$ , kemudian sistem digetarkan dan bergetar bebas dengan amplitudo  $\pm y$ . getaran ini menimbulkan daya yang bekerja

pada sistem yaitu reaksi pegas  $k$  ( $y + \delta_{st}$ ), reaksi peredam  $cy$  dan gaya inersia  $my$ . Sehingga muncul persamaan baru:

$$my + cy + k(y + \delta_{st}) = W \quad (2.4)$$

karena  $k\delta_{st}=W$  maka persamaannya menjadi:

$$my + cy + ky = 0 \quad (2.5)$$

dimisalkan  $y = e^{st}$  untuk  $s$  adalah konstan dan  $t$  adalah variable waktu sehingga  $y = se^{st}$  dan  $y = s^2e^{st}$  maka persamaannya menjadi:

$$(s^2 + s\frac{c}{m} + \frac{k}{m})e^{st} = 0 \quad (2.6)$$

Yang merupakan persamaan kuadrat  $s$  dengan akar – akarnya:

$$s_{1,2} = \frac{-\left(\frac{c}{m}\right) \pm \sqrt{\left(\frac{c}{m}\right)^2 - 4\left(\frac{k}{m}\right)}}{2} \quad (2.7)$$

Bila  $(c^2 - 4(km)) = 0$ , maka:

$$c = 2\sqrt{km} = c_c \text{ (Critical Damping)} \quad (2.8)$$

misal  $D = \frac{c}{c_c}$  didefinisikan sebagai damping ratio atau rasio redaman, sehingga ,  $D = \frac{c}{2\sqrt{km}}$  dan  $c = 2D\sqrt{km}$ ,

$$\text{maka } s_{1,2} = \omega_n (-D \pm \sqrt{D^2 - 1}) \quad (2.9)$$

$$\omega_n \text{ (frekuensi natural tanpa redaman)} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.10)$$



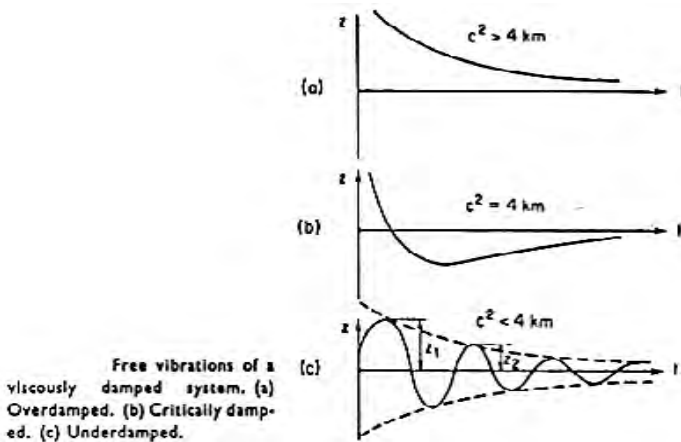
sedangkan natural frekuensi dengan redaman dirumuskan dengan:

$$\omega_{nd} = \omega_n(\sqrt{1 - D^2}) \quad (2.11)$$

Dari persamaan diatas terlihat bahwa getaran dipengaruhi oleh kondisi redamannya.

Hal ini menyebabkan setiap getaran memiliki satu dari tiga kondisi sebagai berikut:

1. Kondisi kritis ( $D = 1$ ) getaran cepat berhenti. Kondisi ini terjadi bila  $c^2 = 4km$
2. Kondisi *under damped* ( $D < 1$ ) masih ada getaran untuk selang waktu tertentu. Kondisi ini terjadi bila  $c^2 < 4km$ .
3. Kondisi *over damped* ( $D > 1$ ) tidak terjadi getaran. Kondisi ini terjadi bila  $c^2 > 4km$ .



**Gambar 2.4** Getaran bebas dengan *viscous damping* (Richart, 1970)

Kondisi yang ideal untuk pondasi mesin adalah  $D = 1$  tetapi dalam kenyataannya, semua pondasi masih memiliki  $D < 1$ .

### 2.7.2 Getaran dengan Gaya Penggerak (*Forced Vibration*)

*Forced Vibration* adalah getaran dengan gaya eksternal yang bekerja pada sistem. Getaran pada pondasi mesin merupakan *forced vibration*. Karena terdapat gaya eksternal yang bekerja maka persamaan 2.2 menjadi:

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = F_0 \sin \omega t$$

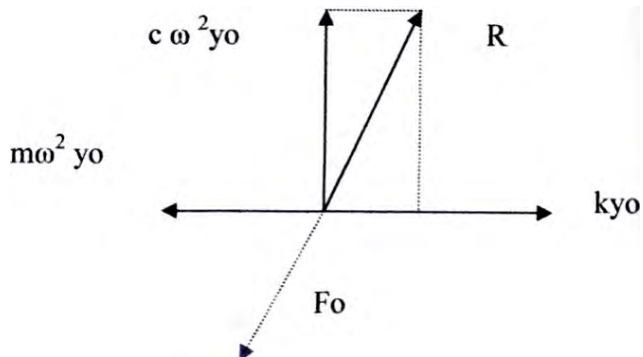
dimana  $\omega$  adalah frekuensi kerja dari gaya.

$$\text{misal : } y = y_0 \sin(\omega t - \phi) = y_0 \sin(0^\circ + \omega t - \phi), \quad (2.12)$$

$$y = y_0 \omega \sin(\omega t - \phi) = y_0 \sin(90^\circ + \omega t - \phi), \quad (2.13)$$

$$y = -y_0 \omega^2 \sin(\omega t - \phi) = y_0 \omega^2 \sin(180^\circ + \omega t - \phi), \quad (2.14)$$

Persamaan diatas jika digambarkan dalam bentuk vektor maka akan seperti di bawah ini:



**Gambar 2.5 Diagram Vektor Gaya, Massa, Pegas & Redaman (Thompson,1981).**

Dari gambar di atas terlihat bahwa:

$$F_0 = \sqrt{cy_0 \omega^2 + (ky_0 - my_0 \omega^2)} \quad (2.15)$$

$$F_0 = ky_0 \sqrt{\left(\frac{c\omega}{k}\right)^2 - 1 \left(\frac{m\omega^2}{k}\right)^2} \quad (2.16)$$

Sehingga amplitudo dinamis ( $y_0$ ) dirumuskan dengan:

$$y_0 = \frac{F_0}{\sqrt{c\omega^2 + (k - m\omega^2)^2}} \quad (2.17)$$

Jika amplitudo dinamis dibagi dengan amplitudo statis maka didapatkan nilai pembesaran dinamis  $M$ .

$$M = \frac{\Delta_{dinamis}}{\Delta_{statis}} = \frac{y_0}{\frac{F_0}{k}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{c\omega}{k}\right)^2 + \left(k - \frac{m\omega^2}{k}\right)^2}} \quad (2.18)$$

Misalkan  $r =$  ratio frekuensi, dimana  $r = \frac{\omega}{\omega_n}$  maka:

$$r^2 = \frac{\omega}{\omega_n} = \frac{\omega^2}{\omega_n^2} = \frac{\omega^2}{k/m} = \frac{m\omega^2}{k} \quad (2.19)$$

$$\frac{c\omega}{k} = \frac{c}{c_c} \cdot \frac{c_c\omega}{m\omega_n^2} = \frac{2\sqrt{km}D\omega}{m\omega_n^2} \quad (2.20)$$

Sedangkan,  $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{k \cdot m}{m^2}} = \frac{1}{m} \sqrt{km}$  sehingga,

$$\sqrt{km} = m\omega_n \quad (2.21)$$

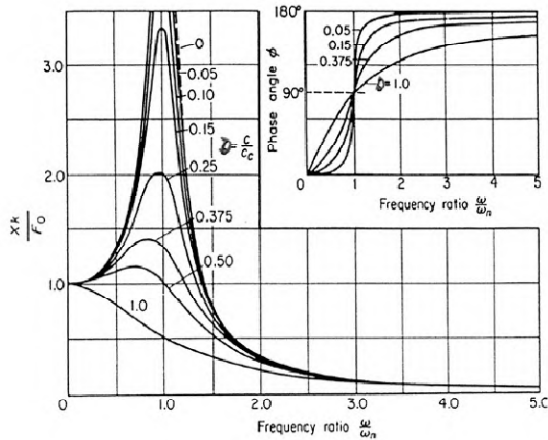
maka,

$$\frac{c\omega}{k} = \frac{2m\omega_n D\omega}{m\omega_n^2} = 2Dr \quad (2.22)$$

sehingga pembesaran dinamis:

$$M = \frac{1}{\sqrt{(2Dr^2)^2 + (1 - r^2)^2}} \quad (2.23)$$

Persamaan versus  $r$  digambarkan dalam grafik berikut:



**Gambar 2.6** Plot pembesaran dinamis  $M=Xok/Fo$  vs. frekuensi ratio  $r$  untuk getaran vertikal konstan (Thompson,1981)

Kondisi puncak pada grafik di atas adalah kondisi resonansi yaitu apabila  $\omega = \omega_n$ . Dalam suatu persamaan dengan sumbu koordinat  $x$  dan  $y$ , harga  $y_{max}$  akan diperoleh jika,

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$\frac{d \frac{X_o}{F_o/k}}{dr} = 0 \text{ diperoleh harga } r \text{ agar } \frac{X_o}{F_o/k} \text{ maksimum yaitu:}$$

$$1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} - 2D^2 = 0 \text{ atau } \frac{\omega}{\omega_n} = \sqrt{(1 - 2Dr^2)} = r \quad (2.24)$$

$$\omega_{res} = \omega_n \sqrt{(1 - 2D^2)} \quad (2.25)$$

Jika gaya getar pada persamaan 2.6 berupa momen yang berasal dari massa eksentris yang berputar dengan frekuensi (*rotating unbalanced*) sehingga  $F_o = m\omega^2$ , maka persamaan 2.6 menjadi :

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = m\omega^2 \sin \omega t$$

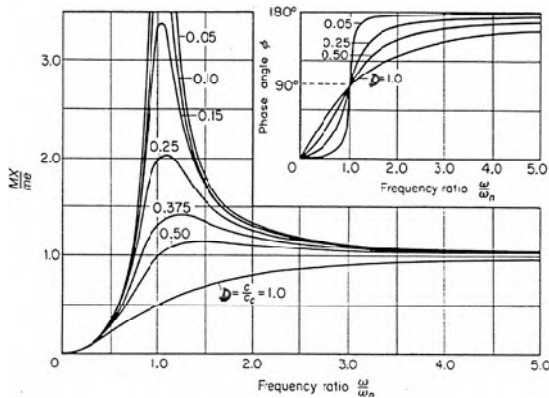
sehingga amplitudo dinamisnya menjadi:

$$X_o = \frac{(m\omega^2/k)}{\sqrt{(2Dr^2) + (1-r^2)^2}} \quad (2.26)$$

sehingga pembesaran dinamisnya  $\frac{X_o}{(m\omega^2/k)} = \frac{1}{(2Dr^2) + (1-r^2)^2}$  atau

$$\frac{M\tau X_o}{me} = \frac{r^2}{(2Dr^2) + (1-r^2)^2} \quad (2.27)$$

M adalah massa total dari sistem. Persamaan r digambarkan pada grafik berikut:



**Gambar 2.7** Plot  $Mx_o/me$  vs. frekuensi  $r$  untuk *rotating unbalance* (Thompson, 1981)

## 2.8 Persyaratan Pondasi Mesin

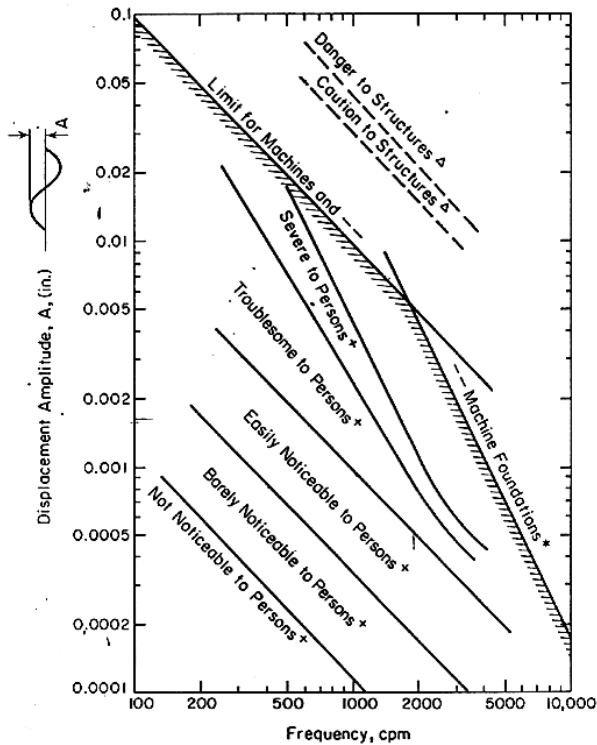
Pondasi didesain agar mesin berfungsi secara normal dan getaran tidak membahayakan (Prakash, 1981) untuk beban statis:

1. Mampu menahan dan memikul beban statis yang ditimbulkan oleh mesin tanpa menyebabkan keruntuhan geser atau keruntuhan total.
2. Penurunan pondasi akibat beban harus berada dalam batas – batas yang diijinkan.

Sedangkan untuk beban dinamis :

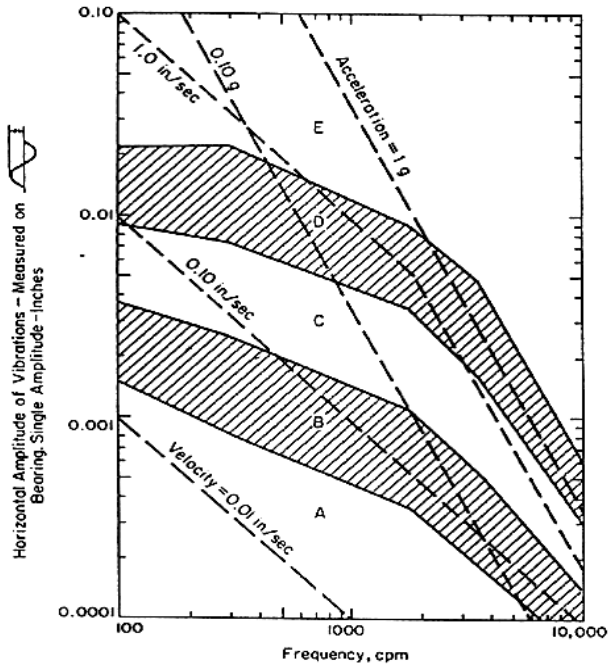
1. Tidak boleh terjadi resonansi, yaitu frekuensi natural sistem tanah-pondasi-mesin tidak boleh sama dengan frekuensi operasi mesin.
2. Amplitudo pada frekuensi operasi tidak boleh melebihi amplitudo batas yang umumnya ditentukan oleh pembuat mesin tersebut.
3. Bagian – bagian mesin yang bergerak atau bergetar harus sedapat mungkin setimbang untuk mengurangi ketidaksetimbangan dari gaya – gaya dan momen.
4. Getaran yang terjadi tidak boleh mengganggu orang – orang yang bekerja atau merusak mesin – mesin lainnya.

Kegagalan pondasi mesin terjadi ketika getaran melampaui batas yang sudah ditentukan. Batasan pondasi mesin ditentukan berdasarkan pada amplitudo dan kecepatan dari getaran pada operasi mesin. Berikut grafik batasan amplitudo pondasi mesin.



**Gambar 2.8 Batasan amplitudo vertikal (Arya, 1981)**

Batasan amplitudo vertikal dari grafik diatas, maksimal masuk zona “Troublesome to Persons”. Bukan hanya memperhatikan batasan – batasan amplitudo mesin, tetapi juga perlu memperhatikan batasan percepatan amplitudo. Seperti yang digambarkan pada grafik di bawah ini.



Explanation of cases:

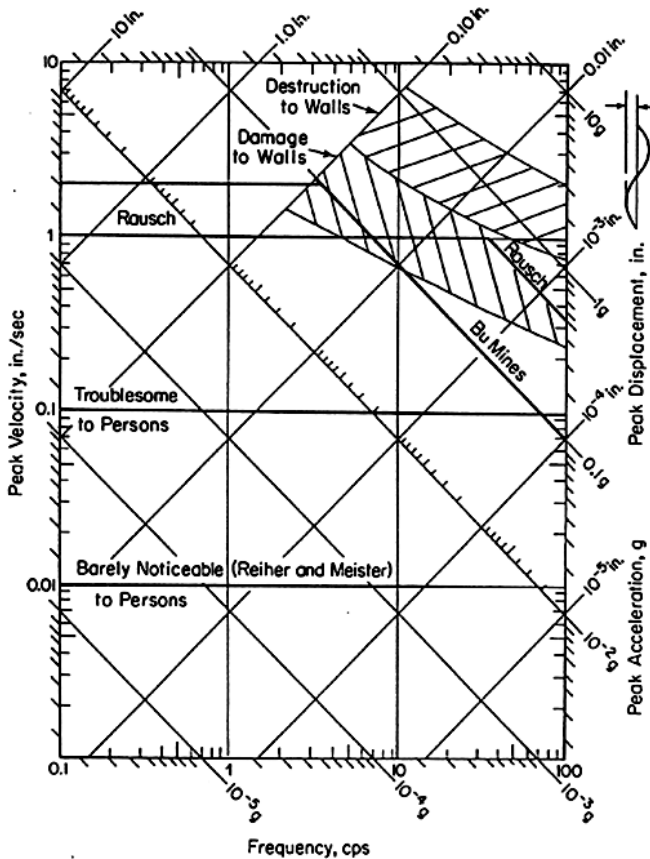
- E Dangerous. Shut it down now to avoid danger.
- D Failure is near. Correct within two days to avoid breakdown.
- C Faulty. Correct within 10 days to save maintenance dollars.
- B Minor faults. Correction wastes dollars.
- A No faults. Typical new equipment.

**Gambar 2.9 Batasan percepatan amplitudo (Arya, 1981)**

Batasan percepatan amplitudo dari gambar 2.13, maksimal masuk zona B. kecepatan amplitudo dirumuskan dengan  $v = 2f$  (cps)  $\times$  A. Sedangkan percepatan amplitudo

$$a = 4f^2 \times A \cdot \pi 2\pi.$$





**Gambar 2.10 Respon spektrum untuk limit getaran (Arya, 1981)**

Karena tingkat kepentingan dari setiap mesin berbeda-beda aka diperlukan angka keamanan untuk menjaga mesin dan pondasi. Angka keamanan didapatkan dengan cara mengalikan dengan amplitudo dan hasilnya digunakan untuk pembacaan grafik sebagai amplitudo.

**Tabel 2.2 Faktor Layan**

|  |          |
|--|----------|
| Single-stage centrifugal pump, electric motor, fan   | 1<br>1   |
| Typical chemical processing equipment, noncritical   | 1,6<br>2 |
| Turbine, turbogenerator, centrifugal compressor  | 2<br>0,5 |
| Centrifugal, stiff-shaft: multistage centrifugal pump  | 0,3      |
| Miscellaneous equipment, characteristics unknown   |          |
| Centrifugal, shaft-suspended, on shaft near basket   |          |
| Centrifugas, link-suspended, slung   |          |
| Effective vibration = measured single amplitude vibration, in inches multiplied by the serve factor. Machine tools are excluded Values are for bolted-down equipment, when not bolted multiply the service factor by 0,4 and use the product as the service factor . Caution: Vibration measured on the beating boosing, except as stated. |          |

(Sumber: *Arya*, 1981)

Pondasi mesin didesain sesuai batasan sebagai berikut:

**Tabel 2.3 Batasan Kriteria Desain Pondasi Mesin**

| <b>Item</b>                  | <b>Kriteria</b>                      |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Daya dukung statis           | 50% $\sigma$ ijin                    |
| Daya dukung statis + dinamis | 75% $\sigma$ ijin                    |
| Amplitudo                    | < Troublesome                        |
| Amplitudo mesin rotataing    | Masuk A atau B                       |
| Pembesaran dinamis vertikal  | < 1.5                                |
| Resonansi                    | 20% frekuensi operasi                |
| Kecepatan partikel tanah     | $2\pi f$ (cps) x amplitudo <<br>GOOD |

## 2.9 Pondasi Mesin Untuk Beban Dinamis

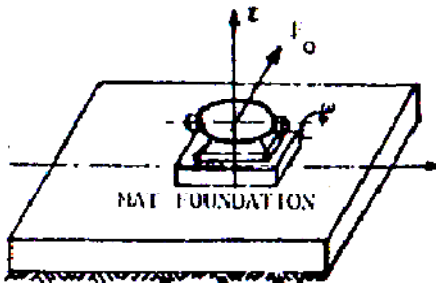
Pondasi mesin merupakan pondasi beban dinamis yang dirancang sebagai pondasi yang dapat menerima beban statis mesin berupa berat mati mesin dan beban dinamis yang berupa gerak alat. Meskipun beban dinamis yang bekerja cukup kecil namun bekerjanya berulang selama periode waktu tertentu sehingga membutuhkan perhatian khusus dalam perencanaannya. Untuk itu dalam merencanakan pondasi mesin ini, harus menyatukan anatar beban dinamis dan statis dengan cara menganalisis setiap beban yang bekerja.

Pondasi mesin dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Berikut akan dijelaskan jenis-jenis dari pondasi mesin:

### 2.9.1 Pondasi Dangkal

#### a) Pondasi Mesin Tipe Mat Slab

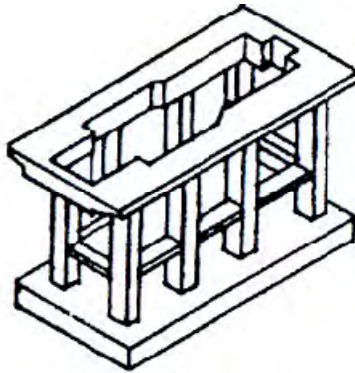
Fleksibel slab beton yang diletakkan diatas mesin.



**Gambar 2.11 Fondasi Mesin Tipe Mat Slab**  
(Arya, 1981)

#### b) Pondasi Mesin Tipe Meja

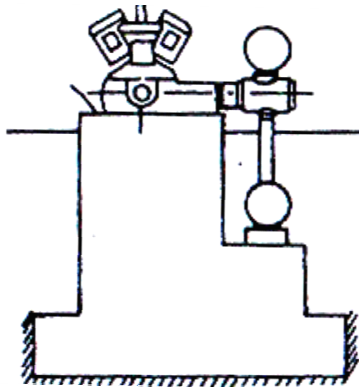
Pondasi berupa struktur kolom beton dengan ketinggian tertentu diatas tanah terdiri dari kolom yang ditumpu oleh pondasi slab. Bagian atas kolom disatukan dengan top slab sehingga membentuk lantai untuk meletakkan mesin.



**Gambar 2.12 Pondasi Mesin Tipe Portal (Arya,1981)**

c) Pondasi Mesin Tipe Blok

Pondasi terdiri atas blok beton rigid dengan ketebalan tertentu sehingga dapat mengabaikan deformasi struktur.



**Gambar 2.13 Pondasi Mesin Tipe Blok (Arya,1981)**

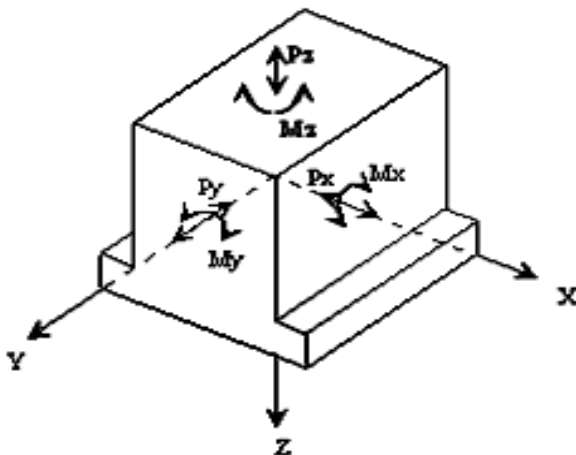
### 2.9.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam dibedakan menjadi 2 yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Fungsi pondasi dalam dapat dibedakan menjadi 2 yaitu pondasi tiang yang digunakan untuk memikul beban pondasi akibat daya dukung tanah yang tidak mencukupi dan digunakan untuk meningkatkan kekakuan sehingga menaikkan frekuensi natural dan memperkecil amplitudo.

### 2.9.3 Derajat Kebebasan Pondasi

Beban dinamis yang bekerja pada pondasi dapat mengakibatkan pondasi mengalami getaran dalam 6 mode yaitu:

- a) Translasi searah sumbu x (lateral)
- b) Translasi searah sumbu y (longitudinal)
- c) Translasi searah sumbu z (vertical)
- d) Rotasi terhadap sumbu x (pitching)
- e) Rotasi terhadap sumbu y (rocking)
- f) Rotasi terhadap sumbu z (yawing)



Gambar 2.14 Derajat Kebebasan Mesin Tipe Blok  
(Arya, 1981)

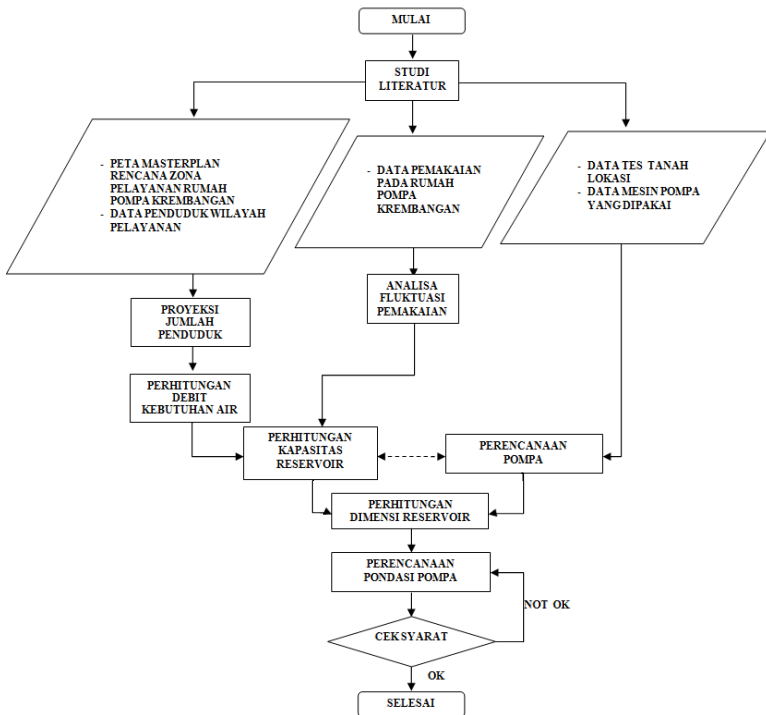
Setiap gerakan dari pondasi blok dapat dipecah dalam enam *displacement* secara terpisah. Oleh karena itu pondasi blok mempunyai enam derajat kebebasan dengan enam natural frekuensi.

Dari keenam mode getaran, translasi arah sumbu z dan rotasi terhadap sumbu z dapat terjadi secara independent terpisah dari mode lainnya. Sedangkan translasi arah sumbu x dengan rotasi terhadap sumbu y atau translasi arah sumbu y dengan rotasi terhadap sumbu x selalu terjadi secara simultan dan saling mempengaruhi sehingga disebut *coupled mode*. Jadi pada kenyatannya pondasi blok memiliki empat mode getaran yaitu dua mode tunggal (vertikal dan yawing) dan dua mode kopel (rocking + lateral dan pitching + longitudinal).

# BAB III METODOLOGI

## 3.1 Umum

Metode perencanaan dibuat untuk mempermudah dalam pelaksanaan studi, sehingga didapatkan pemecahan masalah yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dengan prosedur yang disusun sistematis, dan teratur diharapkan saat pengerjaan tugas akhir tidak akan terjadi kekeliruan langkah. Tahapan penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat dalam diagram alir 3.1 berikut:



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir**

### 3.2 Studi Literatur

Mencari referensi dan menganalisa tentang teori-teori yang akan digunakan dalam perhitungan. Seperti didalamnya teori-teori tentang mencari proyeksi penduduk kedepan, kebutuhan air, analisa fluktuasi, perhitungan debit, perhitungan volume, perhitungan pondasi beban dinamis dan teori lain yang dipakai pada tugas akhir ini.

### 3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data disini dikategorikan menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder.

#### a. Data Primer

Data primer didapatkan dari peninjauan langsung di lapangan atau wawancara langsung dengan pemilik data (pegawai) instansi terkait, meliputi:

- Wawancara langsung dengan pegawai PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

#### b. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan tanpa peninjauan langsung di lapangan. Data yang sudah ada dari instansi terkait ini didapatkan melalui perijinan terlebih dahulu, meliputi:

- Peta pelayanan Rumah Pompa Krembangan  
Data ini untuk mengetahui daerah mana saja yang dilayani oleh Rumah Pompa Krembangan.
- Data penduduk wilayah pelayanan  
Data ini digunakan untuk menghitung berapa jumlah penduduk yang dilayani dan menghitung proyeksi penduduk pada tahun 2030.
- Data debit pelanggan  
Untuk analisa perilaku pemakaian (fluktuasi pemakaian) air oleh pelanggan tiap hari nya.
- Data pompa



Untuk merencanakan pompa yang akan dipakai, dan merencanakan pondasi dari pompa tersebut.

- Data tanah lokasi  
Untuk merencanakan pondasi dimana data ini merupakan faktor penting dalam hitungan perencanaan nantinya.

### **3.4 Proyeksi Jumlah Penduduk**

Metode proyeksi yang akan digunakan adalah dengan metode linier, bunga berganda dan regresi linier untuk 15 tahun kedepan (2030).

### **3.5 Perhitungan Debit**

Data jumlah penduduk pada proyeksi 2030 yang telah dihitung digunakan untuk mencari debit air dengan menggunakan tabel petunjuk teknis perencanaan rencana induk dan studi kelayakan sistem penyediaan air minum, DPU Dirjen Cipta Karya, 1998.

### **3.6 Analisa Fluktuasi Pemakaian**

Dari data pemakaian air yang sudah ada dianalisa untuk mendapatkan pola pemakaian air. Pada tahap ini akan diketahui pada jam dan hari apa pemakaian air paling tinggi oleh penduduk.

### **3.7 Perhitungan Volume Reservoir**

Dari hasil perhitungan debit kebutuhan ( $Q_{\text{butuh}}$ ) dan fluktuasi pemakaian air digunakan untuk menghitung volume reservoir dengan metode *Reservoir Routing*.

### **3.8 Perencanaan Pompa**

Perencanaan pompa dihitung sesuai kebutuhan debit yang akan disalurkan kepada pelanggan di daerah pelayanan. Banyak pilihan pompa yang dapat digunakan. Untuk data pilihan pompa sendiri didapat dari rekanan penyedia pompa PDAM.

### **3.9 Perhitungan Pondasi Beban Dinamis Pompa**

Pada tahap ini diperlukan data tanah lokasi dan data pompa yang telah direncanakan untuk merencanakan pondasi beban dinamis pompa. Untuk perencanaan elemen struktur pondasi mesin pompa ini harus sesuai dengan persyaratan keamanan serta SNI 03-2847-2002.

### **3.10 Penyusunan Laporan**

Penyusunan laporan dapat dilakukan setelah sub pekerjaan selesai. Untuk cara penyusunan sesuai dengan ketentuan penyusunan tugas akhir yang ada.

## **BAB IV**

### **PERENCANAAN KAPASITAS POMPA**

#### **4.1 Konsep Umum**

Menurut peta pembagian zona pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya wilayah yang dialiri Rumah Pompa Krembangan termasuk didalamnya adalah subzone 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316 (gambar 4.1). Berdasarkan pembagian kecamatannya yang termasuk didalam Kecamatan Kenjeran adalah subzone 311, 312, 314, 315 dan 316. Sedangkan yang termasuk di Kecamatan Semampir adalah subzone 307, 308, 309, 310, dan 313. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4.1 Peta Layanan Distribusi RP. Krembangan  
(Sumber: PDAM Surabaya, 2015)**



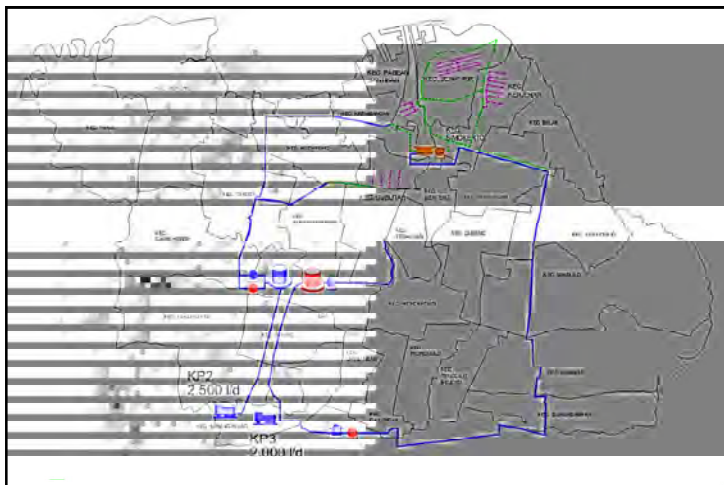
**Gambar 4.2 Daerah Layanan Distribusi RP. Krembangan pada Peta Pembagian Kecamatan Kota Surabaya (Sumber: PDAM Surabaya, 2015)**

Wilayah pelayanan di Kecamatan Kenjeran dan Semampir berada di Surabaya Utara. Kecamatan Kenjeran mempunyai luas 7,77 Km<sup>2</sup> , Sedangkan Kecamatan Semampir

mempunyai luas 8,76 Km<sup>2</sup>. Berikut batas wilayah pelayanan Rumah Pompa Krembangan pada Kecamatan tersebut:

- Utara : Laut Jawa
- Timur : Jalan Kedung Cowek
- Selatan : Jalan Kapasari dan Jalan Kenjeran
- Barat : Jalan Kalimas

Untuk sistem distribusi air bersih dari Instalasi ke Rumah Pompa Krembangan bisa dilihat pada gambar berikut 4.3:



**Gambar 4.3 Sistem Distribusi Instalasi ke RP. Krembangan  
(Sumber: PDAM Surabaya, 2015)**

#### 4.2 Prediksi Jumlah Penduduk Tahun 2030

Untuk menghitung prediksi jumlah penduduk, diperlukan data-data penduduk yang bisa didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) setempat. Setelah itu digunakan analisa statistika untuk menghitung prediksinya.

#### 4.2.1 Jumlah Penduduk Wilayah Pelayanan

Untuk menghitung analisa proyeksi penduduk tahun 2030 digunakan data penduduk per kecamatan yang ditinjau selama 5 tahun, yaitu mulai tahun 2010 sampai dengan tahun 2014 (Tabel 4.1).

**Tabel 4.1 Jumlah Penduduk per Kecamatan Tahun 2010-2014 pada Wilayah Pelayanan**

| Nama Kecamatan        | Luas Wilayah (Km <sup>2</sup> ) | Jumlah Penduduk |              |              |              |              |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                       |                                 | 2010 (Orang)    | 2011 (Orang) | 2012 (Orang) | 2013 (Orang) | 2014 (Orang) |
| <b>Surabaya Utara</b> |                                 |                 |              |              |              |              |
| Semampir              | 8,76                            | 154.455         | 162.130      | 167.787      | 175.866      | 182.531      |
| Kenjeran              | 7,77                            | 131.857         | 135.312      | 138.456      | 143.457      | 146.757      |

Sumber: BPS Kota Surabaya

#### 4.2.2 Analisa Proyeksi Penduduk Metode Linier

Analisa metode ini dihitung dengan asumsi pertumbuhan penduduk yang konstan dari tahun ke tahun. Sesuai dengan rumus (2.1) berikut:

$$P_n = P_o + na \quad (2.1)$$

Sumber: Permen PU No. 18/PRT/M/2007

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun ke dasar pengamatan

$n$  = Tambahan tahun terhitung dari tahun dasar

$a$  = Jumlah pertambahan penduduk tiap tahunnya.

Dari rumus di atas bila proyeksi jumlah penduduk dihitung dengan metode tersebut maka akan dihasilkan seperti pada tabel berikut (Tabel 4.2).

**Tabel 4.2 Perhitungan dengan Metode Linier**

| Tahun | n   | Jumlah Penduduk (Po) |          | A        |          | Pn = Po + na |          | Pn - Pn-1 |          |
|-------|-----|----------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|-----------|----------|
|       |     | Semampir             | Kenjeran | Semampir | Kenjeran | Semampir     | Kenjeran | Semampir  | Kenjeran |
| (1)   | (2) | (3)                  |          | (4)      |          | (5)          |          | (6)       |          |
| 2010  | 0   | 154.455              | 131.857  | -        | -        | 154.455      | 131.857  | -         | -        |
| 2011  | 1   | 162.130              | 135.312  | 7.675    | 3.455    | 161.474      | 135.582  | 7.019     | 3.725    |
| 2012  | 2   | 167.787              | 138.456  | 5.657    | 3.144    | 168.493      | 139.307  | 7.019     | 3.725    |
| 2013  | 3   | 175.866              | 143.457  | 8.079    | 5.001    | 175.512      | 143.032  | 7.019     | 3.725    |
| 2014  | 4   | 182.531              | 146.757  | 6.665    | 3.300    | 182.531      | 146.757  | 7.019     | 3.725    |
|       |     | Jumlah               |          | 28.076   | 14.900   |              |          |           |          |
|       |     | Rata <sup>2</sup>    |          | 7.019    | 3.725    |              |          |           |          |

### 4.2.3 Analisa Proyeksi Penduduk Metode Bunga Berganda

Metode ini berasumsi tingkat pertumbuhan penduduk akan selalu proporsional tiap tahunnya dengan jumlah penduduk tahun sebelumnya. Variabel laju pertumbuhan penduduk disini bersifat konstan, bukan jumlah pertumbuhan penduduk. Metode ini dihitung dengan rumus (2.2) sebagai berikut:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (2.2)$$

Sumber: Permen PU No. 18/PRT

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun ke n

$P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun dasar pengamatan

n = Periode pengamatan

r = Persentase laju pertumbuhan tiap tahun

Berikut hasil perhitungan proyeksi penduduk dengan metode bunga berganda sesuai dengan persamaan (Tabel 4.3).

**Tabel 4.3 Perhitungan dengan Metode Bunga Berganda**

| Tahun | n   | Jumlah Penduduk (Po) |          | r        |          | Pn = Po(1+r)^n |          | Pn - Pn-1 |          |
|-------|-----|----------------------|----------|----------|----------|----------------|----------|-----------|----------|
|       |     | Semampir             | Kenjeran | Semampir | Kenjeran | Semampir       | Kenjeran | Semampir  | Kenjeran |
| (1)   | (2) | (3)                  |          | (4)      |          | (5)            |          | (6)       |          |
| 2010  | 0   | 154.455              | 131.857  | 0        | 0        | 154.455        | 131.857  |           |          |
| 2011  | 1   | 162.130              | 135.312  | 0,047    | 0,026    | 160.769        | 135.338  | 6.314     | 3.481    |
| 2012  | 2   | 167.787              | 138.456  | 0,034    | 0,023    | 167.340        | 138.910  | 6.572     | 3.573    |
| 2013  | 3   | 175.866              | 143.457  | 0,046    | 0,035    | 174.181        | 142.577  | 6.840     | 3.667    |
| 2014  | 4   | 182.531              | 146.757  | 0,037    | 0,022    | 181.301        | 146.341  | 7.120     | 3.764    |
|       |     | Jumlah               |          | 0,164    | 0,1056   |                |          |           |          |
|       |     | Rata-rata            |          | 0,041    | 0,0264   |                |          |           |          |

#### 4.2.4 Analisa Proyeksi Penduduk Metode Regresi Linier

Metode Regresi Linier berasumsi bahwa adanya korelasi yang linier antara tahun pengamatan dengan jumlah penduduk pada tahun pengamatan tersebut. Model matematisnya sesuai rumus (2.3) sebagai berikut:

$$P = a + bx \quad (2.3)$$

Sumber: Permen PU No. 18/PRT/M/2007

Dimana:

P = Jumlah penduduk pada tahun ke x

x = Tambahan tahun dihitung dari tahun dasar

a, b = Konstanta dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum Px}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{N \cdot \sum Px - \sum x \cdot \sum P}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Berikut hasil perhitungan proyeksi penduduk dengan metode bunga berganda sesuai dengan persamaan di atas (Tabel 4.4 & Tabel 4.5).



**Tabel 4.4 Perhitungan dengan Metode Regresi Linier**

| Tahun  | Jumlah Penduduk (Po) |          | x        |          | x <sup>2</sup> |          | Px        |           |
|--------|----------------------|----------|----------|----------|----------------|----------|-----------|-----------|
|        | Semampir             | Kenjeran | Semampir | Kenjeran | Semampir       | Kenjeran | Semampir  | Kenjeran  |
| (1)    | (2)                  |          | (3)      |          | (4)            |          | (5)       |           |
| 2010   | 154.455              | 131.857  | 0        | 0        | 0              | 0        | -         | -         |
| 2011   | 162.130              | 135.312  | 1        | 1        | 1              | 1        | 162.130   | 135.312   |
| 2012   | 167.787              | 138.456  | 2        | 2        | 4              | 4        | 335.574   | 276.912   |
| 2013   | 175.866              | 143.457  | 3        | 3        | 9              | 9        | 527.598   | 430.371   |
| 2014   | 182.531              | 146.757  | 4        | 4        | 16             | 16       | 730.124   | 587.028   |
| Jumlah | 842.769              | 695.839  | 10       | 10       | 30             | 30       | 1.755.426 | 1.429.623 |

**Tabel 4.5 Perhitungan dengan Metode Regresi Linier  
(Lanjutan)**

| Tahun | Konstanta a |          | Konstanta b |          | Pn       |          | Pn - Pn-1 |          |
|-------|-------------|----------|-------------|----------|----------|----------|-----------|----------|
|       | Semampir    | Kenjeran | Semampir    | Kenjeran | Semampir | Kenjeran | Semampir  | Kenjeran |
| (1)   | (6)         |          | (7)         |          | (8)      |          | (9)       |          |
| 2010  | 154.576     | 131.579  | 6.989       | 3.795    | 154.576  | 131.579  |           |          |
| 2011  |             |          |             |          | 161.565  | 135.373  | 6.989     | 3.795    |
| 2012  |             |          |             |          | 168.554  | 139.168  | 6.989     | 3.795    |
| 2013  |             |          |             |          | 175.543  | 142.962  | 6.989     | 3.795    |
| 2014  |             |          |             |          | 182.531  | 146.757  | 6.989     | 3.795    |

Perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan ketiga metode dapat dilihat pada (Tabel 4.6). Proyeksi jumlah penduduk yang dipilih dari ketiga metode tersebut diambil proyeksi yang terbesar.

Menurut *Corporate Plan* tahun 2014-2018 PDAM Surya Sembada Surabaya, salah satu indikator utama pelayanan air minum adalah tingkat cakupan pelayanan terhadap penduduk pada wilayah pelayanan. PDAM Surya Sembada telah diberikan target bahwa pada tahun 2015 tingkat pelayanan air minum di kota Surabaya minimum 95%.

Sedangkan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya saat ini kondisi eksisting mempunyai kapasitas produksi terpasang sebesar 10.830 liter/detik dengan jumlah pelanggan sebanyak 507.557 SR.

**Cakupan pelayanan (*service coverage*) mencapai 90,02%** dimana tingkat *Non Revenue Water* (NRW) sebesar 28,96%. Dengan cakupan pelayanan sudah mencapai 90,02% maka kekurangan dianggap **5%** dari masing-masing daerah pelayanan untuk mencapai target 95% pelayanan.

Dengan ketentuan *Corporate Plan* tahun 2014-2018 PDAM Surya Sembada tersebut maka perhitungannya menjadi sebagai berikut:

**Tabel 4.6 Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2030**

| Nama Kecamatan        | Proyeksi Penduduk Tahun 2030 |                  |                  |         | Persentase Pelayanan | Jumlah Pelanggan Proyeksi 2030 | Persentase Per Kecamatan dari Total |
|-----------------------|------------------------------|------------------|------------------|---------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
|                       | M.Linier                     | M.Bunga Berganda | M.Regresi Linier | Maks    |                      | Orang                          |                                     |
|                       | Orang                        | Orang            | Orang            | Orang   |                      | Orang                          |                                     |
| <b>Surabaya Utara</b> |                              |                  |                  |         |                      |                                |                                     |
| Semampir              | 294.835                      | 344.181          | 294.352          | 344.181 | 95%                  | 326.972                        | 61%                                 |
| Kenjeran              | 206.357                      | 222.029          | 207.469          | 222.029 | 95%                  | 210.928                        | 39%                                 |
|                       |                              |                  |                  |         | Total                | 537.900                        |                                     |

### 4.3 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Untuk perhitungan kebutuhan air bersih pada wilayah pelayanan akan dihitung mengacu pada Petunjuk Teknis Rencana Induk dan Studi Kelayakan Penyedia Air Minum, DPU Dirjen Cipta Karya, 1998. Tabel standar perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut ini (Tabel 4.7):

**Tabel 4.7 Standar Perencanaan Kebutuhan Air**

| No. | Parameter   | Kota Metro<br>1.000.000<br>(Jiwa)  | Kota Besar<br>500.000-1.000.000<br>(Jiwa) | Kota Sedang<br>100.000-500.000<br>(Jiwa) | Kota Kecil<br><100.000<br>(Jiwa) |
|-----|---|--|---|--|----------------------------------|
| 1   | Tingkat Pelayanan (taget)   | 100%   | 100%                                      | 100%                                     | 100%                             |
| 2   | Tingkat pemakaian air (liter/orang/hari)<br>Sambungan Rumah (SR)<br>Kran Umum (KU)  | 190<br>30  | 170<br>30                                 | 150<br>30                                | 130<br>30                        |
| 3   | Kebutuhan Non domestik<br>- Industri (l/d/ha)<br>Berat<br>Sedang<br>Ringan<br>- Komersial (l/d/ha)<br>Pasar<br>Hotel<br>- Sosial & Institusi:<br>Universitas (l/Ms/hari)<br>Sekolah (l/siswa/hari)<br>Mesjid (m <sup>3</sup> /hr/umt)<br>Rumah Sakit (l/km <sup>2</sup> /hr)<br>Puskemas (m <sup>3</sup> /hr/umt)<br>Kantor (l/di/hr)<br>Militer (m <sup>3</sup> /ruha) | 0,50-1,000<br>0,25-0,50<br>0,1 - 1,0<br>400<br>1000<br>20<br>15<br>1-2<br>400<br>1-2<br>0,01<br>10 |   | 15% - 30% x Kebutuhan Domestik           |                                  |
| 4   | Jumlah Jiwa/SR<br>Jumlah Jiwa/HU<br>SR : HU   | 5<br>100<br>50 : 50 s/d 80 : 20  | 5<br>100<br>50 : 50 s/d 80 : 20           | 5<br>100<br>80 : 20                      | 6<br>100 - 200<br>70 : 30        |
| 4   | Kebutuhan hari rata-rata (Qr)   | Kebutuhan Domestik (D) + Non Domestik (ND) + Kehilangan Air (KA)                                   |   |  |                                  |
| 5   | Kebutuhan hari maksimum (Qmaks)   | Kebutuhan rata-rata x 1,15 - 1,20 (faktor hari maksimum)   |   |  |                                  |
| 6   | Kehilangan air (KA)<br>Sistem baru<br>Sistem lama   | 20% x Kebutuhan rata-rata<br>30%-50% x Kebutuhan rata-rata   |   |  |                                  |
| 7   | Kebutuhan jam Puncak  | Kebutuhan rata-rata x faktor jam puncak 1,5 - 2  |   |  |                                  |

Dengan jumlah penduduk 537.900 orang maka dikategorikan sebagai kota Besar. Pada tabel di atas dapat dihitung kebutuhan air bersih untuk keperluan sambungan rumah, kran umum, kebutuhan non domestik (industri, komersial & sosial). Pada Kebutuhan Non Domestik disini dihitung dengan menggunakan 30% Kebutuhan Domestik dikarenakan jumlah Bangunan Non Domestik yang tidak terlalu banyak.

Berikut perhitungan kebutuhan air bersih (tabel 4.8) dengan patokan tabel standar perencanaan kebutuhan air:

**Tabel 4.8 .Perhitungan Kebutuhan Air Wilayah Pelayanan**

| Parameter                         | Uraian                               |     |   |                          |             | Jumlah      |         |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-----|---|--------------------------|-------------|-------------|---------|
| <b>Kebutuhan Domestik</b>         |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Sambungan Rumah (SR)              | 537.900                              | org | x | 170                      | lt/org/hari | 91.443.047  | lt/hari |
| Kran Umum                         | 537.900                              | org | x | 30                       | lt/org/hari | 16.137.008  | lt/hari |
|                                   | Total Kebutuhan Domestik (Qd) =      |     |   |                          |             | 107.580.056 | lt/hari |
| <b>Kebutuhan Non Domestik</b>     |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Industri                          |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Komersial                         |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Sosial dan Institusi              |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Universitas                       |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Sekolah                           | 30%                                  |     | x | Total Kebutuhan Domestik |             | 32.274.017  | lt/hari |
| Masjid                            |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Rumah Sakit                       |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Puskesmas                         |                                      |     |   |                          |             |             |         |
| Militer                           |                                      |     |   |                          |             |             |         |
|                                   | Total Kebutuhan Non Domestik (Qnd) = |     |   |                          |             | 32.274.017  | lt/hari |
|                                   | Total Qd + Qnd =                     |     |   |                          |             | 138.854.072 | lt/hari |
| Kehilangan air (KA)               | 20% x (Qd + Qnd)                     |     |   |                          |             | 27.970.814  | lt/hari |
| Kebutuhan harian rata-rata (Qr)   | (Qd + Qnd + KA)                      |     |   |                          |             | 167.824.887 | lt/hari |
|                                   |                                      |     |   |                          |             | = 1.942     | lt/dt   |
| Kebutuhan harian maksimum (Qmaks) | Qrx1,15                              |     |   |                          |             | 192.998.620 | lt/hari |
|                                   |                                      |     |   |                          |             | = 2.234     | lt/dt   |
| Kebutuhan jam puncak              | Qrx1,5                               |     |   |                          |             | 251.737.330 | lt/hari |
|                                   |                                      |     |   |                          |             | = 2.914     | lt/dt   |

#### **4.4 Fluktuasi Pemakaian Air**

Untuk mengetahui pola pemakaian air di wilayah rencana maka dilakukan studi kasus fluktuasi pemakaian air di wilayah perencanaan. Dalam hal ini untuk pemakaian domestik dipakai pola pemakaian air di wilayah subzone 313 di Kecamatan Semampir karena menurut data BPS Surabaya wilayah tersebut terdapat banyak pemukiman dibanding industri. Sedangkan untuk pemakaian Industri dipakai pola pemakaian di wilayah subzone 314 di Kecamatan Kenjeran dikarenakan menurut data BPS wilayah tersebut terdapat beberapa industri kelas sedang dan industri kelas kecil. Pola pemakaian air di kedua wilayah tersebut diasumsikan mewakili sebagai pola pemakaian air di wilayah perencanaan. Semua data fluktuasi pemakaian tersebut didapat dari PDAM Surabaya sesuai dengan kondisi lapangan.

Analisa fluktuasi pemakaian air dapat dilihat pada tabel 4.9 (industri) dan 4.10 (pemukiman). Dan setelah diketahui debit pemakaiannya dihitung debit kebutuhannya (*Outflow*).

**Tabel 4.9 Perhitungan Koefisien Pemakaian Air di Kenjeran  
Wilayah Non Domestik (Industri)**

| Jam     | $\Delta T$                                    | Debit Pemakaian | Debit Rata-rata  | Koefisien Pemakaian |
|---------|---|-----------------|------------------|---------------------|
|         | menit   | l/dt            | l/dt             |                     |
| (1)     | (2) = (1 <sub>n</sub> ) - (1 <sub>n-1</sub> ) | (3)             | (4) = AVERAGE(3) | (5)=(3)/(4)         |
| 0:00:00 | 15  | 144,68          | 171,86           | 0,84                |
| 0:15:00 | 15  | 140,92          | 171,86           | 0,82                |
| 0:30:00 | 15  | 139,69          | 171,86           | 0,81                |
| 0:45:00 | 15  | 140,61          | 171,86           | 0,82                |
| 1:00:00 | 15  | 137,19          | 171,86           | 0,80                |
| 1:15:00 | 15  | 136,88          | 171,86           | 0,80                |
| 1:30:00 | 15  | 137,81          | 171,86           | 0,80                |
| 1:45:00 | 15  | 137,19          | 171,86           | 0,80                |
| 2:00:00 | 15  | 132,50          | 171,86           | 0,77                |
| 2:15:00 | 15  | 125,04          | 171,86           | 0,73                |
| 2:30:00 | 15  | 125,66          | 171,86           | 0,73                |
| 2:45:00 | 15  | 127,51          | 171,86           | 0,74                |
| 3:00:00 | 15  | 128,46          | 171,86           | 0,75                |
| 3:15:00 | 15  | 129,08          | 171,86           | 0,75                |
| 3:30:00 | 15  | 142,19          | 171,86           | 0,83                |
| 3:45:00 | 15  | 136,26          | 171,86           | 0,79                |
| 4:00:00 | 15  | 122,54          | 171,86           | 0,71                |
| 4:15:00 | 15  | 100,09          | 171,86           | 0,58                |
| 4:30:00 | 15  | 126,89          | 171,86           | 0,74                |
| 4:45:00 | 15  | 126,58          | 171,86           | 0,74                |
| 5:00:00 | 15  | 134,38          | 171,86           | 0,78                |
| 5:15:00 | 15  | 136,88          | 171,86           | 0,80                |
| 5:30:00 | 15  | 133,77          | 171,86           | 0,78                |
| 5:45:00 | 15  | 126,27          | 171,86           | 0,73                |
| 6:00:00 | 15  | 120,66          | 171,86           | 0,70                |
| 6:15:00 | 15  | 131,89          | 171,86           | 0,77                |
| 6:30:00 | 15  | 133,12          | 171,86           | 0,77                |
| 6:45:00 | 15  | 130,01          | 171,86           | 0,76                |
| 7:00:00 | 15  | 151,53          | 171,86           | 0,88                |
| 7:15:00 | 15  | 156,83          | 171,86           | 0,91                |
| 7:30:00 | 15  | 161,18          | 171,86           | 0,94                |
| 7:45:00 | 15  | 173,36          | 171,86           | 1,01                |
| 8:00:00 | 15  | 171,17          | 171,86           | 1,00                |

| Jam      | $\Delta T$                                    | Debit Pemakaian | Debit Rata-rata  | Koefisien Pemakaian |
|----------|---|-----------------|------------------|---------------------|
|          | menit   | l/dt            | l/dt             |                     |
| (1)      | (2) = (1 <sub>n</sub> ) - (1 <sub>n-1</sub> ) | (3)             | (4) = AVERAGE(3) | (5)=(3)/(4)         |
| 8:15:00  | 15  | 181,47          | 171,86           | 1,06                |
| 8:30:00  | 15  | 207,65          | 171,86           | 1,21                |
| 8:45:00  | 15  | 197,04          | 171,86           | 1,15                |
| 9:00:00  | 15  | 194,55          | 171,86           | 1,13                |
| 9:15:00  | 15  | 196,74          | 171,86           | 1,14                |
| 9:30:00  | 15  | 199,85          | 171,86           | 1,16                |
| 9:45:00  | 15  | 198,92          | 171,86           | 1,16                |
| 10:00:00 | 15  | 186,13          | 171,86           | 1,08                |
| 10:15:00 | 15  | 161,83          | 171,86           | 0,94                |
| 10:30:00 | 15  | 187,70          | 171,86           | 1,09                |
| 10:45:00 | 15  | 196,43          | 171,86           | 1,14                |
| 11:00:00 | 15  | 198,92          | 171,86           | 1,16                |
| 11:15:00 | 15  | 189,58          | 171,86           | 1,10                |
| 11:30:00 | 15  | 198,31          | 171,86           | 1,15                |
| 11:45:00 | 15  | 195,81          | 171,86           | 1,14                |
| 12:00:00 | 15  | 212,03          | 171,86           | 1,23                |
| 12:15:00 | 15  | 206,73          | 171,86           | 1,20                |
| 12:30:00 | 15  | 208,27          | 171,86           | 1,21                |
| 12:45:00 | 15  | 195,19          | 171,86           | 1,14                |
| 13:00:00 | 15  | 206,73          | 171,86           | 1,20                |
| 13:15:00 | 15  | 205,15          | 171,86           | 1,19                |
| 13:30:00 | 15  | 199,23          | 171,86           | 1,16                |
| 13:45:00 | 15  | 207,96          | 171,86           | 1,21                |
| 14:00:00 | 15  | 199,85          | 171,86           | 1,16                |
| 14:15:00 | 15  | 204,23          | 171,86           | 1,19                |
| 14:30:00 | 15  | 195,19          | 171,86           | 1,14                |
| 14:45:00 | 15  | 201,73          | 171,86           | 1,17                |
| 15:00:00 | 15  | 202,35          | 171,86           | 1,18                |
| 15:15:00 | 15  | 177,40          | 171,86           | 1,03                |
| 15:30:00 | 15  | 190,51          | 171,86           | 1,11                |
| 15:45:00 | 15  | 196,43          | 171,86           | 1,14                |
| 16:00:00 | 15  | 186,44          | 171,86           | 1,08                |
| 16:15:00 | 15  | 195,81          | 171,86           | 1,14                |
| 16:30:00 | 15  | 184,28          | 171,86           | 1,07                |
| 16:45:00 | 15  | 188,32          | 171,86           | 1,10                |

| Jam      | $\Delta T$                                    | Debit Pemakaian | Debit Rata-rata  | Koefisien Pemakaian |
|----------|---|-----------------|------------------|---------------------|
|          | menit   | l/dt            | l/dt             |                     |
| (1)      | (2) = (1 <sub>n</sub> ) - (1 <sub>n-1</sub> ) | (3)             | (4) = AVERAGE(3) | (5)=(3)/(4)         |
| 17:00:00 | 15  | 193,31          | 171,86           | 1,12                |
| 17:15:00 | 15  | 194,24          | 171,86           | 1,13                |
| 17:30:00 | 15  | 196,12          | 171,86           | 1,14                |
| 17:45:00 | 15  | 187,08          | 171,86           | 1,09                |
| 18:00:00 | 15  | 182,09          | 171,86           | 1,06                |
| 18:15:00 | 15  | 185,20          | 171,86           | 1,08                |
| 18:30:00 | 15  | 193,00          | 171,86           | 1,12                |
| 18:45:00 | 15  | 190,51          | 171,86           | 1,11                |
| 19:00:00 | 15  | 187,39          | 171,86           | 1,09                |
| 19:15:00 | 15  | 183,63          | 171,86           | 1,07                |
| 19:30:00 | 15  | 195,81          | 171,86           | 1,14                |
| 19:45:00 | 15  | 205,15          | 171,86           | 1,19                |
| 20:00:00 | 15  | 206,08          | 171,86           | 1,20                |
| 20:15:00 | 15  | 208,89          | 171,86           | 1,22                |
| 20:30:00 | 15  | 209,84          | 171,86           | 1,22                |
| 20:45:00 | 15  | 194,86          | 171,86           | 1,13                |
| 21:00:00 | 15  | 199,85          | 171,86           | 1,16                |
| 21:15:00 | 15  | 194,24          | 171,86           | 1,13                |
| 21:30:00 | 15  | 178,97          | 171,86           | 1,04                |
| 21:45:00 | 15  | 167,13          | 171,86           | 0,97                |
| 22:00:00 | 15  | 169,94          | 171,86           | 0,99                |
| 22:15:00 | 15  | 169,94          | 171,86           | 0,99                |
| 22:30:00 | 15  | 171,79          | 171,86           | 1,00                |
| 22:45:00 | 15  | 154,95          | 171,86           | 0,90                |
| 23:00:00 | 15  | 155,57          | 171,86           | 0,91                |
| 23:15:00 | 15  | 150,91          | 171,86           | 0,88                |
| 23:30:00 | 15  | 159,02          | 171,86           | 0,93                |
| 23:45:00 | 15  | 159,64          | 171,86           | 0,93                |
|          | Total =                                       | 16498,78        |                  |                     |



**Tabel 4.10 Perhitungan Koefisien Pemakaian Air di Semampir Wilayah Domestik(Pemukiman)**

| Jam     | $\Delta T$                                    | Debit Pemakaian | Debit Rata-rata  | koefisien Pemakaian |
|---------|---|-----------------|------------------|---------------------|
|         | menit   | l/dt            | l/dt             |                     |
| (1)     | (2) = (1 <sub>n</sub> ) - (1 <sub>n-1</sub> ) | (3)             | (4) = AVERAGE(3) | (5)=(3)/(4)         |
| 0:00:00 | 15  | 23,88           | 47,28            | 0,51                |
| 0:15:00 | 15  | 23,48           | 47,28            | 0,50                |
| 0:30:00 | 15  | 23,52           | 47,28            | 0,50                |
| 0:45:00 | 15  | 22,53           | 47,28            | 0,48                |
| 1:00:00 | 15  | 23,04           | 47,28            | 0,49                |
| 1:15:00 | 15  | 22,90           | 47,28            | 0,48                |
| 1:30:00 | 15  | 21,18           | 47,28            | 0,45                |
| 1:45:00 | 15  | 19,68           | 47,28            | 0,42                |
| 2:00:00 | 15  | 19,68           | 47,28            | 0,42                |
| 2:15:00 | 15  | 20,60           | 47,28            | 0,44                |
| 2:30:00 | 15  | 20,78           | 47,28            | 0,44                |
| 2:45:00 | 15  | 22,86           | 47,28            | 0,48                |
| 3:00:00 | 15  | 23,74           | 47,28            | 0,50                |
| 3:15:00 | 15  | 24,58           | 47,28            | 0,52                |
| 3:30:00 | 15  | 27,76           | 47,28            | 0,59                |
| 3:45:00 | 15  | 32,21           | 47,28            | 0,68                |
| 4:00:00 | 15  | 32,28           | 47,28            | 0,68                |
| 4:15:00 | 15  | 37,32           | 47,28            | 0,79                |
| 4:30:00 | 15  | 45,50           | 47,28            | 0,96                |
| 4:45:00 | 15  | 49,92           | 47,28            | 1,06                |
| 5:00:00 | 15  | 55,14           | 47,28            | 1,17                |
| 5:15:00 | 15  | 56,13           | 47,28            | 1,19                |
| 5:30:00 | 15  | 57,92           | 47,28            | 1,22                |
| 5:45:00 | 15  | 59,97           | 47,28            | 1,27                |
| 6:00:00 | 15  | 59,89           | 47,28            | 1,27                |
| 6:15:00 | 15  | 59,42           | 47,28            | 1,26                |
| 6:30:00 | 15  | 60,37           | 47,28            | 1,28                |
| 6:45:00 | 15  | 61,86           | 47,28            | 1,31                |
| 7:00:00 | 15  | 61,32           | 47,28            | 1,30                |
| 7:15:00 | 15  | 58,91           | 47,28            | 1,25                |
| 7:30:00 | 15  | 60,04           | 47,28            | 1,27                |
| 7:45:00 | 15  | 60,15           | 47,28            | 1,27                |

| Jam      | $\Delta T$                                    | Debit Pemakaian | Debit Rata-rata  | koefisien Pemakaian |
|----------|---|-----------------|------------------|---------------------|
|          | menit   | l/dt            | l/dt             |                     |
| (1)      | (2) = (1 <sub>n</sub> ) - (1 <sub>n-1</sub> ) | (3)             | (4) = AVERAGE(3) | (5) = (3)/(4)       |
| 8:00:00  | 15  | 59,86           | 47,28            | 1,27                |
| 8:15:00  | 15  | 60,00           | 47,28            | 1,27                |
| 8:30:00  | 15  | 59,42           | 47,28            | 1,26                |
| 8:45:00  | 15  | 57,41           | 47,28            | 1,21                |
| 9:00:00  | 15  | 58,80           | 47,28            | 1,24                |
| 9:15:00  | 15  | 56,90           | 47,28            | 1,20                |
| 9:30:00  | 15  | 55,84           | 47,28            | 1,18                |
| 9:45:00  | 15  | 55,95           | 47,28            | 1,18                |
| 10:00:00 | 15  | 59,60           | 47,28            | 1,26                |
| 10:15:00 | 15  | 59,31           | 47,28            | 1,25                |
| 10:30:00 | 15  | 57,12           | 47,28            | 1,21                |
| 10:45:00 | 15  | 55,04           | 47,28            | 1,16                |
| 11:00:00 | 15  | 56,64           | 47,28            | 1,20                |
| 11:15:00 | 15  | 53,57           | 47,28            | 1,13                |
| 11:30:00 | 15  | 54,01           | 47,28            | 1,14                |
| 11:45:00 | 15  | 51,86           | 47,28            | 1,10                |
| 12:00:00 | 15  | 52,55           | 47,28            | 1,11                |
| 12:15:00 | 15  | 51,02           | 47,28            | 1,08                |
| 12:30:00 | 15  | 50,32           | 47,28            | 1,06                |
| 12:45:00 | 15  | 50,76           | 47,28            | 1,07                |
| 13:00:00 | 15  | 51,16           | 47,28            | 1,08                |
| 13:15:00 | 15  | 50,65           | 47,28            | 1,07                |
| 13:30:00 | 15  | 51,60           | 47,28            | 1,09                |
| 13:45:00 | 15  | 51,86           | 47,28            | 1,10                |
| 14:00:00 | 15  | 50,98           | 47,28            | 1,08                |
| 14:15:00 | 15  | 51,53           | 47,28            | 1,09                |
| 14:30:00 | 15  | 53,32           | 47,28            | 1,13                |
| 14:45:00 | 15  | 51,09           | 47,28            | 1,08                |
| 15:00:00 | 15  | 53,68           | 47,28            | 1,14                |
| 15:15:00 | 15  | 57,70           | 47,28            | 1,22                |
| 15:30:00 | 15  | 56,50           | 47,28            | 1,19                |
| 15:45:00 | 15  | 56,93           | 47,28            | 1,20                |
| 16:00:00 | 15  | 58,18           | 47,28            | 1,23                |
| 16:15:00 | 15  | 55,95           | 47,28            | 1,18                |
| 16:30:00 | 15  | 58,43           | 47,28            | 1,24                |

| Jam      | $\Delta T$                                    | Debit Pemakaian | Debit Rata-rata  | Koefisien Pemakaian |
|----------|---|-----------------|------------------|---------------------|
|          | menit   | l/dt            | l/dt             |                     |
| (1)      | (2) = (1 <sub>n</sub> ) - (1 <sub>n-1</sub> ) | (3)             | (4) = AVERAGE(3) | (5) = (3)/(4)       |
| 16:45:00 | 15  | 58,87           | 47,28            | 1,25                |
| 17:00:00 | 15  | 61,13           | 47,28            | 1,29                |
| 17:15:00 | 15  | 59,27           | 47,28            | 1,25                |
| 17:30:00 | 15  | 59,16           | 47,28            | 1,25                |
| 17:45:00 | 15  | 58,21           | 47,28            | 1,23                |
| 18:00:00 | 15  | 57,08           | 47,28            | 1,21                |
| 18:15:00 | 15  | 56,35           | 47,28            | 1,19                |
| 18:30:00 | 15  | 54,56           | 47,28            | 1,15                |
| 18:45:00 | 15  | 54,34           | 47,28            | 1,15                |
| 19:00:00 | 15  | 53,25           | 47,28            | 1,13                |
| 19:15:00 | 15  | 52,19           | 47,28            | 1,10                |
| 19:30:00 | 15  | 49,78           | 47,28            | 1,05                |
| 19:45:00 | 15  | 48,32           | 47,28            | 1,02                |
| 20:00:00 | 15  | 47,15           | 47,28            | 1,00                |
| 20:15:00 | 15  | 46,96           | 47,28            | 0,99                |
| 20:30:00 | 15  | 45,72           | 47,28            | 0,97                |
| 20:45:00 | 15  | 47,37           | 47,28            | 1,00                |
| 21:00:00 | 15  | 44,85           | 47,28            | 0,95                |
| 21:15:00 | 15  | 46,16           | 47,28            | 0,98                |
| 21:30:00 | 15  | 42,51           | 47,28            | 0,90                |
| 21:45:00 | 15  | 41,71           | 47,28            | 0,88                |
| 22:00:00 | 15  | 43,42           | 47,28            | 0,92                |
| 22:15:00 | 15  | 39,40           | 47,28            | 0,83                |
| 22:30:00 | 15  | 39,00           | 47,28            | 0,82                |
| 22:45:00 | 15  | 35,50           | 47,28            | 0,75                |
| 23:00:00 | 15  | 35,72           | 47,28            | 0,76                |
| 23:15:00 | 15  | 31,41           | 47,28            | 0,66                |
| 23:30:00 | 15  | 27,79           | 47,28            | 0,59                |
| 23:45:00 | 15  | 28,05           | 47,28            | 0,59                |
|          | Total =                                       | 4539,33         |                  |                     |

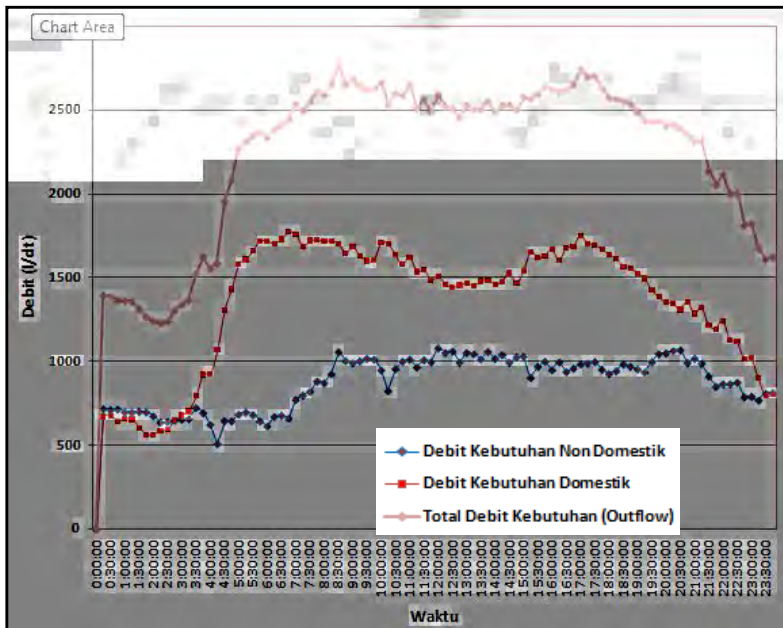
Dengan mengalikan debit kebutuhan air dengan koefisien pemakaian air, diharapkan hasil perhitungan debit kebutuhan air pelanggan akan mendekati keadaan lapangan. Perhitungannya sebagai berikut:

**Tabel 4.11 Total Debit Kebutuhan (Outflow)**

| Jam     | Debit Maksimum Rata-rata | Domestik (Pemukiman)         |                          | Non Domestik (Industri)          |                              | Total Debit Kebutuhan (Outflow) |
|---------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
|         |                          | koefisien Pemakaian Domestik | Debit Kebutuhan Domestik | koefisien Pemakaian Non Domestik | Debit Kebutuhan Non Domestik |                                 |
|         | lt/dt                    |                              | lt/dt                    |                                  | lt/dt                        | lt/dt                           |
| (1)     | (2)                      | (3)                          | (4)=(2)x(3)x0,61         | (5)                              | (6)=(2)x(5)x0,39             | (7)=(4)+(6)                     |
| 0:00:00 | 0                        | 0                            | 0                        | 0                                | 0                            | 0                               |
| 0:15:00 | 2.234                    | 0,50                         | 674,32                   | 0,82                             | 718,25                       | 1.392,57                        |
| 0:30:00 | 2.234                    | 0,50                         | 675,37                   | 0,81                             | 711,95                       | 1.387,32                        |
| 0:45:00 | 2.234                    | 0,48                         | 647,06                   | 0,82                             | 716,67                       | 1.363,73                        |
| 1:00:00 | 2.234                    | 0,49                         | 661,74                   | 0,80                             | 699,22                       | 1.360,96                        |
| 1:15:00 | 2.234                    | 0,48                         | 657,54                   | 0,80                             | 697,65                       | 1.355,19                        |
| 1:30:00 | 2.234                    | 0,45                         | 608,25                   | 0,80                             | 702,37                       | 1.310,62                        |
| 1:45:00 | 2.234                    | 0,42                         | 565,26                   | 0,80                             | 699,22                       | 1.264,48                        |
| 2:00:00 | 2.234                    | 0,42                         | 565,26                   | 0,77                             | 675,34                       | 1.240,60                        |
| 2:15:00 | 2.234                    | 0,44                         | 591,47                   | 0,73                             | 637,30                       | 1.228,77                        |
| 2:30:00 | 2.234                    | 0,44                         | 596,72                   | 0,73                             | 640,44                       | 1.237,16                        |
| 2:45:00 | 2.234                    | 0,48                         | 656,49                   | 0,74                             | 649,88                       | 1.306,38                        |
| 3:00:00 | 2.234                    | 0,50                         | 681,66                   | 0,75                             | 654,74                       | 1.336,41                        |
| 3:15:00 | 2.234                    | 0,52                         | 705,78                   | 0,75                             | 657,89                       | 1.363,68                        |
| 3:30:00 | 2.234                    | 0,59                         | 797,02                   | 0,83                             | 724,68                       | 1.521,70                        |
| 3:45:00 | 2.234                    | 0,68                         | 924,97                   | 0,79                             | 694,50                       | 1.619,47                        |
| 4:00:00 | 2.234                    | 0,68                         | 927,06                   | 0,71                             | 624,57                       | 1.551,63                        |
| 4:15:00 | 2.234                    | 0,79                         | 1071,79                  | 0,58                             | 510,15                       | 1.581,94                        |
| 4:30:00 | 2.234                    | 0,96                         | 1306,70                  | 0,74                             | 646,74                       | 1.953,43                        |
| 4:45:00 | 2.234                    | 1,06                         | 1433,59                  | 0,74                             | 645,16                       | 2.078,75                        |
| 5:00:00 | 2.234                    | 1,17                         | 1583,56                  | 0,78                             | 684,92                       | 2.268,48                        |
| 5:15:00 | 2.234                    | 1,19                         | 1611,87                  | 0,80                             | 697,65                       | 2.309,52                        |
| 5:30:00 | 2.234                    | 1,22                         | 1663,26                  | 0,78                             | 681,78                       | 2.345,03                        |
| 5:45:00 | 2.234                    | 1,27                         | 1721,99                  | 0,73                             | 643,59                       | 2.365,58                        |
| 6:00:00 | 2.234                    | 1,27                         | 1719,89                  | 0,70                             | 614,99                       | 2.334,88                        |
| 6:15:00 | 2.234                    | 1,26                         | 1706,26                  | 0,77                             | 672,19                       | 2.378,45                        |
| 6:30:00 | 2.234                    | 1,28                         | 1733,52                  | 0,77                             | 678,49                       | 2.412,01                        |
| 6:45:00 | 2.234                    | 1,31                         | 1776,52                  | 0,76                             | 662,61                       | 2.439,13                        |
| 7:00:00 | 2.234                    | 1,30                         | 1760,79                  | 0,88                             | 772,31                       | 2.533,10                        |
| 7:15:00 | 2.234                    | 1,25                         | 1691,57                  | 0,91                             | 799,34                       | 2.490,91                        |
| 7:30:00 | 2.234                    | 1,27                         | 1724,08                  | 0,94                             | 821,51                       | 2.545,59                        |
| 7:45:00 | 2.234                    | 1,27                         | 1727,23                  | 1,01                             | 883,58                       | 2.610,81                        |

| Jam      | Debit Maksimum Rata-rata | Domestik (Pemukiman)         |                          | Non Domestik (Industri)          |                              | Total Debit Kebutuhan (Outflow) |
|----------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
|          |                          | koefisien Pemakaian Domestik | Debit Kebutuhan Domestik | koefisien Pemakaian Non Domestik | Debit Kebutuhan Non Domestik |                                 |
|          | lt/dt                    |                              | lt/dt                    |                                  | lt/dt                        | lt/dt                           |
| (1)      | (2)                      | (3)                          | (4)=(2)x(3)x0,61         | (5)                              | (6)=(2)x(5)x0,39             | (7)=(4)+(6)                     |
| 8:00:00  | 2.234                    | 1,27                         | 1718,84                  | 1,00                             | 872,42                       | 2.591,26                        |
| 8:15:00  | 2.234                    | 1,27                         | 1723,04                  | 1,06                             | 924,91                       | 2.647,95                        |
| 8:30:00  | 2.234                    | 1,26                         | 1706,26                  | 1,21                             | 1058,35                      | 2.764,60                        |
| 8:45:00  | 2.234                    | 1,21                         | 1648,58                  | 1,15                             | 1004,29                      | 2.652,86                        |
| 9:00:00  | 2.234                    | 1,24                         | 1688,43                  | 1,13                             | 991,56                       | 2.679,98                        |
| 9:15:00  | 2.234                    | 1,20                         | 1633,90                  | 1,14                             | 1002,71                      | 2.636,61                        |
| 9:30:00  | 2.234                    | 1,18                         | 1603,48                  | 1,16                             | 1018,59                      | 2.622,07                        |
| 9:45:00  | 2.234                    | 1,18                         | 1606,63                  | 1,16                             | 1013,87                      | 2.620,50                        |
| 10:00:00 | 2.234                    | 1,26                         | 1711,50                  | 1,08                             | 948,65                       | 2.660,15                        |
| 10:15:00 | 2.234                    | 1,25                         | 1703,11                  | 0,94                             | 824,80                       | 2.527,91                        |
| 10:30:00 | 2.234                    | 1,21                         | 1640,19                  | 1,09                             | 956,66                       | 2.596,85                        |
| 10:45:00 | 2.234                    | 1,16                         | 1580,41                  | 1,14                             | 1001,14                      | 2.581,55                        |
| 11:00:00 | 2.234                    | 1,20                         | 1626,55                  | 1,16                             | 1013,87                      | 2.640,42                        |
| 11:15:00 | 2.234                    | 1,13                         | 1538,46                  | 1,10                             | 966,24                       | 2.504,70                        |
| 11:30:00 | 2.234                    | 1,14                         | 1551,05                  | 1,15                             | 1010,72                      | 2.561,77                        |
| 11:45:00 | 2.234                    | 1,10                         | 1489,17                  | 1,14                             | 997,99                       | 2.487,17                        |
| 12:00:00 | 2.234                    | 1,11                         | 1509,10                  | 1,23                             | 1080,66                      | 2.589,76                        |
| 12:15:00 | 2.234                    | 1,08                         | 1465,05                  | 1,20                             | 1053,63                      | 2.518,68                        |
| 12:30:00 | 2.234                    | 1,06                         | 1445,13                  | 1,21                             | 1061,49                      | 2.506,62                        |
| 12:45:00 | 2.234                    | 1,07                         | 1457,71                  | 1,14                             | 994,85                       | 2.452,56                        |
| 13:00:00 | 2.234                    | 1,08                         | 1469,25                  | 1,20                             | 1053,63                      | 2.522,87                        |
| 13:15:00 | 2.234                    | 1,07                         | 1454,57                  | 1,19                             | 1045,62                      | 2.500,18                        |
| 13:30:00 | 2.234                    | 1,09                         | 1481,83                  | 1,16                             | 1015,44                      | 2.497,27                        |
| 13:45:00 | 2.234                    | 1,10                         | 1489,17                  | 1,21                             | 1059,92                      | 2.549,09                        |
| 14:00:00 | 2.234                    | 1,08                         | 1464,00                  | 1,16                             | 1018,59                      | 2.482,59                        |
| 14:15:00 | 2.234                    | 1,09                         | 1479,73                  | 1,19                             | 1040,90                      | 2.520,63                        |
| 14:30:00 | 2.234                    | 1,13                         | 1531,12                  | 1,14                             | 994,85                       | 2.525,97                        |
| 14:45:00 | 2.234                    | 1,08                         | 1467,15                  | 1,17                             | 1028,17                      | 2.495,32                        |
| 15:00:00 | 2.234                    | 1,14                         | 1541,61                  | 1,18                             | 1031,32                      | 2.572,92                        |
| 15:15:00 | 2.234                    | 1,22                         | 1656,97                  | 1,03                             | 904,17                       | 2.561,14                        |
| 15:30:00 | 2.234                    | 1,19                         | 1622,36                  | 1,11                             | 970,96                       | 2.593,32                        |
| 15:45:00 | 2.234                    | 1,20                         | 1634,94                  | 1,14                             | 1001,14                      | 2.636,08                        |
| 16:00:00 | 2.234                    | 1,23                         | 1670,60                  | 1,08                             | 950,22                       | 2.620,82                        |

| Jam     | Debit<br>Maksimum<br>Rata-rata | Domestik (Pemukiman)               |                             | Non Domestik (Industri)                   |                                 | Total Debit<br>Kebutuhan<br>(Outflow) |
|---------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------------|
|         |                                | koefisien<br>Pemakaian<br>Domestik | Debit Kebutuhan<br>Domestik | koefisien<br>Pemakaian<br>Non<br>Domestik | Debit Kebutuhan<br>Non Domestik |                                       |
|         | lt/dt                          |                                    | lt/dt                       |   | lt/dt                           | lt/dt                                 |
| (1)     | (2)                            | (3)                                | (4)=(2)x(3)x0,61            | (5)                                       | (6)=(2)x(5)x0,39                | (7)=(4)+(6)                           |
| 16:15:0 | 2.234                          | 1,18                               | 1606,63                     | 1,14                                      | 997,99                          | 2.604,62                              |
| 16:30:0 | 2.234                          | 1,24                               | 1677,94                     | 1,07                                      | 939,21                          | 2.617,15                              |
| 16:45:0 | 2.234                          | 1,25                               | 1690,53                     | 1,10                                      | 959,81                          | 2.650,33                              |
| 17:00:0 | 2.234                          | 1,29                               | 1755,55                     | 1,12                                      | 985,26                          | 2.740,81                              |
| 17:15:0 | 2.234                          | 1,25                               | 1702,06                     | 1,13                                      | 989,98                          | 2.692,05                              |
| 17:30:0 | 2.234                          | 1,25                               | 1698,92                     | 1,14                                      | 999,57                          | 2.698,48                              |
| 17:45:0 | 2.234                          | 1,23                               | 1671,65                     | 1,09                                      | 953,51                          | 2.625,16                              |
| 18:00:0 | 2.234                          | 1,21                               | 1639,14                     | 1,06                                      | 928,06                          | 2.567,19                              |
| 18:15:0 | 2.234                          | 1,19                               | 1618,16                     | 1,08                                      | 943,93                          | 2.562,10                              |
| 18:30:0 | 2.234                          | 1,15                               | 1566,78                     | 1,12                                      | 983,69                          | 2.550,47                              |
| 18:45:0 | 2.234                          | 1,15                               | 1560,49                     | 1,11                                      | 970,96                          | 2.531,45                              |
| 19:00:0 | 2.234                          | 1,13                               | 1529,02                     | 1,09                                      | 955,09                          | 2.484,11                              |
| 19:15:0 | 2.234                          | 1,10                               | 1498,61                     | 1,07                                      | 935,92                          | 2.434,53                              |
| 19:30:0 | 2.234                          | 1,05                               | 1429,40                     | 1,14                                      | 997,99                          | 2.427,39                              |
| 19:45:0 | 2.234                          | 1,02                               | 1387,45                     | 1,19                                      | 1045,62                         | 2.433,07                              |
| 20:00:0 | 2.234                          | 1,00                               | 1353,89                     | 1,20                                      | 1050,34                         | 2.404,23                              |
| 20:15:0 | 2.234                          | 0,99                               | 1348,65                     | 1,22                                      | 1064,64                         | 2.413,28                              |
| 20:30:0 | 2.234                          | 0,97                               | 1312,99                     | 1,22                                      | 1069,50                         | 2.382,49                              |
| 20:45:0 | 2.234                          | 1,00                               | 1360,18                     | 1,13                                      | 993,13                          | 2.353,31                              |
| 21:00:0 | 2.234                          | 0,95                               | 1287,82                     | 1,16                                      | 1018,59                         | 2.306,41                              |
| 21:15:0 | 2.234                          | 0,98                               | 1325,57                     | 1,13                                      | 989,98                          | 2.315,56                              |
| 21:30:0 | 2.234                          | 0,90                               | 1220,70                     | 1,04                                      | 912,18                          | 2.132,88                              |
| 21:45:0 | 2.234                          | 0,88                               | 1197,63                     | 0,97                                      | 851,83                          | 2.049,46                              |
| 22:00:0 | 2.234                          | 0,92                               | 1246,92                     | 0,99                                      | 866,13                          | 2.113,05                              |
| 22:15:0 | 2.234                          | 0,83                               | 1131,56                     | 0,99                                      | 866,13                          | 1.997,69                              |
| 22:30:0 | 2.234                          | 0,82                               | 1120,03                     | 1,00                                      | 875,57                          | 1.995,59                              |
| 22:45:0 | 2.234                          | 0,75                               | 1019,35                     | 0,90                                      | 789,76                          | 1.809,10                              |
| 23:00:0 | 2.234                          | 0,76                               | 1025,64                     | 0,91                                      | 792,90                          | 1.818,54                              |
| 23:15:0 | 2.234                          | 0,66                               | 901,89                      | 0,88                                      | 769,16                          | 1.671,05                              |
| 23:30:0 | 2.234                          | 0,59                               | 798,07                      | 0,93                                      | 810,49                          | 1.608,56                              |
| 23:45:0 | 2.234                          | 0,59                               | 805,41                      | 0,93                                      | 813,64                          | 1.619,05                              |
|         |                                |                                    |                             |   | Total                           | 213.019,64                            |



**Gambar 4.4** Grafik Fluktuasi Pemakaian Air

Dari perhitungan diplotkan menjadi grafik sehingga dapat dilihat pada gambar 4.4 di atas. Pada grafik terlihat perbedaan penggunaan air pada jam tertentu mengalami fluktuasi.

#### 4.5 Volume Reservoir

Mencari volume *reservoir* yang akan dibuat dilakukan dengan 2 cara. Perhitungan yang pertama dengan cara pengoperasian (tabel 4.12) lalu dibuat diagramnya (gambar 4.5).

**Tabel 4.12**Perhitungan Volume dengan Cara Pengoperasian

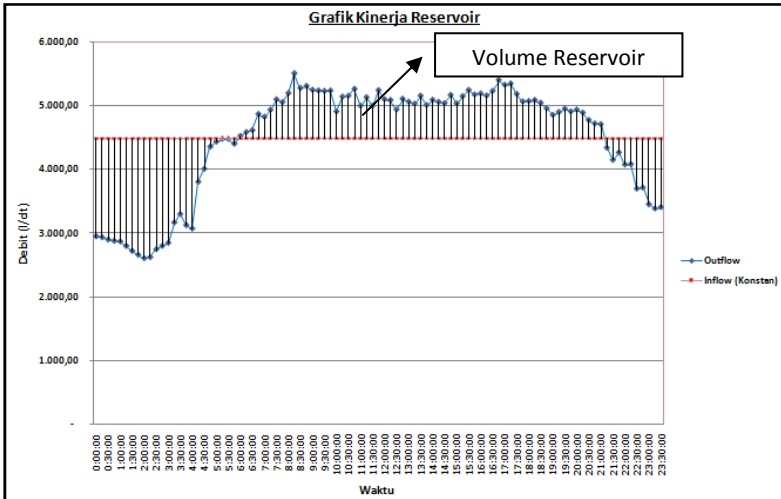
| Jam     | Debit     |                | Kekurangan Debit |                                    |
|---------|-----------|----------------|------------------|------------------------------------|
|         | Kebutuhan | Pompa          | It/dt            | Volume Reservoir (m <sup>3</sup> ) |
| (1)     | (2)       | (3)=AVERAGE(2) | (4)=(2)-(3)      | (5)=(4)*(15*60/1000)               |
| 0:00:00 | 0         | 0              | 0                | 0,00                               |
| 0:15:00 | 1392,57   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 0:30:00 | 1387,32   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 0:45:00 | 1363,73   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 1:00:00 | 1360,96   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 1:15:00 | 1355,19   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 1:30:00 | 1310,62   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 1:45:00 | 1264,48   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 2:00:00 | 1240,60   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 2:15:00 | 1228,77   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 2:30:00 | 1237,16   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 2:45:00 | 1306,38   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 3:00:00 | 1336,41   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 3:15:00 | 1363,68   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 3:30:00 | 1521,70   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 3:45:00 | 1619,47   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 4:00:00 | 1551,63   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 4:15:00 | 1581,94   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 4:30:00 | 1953,43   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 4:45:00 | 2078,75   | 2242,31        | 0,00             | 0,00                               |
| 5:00:00 | 2268,48   | 2242,31        | 26,17            | 23,55                              |
| 5:15:00 | 2309,52   | 2242,31        | 67,21            | 60,49                              |
| 5:30:00 | 2345,03   | 2242,31        | 102,72           | 92,45                              |
| 5:45:00 | 2365,58   | 2242,31        | 123,26           | 110,94                             |
| 6:00:00 | 2334,88   | 2242,31        | 92,56            | 83,31                              |
| 6:15:00 | 2378,45   | 2242,31        | 136,14           | 122,52                             |
| 6:30:00 | 2412,01   | 2242,31        | 169,70           | 152,73                             |
| 6:45:00 | 2439,13   | 2242,31        | 196,82           | 177,14                             |
| 7:00:00 | 2533,10   | 2242,31        | 290,78           | 261,71                             |



| Jam      | Debit     |                | Kekurangan Debit |                                    |
|----------|-----------|----------------|------------------|------------------------------------|
|          | Kebutuhan | Pompa          |                  |                                    |
|          | lt/dt     | lt/dt          | lt/dt            | Volume Reservoir (m <sup>3</sup> ) |
| (1)      | (2)       | (3)=AVERAGE(2) | (4)=(2)-(3)      | (5)=(4)*(15*60/1000)               |
| 7:15:00  | 2490,91   | 2242,31        | 248,60           | 223,74                             |
| 7:30:00  | 2545,59   | 2242,31        | 303,28           | 272,95                             |
| 7:45:00  | 2610,81   | 2242,31        | 368,50           | 331,65                             |
| 8:00:00  | 2591,26   | 2242,31        | 348,95           | 314,06                             |
| 8:15:00  | 2647,95   | 2242,31        | 405,63           | 365,07                             |
| 8:30:00  | 2764,60   | 2242,31        | 522,29           | 470,06                             |
| 8:45:00  | 2652,86   | 2242,31        | 410,55           | 369,50                             |
| 9:00:00  | 2679,98   | 2242,31        | 437,67           | 393,91                             |
| 9:15:00  | 2636,61   | 2242,31        | 394,30           | 354,87                             |
| 9:30:00  | 2622,07   | 2242,31        | 379,76           | 341,78                             |
| 9:45:00  | 2620,50   | 2242,31        | 378,18           | 340,37                             |
| 10:00:00 | 2660,15   | 2242,31        | 417,84           | 376,05                             |
| 10:15:00 | 2527,91   | 2242,31        | 285,59           | 257,03                             |
| 10:30:00 | 2596,85   | 2242,31        | 354,54           | 319,08                             |
| 10:45:00 | 2581,55   | 2242,31        | 339,24           | 305,31                             |
| 11:00:00 | 2640,42   | 2242,31        | 398,11           | 358,30                             |
| 11:15:00 | 2504,70   | 2242,31        | 262,39           | 236,15                             |
| 11:30:00 | 2561,77   | 2242,31        | 319,46           | 287,51                             |
| 11:45:00 | 2487,17   | 2242,31        | 244,85           | 220,37                             |
| 12:00:00 | 2589,76   | 2242,31        | 347,44           | 312,70                             |
| 12:15:00 | 2518,68   | 2242,31        | 276,37           | 248,73                             |
| 12:30:00 | 2506,62   | 2242,31        | 264,31           | 237,88                             |
| 12:45:00 | 2452,56   | 2242,31        | 210,25           | 189,22                             |
| 13:00:00 | 2522,87   | 2242,31        | 280,56           | 252,51                             |
| 13:15:00 | 2500,18   | 2242,31        | 257,87           | 232,08                             |
| 13:30:00 | 2497,27   | 2242,31        | 254,96           | 229,46                             |
| 13:45:00 | 2549,09   | 2242,31        | 306,78           | 276,10                             |
| 14:00:00 | 2482,59   | 2242,31        | 240,28           | 216,25                             |
| 14:15:00 | 2520,63   | 2242,31        | 278,32           | 250,49                             |
| 14:30:00 | 2525,97   | 2242,31        | 283,66           | 255,29                             |
| 14:45:00 | 2495,32   | 2242,31        | 253,01           | 227,71                             |
| 15:00:00 | 2572,92   | 2242,31        | 330,61           | 297,55                             |
| 15:15:00 | 2561,14   | 2242,31        | 318,83           | 286,94                             |
| 15:30:00 | 2593,32   | 2242,31        | 351,01           | 315,91                             |
| 15:45:00 | 2636,08   | 2242,31        | 393,77           | 354,39                             |

| Jam            | Debit     |                    | Kekurangan Debit |                                    |
|----------------|-----------|--------------------|------------------|------------------------------------|
|                | Kebutuhan | Pompa              | lt/dt            | Volume Reservoir (m <sup>3</sup> ) |
| (1)            | lt/dt     | lt/dt              | (4)=(2)-(3)      | (5)=(4)*(15*60/1000)               |
| (3)=AVERAGE(2) | (2)       | (3)                | (4)              | (5)                                |
| 16:00:00       | 2620,82   | 2242,31            | 378,51           | 340,66                             |
| 16:15:00       | 2604,62   | 2242,31            | 362,31           | 326,08                             |
| 16:30:00       | 2617,15   | 2242,31            | 374,84           | 337,36                             |
| 16:45:00       | 2650,33   | 2242,31            | 408,02           | 367,22                             |
| 17:00:00       | 2740,81   | 2242,31            | 498,50           | 448,65                             |
| 17:15:00       | 2692,05   | 2242,31            | 449,73           | 404,76                             |
| 17:30:00       | 2698,48   | 2242,31            | 456,17           | 410,55                             |
| 17:45:00       | 2625,16   | 2242,31            | 382,85           | 344,57                             |
| 18:00:00       | 2567,19   | 2242,31            | 324,88           | 292,39                             |
| 18:15:00       | 2562,10   | 2242,31            | 319,78           | 287,81                             |
| 18:30:00       | 2550,47   | 2242,31            | 308,16           | 277,34                             |
| 18:45:00       | 2531,45   | 2242,31            | 289,14           | 260,22                             |
| 19:00:00       | 2484,11   | 2242,31            | 241,80           | 217,62                             |
| 19:15:00       | 2434,53   | 2242,31            | 192,22           | 173,00                             |
| 19:30:00       | 2427,39   | 2242,31            | 185,08           | 166,57                             |
| 19:45:00       | 2433,07   | 2242,31            | 190,75           | 171,68                             |
| 20:00:00       | 2404,23   | 2242,31            | 161,91           | 145,72                             |
| 20:15:00       | 2413,28   | 2242,31            | 170,97           | 153,88                             |
| 20:30:00       | 2382,49   | 2242,31            | 140,18           | 126,16                             |
| 20:45:00       | 2353,31   | 2242,31            | 111,00           | 99,90                              |
| 21:00:00       | 2306,41   | 2242,31            | 64,10            | 57,69                              |
| 21:15:00       | 2315,56   | 2242,31            | 73,24            | 65,92                              |
| 21:30:00       | 2132,88   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 21:45:00       | 2049,46   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 22:00:00       | 2113,05   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 22:15:00       | 1997,69   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 22:30:00       | 1995,59   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 22:45:00       | 1809,10   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 23:00:00       | 1818,54   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 23:15:00       | 1671,05   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 23:30:00       | 1608,56   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
| 23:45:00       | 1619,05   | 2242,31            | 0,00             | 0,00                               |
|                | 213019,64 | Volume Reservoir = |                  | 16881,54                           |

Hasil dari perhitungan tabel di atas dibuat diagram sebagai berikut:



**Gambar 4.5 Diagram Volume Reservoir Cara Pengoperasian**

Perhitungan volume yang kedua dengan cara lengkung “S”. Tabel perhitungan cara kedua bisa dilihat tabel 4.13.

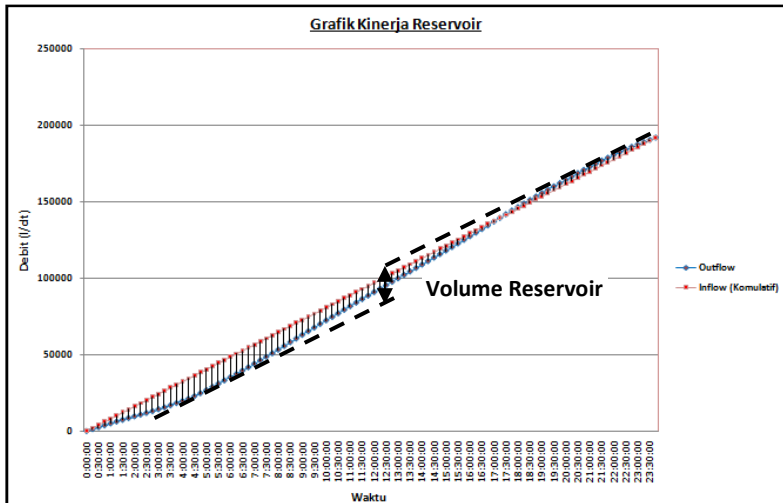
**Tabel 4.13 Perhitungan Volume dengan cara lengkung “S”.**

| Jam     | Debit     |                | Debit Kumulatif |                      |                      |
|---------|-----------|----------------|-----------------|----------------------|----------------------|
|         | Kebutuhan | Pompa          | Kebutuhan       | Pompa                | Selisih              |
|         | lt/dt     | lt/dt          | m3              | m3                   | m3                   |
| (1)     | (2)       | (3)=AVERAGE(2) | (4)=(2)-(3)     | (5)=(4)*(15*60/1000) | (5)=(4)*(15*60/1000) |
| 0:00:00 | 0         | 0              | 0               | 0                    | 0,00                 |
| 0:15:00 | 1392,57   | 2242,31        | 1253            | 2018                 | 764,77               |
| 0:30:00 | 1387,32   | 2242,31        | 2502            | 4036                 | 1534,26              |
| 0:45:00 | 1363,73   | 2242,31        | 3729            | 6054                 | 2324,98              |
| 1:00:00 | 1360,96   | 2242,31        | 4954            | 8072                 | 3118,20              |
| 1:15:00 | 1355,19   | 2242,31        | 6174            | 10090                | 3916,60              |
| 1:30:00 | 1310,62   | 2242,31        | 7353            | 12108                | 4755,12              |
| 1:45:00 | 1264,48   | 2242,31        | 8491            | 14127                | 5635,17              |
| 2:00:00 | 1240,60   | 2242,31        | 9608            | 16145                | 6536,72              |
| 2:15:00 | 1228,77   | 2242,31        | 10714           | 18163                | 7448,90              |
| 2:30:00 | 1237,16   | 2242,31        | 11827           | 20181                | 8353,54              |
| 2:45:00 | 1306,38   | 2242,31        | 13003           | 22199                | 9195,88              |
| 3:00:00 | 1336,41   | 2242,31        | 14206           | 24217                | 10011,20             |
| 3:15:00 | 1363,68   | 2242,31        | 15433           | 26235                | 10801,97             |
| 3:30:00 | 1521,70   | 2242,31        | 16803           | 28253                | 11450,52             |
| 3:45:00 | 1619,47   | 2242,31        | 18260           | 30271                | 12011,07             |
| 4:00:00 | 1551,63   | 2242,31        | 19657           | 32289                | 12632,69             |
| 4:15:00 | 1581,94   | 2242,31        | 21080           | 34307                | 13227,03             |
| 4:30:00 | 1953,43   | 2242,31        | 22838           | 36325                | 13487,02             |
| 4:45:00 | 2078,75   | 2242,31        | 24709           | 38344                | 13634,22             |
| 5:00:00 | 2268,48   | 2242,31        | 26751           | 40362                | 13610,67             |
| 5:15:00 | 2309,52   | 2242,31        | 28830           | 42380                | 13550,18             |
| 5:30:00 | 2345,03   | 2242,31        | 30940           | 44398                | 13457,73             |
| 5:45:00 | 2365,58   | 2242,31        | 33069           | 46416                | 13346,79             |
| 6:00:00 | 2334,88   | 2242,31        | 35170           | 48434                | 13263,48             |
| 6:15:00 | 2378,45   | 2242,31        | 37311           | 50452                | 13140,96             |
| 6:30:00 | 2412,01   | 2242,31        | 39482           | 52470                | 12988,23             |
| 6:45:00 | 2439,13   | 2242,31        | 41677           | 54488                | 12811,09             |
| 7:00:00 | 2533,10   | 2242,31        | 43957           | 56506                | 12549,39             |
| 7:15:00 | 2490,91   | 2242,31        | 46199           | 58524                | 12325,65             |
| 7:30:00 | 2545,59   | 2242,31        | 48490           | 60542                | 12052,70             |

| Jam      | Debit     |                | Debit Kumulatif |                      |                      |
|----------|-----------|----------------|-----------------|----------------------|----------------------|
|          | Kebutuhan | Pompa          | Kebutuhan       | Pompa                | Selisih              |
|          | lt/dt     | lt/dt          | m3              | m3                   | m3                   |
| (1)      | (2)       | (3)=AVERAGE(2) | (4)=(2)-(3)     | (5)=(4)*(15*60/1000) | (5)=(4)*(15*60/1000) |
| 7:45:00  | 2610,81   | 2242,31        | 50839           | 62561                | 11721,05             |
| 8:00:00  | 2591,26   | 2242,31        | 53172           | 64579                | 11407,00             |
| 8:15:00  | 2647,95   | 2242,31        | 55555           | 66597                | 11041,93             |
| 8:30:00  | 2764,60   | 2242,31        | 58043           | 68615                | 10571,86             |
| 8:45:00  | 2652,86   | 2242,31        | 60430           | 70633                | 10202,37             |
| 9:00:00  | 2679,98   | 2242,31        | 62842           | 72651                | 9808,46              |
| 9:15:00  | 2636,61   | 2242,31        | 65215           | 74669                | 9453,60              |
| 9:30:00  | 2622,07   | 2242,31        | 67575           | 76687                | 9111,82              |
| 9:45:00  | 2620,50   | 2242,31        | 69934           | 78705                | 8771,45              |
| 10:00:00 | 2660,15   | 2242,31        | 72328           | 80723                | 8395,39              |
| 10:15:00 | 2527,91   | 2242,31        | 74603           | 82741                | 8138,36              |
| 10:30:00 | 2596,85   | 2242,31        | 76940           | 84759                | 7819,28              |
| 10:45:00 | 2581,55   | 2242,31        | 79264           | 86777                | 7513,96              |
| 11:00:00 | 2640,42   | 2242,31        | 81640           | 88796                | 7155,67              |
| 11:15:00 | 2504,70   | 2242,31        | 83894           | 90814                | 6919,51              |
| 11:30:00 | 2561,77   | 2242,31        | 86200           | 92832                | 6632,00              |
| 11:45:00 | 2487,17   | 2242,31        | 88438           | 94850                | 6411,63              |
| 12:00:00 | 2589,76   | 2242,31        | 90769           | 96868                | 6098,93              |
| 12:15:00 | 2518,68   | 2242,31        | 93036           | 98886                | 5850,20              |
| 12:30:00 | 2506,62   | 2242,31        | 95292           | 100904               | 5612,33              |
| 12:45:00 | 2452,56   | 2242,31        | 97499           | 102922               | 5423,10              |
| 13:00:00 | 2522,87   | 2242,31        | 99770           | 104940               | 5170,60              |
| 13:15:00 | 2500,18   | 2242,31        | 102020          | 106958               | 4938,51              |
| 13:30:00 | 2497,27   | 2242,31        | 104267          | 108976               | 4709,05              |
| 13:45:00 | 2549,09   | 2242,31        | 106561          | 110994               | 4432,95              |
| 14:00:00 | 2482,59   | 2242,31        | 108796          | 113013               | 4216,70              |
| 14:15:00 | 2520,63   | 2242,31        | 111064          | 115031               | 3966,21              |
| 14:30:00 | 2525,97   | 2242,31        | 113338          | 117049               | 3710,92              |
| 14:45:00 | 2495,32   | 2242,31        | 115584          | 119067               | 3483,21              |
| 15:00:00 | 2572,92   | 2242,31        | 117899          | 121085               | 3185,66              |
| 15:15:00 | 2561,14   | 2242,31        | 120204          | 123103               | 2898,71              |
| 15:30:00 | 2593,32   | 2242,31        | 122538          | 125121               | 2582,81              |
| 15:45:00 | 2636,08   | 2242,31        | 124911          | 127139               | 2228,41              |
| 16:00:00 | 2620,82   | 2242,31        | 127269          | 129157               | 1887,75              |
| 16:15:00 | 2604,62   | 2242,31        | 129614          | 131175               | 1561,67              |

| Jam   | Debit     |                | Debit Kumulatif |                      |                      |
|---|-----------|----------------|-----------------|----------------------|----------------------|
|   | Kebutuhan | Pompa          | Kebutuhan       | Pompa                | Selisih              |
|   | lt/dt     | lt/dt          | m3              | m3                   | m3                   |
| (1)   | (2)       | (3)=AVERAGE(2) | (4)=(2)-(3)     | (5)=(4)*(15*60/1000) | (5)=(4)*(15*60/1000) |
| 16:30:00  | 2617,15   | 2242,31        | 131969          | 133193               | 1224,32              |
| 16:45:00  | 2650,33   | 2242,31        | 134354          | 135211               | 857,10               |
| 17:00:00  | 2740,81   | 2242,31        | 136821          | 137229               | 408,45               |
| 17:15:00  | 2692,05   | 2242,31        | 139244          | 139248               | 3,69                 |
| 17:30:00  | 2698,48   | 2242,31        | 141673          | 141266               | -406,86              |
| 17:45:00  | 2625,16   | 2242,31        | 144035          | 143284               | -751,43              |
| 18:00:00  | 2567,19   | 2242,31        | 146346          | 145302               | -1043,82             |
| 18:15:00  | 2562,10   | 2242,31        | 148652          | 147320               | -1331,63             |
| 18:30:00  | 2550,47   | 2242,31        | 150947          | 149338               | -1608,97             |
| 18:45:00  | 2531,45   | 2242,31        | 153225          | 151356               | -1869,19             |
| 19:00:00  | 2484,11   | 2242,31        | 155461          | 153374               | -2086,81             |
| 19:15:00  | 2434,53   | 2242,31        | 157652          | 155392               | -2259,81             |
| 19:30:00  | 2427,39   | 2242,31        | 159837          | 157410               | -2426,37             |
| 19:45:00  | 2433,07   | 2242,31        | 162026          | 159428               | -2598,05             |
| 20:00:00  | 2404,23   | 2242,31        | 164190          | 161446               | -2743,78             |
| 20:15:00  | 2413,28   | 2242,31        | 166362          | 163465               | -2897,65             |
| 20:30:00  | 2382,49   | 2242,31        | 168506          | 165483               | -3023,81             |
| 20:45:00  | 2353,31   | 2242,31        | 170624          | 167501               | -3123,71             |
| 21:00:00  | 2306,41   | 2242,31        | 172700          | 169519               | -3181,40             |
| 21:15:00  | 2315,56   | 2242,31        | 174784          | 171537               | -3247,32             |
| 21:30:00  | 2132,88   | 2242,31        | 176704          | 173555               | -3148,83             |
| 21:45:00  | 2049,46   | 2242,31        | 178548          | 175573               | -2975,26             |
| 22:00:00  | 2113,05   | 2242,31        | 180450          | 177591               | -2858,92             |
| 22:15:00  | 1997,69   | 2242,31        | 182248          | 179609               | -2638,76             |
| 22:30:00  | 1995,59   | 2242,31        | 184044          | 181627               | -2416,72             |
| 22:45:00  | 1809,10   | 2242,31        | 185672          | 183645               | -2026,83             |
| 23:00:00  | 1818,54   | 2242,31        | 187309          | 185663               | -1645,44             |
| 23:15:00  | 1671,05   | 2242,31        | 188813          | 187682               | -1131,31             |
| 23:30:00  | 1608,56   | 2242,31        | 190261          | 189700               | -560,93              |
| 23:45:00  | 1619,05   | 2242,31        | 191718          | 191718               | 0,00                 |
| Volume Reservoir yang diperlukan (m3) = selisih maksimum - (-selisih minimum) |           |                |                 |                      | 16881,54             |

Bila dibuat diagramnya menjadi diagram pada gambar 4.6 berikut ini:



**Gambar 4.6 Diagram Volume Reservoir Cara Lengkung “S”**

Menurut cara ini, volume *reservoir* dihitung dari selisih maksimum - (- selisih minimum).

Menurut hasil perhitungan dari kedua cara, kapasitas *reservoir* didapatkan sebesar  $16.881,54 \text{ m}^3$  sehingga akan direncanakan *reservoir* dengan kapasitas direncanakan menjadi  $18.000 \text{ m}^3$ .

#### 4.6 Perhitungan Kebutuhan Pompa

Jumlah pompa distribusi yang digunakan dalam menyalurkan ke pelanggan di pipa transmisi diatur dalam Permen PU No. 18/PRT/M/2007 (tabel 4.14).

**Tabel 4.14 Jumlah dan Debit Pompa pada Sistem Transmisi Air Minum**

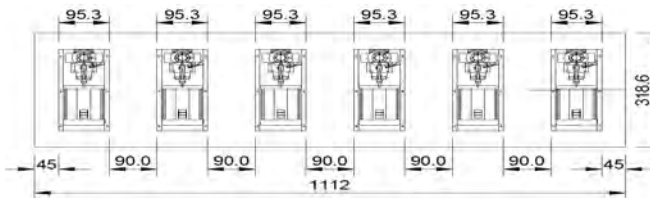
| Debit (m <sup>3</sup> /hari) | Jumlah Pompa     | Total Unit   |
|------------------------------|------------------|--------------|
| Sampai 2.800                 | 1 (1)            | 2            |
| 2.500 s/d 10.000             | 2 (1)            | 3            |
| Lebih dari 90.000            | Lebih dari 3 (1) | Lebih dari 4 |

(Sumber: Permen PU No. 18/PRT/M/2007)

Pompa yang akan digunakan adalah salah satu pompa yang sering digunakan oleh pihak PDAM Surabaya dengan spesifikasi produk 10AEF 16-1-1/7-P-M-MA-R (terlampir), *flow* pompa sebesar 474,6 lt/dt. Dengan debit pompa yang direncanakan sebesar 2242,31 lt/dt atau Debit yang keluar lebih dari 90.000 m<sup>3</sup>/hari, maka jumlah pompa yang digunakan adalah 6 buah secara paralel, dengan pola 5 operasi dan 1 cadangan.

$$n = \frac{2242,31}{474,6} = 4,7 \sim \mathbf{5 \text{ buah}}$$

Perencanaan perletakan mesinnya dikonfigurasi pada gambar 4.7 berikut.

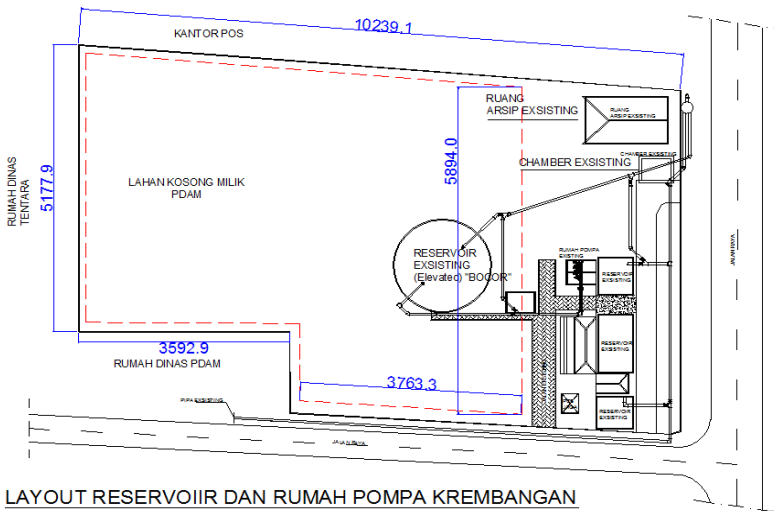


**Gambar 4.7 Konfigurasi Pompa**



#### 4.7 Desain *Reservoir*

Dimensi *reservoir* yang akan direncanakan nantinya mengacu pada lahan yang tersedia di Rumah Pompa Krembangan. Lahan yang tersedia dapat dilihat pada gambar 4.8.

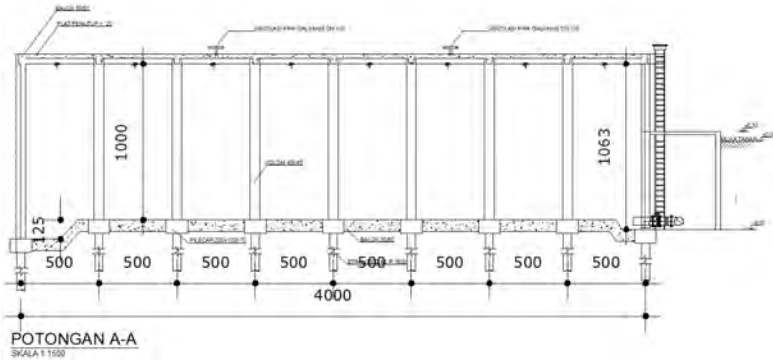


**Gambar 4.8 Layout Rumah Pompa Krembangan  
(Sumber: PDAM Surabaya, 2015)**

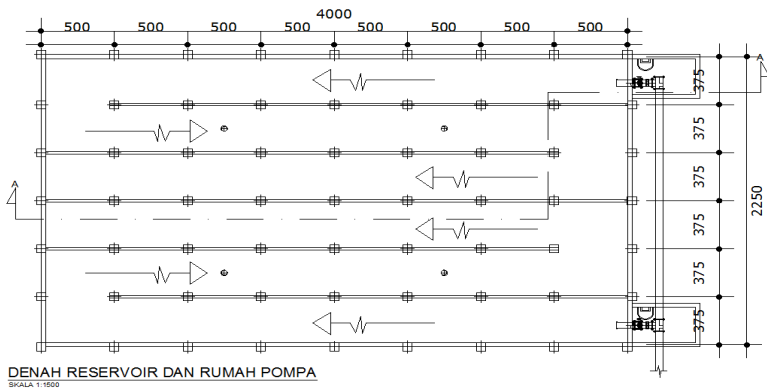
Dikarenakan lahan yang kosong cukup luas dan dengan hasil perhitungan terhitung kapasitas *reservoir* sebesar  $\pm 18000 \text{ m}^3$ , maka direncanakan dimensi *reservoir* panjang 40 m, lebar 22,25 m, dengan kedalaman 5 m ke dalam tanah ditambah 5 m di atas permukaan tanah ( $h = 10 \text{ m}$ ) sebanyak 2 buah *reservoir*.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{reservoir} \text{ baru} &= (p \times l \times t) \text{ 2 buah} \\
 &= (40 \times 22,25 \times 10) \times 2 \\
 &= 18.000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

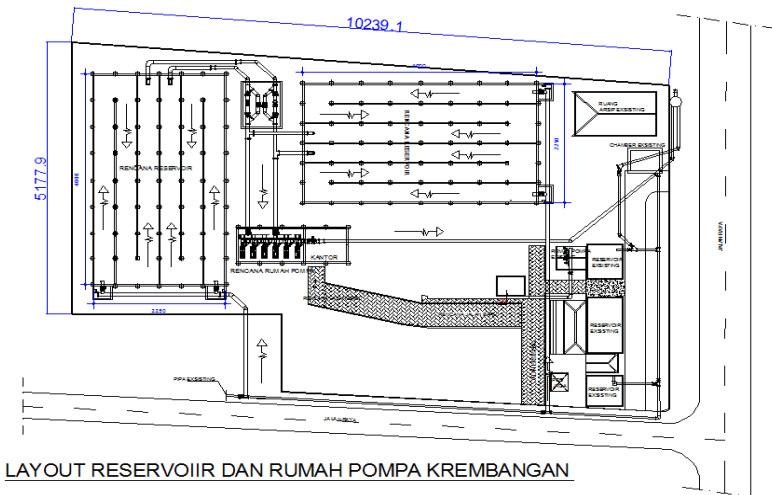
Desain dapat dilihat pada Gambar 4.9 & Gambar 4.10. Sehingga pada lapangan tidak melebihi lahan yang ada dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.9 Tampak Samping**



**Gambar 4.10 Tampak Atas**



**Gambar 4.11 Denah Tatak Letak *Reservoir* Baru**

*Reservoir elevated* di tengah pada gambar sebelumnya merupakan *reservoir* yang bocor dan sekarang tidak digunakan. Sehingga pada perencanaan ini *reservoir* tersebut di bongkar untuk menambah lahan supaya kapasitas terpenuhi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

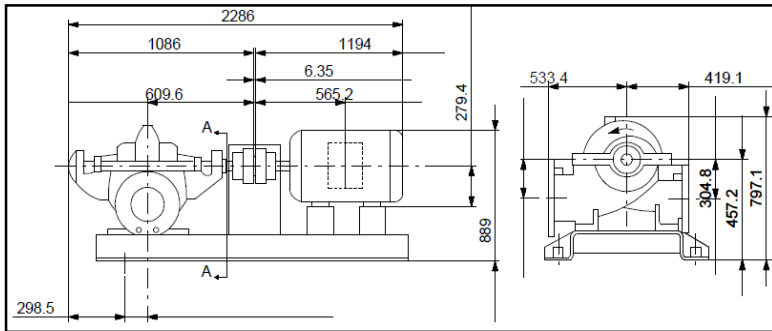
## BAB V

### PERENCANAAN PONDASI DINAMIS POMPA

#### 5.1 Data Perencanaan

##### 5.1.1 Data Pompa yang Digunakan

Pondasi beban dinamis yang direncanakan merupakan hasil beban dinamis dari pompa di atasnya. Pompa yang digunakan sesuai yang telah direncanakan pada Bab IV yaitu Pompa Grundfos 98899535\_10AEF16\_-1-17-P-M-MA-R 60 Hz (spesifikasi terlampir). Spesifikasi dari pompa tersebut sebagai berikut (Gambar 5.1):



**Gambar 5.1 Dimensi Pompa**  
(Sumber: Grundfos)

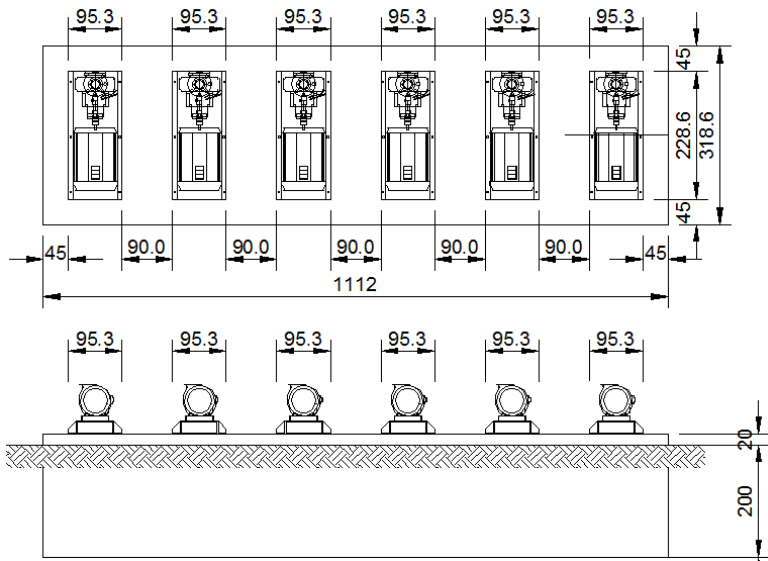
Ukuran : Panjang = 2,286 meter  
Lebar = 0,953 meter  
Tinggi = 0,889 meter

*Output Flow* : 474,6 l/s  
Kecepatan : 1900 rpm  
Berat : 1870 kg = 1,870 ton

(Pada perhitungan digunakan 3x berat dikarenakan berat pada spek belum termasuk berat pipa dan aksesoris-aksesoris pipa).

### 5.1.2 Data Perencanaan Pilecap

Pada perencanaan *pilecap* ini menyesuaikan pompa yang ada. Dikarenakan pompa yang digunakan berjumlah 6 buah, maka untuk dimensi *pilecap*-nya bisa dilihat pada gambar 5.2 berikut:



**Gambar 5.2 Dimensi Pilecap**

Ukuran : Panjang 11,12 meter  
 Lebar 3,186 meter  
 Tebal 2,2 meter  
 (2 meter tertanam)

### 5.1.3 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Karena tanah keras sesuai dengan hasil laboratorium tanah (terlampir) berada pada kedalaman  $\pm 16$  m, maka perencanaan tiang direncanakan kedalaman 16 m (Panjang tiang 14 m). Pada perencanaan tiang pancang ini direncanakan sesuai spek tiang pancang PT.WIKA (spesifikasi tiang pancang terlampir), dan spesifikasinya sebagai berikut:

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| Diameter tiang                 | : 300 mm              |
| Tebal tiang                    | : 60 mm               |
| Kelas                          | : A2                  |
| <i>Concrete cross section</i>  | : 452 cm <sup>2</sup> |
| Berat                          | : 113 kg/m            |
| <i>Bending moment crack</i>    | : 2,5 tm              |
| <i>Bending moment ultimate</i> | : 3,75 tm             |
| <i>Allowable axial load</i>    | : 72,6 ton            |
| Mutu tiang                     | : K350 = $f'c$ 30 MPa |
| E Tiang (Ep)                   | : $4700 \sqrt{f'c}$   |
|                                | : 25332,08 MPa        |

## 5.2 Pembebanan

### 5.2.1 Beban Mati

|                   |  |
|-------------------|--|
| Volume pondasi    | = $p \times l \times t$<br>= $11,12 \times 3,186 \times 2,2$<br>= 77,94 m <sup>3</sup>           |
| <i>W pilecap</i>  | = Volume pondasi $\times \gamma$ beton<br>= $77,94 \times 2,4$ T/m <sup>3</sup><br>= 187,062 Ton |
| W mesin (dinamis) | = dianggap 3x bebas statis<br>= $3 \times 1,87$ Ton $\times 6$ buah<br>= 33,66 Ton               |
| Wtotal            | = <i>W pilecap</i> + <i>W mesin</i><br>= 187,062 Ton + 33,66 Ton<br>= 220,72 Ton                 |

### 5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan hasil berat rotor yang bergerak membentuk gaya sentrifugal ( $Q_0$ ).

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Rotor} &= (30\% \text{ W mesin}) \\
 &= 0,3 \times 33,66 \\
 &= 10,098 \text{ Ton} \\
 Q_0 &= m \times e \times \omega^2 \\
 \omega &= 2 \times \pi \times f \\
 &= 2 \times \pi \times (1900/60) \\
 &= 198,97 \text{ rad/s} \\
 e &= 0.002 \text{ inch} = 0.0000508 \text{ m} \\
 Q_0 &= (10,098/9,81) \times 0,0000508 \times 198,97^2 \\
 &= 2,07 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3 Dimensi Pilecap

Dimensi *pilecap* yang digunakan sesuai rencana (p<sub>x</sub>t<sub>x</sub>l)=11,12 x 2,2 x 3,186. Untuk perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas pondasi} &= 11,12 \text{ m} \times 3,186 \text{ m} \\
 &= 35,43 \text{ m}^2 \\
 r_o &= \sqrt{35,43/\pi} \\
 &= 3,36 \text{ m} \\
 \text{Gravitasi (g)} &= 9.81 \text{ m/dt}^2 \\
 m_{pilecap} &= W \text{ pile cap} / g \\
 &= 187,062 / 9,81 \\
 &= 19,07 \text{ T dt}^2/\text{m} \\
 m_{mesin} &= W \text{ mesin} / g \\
 &= 33,66 / 9,81 \\
 &= 3,43 \text{ T dt}^2/\text{m} \\
 m_{total} &= m_{pilecap} + m_{mesin} \\
 &= 22,50 \text{ T dt}^2/\text{m} \\
 M_{mo} \text{ Pilecap} &= 1/12 \cdot m \cdot (p^2+t^2) + mx^2 \\
 x &= \text{jarak titik pusat } pilecap \text{ ke alas} = 1,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
M_{mo}Pilecap &= 1/12 \cdot 19,07 (11,12^2 + 2,2^2) + 19,07 \cdot (1,1)^2 \\
&= 227,25 \text{ T m/dt}^2 \\
M_{mo} \text{ Mesin} &= m_{mesin} \cdot x^2 \\
x &= \text{jarak titik pusat mesin ke alas } 2,645 \text{ m} \\
M_{mo} \text{ Mesin} &= 3,43 \cdot 2,645^2 \\
&= 24 \text{ T m/dt}^2 \\
M_{mo} \text{ Total} &= M_{mo}Pilecap + M_{mo} \text{ Mesin} \\
&= 227,25 + 24 \\
&= 251,25 \text{ T m/dt}^2
\end{aligned}$$

Letak titik berat mesin dari pondasi sesuai rumus

$$\begin{aligned}
(L) &= \frac{W_{pilecap} \cdot 0,5t + W_{mesin}(t+h \text{ pusat mesin})}{W_{total}} \\
&= \frac{187,062 \cdot 0,5 \cdot 2,2 + 33,66(2,2 + 0,889/2)}{220,72} \\
&= 1,34 \text{ m dari dasar pondasi} \\
M_m &= M_{mo} \text{ total} - m_{total} \cdot L^2 \\
&= 251,25 - 22,5 \cdot 1,34^2 \\
&= 211,12 \text{ Tm/dt}^2
\end{aligned}$$

## 5.4 Analisis Statis Pondasi TiangPancang

### 5.4.1 Daya Dukung Satu Tiang

Tiang pancang direncanakan sedalam 14 m pada kedalaman -16m (Panjang tiang 14 m + tebal *pilecap* tertanam 2m) karena berdasarkan gambar grafik sondir, tanah padat ditemukan pada lapisan kedalaman -16 m. Tiang pancang yang digunakan produksi dari PT. WIKA dengan spesifikasi sebagai berikut:

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Panjang Tiang              | : 14 m     |
| Diameter tiang             | : 300 mm   |
| Tebal tiang                | : 60 mm    |
| Berat                      | : 113 kg/m |
| <i>Allowableaxial load</i> | : 72,6ton  |

|                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| Mutu tiang               | : K350 = $f'c$ 30 MPa          |
| E Tiang ( $E_p$ )        | : $4700 \sqrt{f'c}$            |
|                          | : 28723,88 MPa                 |
| Keliling Tiang ( $K_p$ ) | : $\pi \cdot d$                |
|                          | : $\pi \cdot 30$               |
|                          | : 94,25cm                      |
| Luas Tiang ( $A_p$ )     | : $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2$  |
|                          | : $\frac{1}{4} \pi \cdot 30^2$ |
|                          | : 706,858cm <sup>2</sup>       |

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan hasil data sondir S1 (terlampir) dimana perhitungan ini mengandalkan besarnya conus dan hambatan pelekat pada suatu kedalaman.

Menghitung nilai Conus (C):

- Menurut Mayerhof, Nilai C diambil harga rata-rata dari nilai C yang berada 4D di atas ujung tiang sampai dengan 4 D dibawah ujung tiang.
- Menurut Van der Veen, Nilai C diambil harga rata-rata dari nilai C yang berada 3,75 D diatas ujung tiang sampai dengan D dibawah ujung tiang.

Untuk nilai Conus dari hasil sondir (tabel 5.1) digunakan perhitungan menurut Mayerhof sebagai berikut:

**Tabel 5.1 Data Conus Tanah**

| No | Z    | C   | Posisi C                |
|----|------|-----|-------------------------|
| 1  | 14,8 | 25  | 4D di atas ujung tiang  |
| 2  | 16   | 120 | Ujung tiang             |
| 3  | 17,4 | 250 | 4D di bawah ujung tiang |

$$C = \frac{25+120+250}{3}$$

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 131,7 \text{ Kg/cm}^2 \\
 &= \frac{C.A_p}{SF_1} + \frac{JHP.K_p}{SF_2} \\
 &= \frac{131,7 \cdot 706,858}{3} + \frac{496.94,25}{5} \\
 &= 40372,61 \text{ kg} \\
 &= 40,37 \text{ Ton} > 72,6 \text{ Ton (Allowable Axial)}
 \end{aligned}$$

#### 5.4.2 Daya Dukung Ijin Tanah

Menghitung daya dukung ijin tanah dengan memakai data pengujian sondir sesuai hasil laboratorium tanah menggunakan rumus dari Mayerhof:

$$q_{ult} = qC.B. (1 + D/B). 1/40$$

$$Q \text{ ijin tanah} = q_{ult} / SF$$

dimana:

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= \text{Daya dukung ultimit tanah} \\
 qC &= \text{Nilai Conus (h = -16 m) = } 120 \text{ Kg/cm}^2 \\
 B &= \text{Lebar Pondasi = } 3,186 \text{ m} \\
 D &= \text{Kedalaman dasar pondasi = } 16 \text{ m} \\
 SF \text{ (Safety factor)} &= \text{dipakai } 1,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= 120 \cdot 3,186 \cdot (1 + 16/3,186) \cdot 1/40 \\
 &= 57,56 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ ijin tanah} &= 57,56 / 1,5 \\
 &= 38,37 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Maka untuk perencanaan dipakai daya dukung terkecil yaitu daya dukung ijin tanah = 38,37 Ton.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah min. tiang} &= W_{\text{Total}} / Q_{\text{ijin}} \\
 &= 220,72 / 38,37 \\
 &= 5,75 \text{ Tiang} \approx \mathbf{6 \text{ tiang}}
 \end{aligned}$$

### 5.4.3 Perencanaan Pondasi

Dari perhitungan diambil daya dukung terkecil antara daya dukung tiang dan daya dukung tanah:

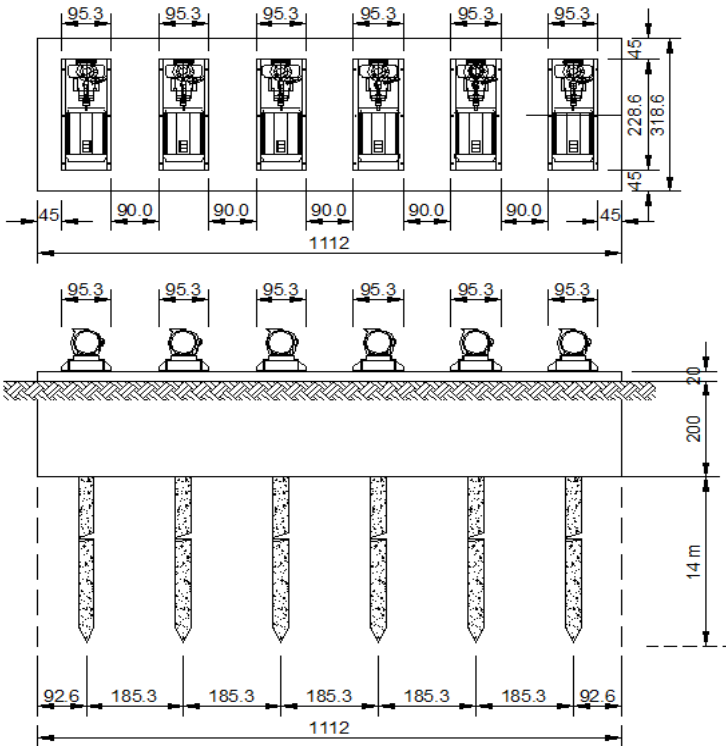
- Daya dukung tiang :  
 $P_{1tp} = 40,37 \text{ Ton} > 72,6 \text{ Ton (Allowable Axial)}$
- Daya dukung tanah:  
 $P_{1tp} = 38,37 \text{ Ton}$

Sehingga diambil daya dukung 1 pondasi = 38,37 Ton. Perhitungan jarak tiang pancang berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen PU:

- Jarak antar tiang (S):  
 $2D \leq S \leq 2,5D$   
 $2(30) \leq S \leq 2,5(30)$   
 $60 \text{ cm} \leq S \leq 75 \text{ cm}$  diambil  $S = 70 \text{ cm}$
- Jarak tepi poer ke tiang (S')  
 $1D \leq S' \leq 1,5D$   
 $1(30) \leq S' \leq 1,5(30)$   
 $30 \text{ cm} \leq S' \leq 45 \text{ cm}$  diambil  $S' = 35 \text{ cm}$

Dengan dimensi *pilecap* yang ada sesuai dengan dimensi mesin di atasnya maka untuk perencanaan pondasi tiang pancang sesuai jarak minimum di atas akan menjadi terlalu banyak.

Dengan perhitungan jumlah minimum tiang yang telah dihitung yaitu 6 tiang, maka pada perencanaan disini dibuat menjadi 6 buah tiang dengan ketentuandaya dukung tiang kelompok memenuhi syarat. Untuk perencanaan pondasinya dapat dilihat pada gambar 5.3 berikut:



**Gambar 5.3 Rencana Pondasi**

#### 5.4.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

$Q_{ijin}$  tiang pancang harus dikalikan dengan nilai efisiensi untuk mengetahui kekuatan satu tiang pancang dalam sebuah kelompok tiang pancang sesuai dengan rumus berikut ini:

$$\text{Efisiensi (Ek)} = 1 - \text{Arc tg } D/s \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= 1 - \text{Arc tg } 30/2000 \left[ \frac{(1-1)6 + (6-1)1}{90.6.1} \right] \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ijin tiang tunggal}} &= E_f \times Q_{\text{ijin}} \\
 &= 0,99 \times 38,37 \\
 &= 37,99 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Beban statis yang diterima 1 tiang dalam kelompok:

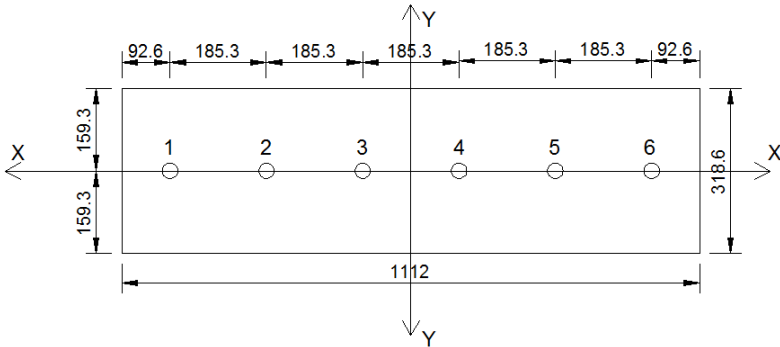
$$V = \text{Berat total} = 220,72 \text{ Ton}$$

$$\text{Gaya sentrifugal} = 2,07 \text{ Ton}$$

$$\text{Jarak rotor ke alas pondasi} = 2,645 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M &= 2,07 \times 2,645 \\
 &= 5,475 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan jarak bisa dilihat pada gamabr 5.4 di bawah ini sebagai rencana peletakan pondasi tiang pancang:



**Gambar 5.4 Rencana Perletakan Pondasi**

$$\begin{aligned}
 P_{\text{statis}} &= \frac{V}{n} + \frac{M_x \cdot y}{\Sigma y^2} + \frac{M_y \cdot x}{\Sigma x^2} \\
 \Sigma y^2 &= 6 (1,853)^2 = 20,6 \text{ cm}^2 \\
 \Sigma x^2 &= 0 (1,853)^2 = 0 \text{ cm}^2 \\
 &= \frac{220,72}{6} + \frac{2,07 \times 1,853}{(20,6)} + \frac{2,07 \times 0}{(0)} \\
 &= 36,97 < q_{\text{ijin}} = 37,99 \text{ Ton (OK!)}
 \end{aligned}$$

## 5.5 Modulus Geser

Jenis tanah pada lahan pembangunan Rumah Pompa Krebangan ini adalah lempung. Perhitungan modulus geser pada tanah lempung:

$$G_{\max} = 1230 \frac{(2,973-e)^2}{1+e} (OCR)^k (\sqrt{\sigma_o})$$

Keterangan :

e = angka pori

OCR = 1 (asumsi tanah *normally consolidated*)

k = nilai interpolasi pada tabel (5.2)

$\sigma_o$  = nilai tegangan minimum

Tegangan minimum didapatkan dari hasil penjumlahan tegangan efektif dan *Boussinesq Chart*.

Diketahui dari data tanah (terlampir):

$$G_s = 2,632$$

$$e = 1,140$$

$$\gamma_w = 1 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_t = 1,680$$

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{(G_s \cdot e) \cdot \gamma_w}{1+e}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{(2,630 \cdot 1,140) \cdot 1}{1+1,40}$$

$$= 1,763 \text{ T/m}^3$$

$$\text{MAT} = -1 \text{ m}$$

IP = 30 (asumsi untuk tanah lempung, dikarenakan tidak ada data)

**Tabel 5.2 Korelasi IP dengan nilai k**

| Plasticity Index (PI) | k    |
|-----------------------|------|
| 0                     | 0    |
| 20                    | 0,18 |
| 40                    | 0,3  |
| 60                    | 0,41 |
| 80                    | 0,48 |
| 100                   | 0,5  |

(Sumber: Suresh, 86)

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi } k &= 0,18 + \left( \frac{30-20}{40-20} \right) (0,3-0,18) \\ &= 0,24 \end{aligned}$$

**Tabel 5.3 Perhitungan Tegangan Efektif Pondasi**

| TEGANGAN EFEKTIF (T/m <sup>2</sup> ) |                  |                  |                  | IP = 30,0                               | OCR = 1  | ko = 0,4 |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|---|----------|----------|
| Kedalaman                            | $\gamma$ sat     | $\gamma$ air     | $\gamma$ tanah   | $\sigma_v$ (efektif)                    |          |          |
| m                                    | T/m <sup>3</sup> | T/m <sup>3</sup> | T/m <sup>3</sup> | T/m <sup>2</sup>                        |          |          |
| 0                                    | 0                | 0                | 1,68             | $0 \times 1,22995826927301$             | = 0,0000 |          |
| 0,2                                  | 0                | 0                | 1,68             | $\{(0,2 - 0)\} \times 1,68\} + 0$       | = 0,3360 |          |
| 0,4                                  | 0                | 0                | 1,68             | $\{(0,4 - 0,2)\} \times 1,68\} + 0,336$ | = 0,6720 |          |
| 0,6                                  | 0                | 0                | 1,68             | $\{(0,6 - 0,4)\} \times 1,68\} + 0,672$ | = 1,0080 |          |
| 0,8                                  | 0                | 0                | 1,68             | $\{(0,8 - 0,6)\} \times 1,68\} + 1,008$ | = 1,3440 |          |
| 1                                    | 1,763            | 1                | 0,763            | $\{(1 - 0,8)\} \times 0,763\} + 1,344$  | = 1,4966 |          |
| 2                                    | 1,763            | 1                | 0,763            | $\{(2 - 1)\} \times 0,763\} + 1,4966$   | = 2,2596 |          |

**Tabel 5.4 Boussinesq (Tegangan minimum) Pondasi**

| BOUSSINESQ CHARTS |      |      |                    |                  |                  |                      |                                   |   |
|-------------------|------|------|--------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|---|
| Kedalaman         | ro   | z/ro | $\Delta\sigma/q_0$ | q <sub>0</sub>   | $\Delta\sigma$   | $\sigma_v$ (minimum) | $\sigma_h = (ko \times \sigma_v)$ | $\sigma_0 = 0,333 (\sigma_v + 2\sigma_h)$ |
| m                 | m    |      |                    | T/m <sup>2</sup> | T/m <sup>2</sup> | T/m <sup>2</sup>     | T/m <sup>2</sup>                  | T/m <sup>2</sup>                          |
| 0                 | 3,36 | 0,00 | 0,5000             | 3,115            | 3,1150           | 3,1150               | 1,2460                            | 0,830                                     |
| 0,2               | 3,36 | 0,06 | 0,4900             | 3,053            | 3,3887           | 3,7247               | 1,4899                            | 1,104                                     |
| 0,4               | 3,36 | 0,12 | 0,4860             | 3,028            | 3,6998           | 4,3718               | 1,7487                            | 1,388                                     |
| 0,6               | 3,36 | 0,18 | 0,4840             | 3,015            | 4,0234           | 5,0314               | 2,0125                            | 1,676                                     |
| 0,8               | 3,36 | 0,24 | 0,4820             | 3,003            | 4,3469           | 5,6909               | 2,2764                            | 1,964                                     |
| 1                 | 3,36 | 0,30 | 0,4800             | 2,990            | 4,4870           | 5,9836               | 2,3935                            | 2,092                                     |
| 2                 | 3,36 | 0,60 | 0,4725             | 2,944            | 5,2033           | 7,4629               | 2,9852                            | 2,741                                     |

Didapatkan nilai tegangan minimum kedalaman *pilecap* 2 m sebesar 2,741 T/m<sup>2</sup>, sehingga perhitungan modulus geser nya menjadi:

$$\begin{aligned} G_{\max} &= 1230 \frac{(2,973-e)^2}{1+e} (OCR)^k (\sqrt{\sigma_0}) \\ &(\text{tanah lempung satuan psi}) \\ &= 1230 \frac{(2,973-1,14)^2}{1+1,14} (1)^{0,24} (\sqrt{2,741}) \\ &= 9162,778 \text{ psi} \\ &= 6317,5 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$



## 5.6 Analisis Dinamis Pondasi

Penggunaan pancang secara kelompok merubah nilai konstanta pegas dan redaman. Perhitungannya sebagai berikut:

Diketahui,

$$\text{Mutu tiang} = K350 = 30 \text{ MPa}$$

$$E \text{ Tiang } (E_p) = 4700 \sqrt{f_c}$$

$$= 25332,08 \text{ MPa}$$

$$= 2533208,44 \text{ T/m}^2$$

$$G \text{ tanah } (G_s) = 6317,5 \text{ T/m}^2$$

$$\gamma_{\text{tiang}} = 2,4 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_{\text{tanah(dry)}} = 1,230 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_{\text{tanah(sat)}} = 1,763 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Diameter tiang} = 0,30 \text{ m}$$

$$r_o \text{ tiang} = 0,150 \text{ m}$$

$$A \text{ tiang} = \pi r_o^2$$

$$= 3,14 \times 0,150^2 = 0,0962 \text{ m}^2$$

$$l/r_o = 14 / 0,150$$

$$= 100$$

Perhitungan,

$$V_c = \sqrt{\frac{E_p x g}{\gamma_{\text{tiang}}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2533208,44 \times 9,81}{2,4}} = 3217,84 \text{ m/dt}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G_s x g}{\gamma_{\text{tanah}}}}$$

$$= \sqrt{\frac{6317,51 \times 9,81}{1,230}} = 224,469 \text{ m/dt}$$

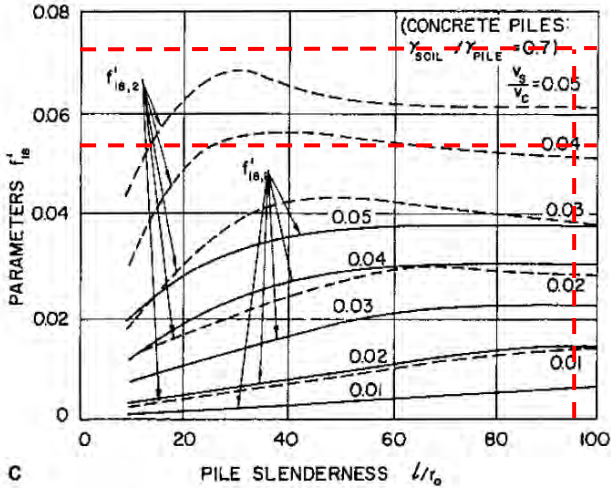
$$V_s/V_c = 224,469 / 3217,84 = 0,070$$

$$E_p/G_s = 2533208,44 / 6317,51$$

$$= 400,983 \text{ T/m}$$

### 5.6.1 Analisis Vertikal

Plot nilai  $V_s/V_c$  dan  $l/r_o$  ke gambar grafik 5.5 untuk mencari nilai kekakuan  $f_{w_1}$  dan redaman  $f_{w_2}$



**Gambar 5.5 Grafik Stiffnes and damping factors (Suresh, 82)**

$$f_{w_1} = 0,055$$

$$f_{w_2} = 0,075$$

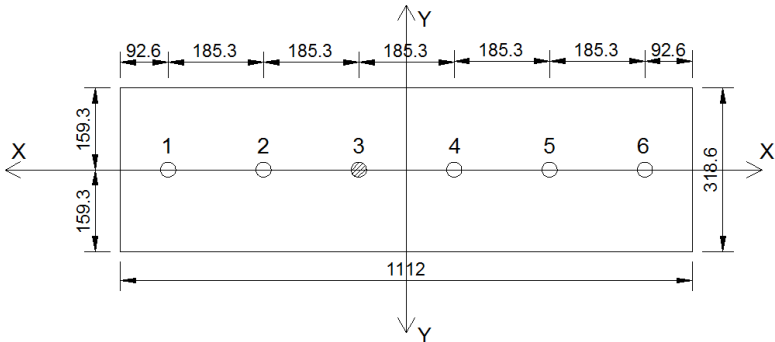
Menghitung  $k_w^1$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} k_w^1 &= \frac{E_p A}{r_o} f_{w_1} \\ &= \frac{2533208,44 \times 0,0963}{0,150} \times 0,055 = 89365,2 \text{ T/m} \end{aligned}$$

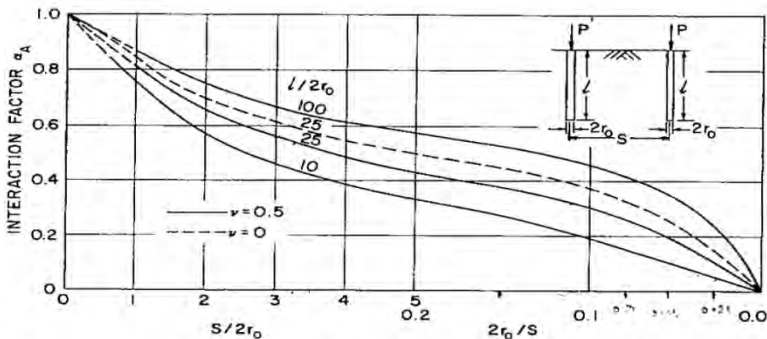
Menghitung  $c_w^1$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} c_w^1 &= \frac{E_p A}{V_s} f_{w_2} \\ &= \frac{2533208,44 \times 0,0963}{0,150} \times 0,075 = 81,4 \text{ T dt/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $k_w^g$ ,  $c_w^g$ ,  $k_w^f$ ,  $c_w^f$  dibutuhkan nilai  $\Sigma\alpha_a$  dimana untuk acuan perhitungan  $\alpha_a$  pondasinya bisa dilihat pada gambar 5.6. Lalu perhitungannya  $\alpha_a$  sesuai dengan gambar grafik 5.7.



**Gambar 5.6 Rencana Pondasi Pile No.3 Sebagai Acuan**



**Gambar 5.7 Grafik  $\alpha_a$  as a function of pile length and spacing (Suresh, 84)**

Dan perhitungan  $\Sigma\alpha_a$  bisa dilihat pada tabel berikut ini (Tabel 5.5):

**Tabel 5.5 Perhitungan  $\Sigma\alpha_a$** 

| No                                 | x | y     | $s = \text{SQRT}((x^2)+y^2)$ | s/2ro | 2ro/s | l/2ro | $\alpha A$  |
|------------------------------------|---|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------------|
| 1                                  | 0 | 3,706 | 3,7                          | 12,35 | 0,08  | 47    | 0,58        |
| 2                                  | 0 | 3,706 | 3,7                          | 12,35 | 0,08  | 47    | 0,58        |
| 3                                  | 0 | 0     | 0                            | 0     | 0     | 47    | 1           |
| 4                                  | 0 | 0,96  | 1,0                          | 3,20  | 0,31  | 47    | 0,55        |
| 5                                  | 0 | 0,96  | 1,0                          | 3,20  | 0,31  | 47    | 0,55        |
| 6                                  | 0 | 0,96  | 1,0                          | 3,20  | 0,31  | 47    | 0,55        |
| <b><math>\Sigma\alpha A</math></b> |   |       |                              |       |       |       | <b>3,81</b> |

Menghitung  $k_w^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$k_w^g = \frac{\sum_1^n k_w^1}{\sum_1^n \alpha_a} = \frac{6 \times 89365,18}{3,81} = 140732,6 \text{ T/m}$$

Menghitung  $c_w^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$c_w^g = \frac{\sum_1^n c_w^1}{\sum_1^n \alpha_a} = \frac{6 \times 81,4}{3,81} = 116,9 \text{ T dt/m}$$

Menghitung  $k_w^f$ , dicari dulu nilai  $S_1$  dan  $S_2$  sesuai dengan tabel 5.6, lalu sesuai dengan rumus:

**Tabel 5.6 Frequency Independent Constants for Embedded Pile Cap with Side Resistance**

| $\nu_a$ | $\bar{S}_1$ | $\bar{S}_2$ | $\bar{S}_{u1}$ | $\bar{S}_{u2}$ | $\bar{S}_{\psi 1}$ | $\bar{S}_{\psi 2}$ |
|---------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| 0.0     | 2.7         | 6.7         | 3.6            | 8.2            | 2.5                | 1.8                |
| 0.25    | 2.7         | 6.7         | 4.0            | 9.1            | 2.5                | 1.8                |
| 0.4     | 2.7         | 6.7         | 4.1            | 10.6           | 2.5                | 1.8                |

(Sumber: Suresh, 84)

$S_1$  untuk nilai  $\nu = 0,4$  (clay) adalah 2,7

$S_2$  untuk nilai  $\nu = 0,4$  (clay) adalah 6,7

hadalah nilai kedalaman penanaman  $pilecap = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned} k_w^f &= G_s \cdot (h) \cdot S_1 \\ &= 6317,51 \times 2,2 \times 2,7 \\ &= 37526,0 \text{ T/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $c_w^f$ , sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} c_w^f &= (h) r_o S_2 \sqrt{G_s \gamma_s} \\ &= (2,2) \times 3,36 \times 6,7 \times \sqrt{\frac{6317,51 \times 1,763}{9,81}} \\ &= 1667,9 \text{ dt/m} \end{aligned}$$

Total  $k_w^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma k_w^g &= k_w^g + k_w^f \\ &= 140732,57 + 37525,97 \\ &= 178258,5 \text{ T dt/m} \end{aligned}$$

Total  $c_w^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma c_w^g &= c_w^g + c_w^f \\ &= 116,9 + 1667,9 \\ &= 1784,73 \text{ T dt/m} \end{aligned}$$

Total  $\xi_w^g$  sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned} \xi_w^g &= \frac{\Sigma c_w^g}{2(\Sigma k_w^g m_c)^{0,5}} \\ &= \frac{1784,73}{2(17825,5 \times 251,26)^{0,5}} = 0,133 \end{aligned}$$

Frekuensi natural ( $f_n$ ) rumus berikut:

$$\begin{aligned} f_{nw} &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_c}} \\ &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{191935,0}{251,26}} = 4,24 \text{ cps} \end{aligned}$$

Frekuensi resonansi ( $f_r$ ) rumus berikut:

$$\begin{aligned} f_r &= f_n \sqrt{1 - 2D^2} \\ &= 4,24 \sqrt{1 - 2 \times 0,13^2} = 4 \text{ cps} \end{aligned}$$

Frekuensi mesin  $f_m = 1920 \text{ rpm} = 32 \text{ cps}$   
resonansi(r) rumus berikut:

$$r = \frac{f_m}{f_n} = \frac{32}{4,24} = 7,47 > 1,2 \text{OK}$$

*Transmissibility (Tr)* rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tr} &= \frac{\sqrt{1+2Dr^2}}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2Dr)^2}} \\ &= \frac{\sqrt{1+2 \times 0,133 \times 7,47}}{\sqrt{(1-7,47)^2+(2 \times 0,133 \times 7,47)^2}} \\ &= 0,0727 \end{aligned}$$

Nilai beban yang disalurkan (Ft)

$$\begin{aligned} \text{Ft} &= \text{Tr} \times \text{Qo} \\ &= 0,0727 \times 2,07 \text{ Ton} \\ &= 0,150 \text{ Ton} \end{aligned}$$

*Magnification (M)* rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{M} &= \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2Dr)^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{(1-7,47)^2+(2 \times 0,133 \times 7,47)^2}} \\ &= 0,0182 < 1,5 \text{ ..... OK!} \end{aligned}$$

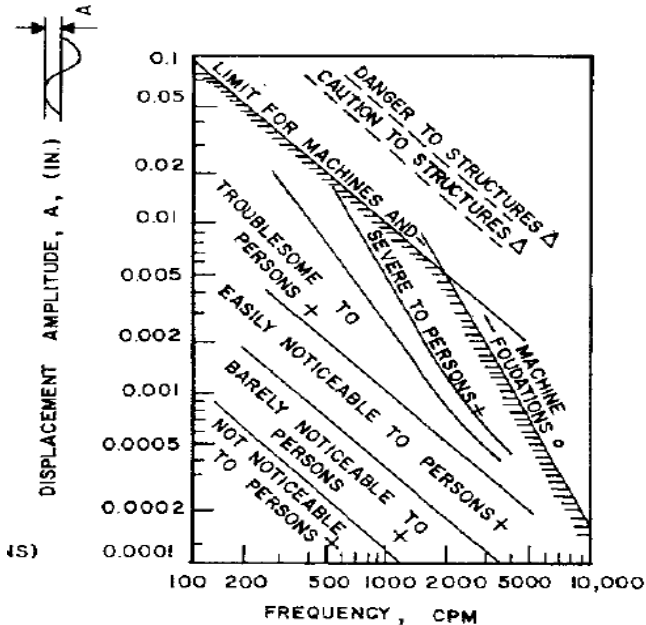
Amplitudo (A) rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{A} &= \text{M} \frac{\text{Qo}}{k} \\ &= 0,0182 \times \frac{2,06}{178258,5} \\ &= 2,11782\text{E-}07\text{m} \quad = 8,33789\text{E-}06 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V} &= 2\pi f (\text{A}) \\ &= 2 \times 3,14 \times 25 \times 8,33789\text{E-}06 = 1,66\text{E-}03\text{in/dt} \end{aligned}$$

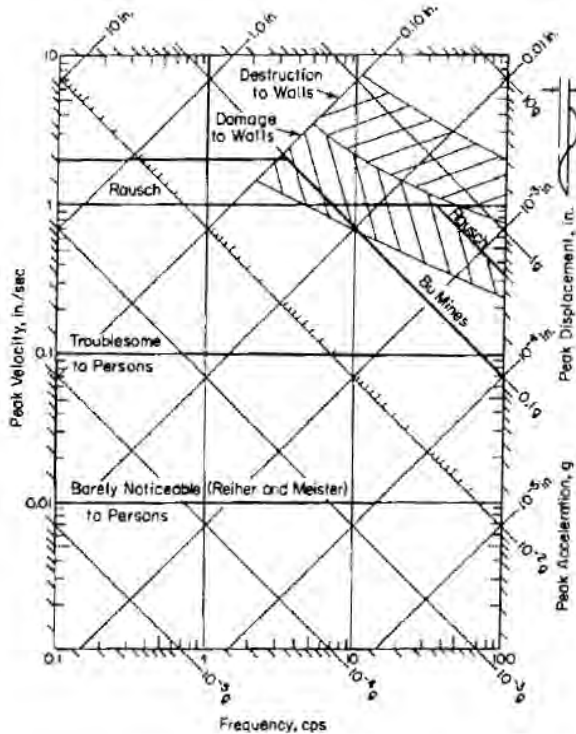
Didapat hasil frekuensi dari mesin (f) = 32 cps, Amplitudo yang terjadi (A)= 8,33789E-06 inch dan Kecepatan (V) = 1,66E-03in/dt. Setelah didapatkan data tersebut diplotkan pada gambar grafik 5.8 untuk mengecek syarat keamanan mesin tersebut menurut parameter frekuensi dengan ampitudo, dan menurut

parameter frekuensi dengan kecepatan dicek dengan gambar grafik 5.9.



**Gambar 5.8 Grafik Cek Syarat Keadaan Mesin dari Faktor Frekuensi dengan Amplitudo (Suresh, 52)**

Sesuai gambar grafik 5.8 parameter Frekuensi ( $f$ ) = 32 cps dan Amplitudo ( $A$ ) =  $8,33789E-06$  inch masuk area tidak terasa (*Not Noticeable*).



**Gambar 5.9** Grafik Cek Syarat Keadaan Mesin dari Faktor Frekuensi dengan Kecepatan (Suresh, 52)

Sesuai gambar grafik 5.9 parameter Frekuensi ( $f$ ) = 32 cps dan Kecepatan ( $V$ ) = 1,66E-03in/dt masuk dibawah area "Barely Noticeable to Person" yang berarti hampir tidak terasa.



### 5.6.2 Analisis Horizontal

Momen Inersia Pile (I)

$$= (1/64) * ((0,30^4) - (0,30 - (2 \times 0,06))^4)) \\ = 0,00011 \text{ m}^4$$

$$V_c = \sqrt{\frac{E_p \times g}{\gamma_{\text{tiang}}}} \\ = \sqrt{\frac{2533208,44 \times 9,81}{2,4}} = 3217,84 \text{ m/dt}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G_s \times g}{\gamma_{\text{tanah}}}} \\ = \sqrt{\frac{6373,3 \times 9,81}{1,230}} = 224,469 \text{ m/dt}$$

$$V_s/V_c = 224,469 / 3217,84 = 0,070$$

$$E_p/G_s = 2533208,44 / 6317,51 \\ = 400,983 \text{ T/m}$$

$$1/r_o = 14 / 0,150 = 93,33$$

Plot nilai  $V_s/V_p$  dan  $1/r_o$  ke gambar grafik 5.5 untuk mencari nilai kekakuan  $f_{x_1}$  dan redaman  $f_{x_2}$

$$f_{x_1} = 0,055$$

$$f_{x_2} = 0,075$$

Menghitung  $k_x^1$  sesuai dengan rumus:

$$k_x^1 = \frac{E_p I}{r_o^3} f_{x_1} \\ = \frac{2533208,44 \times 0,00011}{0,150^3} \times 0,055 = 4547,6 \text{ T/m}$$

Menghitung  $c_x^1$  sesuai dengan rumus:

$$c_x^1 = \frac{E_p I}{r_o^2 V_s} f_{x_2} \\ = \frac{2533208,44 \times 0,00011}{0,150^2 \times 225,46} \times 0,075 = 4,1 \text{ T dt/m}$$

Menghitung  $k_w^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} k_x^g &= \frac{\sum_1^n k_x^1}{\sum_1^n \alpha_a} \\ &= \frac{6 \times 4547,6}{3,81} = 7161,6 \text{ T/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $c_w^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} c_x^g &= \frac{\sum_1^n c_x^1}{\sum_1^n \alpha_a} \\ &= \frac{6 \times 4,13}{3,48} = 6,53 \text{ T dt/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $k_x^f$ , dicari dulu nilai  $S_{x1}$  dan  $S_{x2}$  sesuai dengan tabel 5.6,

$S_{x1}$  untuk nilai  $v = 0,4$  adalah 4,1

$S_{x2}$  untuk nilai  $v = 0,4$  adalah 10,6

$h$  adalah nilai kedalaman penanaman *pilecap* = 1 m

$$\begin{aligned} k_x^f &= G_s \cdot h \cdot S_{x1} \\ &= 6317,51 \times (2,2) \times 4,1 \\ &= 56983,9 \text{ T/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $c_x^f$ ,

$$\begin{aligned} c_x^f &= h r_o \sqrt{\frac{G_s \gamma_s}{g}} S_{x2} \\ &= 2,2 \times 2,05 \times \sqrt{\frac{6317,51 \times 1,230}{9,81}} \times 10,6 \\ &= 2204,05 \text{ T dt/m} \end{aligned}$$

Total  $k_x^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma k_x^g &= k_x^g + k_x^f \\ &= 7161,6 + 56983,95 \\ &= 64145,54 \text{ T/m} \end{aligned}$$

Total  $c_x^f$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma c_x^g &= c_x^g + c_x^f \\ &= 6,53 + 2204,05 \\ &= 2210,6 \text{ T dt/m}\end{aligned}$$

Total  $\xi_x^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}\xi_x^g &= \frac{\Sigma c_x^g + \Sigma c_x^f}{2(\Sigma k_x^g m_c)^{0,5}} \\ &= \frac{2210,6 + 2204,05}{2(64145,54 \times 251,26)^{0,5}} = 0,55\end{aligned}$$

Frekuensi natural ( $f_n$ ) rumus berikut :

$$\begin{aligned}f_{nx} &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_c}} \\ &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{64145,54}{251,26}} = 2,54 \text{ cps}\end{aligned}$$

Frekuensi resonansi ( $f_r$ ) rumus berikut :

$$\begin{aligned}f_r &= f_n \sqrt{1 - 2D^2} \\ &= 2,54 \sqrt{1 - 2 \times 0,55^2} = 0,31 \text{ cps}\end{aligned}$$

Frekuensi mesin  $f_m = 1920 \text{ rpm} = 32 \text{ cps}$

Resonansi (r) rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{resonansi} &= \frac{f_m}{f_n} \\ &= \frac{32}{2,54} = 12,45\end{aligned}$$

*Transmissibility*(Tr) rumus berikut ;

$$\begin{aligned}\text{Tr} &= \frac{\sqrt{1 + 2Dr^2}}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2Dr)^2}} \\ &= \frac{\sqrt{1 + 2 \times 0,55 \times 12,45^2}}{\sqrt{(1 - 12,45^2)^2 + (2 \times 0,55 \times 12,45)^2}} \\ &= 0,085\end{aligned}$$

Nilai beban yang disalurkan (Ft)

$$\begin{aligned} F_t &= Tr \times Q_o \\ &= 0,085 \times 2,07 \text{ Ton} \\ &= 0,175 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Magnification (M)

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2Dr)^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{(1-12,45^2)^2 + (2 \times 0,55 \times 12,45)^2}} \\ &= 0,0065 < 1,5 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Amplitudo (A) sesuai rumus:

$$\begin{aligned} A &= M \frac{Q_o}{k} \\ &= 0,0065 \times \frac{2,07}{64145,54} \\ &= 2,08652\text{E-}07 \text{ m} = 8,21467\text{E-}06 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 2\pi f (A) \\ &= 2 \times 3,14 \times 25 \times 8,21467\text{E-}06 \text{ inch} \\ &= 1,63\text{-}03 \text{ in/dt} \end{aligned}$$

Didapat hasil frekuensi dari mesin ( $f$ ) = 32 cps, Amplitudo yang terjadi ( $A$ ) = 8,21467E-06 inch dan Kecepatan ( $V$ ) = 1,63-03 in/dt. Setelah didapatkan data tersebut diplotkan pada gambar grafik 5.8 untuk mengecek syarat keamanan mesin tersebut menurut parameter frekuensi dengan amplitudo, dan menurut parameter frekuensi dengan kecepatan dicek dengan gambar grafik 5.9.

Sesuai gambar grafik 5.8 parameter Frekuensi ( $f$ ) = 32 cps dan Amplitudo ( $A$ ) = 8,21467E-06 inch masuk area tidak terasa (*Not Noticeable*).

Sesuai gambar grafik 5.9 parameter Frekuensi ( $f$ ) = 32 cps dan Kecepatan ( $V$ ) = 1,63-03 in/dt masuk dibawah area "*Barely Noticeable to Person*" yang berarti hampir tidak terasa.

### 5.6.3 Analisis Rocking

Momen Inersia Pile (I)

$$= (1/64) * ((0,30^4) - (0,30 - (2 \times 0,065))^4)) \\ = 0,00011 \text{ m}^4$$

$$E_p/G_s = 2533208,44 / 6317,5 = 401,01 \text{ T/m}$$

$$l/r_o = 14 / 0,150 = 93,33$$

Plot nilai  $E_p/G_s$  dan  $l/r_o$  ke gambar grafik 5.5 untuk mencari nilai kekakuan  $f_{x\phi_1}$ ,  $f_{\phi_1}$  dan redaman  $f_{x\phi_2}$ ,  $f_{\phi_2}$

**Tabel 5.7 Parameter untuk getaran lateral dan rocking dengan  $l/r_o > 25$  untuk tanah homogen.**

| v    | $E_{pile}/G_{soil}$ | parameter untuk k |              |                |                | parameter untuk c |               |                |                |
|------|---------------------|-------------------|--------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|----------------|----------------|
|      |                     | $f_{\phi_1}$      | $f_{\phi_2}$ | $f_{\phi_1}^P$ | $f_{\phi_2}^P$ | $f_{x\phi_1}$     | $f_{x\phi_2}$ | $f_{\phi_1}^D$ | $f_{\phi_2}^D$ |
| 0,25 | 10000               | 0,2135            | -0,0217      | 0,0042         | 0,0021         | 0,1577            | -0,0333       | 0,0107         | 0,0054         |
|      | 2500                | 0,2998            | -0,0429      | 0,0119         | 0,0061         | 0,2152            | -0,0646       | 0,0297         | 0,0154         |
|      | 1000                | 0,3741            | -0,0688      | 0,0236         | 0,0123         | 0,2598            | -0,0985       | 0,0579         | 0,0306         |
|      | 500                 | 0,4411            | -0,0929      | 0,0395         | 0,0210         | 0,2953            | -0,1337       | 0,0953         | 0,0514         |
|      | 250                 | 0,5186            | -0,1281      | 0,0659         | 0,0358         | 0,3299            | -0,1786       | 0,1556         | 0,0864         |
| 0,4  | 10000               | 0,2207            | -0,0232      | 0,0047         | 0,0024         | 0,1634            | -0,0358       | 0,0119         | 0,0060         |
|      | 2500                | 0,3097            | -0,0459      | 0,0132         | 0,0068         | 0,2224            | -0,0692       | 0,0329         | 0,0171         |
|      | 1000                | 0,3860            | -0,0714      | 0,0261         | 0,0136         | 0,2677            | -0,1052       | 0,0641         | 0,0339         |
|      | 500                 | 0,4547            | -0,0991      | 0,0436         | 0,0231         | 0,3034            | -0,1425       | 0,1054         | 0,0570         |
|      | 250                 | 0,5336            | -0,1365      | 0,0726         | 0,0394         | 0,3377            | -0,1896       | 0,1717         | 0,0957         |

$$f_{\phi_1} = 0,4442 \quad f_{x\phi_1} = -0,0949 \\ f_{\phi_2} = 0,2950 \quad f_{x\phi_2} = -0,1368$$

Menghitung  $k_{\phi}^1$  sesuai dengan rumus

$$k_{\phi}^1 = \frac{E_p I}{r_o} f_{\phi_1} \\ = \frac{2533208,44 \times 0,00011}{0,150} \times 0,4442 = 826,384 \text{ T/m}$$

Menghitung  $c_{\phi}^1$  sesuai dengan rumus berikut:

$$c_{\phi}^1 = \frac{E_p I}{V_s} f_{\phi_2} \\ = \frac{2533208,44 \times 0,00011}{224,47} \times 0,2950 = 0,3667 \text{ T dt/m}$$

Menghitung  $k_{x\phi}^1$  sesuai dengan rumus:

$$\begin{aligned} k_{x\phi}^1 &= \frac{E_p l}{r_o^2} f_{x\phi_1} \\ &= \frac{2533208,44 \times 0,00011}{0,150^2} x - 0,0949 \\ &= -1177,1 \text{T/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $c_{x\phi}^1$  sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned} c_{x\phi}^1 &= \frac{E_p l}{r_o V_s} f_{x\phi_2} \\ &= \frac{2533208,44 \times 0,00011}{0,150 \times 225,46} x - 0,1368 = -1,1338 \text{Tdt/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $k_{\phi}^g$  sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned} k_{\phi}^g &= \Sigma [k_{\phi}^1 + k_w^1 X_r^2 + k_x^1 Z_c^2 - 2Z_c k_{x\phi}^1] \\ k_w^1 &= 89365,2 \text{T/m} \\ k_x^1 &= -1177,1 \text{T/m} \\ Z_c &= 1,34 \text{ m} \\ X_r &= 0 \text{ m}; 2\text{m}; 4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{\phi}^g &= \Sigma [k_{\phi}^1 + k_w^1 X_r^2 + k_x^1 Z_c^2 - 2Z_c k_{x\phi}^1] \\ &= 6[826,384 + 89365,2 \times 0^2 + \\ &4547,6 \times 1,34^2 - 2 \times 0,134 \times (-1177,1)] \\ &= 72489,81 \text{T/m} \end{aligned}$$

Nilai  $k_{\phi}^g$  untuk variasi  $X_r$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} k_{\phi}^g &= 2217254,10 \text{T/m} \\ k_{\phi}^g &= 8651546,94 \text{T/m} \end{aligned}$$

Sehingga total nilai  $k_{\phi}^g$  adalah =

$$\begin{aligned} k_{\phi}^g &= 72489,81 + 2217254,10 + 8651546,94 \\ &= 10941290,90 \text{T/m} \end{aligned}$$

Menghitung  $c_w^g$  sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 c_\phi^g &= \Sigma [c_\phi^1 + c_w^1 x_r^2 + c_x^1 Z_c^2 - 2Z_c c_{x\phi}^1] \\
 c_w^1 &= 81,1 \text{ T dt/m} \\
 c_x^1 &= 4,1 \text{ T dt/m} \\
 c_\phi^1 &= 0,3651 \text{ T dt/m} \\
 c_{x\phi}^1 &= -1,1288 \text{ T dt/m} \\
 Z_c &= 1,34 \text{ m} \\
 X_r &= 0 \text{ m}; 2,294 \text{ m}; 4,588 \text{ m} \\
 c_\phi^g &= \Sigma [c_\phi^1 + c_w^1 x_r^2 + c_x^1 Z_c^2 - 2Z_c c_{x\phi}^1] \\
 &= 4[0,3651 + 81,1 \times 0^2 + 4,1 \times 1,34^2 - \\
 &\quad 2 \times 1,34 \times (-1,1288)] \\
 &= 64,72 \text{ T dt/m}
 \end{aligned}$$

Nilai  $c_\phi^g$  untuk variasi  $X_r$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 c_\phi^g &= 6951,18 \text{ T dt/m} \\
 c_\phi^g &= 12814,40 \text{ T dt/m}
 \end{aligned}$$

Sehingga total nilai  $c_\phi^g$  adalah =

$$\begin{aligned}
 c_\phi^g &= 64,72 + 6951,18 + 12814,40 \\
 &= 19830,3 \text{ T dt/m}
 \end{aligned}$$

Menghitung  $k_\phi^f$ , sesuai dengan rumus

$S_{x1}$  dari tabel 5.6 untuk nilai  $v = 0,4$  adalah 4,1

$S_{x2}$  dari tabel 5.6 untuk nilai  $v = 0,4$  adalah 10,60

$S_{\phi1}$  dari tabel 5.6 untuk nilai  $v = 0,4$  adalah 2,5

$S_{\phi2}$  dari tabel 5.6 untuk nilai  $v = 0,4$  adalah 1,8

$$\begin{aligned}
 h &= 2 \text{ m} \\
 r_o &= 3,36 \text{ m} \\
 \delta &= h/r_o = 2/3,36 = 0,60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k_{\phi}^f &= G_s r_o^2 h S_{\phi 1} + G_s r_o^2 h \left[ \left( \frac{\delta^2}{3} \right) + \left( \frac{Z_c}{r_o} \right)^2 - \delta \left( \frac{Z_c}{r_o} \right) \right] S_{x1} \\
 &= 6373,3 \times 3,36^2 \times 2,2 \times 2,5 + 6373,3 \times 3,36^2 \times \\
 &1 \left[ \left( \frac{0,60^2}{3} \right) + \left( \frac{1,40}{3,36} \right)^2 - 0,60 \left( \frac{1,40}{3,36} \right) \right] \times 4,1 \\
 &= 483773,5 \text{ T/m}
 \end{aligned}$$

Menghitung  $c_{\phi}^f$ , sesuai dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 c_{\phi}^f &= \delta r_o^4 \sqrt{G_s \gamma_s / g} \left\{ S_{\phi 2} + \left( \frac{\delta^2}{3} \right) + \left( \frac{Z_c}{r_o} \right)^2 - \delta \left( \frac{Z_c}{r_o} \right) \right\} S_{x2} \\
 &= 0,60 \times 3,36^4 \times \sqrt{6317,54 \times 1,695 / 9,81} \{ 1,8 + \\
 &\left[ \left( \frac{0,60^2}{3} \right) + \left( \frac{0,60}{3,36} \right)^2 - 0,60 \left( \frac{1,40}{3,36} \right) \right] \} 10,60 \\
 &= 161114,7 \text{ T dt/m}
 \end{aligned}$$

Total  $k_{\phi}^g$  sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned}
 \Sigma k_{\phi}^g &= k_{\phi}^g + k_{\phi}^f \\
 &= 109941290,9 + 483773,5 \\
 &= 11425064,39 \text{ T/m}
 \end{aligned}$$

Total  $c_{\phi}^f$  sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned}
 \Sigma c_{\phi}^g &= c_{\phi}^g + c_{\phi}^f \\
 &= 19830,3 + 161114,7 \\
 &= 180944,99 \text{ T dt/m}
 \end{aligned}$$

Total  $\xi_{\phi}^g$  sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned}
 \xi_{\phi}^g &= \frac{\Sigma c_{\phi}^g}{2(\Sigma k_{\phi}^g M_{mo})^{0,5}} \\
 &= \frac{180944,99}{2(11425064,39 \times 251,25)^{0,5}} = 0,0169
 \end{aligned}$$



Frekuensi natural ( $f_n$ ) rumus :

$$\begin{aligned} f_{n\phi} &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M_{mo}}} \\ &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{11425064,4}{251,25}} &= 33,94 \text{ cps} \end{aligned}$$

Frekuensi resonansi ( $f_r$ ) rumus:

$$\begin{aligned} f_r &= f_n \sqrt{1 - 2D^2} \\ &= 33,94 \sqrt{1 - 2 \times 0,0169^2} &= 33,93 \text{ cps} \end{aligned}$$

Frekuensi mesin  $f_m = 1920 \text{ rpm} = 32 \text{ cps}$

Resonansi (r) rumus :

$$\begin{aligned} r &= \frac{f_m}{f_n} \\ &= \frac{32}{33,94} &= 0,93 \end{aligned}$$

*Transmissibility*(Tr) rumus ;

$$\begin{aligned} \text{Tr} &= \frac{\sqrt{1+2Dr^2}}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2Dr)^2}} \\ &= \frac{\sqrt{1+2 \times 0,0169 \times 0,93^2}}{\sqrt{(1-0,93^2)^2+(2 \times 0,0169 \times 0,93)^2}} \\ &= 7,62 \end{aligned}$$

Nilai beban yang disalurkan (Ft)

$$\begin{aligned} F_t &= \text{Tr} \times Q_0 \\ &= 7,62 \times 2,07 \\ &= 15,77 \text{ Ton} \end{aligned}$$

*Magnification* (M) rumus

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2Dr)^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{(1-0,93^2)^2+(2 \times 0,0169 \times 0,93)^2}} \\ &= 7,51 < 1,5 \text{ OK} \end{aligned}$$

Amplitudo (A) rumus

$$\begin{aligned} A &= M \frac{Q_0}{k} \\ &= 7,51 \times \frac{2,07}{11425064,39} \\ &= 1,36\text{E-}06 \text{ rad} \\ &= 5,356\text{E-}05 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 2\pi f (A) \\ &= 2 \times 3,14 \times 25 \times 5,356\text{E-}05 \text{ inch} \\ &= 1,07\text{E-}02 \text{ in/dt} \end{aligned}$$

Didapat hasil frekuensi dari mesin ( $f$ ) = 32 cps, Amplitudo yang terjadi ( $A$ ) =  $5,356\text{E-}05$  inch dan Kecepatan ( $V$ ) =  $1,07\text{E-}02$  in/dt. Setelah didapatkan data tersebut diplotkan pada gambar grafik 5.8 untuk mengecek syarat keamanan mesin tersebut menurut parameter frekuensi dengan amplitudo, dan menurut parameter frekuensi dengan kecepatan dicek dengan gambar grafik 5.9.

Sesuai gambar grafik 5.8 parameter Frekuensi ( $f$ ) = 32 cps dan Amplitudo ( $A$ )  $5,356\text{E-}05$  inch masuk area tidak terasa (*Not Noticeable*).

Sesuai gambar grafik 5.9 parameter Frekuensi ( $f$ ) = 32 cps dan Kecepatan ( $V$ ) =  $1,07\text{E-}02$  in/dt masuk dibawah area "*Barely Noticeable to Person*" yang berarti hampir tidak terasa.

### 5.7 Perencanaan Poer

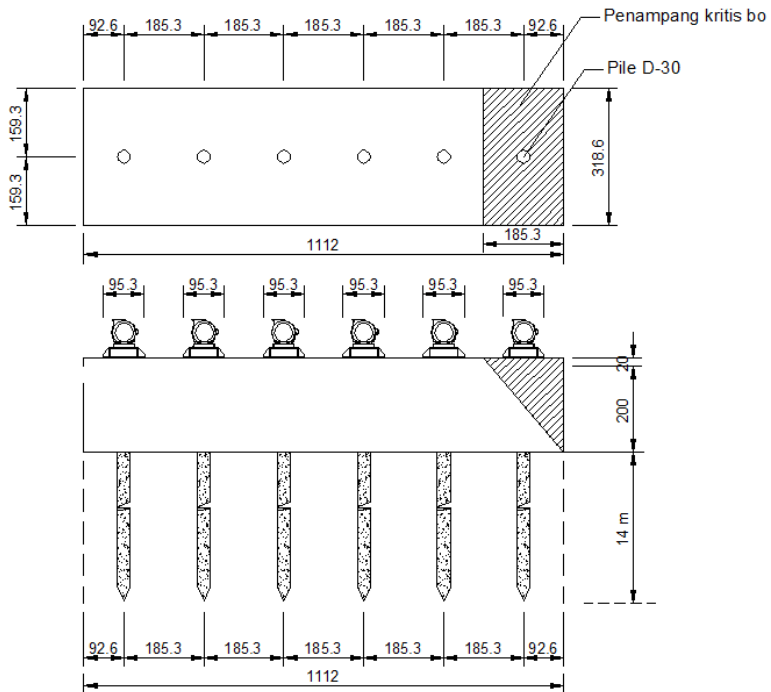
Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perencanaan poer:

|                         |  |
|-------------------------|--|
| $P_{maks}$ (1tiang)     | : 72,6 ton = 72600 Kg                            |
| Jumlah tiang            | : 6 buah   |
| Dimensi poer (pxlxt)    | : 11,12 x 3,186 x 2,2 m                          |
| Mutu beton ( $f_c'$ )   | : K350 = $f_c'$ = 30 MPa                         |
| Mutu baja ( $f_y$ )     | : 400 MPa  |
| Diameter tulangan       | : 25 mm  |
| Selimut beton           | : 70 mm  |
| $\lambda$               | : 1 (beton normal)                               |
| $a_s$                   | : 40   |
| Mutu tiang              | : K350 = $f_c'$ 30 MPa                           |
| Tinggi efektif plat (d) |  |
| $d_x$                   | = 2200 - 70 - $\frac{1}{2}$ x 25 : 2117,5 mm     |
| $d_y$                   | = 2200 - 70 - 25 - $\frac{1}{2}$ x 25: 2092,5 mm |

### 5.8 Kontrol Geser Ponds *Poer*

Kontrol geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi, Perencanaan geser ponds berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1. Untuk perencanaan geser ponds dari poer bisa dilihat pada gambar 5.10.



**Gambar 5.10 Perencanaan Geser Ponds**

Nilai  $V_c$  digunakan nilai terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} x b_o x d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left( \frac{a_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} x b_o x d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} x b_o x d$$

dimana:

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\
 &\quad \text{daerah beban terpusat} = 300/300 = 1 \\
 b_o &= \text{keliling penampang kritis} \\
 &= (2 \times 3186) + (2 \times 1853) \\
 &= 10078 \text{ mm} \\
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} x b_o x dx \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{30} x 10078 x 2117,5 \\
 &= 59611297,73 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \left(\frac{a_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} x b_o x dx \\
 &= 0,083 \left(\frac{40 \cdot 2117,5}{10078}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{30} x 10078 x 2117,5 \\
 &= 81535276,640 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} x b_o x dx \\
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} x 10078 x 2117,5 \\
 &= 38922670,87 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 38922670,87 N = 3967652,466 Kg.

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,6 \cdot 3967652 \text{ Kg} > P_{\text{maks}} \\
 &= 2380591,48 \text{ Kg} > 72600 \text{ Kg (OK!)}
 \end{aligned}$$

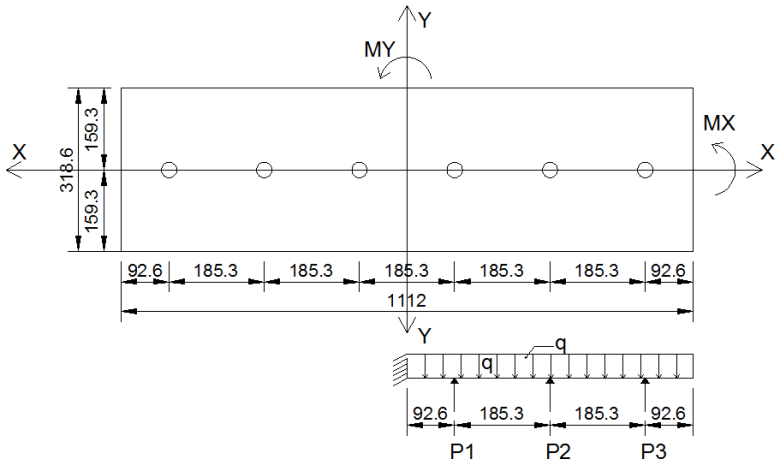
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat pancang.

## 5.9 Perhitungan Penulangan *Poer*

Dimensi *pilecap* yang digunakan sesuai rencana (pxlxt) = 11,12 x 3,186 x 2,2 meter dengan bagian tertanam tanah sedalam 1 meter. Untuk penulangan lentur, pondasi *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit per segmen. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban dari pondasi tiang pancang dan berat sendiri *poer*. Perhitungan gaya dalam pada *poer* didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

### 5.9.1 Penulangan Arah X

Untuk pembebanan penulangan arah x pada *poer* mekanika statisnya dapat dilihat pada gambar 5.11.



**Gambar 5.11** Pembebanan Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &= 72,6 \text{ Ton (kekuatan bahan tiang pancang)} \\
 P &= 72,6 \text{ ton} \\
 Q &= 11,12 \times 2,2 \times 2,4 \text{ ton/m} = 58,71 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 58,71 \text{ ton/m} \times 1,2 = 70,46 \text{ ton/m} \\
 M_u &= (2P_{\text{maks}} \times 2,0) - \left(\frac{1}{2} \times q_u \times 3,15^2\right) \\
 &= (72,6 \times 0,926) + (72,6 \times 2,779) + (72,6 \times 4,632) - \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \times 70,46 \times 5,6^2\right) \\
 &= -499,55 \text{ tonm} \\
 &= 4900639859 \text{ Nmm} \\
 dx &= 2200 - 70 - \frac{1}{2} \times 25 = 2117,5 \text{ mm} \\
 dy &= 2200 - 70 - 25 - \frac{1}{2} \times 25 = 2092,5 \text{ mm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{4900639859}{0,8} = 6125799823 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,412
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{240} = 0,00058$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{fy} \left( \frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{240} \left( \frac{600}{600 + 240} \right)\end{aligned}$$

$$= 0,0645$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{bal}} = 0,75 \times 0,0645 = 0,086$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{6125799823}{3186 \times 2117,5^2} = 0,429$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{9,412} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2,9 \cdot 412 \cdot 0,429}{240}} \right)\end{aligned}$$

$$= 0,00018 < \rho_{\min}, \text{ Jadi dipakai } \rho = 0,00058$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}As &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,00058 \times 3186 \times 2117,5 \\ &= 3912,886 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunaan tulangan D25 ( $As = 490,9 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan perlu} = \frac{3910,430}{490,9} = 7,97 = 9 \text{ buah}$$

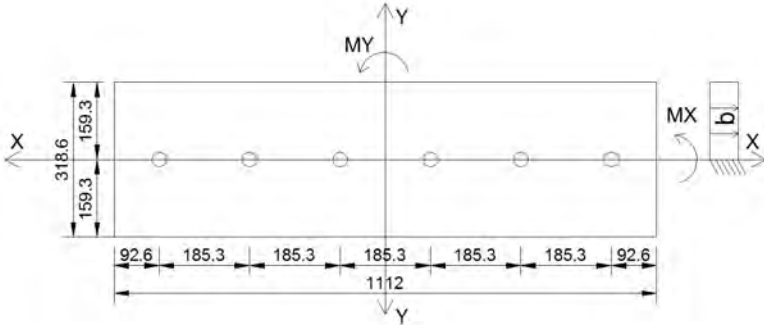
$$\text{Jarak tul. terpasang} = \frac{2200}{9-1} = 275 \approx \text{dikakai } 275 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D25-275 mm

$$\begin{aligned}A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{2200}{275} \\ &= 3927,2 \text{ mm}^2 > 3912,886 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}\end{aligned}$$

### 5.9.2 Penulangan Arah Y

Untuk pembebanan penulangan arah y pada *poer* mekanika statis nya dapat dilihat pada gambar 5.12.



**Gambar 5.12** Pembebanan Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &= 72,6 \text{ Ton (kekuatan bahan tiang pancang)} \\
 P &= 72,6 = 217,8 \text{ ton} \\
 Q &= 11,12 \times 2,2 \times 2,4 \text{ ton/m} = 58,71 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 58,71 \text{ ton/m} \times 1,2 = 70,46 \text{ ton/m} \\
 M_u &= - \left( \frac{1}{2} \times q_u \times 1,593^2 \right) \\
 &= - \left( \frac{1}{2} \times 70,46 \times 1,593^2 \right) \\
 &= 89,40 \text{ tonm} \\
 &= 877023728,3 \text{ Nmm} \\
 dx &= 2200 - 70 - \frac{1}{2} \times 25 = 2117,5 \text{ mm} \\
 dy &= 2200 - 70 - 25 - \frac{1}{2} \times 25 = 2092,5 \text{ mm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{877023728,3}{0,8} = 1096279660 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,412 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00058 \\
 \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)
 \end{aligned}$$



$$= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{240} \left( \frac{600}{600+240} \right)$$

$$= 0,0645$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{bal} = 0,75 \times 0,0645 = 0,086$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1096279660}{3186 \times 2117,5^2} = 0,077$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,412} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,412 \cdot 0,077}{240}} \right)$$

$$= 0,00032 < \rho_{\min}, \text{ Jadi dipakai } \rho = 0,00058$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 3186 \times 2117,5 \\ &= 3912,886 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunaan tulangan D25 ( $A_s = 490,9 \text{ mm}^2$ )

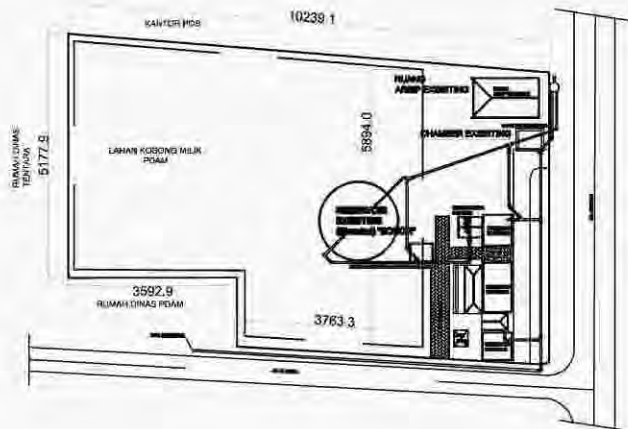
$$\text{Jumlah tulangan perlu} = \frac{3910,430}{490,9} = 7,97 = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tul. terpasang} = \frac{2200}{9-1} = 275 \approx \text{dipakai } 275 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D25-275 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{2200}{275} \\ &= 3927,2 \text{ mm}^2 > 3912,886 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**Denah RP. Krembangan**  
Skala 1:1000



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasil Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

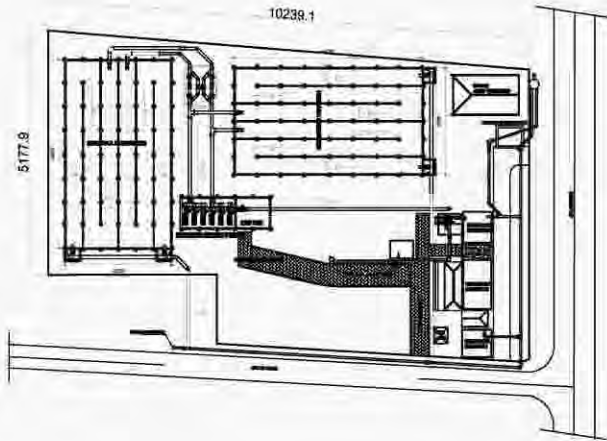
Gandarjati Nur Pramatha

| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

Denah RP. Krembangan

| Skala  | No Gambar | Jumlah Gambar |
|--------|-----------|---------------|
| 1:1000 | 1         | 11            |



## Rencana Lokasi Reservoir

Skala 1:1000



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030

Dosen Pembimbing

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

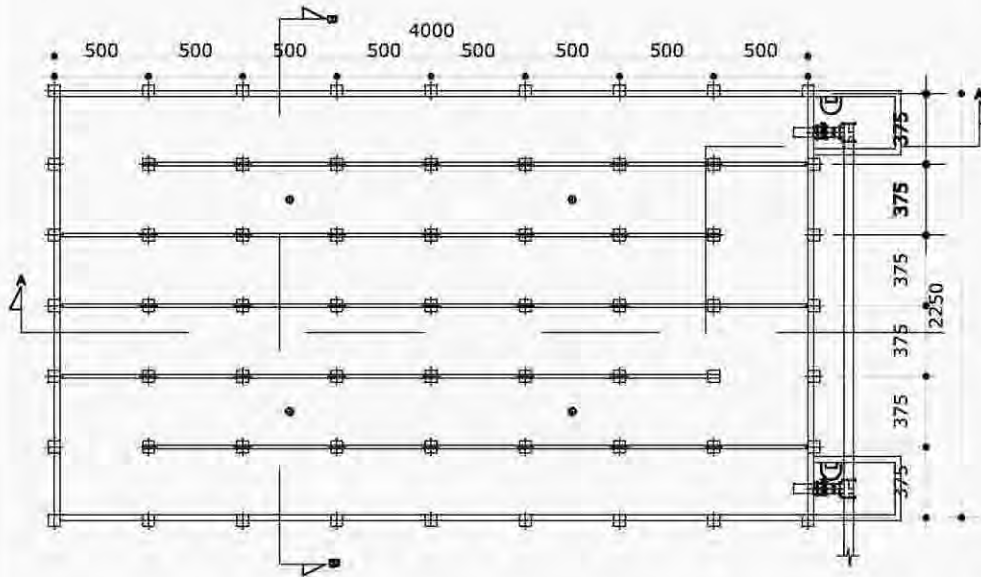
Gandarjati Nur Pramatha

| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

Nama Gambar

Detail Pondasi

| Skala  | No Gambar | Jumlah Gambar |
|--------|-----------|---------------|
| 1:1000 | 2         | 11            |



**Denah Reservoir**  
Skala 1:2500



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

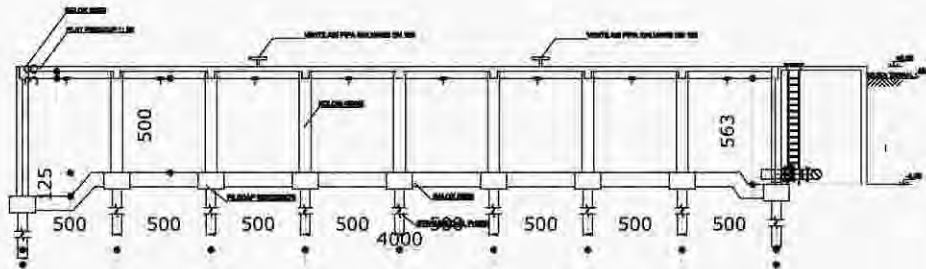
1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD


**Keterangan**

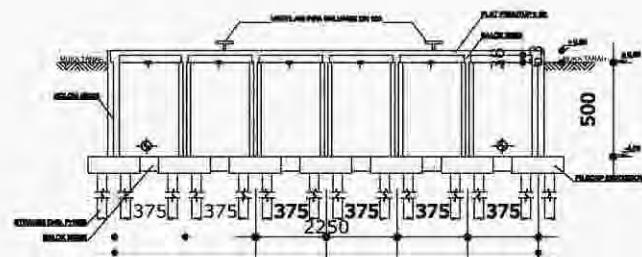
**Nama Mahasiswa**

Gandarjati Nur Pramarta

| Revisi             | Tanggal   | Catatan       |
|--------------------|-----------|---------------|
|                    |           |               |
| <b>Nama Gambar</b> |           |               |
| - Denah Reservoir  |           |               |
| Skala              | No Gambar | Jumlah Gambar |
| 1:2500             | 3         | 11            |



 **Potongan A-A**  
Skala 1:2500



 **Denah Potongan B-B**  
Skala 1:2500



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

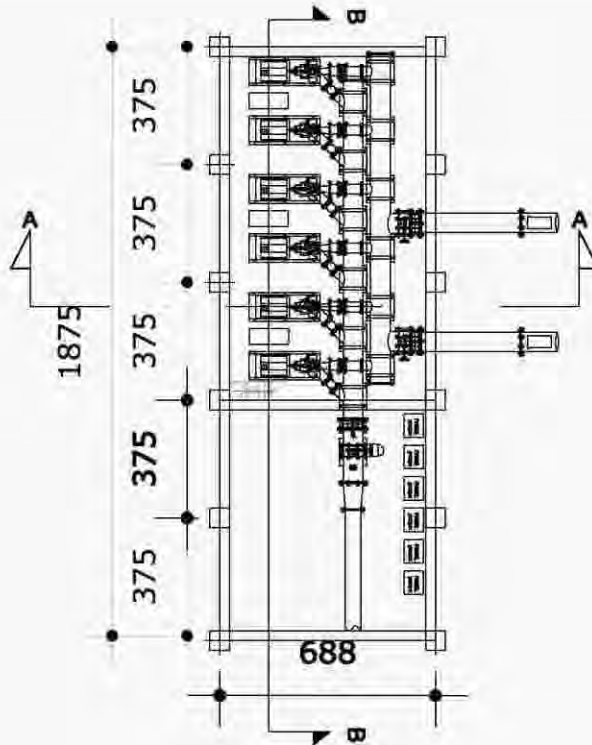
Gandarjati Nur Pramatha

| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

- Potongan A-A
- Potongan B-B

| Skala  | No Gambar | Jumlah Gambar |
|--------|-----------|---------------|
| 1:2500 | 4         | 11            |



 **Denah Rumah Pompa**  
Skala 1:1500



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

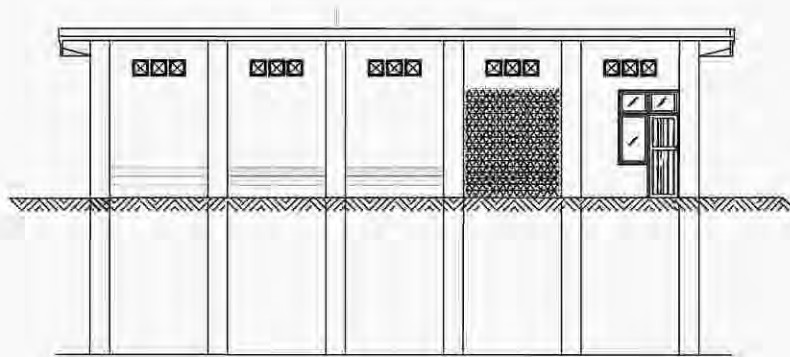
**Gandarjati Nur Pramatha**

| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

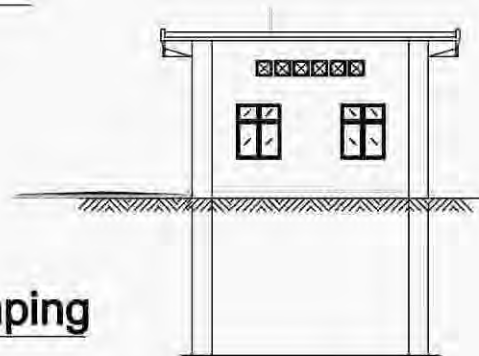
**- Denah Rumah Pompa**

| Skala  | No Gambar | Jumlah Gambar |
|--------|-----------|---------------|
| 1:1500 | 5         | 11            |



**Tampak Depan**

Skala 1:1500



**Tampak Samping**

Skala 1:1500



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

Gandarjati Nur Pramatha

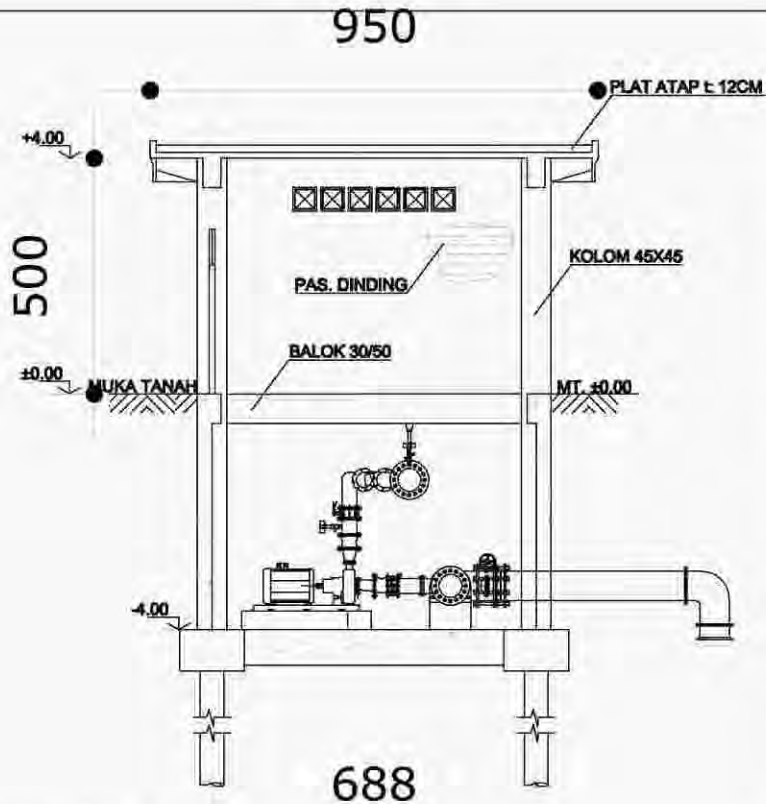
| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

- Tampak Samping  
- Tampak Depan

| Skala  | No Gambar | Jumlah Gambar |
|--------|-----------|---------------|
| 1:1500 | 6         | 11            |





**Potongan A-A**  
Skala 1:1000



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

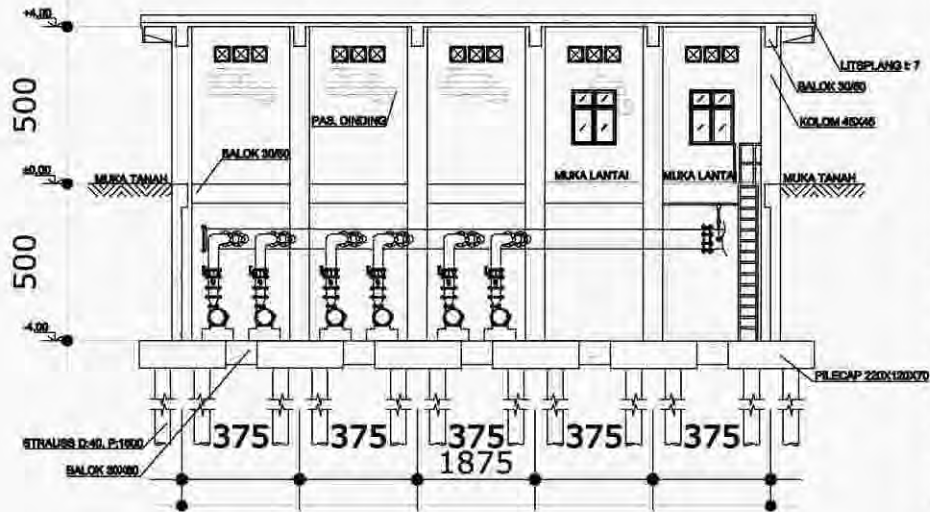
**Gandarjati Nur Pramatha**

| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

**- Potongan A-A**

| Skala  | No Gambar | Jumlah Gambar |
|--------|-----------|---------------|
| 1:1000 | 7         | 11            |



**Potongan B-B**

Skala 1:1500



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

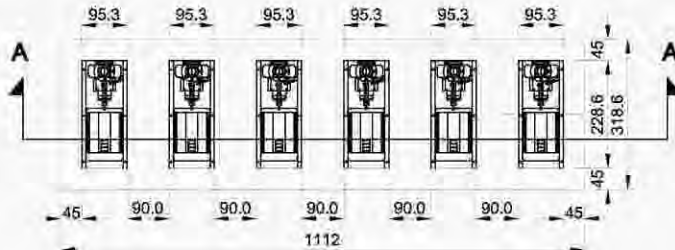
**Gandarjati Nur Pramatha**


| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

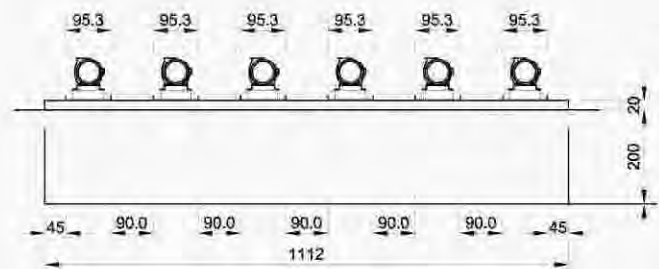
**Nama Gambar**

**- Potongan B-B**

| Skala  | No Gambar | Jumlah Gambar |
|--------|-----------|---------------|
| 1:1500 | 8         | 11            |



 **Denah Mesin**  
Skala 1:100



 **Potongan A-A**  
Skala 1:100



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

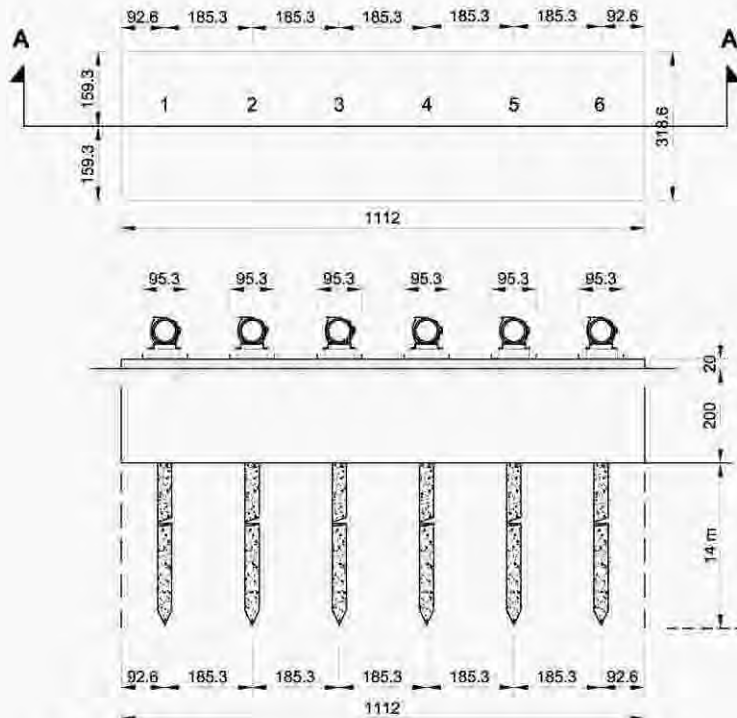
**Gandarjati Nur Pramatha**


| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

- Denah Mesin
- Potongan A-A

| Skala | No Gambar | Jumlah Gambar |
|-------|-----------|---------------|
| 1:100 | 9         | 11            |



 **Denah Tiang & Potongan A-A**  
Skala 1:100



Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

Gandarjati Nur Pramatha

| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

Denah Tiang Pancang  
Potongan A-A

| Skala | No Gambar | Jumlah Gambar |
|-------|-----------|---------------|
| 1:100 | 10        | 11            |



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

**PERENCANAAN KAPASITAS  
POMPA DAN PONDASI BEBAN  
DINAMIS PADA RUMAH POMPA  
KREMBANGAN UNTUK PROYEKSI  
KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030**

**Dosen Pembimbing**

1. Ir. Wasis Wardoyo, MSc, PhD
2. Endah Wahyuni, ST, MSc., PhD

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

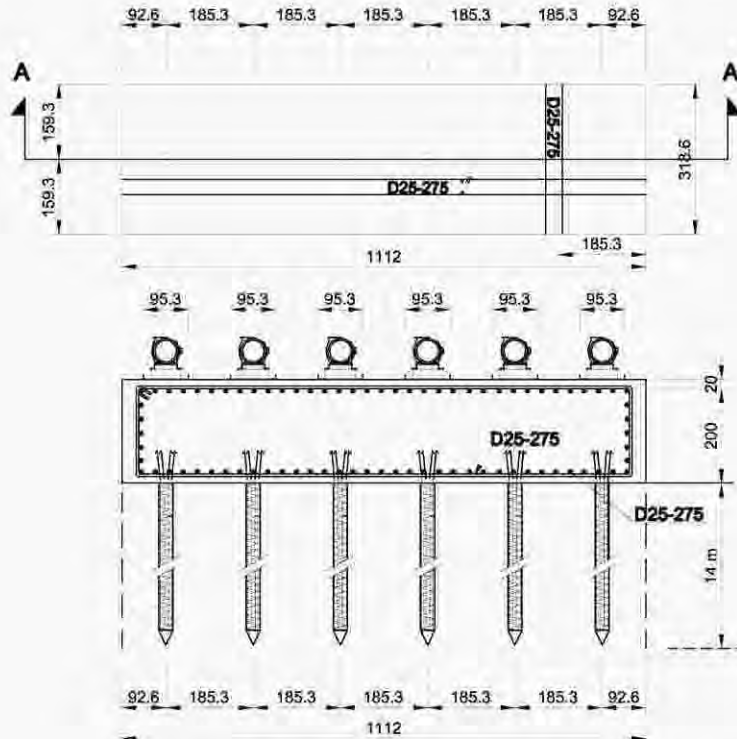
Gandarjati Nur Pramatha

| Revisi | Tanggal | Catatan |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**Nama Gambar**

Denah Tulangan  
Potongan A-A

| Skala | No Gambar | Jumlah Gambar |
|-------|-----------|---------------|
| 1:100 | 11        | 11            |



**Denah Tulangan & Potongan A-A**

**Skala 1:100**

6. INDUSTRI MANUFAKTUR

Tabel 106.01.07

Banyaknya Industri Besar menurut Golongan Industri per Kecamatan (Number of Large Scale Industries by Industrial Categories by Sub-District 2014)

| Kecamatan/<br>Sub-District | Jumlah Industri/Type of Industries |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                            | 10                                 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 101 Sumbawa Besar          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 102 Genuk                  | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 103 Balaesari              | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 104 Sempaja Utara          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 105 Pajeneh Cilik          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 106 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 107 Pajeneh                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 108 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 109 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 110 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 111 Giliwung               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 112 Ronggait               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 113 Tempilek               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 114 Gunung Anyar           | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 115 Sukaadhi               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 116 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 117 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 118 Wondolano              | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 119 Karangpawung           | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 120 Duku-Palas             | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 121 Wiyung                 | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 122 Wondolano              | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 123 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 124 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 125 Lantana                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 126 Sukanurunggal          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 127 Kesenowo               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 128 Beroowo                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 129 Pajeneh                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 130 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 131 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Jumlah/Total               | 30                                 | 0  | 6  | 6  | 9  | 6  | 13 | 10 | 5  | 5  |

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Sumbawa  
 Source: BPS - Sumbawa City

INDUSTRI MANUFAKTUR

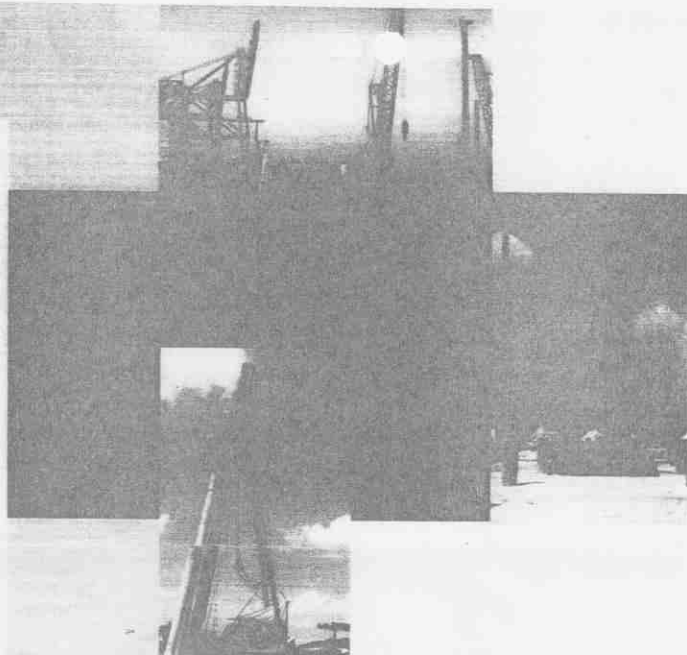
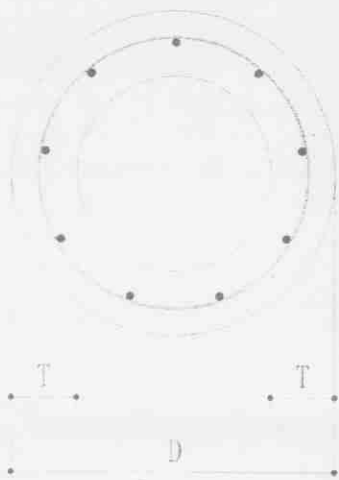
Tabel 106.01.07

Banyaknya Industri Besar menurut Golongan Industri per Kecamatan (Number of Large Scale Industries by Industrial Categories by Sub-District 2014)

| Kecamatan/<br>Sub-District | Jumlah Industri/Type of Industries |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                            | 18                                 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 101 Sumbawa Besar          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 102 Genuk                  | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 103 Balaesari              | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 104 Sempaja Utara          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 105 Pajeneh Cilik          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 106 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 107 Pajeneh                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 108 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 109 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 110 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 111 Giliwung               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 112 Ronggait               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 113 Tempilek               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 114 Gunung Anyar           | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 115 Sukaadhi               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 116 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 117 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 118 Wondolano              | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 119 Karangpawung           | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 120 Duku-Palas             | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 121 Wiyung                 | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 122 Wondolano              | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 123 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 124 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 125 Lantana                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 126 Sukanurunggal          | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 127 Kesenowo               | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 128 Beroowo                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 129 Pajeneh                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 130 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 131 Sempaja                | 1                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Jumlah/Total               | 7                                  | 1  | 15 | 5  | 26 | 13 | 9  | 22 | 13 | 13 |

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Sumbawa  
 Source: BPS - Sumbawa City

## Shape and Dimension

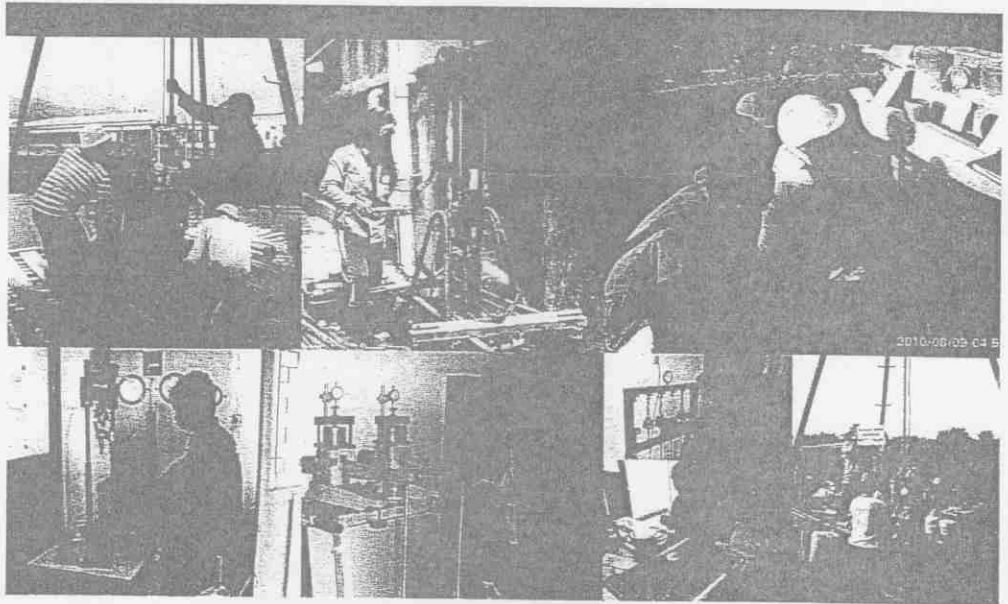


## Classification

| Outside Diameter (mm) | Wall Thickness (mm) | Class | Concrete Cross Section (cm <sup>2</sup> ) | Unit Weight (Kg/m) | Length (m) | Bending Moment Crack (Ton.m) | Bending Moment Ultimate (Ton.m) | Allowable Axial Load (Ton) |
|-----------------------|---------------------|-------|---|--------------------|------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 300                   | 60                  | A2    | 452                                       | 113                | 6 - 13     | 2.50                         | 3.75                            | 72.60                      |
|                       |                     | A3    |   |                    |            | 3.00                         | 4.50                            | 70.75                      |
|                       |                     | B     |   |                    |            | 3.50                         | 6.30                            | 67.50                      |
|                       |                     | C     |   |                    |            | 4.00                         | 8.00                            | 65.40                      |
| 350                   | 65                  | A1    | 582                                       | 145                | 6 - 15     | 3.50                         | 5.25                            | 93.10                      |
|                       |                     | A3    |   |                    |            | 4.20                         | 6.30                            | 89.50                      |
|                       |                     | B     |   |                    |            | 5.00                         | 9.00                            | 86.40                      |
|                       |                     | C     |   |                    |            | 6.00                         | 12.00                           | 85.00                      |
| 400                   | 75                  | A2    | 766                                       | 191                | 6 - 16     | 5.50                         | 8.25                            | 121.10                     |
|                       |                     | A3    |   |                    |            | 6.50                         | 9.75                            | 117.60                     |
|                       |                     | B     |   |                    |            | 7.50                         | 13.50                           | 114.40                     |
|                       |                     | C     |   |                    |            | 9.00                         | 18.00                           | 111.50                     |
| 450                   | 80                  | A1    | 930                                       | 232                | 6 - 16     | 7.50                         | 11.25                           | 149.50                     |
|                       |                     | A2    |   |                    |            | 8.50                         | 12.75                           | 145.80                     |
|                       |                     | A3    |   |                    |            | 10.00                        | 15.00                           | 143.80                     |
|                       |                     | B     |   |                    |            | 11.00                        | 19.80                           | 139.10                     |
|                       |                     | C     |   |                    |            | 12.50                        | 25.00                           | 134.90                     |
| 500                   | 90                  | A1    | 1159                                      | 290                | 6 - 16     | 10.50                        | 15.75                           | 185.30                     |
|                       |                     | A2    |   |                    |            | 12.50                        | 18.75                           | 181.70                     |
|                       |                     | A3    |   |                    |            | 14.00                        | 21.00                           | 178.20                     |
|                       |                     | B     |   |                    |            | 15.00                        | 27.00                           | 174.90                     |
|                       |                     | C     |   |                    |            | 17.00                        | 34.00                           | 169.00                     |
| 600                   | 100                 | A1    | 1571                                      | 393                | 6 - 16     | 17.00                        | 25.50                           | 252.70                     |
|                       |                     | A2    |   |                    |            | 19.00                        | 28.50                           | 249.00                     |
|                       |                     | A3    |   |                    |            | 22.00                        | 33.00                           | 243.20                     |
|                       |                     | B     |   |                    |            | 25.00                        | 45.00                           | 238.30                     |
|                       |                     | C     |   |                    |            | 29.00                        | 58.00                           | 229.50                     |



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



# LAPORAN

## HASIL PENYELIDIKAN TANAH

**PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA**

**UP. KUSWARA**

**PROYEK PEMBANGUNAN RESERVOIR RUMAH POMPA KREMBANGAN**

**LOKASI : KREMBANGAN – KOTA SURABAYA**

LABORATORIUM UJI MATERIAL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116 Telp. : 031 5981006, Fax : 5981006  
E-mail : labujimaterial.its@gmail.com



Proyek : Pembangunan Reservoir Rumnah Pompa Kembangan  
 Lokasi : Kembangan - Kota Surabaya  
 MAT : - 1 m

**SOIL DESCRIPTION**

BH : 1 (Satu)  
 TANGGAL : 12 Mei 2015

| DEPTH (E) | UNDISTURBED SAMPLE | GWL (m) | BOR LOG | DESKRIPSI TANAH/IBATUAN            | Physical Properties              |            |            |       |       | Atterberg Limit |         |         | Oedometer Test |               |   | Strength Test |                           |             |                             |     |   |
|-----------|--------------------|---------|---------|------------------------------------|----------------------------------|------------|------------|-------|-------|-----------------|---------|---------|----------------|---------------|---|---------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|-----|---|
|           |                    |         |         |                                    | $\gamma_t$<br>Tough <sup>1</sup> | $W_c$<br>% | $S_r$<br>% | $e$   | $G_s$ | LL<br>%         | PL<br>% | IP<br>% | $C_c$          | Swelling Test |   | Testing Type  | $C$<br>kg/cm <sup>2</sup> | $\phi$<br>° | $q_u$<br>kg/cm <sup>2</sup> |     |   |
| 0         |                    |         |         | Lempung Berlempau Berpasir Abu abu |                                  |            |            |       |       |                 |         |         |                |               |   |               |                           |             |                             |     |   |
| 10        |                    |         |         | Lempung Berlempau Abu abu          | 1.680                            | 36.59      | 84.80      | 1.140 | 2.632 | *               | *       | *       | *              | *             | * | *             |                           | Triaxial UU | 0.201                       | 1.6 | * |
| 30        |                    |         |         | Lempung Berlempau Abu abu          | 1.625                            | 51.36      | 100        | 1.441 | 2.621 | *               | *       | *       | *              | *             | * | *             |                           | Triaxial UU | 0.131                       | 1.0 | * |
| 50        |                    |         |         | Lempau Berlempung Berpasir Hitam   | 1.695                            | 48.74      | 100        | 1.307 | 2.630 | *               | *       | *       | *              | *             | * | *             |                           | Vanne Shear | 0.067                       | 0.0 | * |

**LEGENDA :**

|  |         |  |         |  |         |
|--|---------|--|---------|--|---------|
|  | Lempung |  | Pasir   |  | Batuhan |
|  | Lempau  |  | Kerikil |  | MAT     |

**REMARKS :**

\* = No Test

$\gamma_t$  = Unit weight

$W_c$  = Water content

$S_r$  = Degree of saturation

LL = Liquid limit

PL = Plastic limit

IP = Plasticity index

$e$  = Void Ratio

$G_s$  = Specific Gravity

Sp = Swelling Potential

SwP = Swelling Pressure

NP = Non Plastic

NS = No Sample

UU = Unconsolidated Un drained

DS = Direct Shear





ITS  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Jember 2015

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM UJI MATERIAL  
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. : 031-5981006, 5947637 Fax. : 031-5981006  
E-mail : labujimaterial.its@gmail.com

Lokasi : Krembangan - Kota Surabaya

Tested : Suprayitno

Proyek : Pembangunan Reservoir Rumah Pompa Krembangan

Tanggal : 12-05-2015

## VOLUMETRI - GRAVIMETRI

SNI 03-1964-1990

### VOLUMETRI, ( $\gamma_t$ )

| Depth                             | m                  | 1      | 3      | 5      |
|-----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| No. cawan                         |                    | 8      | 7      | AF     |
| Berat cawan                       | gram               | 51.6   | 54.96  | 52.23  |
| Berat cawan + tanah basah         | gram               | 87.4   | 79.42  | 89.37  |
| Berat tanah basah                 | gram               | 35.8   | 24.46  | 37.14  |
| Berat cawan + Hg yang dipindahkan | gram               | 395.91 | 310.88 | 404.08 |
| Berat air raksa yang dipindahkan  | gram               | 289.76 | 204.73 | 297.93 |
| Volume tanah basah                | cm <sup>3</sup>    | 21.31  | 15.05  | 21.91  |
| Berat volume basah                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.680  | 1.625  | 1.695  |

### KADAR AIR, ( $w_c$ )

| No. cawan                  |      | 8     | 7     | AF    |
|----------------------------|------|-------|-------|-------|
| Berat cawan                | gram | 51.6  | 54.96 | 52.23 |
| Berat cawan + tanah basah  | gram | 87.4  | 79.42 | 89.37 |
| Berat cawan + tanah kering | gram | 77.81 | 71.12 | 77.2  |
| Berat air                  | gram | 9.59  | 8.3   | 12.17 |
| Berat tanah kering         | gram | 26.21 | 16.16 | 24.97 |
| Kadar air                  | %    | 36.59 | 51.36 | 48.74 |

### GRAVIMETRI, ( $G_s$ )

| No. piknometer                       |      | P13     | A1      | P12     |
|--------------------------------------|------|---------|---------|---------|
| Berat piknometer                     | gram | 87.74   | 80.28   | 89.15   |
| Berat pikn. + tanah kering           | gram | 111.54  | 94.32   | 114.3   |
| Berat pikn. + tanah + air            | gram | 351.18  | 337.24  | 353.31  |
| Berat pikn. + air                    | gram | 336.45  | 328.6   | 337.75  |
| Berat jenis air pada suhu.....°C, T1 |      | 1.00374 | 1.00374 | 1.00374 |
| Berat jenis air pada suhu.....°C, T2 |      | 1.00400 | 1.00400 | 1.00400 |
| $G_s$                                |      | 2.632   | 2.621   | 2.630   |





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM UJI MATERIAL

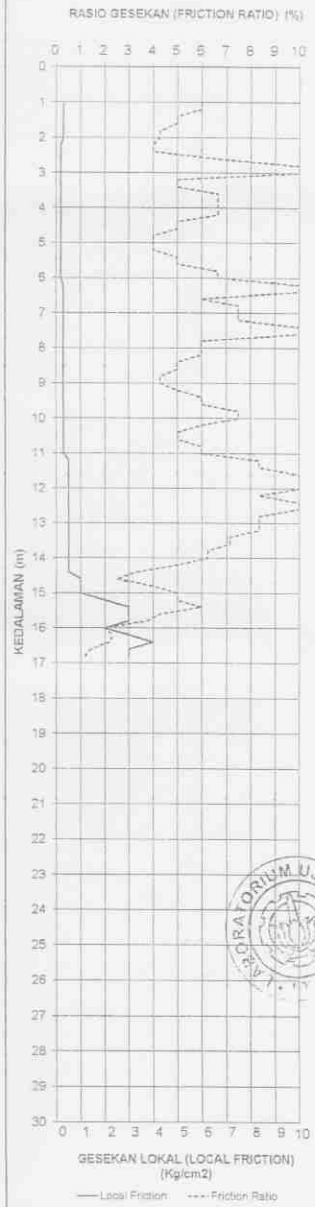
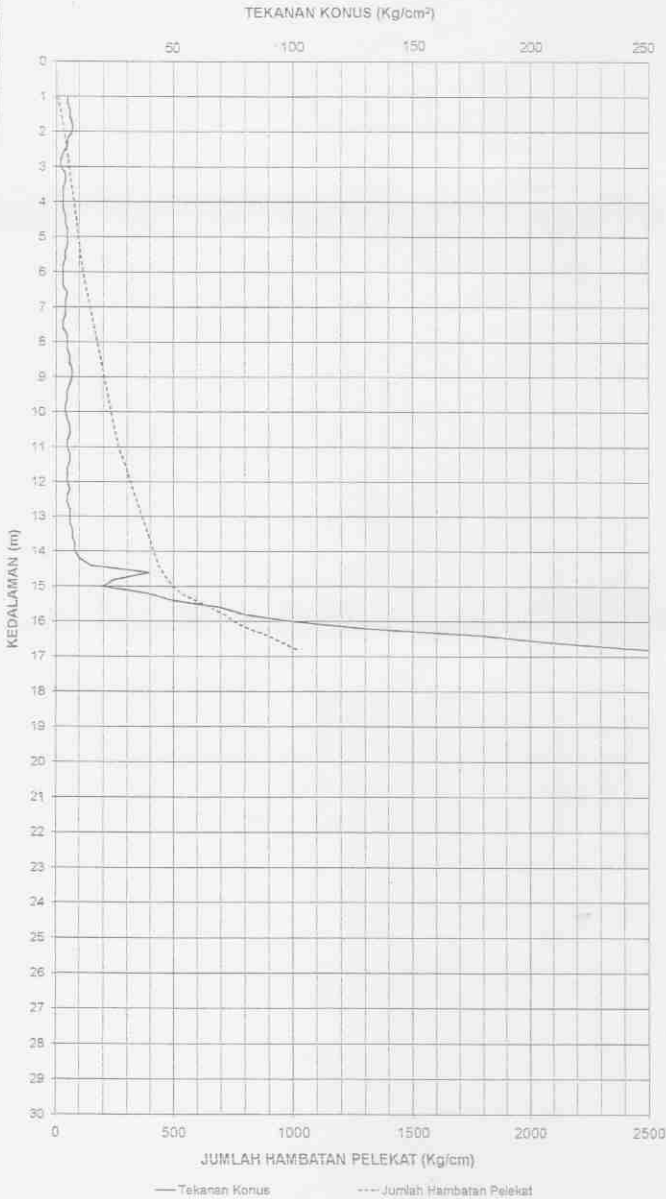
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. : 031-5981006, 5947637 Fax. : 031-5981006

E-mail : labujimaterial.its@gmail.com

**GRAFIK SONDIR**  
**( DUCTH CONE PENETROMETER TEST )**

|         |  |               |                |
|---------|--|---------------|----------------|
| TITIK   | : S1   | MASTER SONDIR | : Ari Kuswanto |
| LOKASI  | : Reservoir Rumah Pompa - Krembangan Kota Surabaya | TANGGAL       | : 06-May-15    |
| ELEVASI | : ± 0,00 m (muka tanah setempat)                   |               |                |





ITS  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM UJI MATERIAL

Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. : 031-5981006, 5947637 Fax. : 031-5981006  
E-mail : labujimaterial.its@gmail.com

Nama Lokasi : Reservoir Rumah Pempa - Krembangan Kota Surabaya  
Titik : S I  
Master Sondir : Ari Kuswanto  
Tanggal : 06 Mei 2015  
Elevasi : ± 0.00 m (muka tanah setempat)

Luas Konus = 10 cm<sup>2</sup>  
Luas Piston = 10 cm<sup>2</sup>  
Luas Mantel (Selimut) = 100 cm<sup>2</sup>  
Interval Data Sondir = 20 cm

| KEDA- | Bacaan             | Bacaan             | Nilai              | Lekatan            |       |       |       | FRICITION |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|-----------|
| LAMAN | I                  | II                 | Konus              | Local              | HP    | JHP   | RATIO |           |
| ( m ) | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm | Kg/cm | (%)   |           |
| 10.8  | 5                  | 8                  | 5                  | 0.30               | 6     | 260   | 6.0   |           |
| 11    | 5                  | 8                  | 5                  | 0.30               | 6     | 266   | 6.0   |           |
| 11.2  | 6                  | 11                 | 6                  | 0.50               | 10    | 276   | 8.3   |           |
| 11.4  | 6                  | 11                 | 6                  | 0.50               | 10    | 286   | 8.3   |           |
| 11.6  | 5                  | 10                 | 5                  | 0.50               | 10    | 296   | 10.0  |           |
| 11.8  | 5                  | 10                 | 5                  | 0.50               | 10    | 306   | 10.0  |           |
| 12    | 5                  | 10                 | 5                  | 0.50               | 10    | 316   | 10.0  |           |
| 12.2  | 6                  | 11                 | 6                  | 0.50               | 10    | 326   | 8.3   |           |
| 12.4  | 5                  | 10                 | 5                  | 0.50               | 10    | 336   | 10.0  |           |
| 12.6  | 5                  | 10                 | 5                  | 0.50               | 10    | 346   | 10.0  |           |
| 12.8  | 6                  | 11                 | 6                  | 0.50               | 10    | 356   | 8.3   |           |
| 13    | 6                  | 11                 | 6                  | 0.50               | 10    | 366   | 8.3   |           |
| 13.2  | 6                  | 11                 | 6                  | 0.50               | 10    | 376   | 8.3   |           |
| 13.4  | 7                  | 12                 | 7                  | 0.50               | 10    | 386   | 7.1   |           |
| 13.6  | 7                  | 12                 | 7                  | 0.50               | 10    | 396   | 7.1   |           |
| 13.8  | 8                  | 13                 | 8                  | 0.50               | 10    | 406   | 6.3   |           |
| 14    | 8                  | 13                 | 8                  | 0.50               | 10    | 416   | 6.3   |           |
| 14.2  | 10                 | 15                 | 10                 | 0.50               | 10    | 426   | 5.0   |           |
| 14.4  | 15                 | 20                 | 15                 | 0.50               | 10    | 436   | 3.3   |           |
| 14.6  | 40                 | 50                 | 40                 | 1.00               | 20    | 456   | 2.5   |           |
| 14.8  | 25                 | 35                 | 25                 | 1.00               | 20    | 476   | 4.0   |           |
| 15    | 20                 | 30                 | 20                 | 1.00               | 20    | 496   | 5.0   |           |
| 15.2  | 40                 | 60                 | 40                 | 2.00               | 40    | 536   | 5.0   |           |
| 15.4  | 50                 | 80                 | 50                 | 3.00               | 60    | 596   | 6.0   |           |
| 15.6  | 70                 | 100                | 70                 | 3.00               | 80    | 656   | 4.3   |           |
| 15.8  | 80                 | 110                | 80                 | 3.00               | 60    | 716   | 3.8   |           |
| 16    | 100                | 120                | 100                | 2.00               | 40    | 756   | 2.0   |           |
| 16.2  | 130                | 160                | 130                | 3.00               | 60    | 816   | 2.3   |           |
| 16.4  | 180                | 220                | 180                | 4.00               | 80    | 896   | 2.2   |           |
| 16.6  | 210                | 240                | 210                | 3.00               | 60    | 956   | 1.4   |           |
| 16.8  | 250                | 280                | 250                | 3.00               | 60    | 1016  | 1.2   |           |

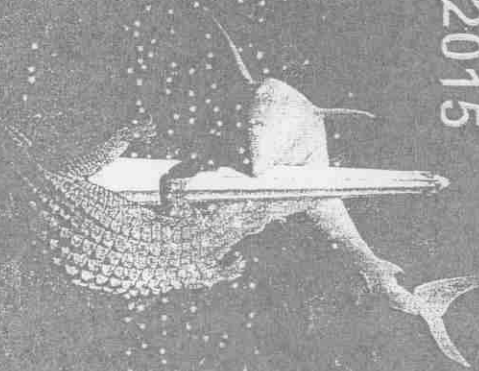


Katalog Calllog BPS : 1102001.3576

# KOTA SURABAYA DALAM ANGKA

*Surabaya City in Figures*

2015



**BADAN PUSAT STATISTIK  
KOTA SURABAYA**  
*Statistics of Surabaya City*

3. PENYUKUT DAN TENAGA KERJA / POPULATION AND MANPOWER\*

Tabel : 03.01.01  
Luas Wilayah dan Keistimewaan Produk  
Mencakup Kecamatan Hasil Sensus Penduduk  
Sulawesi Tenggara tahun 2010  
Population by Size and Special Districts  
1998, 2000 and 2010

| Kecamatan/<br>Sub District   | Luas Wilayah/<br>Area (km <sup>2</sup> ) |         |        |        |     |
|------------------------------|--|---------|--------|--------|-----|
|                              | (1)                                      | (2)     | (3)    | (4)    | (5) |
| Sulawesi Barat               |  |         |        |        |     |
| 1. Tombulena                 | 4,25                                     | 27.467  | 21.737 | 18.927 |     |
| 02. Gending                  | 4,05                                     | 18.287  | 13.497 | 11.697 |     |
| 03. Bulukano                 | 3,80                                     | 28.294  | 23.766 | 21.864 |     |
| 04. Simonele                 | 2,99                                     | 22.729  | 22.279 | 20.671 |     |
| Sulawesi Utara               |  |         |        |        |     |
| 05. Pakean Cendana           | 6,8                                      | 20.637  | 16.698 | 10.272 |     |
| 06. Semarung                 | 6,76                                     | 18.578  | 17.632 | 17.272 |     |
| 07. Kemarang                 | 8,34                                     | 14.296  | 13.730 | 12.274 |     |
| 08. Karaman                  | 7,17                                     | 9.850   | 9.144  | 21.384 |     |
| Sulawesi Timur               |  |         |        |        |     |
| 10. Tumbucana                | 8,10                                     | 30.037  | 31.011 | 22.845 |     |
| 11. Gudang                   | 7,05                                     | 19.878  | 14.624 | 15.398 |     |
| 12. Bungkai                  | 21,08                                    | 4.070   | 3.579  | 11.871 |     |
| 13. Tenggilis Majoys         | 5,52                                     | 13.296  | 13.296 | 11.003 |     |
| 14. Gunung Ajiyul            | 9,71                                     | 3.505   | 5.256  | 6.354  |     |
| 15. Kappang                  | 23,08                                    | 4.727   | 4.727  | 5.057  |     |
| 16. Kappang                  | 14,23                                    | 8.002   | 8.002  | 8.855  |     |
| Sulawesi Selatan             |  |         |        |        |     |
| 17. Sumbawa                  | 6,93                                     | 27.279  | 27.279 | 24.841 |     |
| 18. Wondolono                | 8,47                                     | 20.842  | 17.343 | 15.844 |     |
| 19. Marangpang               | 9,23                                     | 4.647   | 7.744  | 7.699  |     |
| 20. Dukuhan Pasis            | 8,94                                     | 5.756   | 5.756  | 6.472  |     |
| 21. Woyla                    | 12,46                                    | 4.156   | 4.156  | 4.492  |     |
| 22. Wondol                   | 12,46                                    | 7.840   | 12.044 | 11.706 |     |
| 23. Cepuoyang                | 6,72                                     | 6.583   | 6.583  | 11.003 |     |
| 24. Jambayana                | 4,19                                     | 8.584   | 8.584  | 11.003 |     |
| Sulawesi Barat               |  |         |        |        |     |
| 25. Jambayana Barat          | 11,07                                    | 8.270   | 8.443  | 9.754  |     |
| 26. Sakarunggigi             | 9,23                                     | 15.608  | 13.639 | 11.039 |     |
| 27. Bontomatene              | 15,44                                    | 2.392   | 2.392  | 2.759  |     |
| 28. Bontone                  | 23,73                                    | 786     | 1.485  | 2.268  |     |
| 29. Pasaji                   | 23,73                                    | 1.485   | 2.147  | 2.095  |     |
| 30. Latahanti                | 18,59                                    | 1.485   | 2.147  | 2.095  |     |
| 31. Sankalemp <sup>(1)</sup> | 23,89                                    | 2.095   | 2.095  | 3.071  |     |
| Jumlah Total                 | 326,41                                   | 120,726 | 7.965  | 8.403  |     |

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Sorulayna  
BPS - Statistik Sulawesi  
(1) Kecamatan Kecamatan masih terdapat dengan hubungannya  
(2) Kabupaten and district is still combined with main sub-district

3. PENDUKUK DAN TENAGA KERJA / POPULATION AND MANPOWER\*

Tabel : 03.01.02  
Banyaknya Penduduk Menurut Jenis Kelamin  
dan Sex Ratio Per Kecamatan  
Hasil Sensus Penduduk Tahun 2010  
Population by Sex and Sex Ratio Per Sub District  
(Main from Population Census 2010)

| Kecamatan/<br>Sub District   | Penduduk (1000 jiwa) |                      |                  |        |        | Sex<br>Ratio |
|------------------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------|--------|--------------|
|                              | Laki-laki/<br>Male   | Perempuan/<br>Female | Jumlah/<br>Total | (3)    | (4)    |              |
| Sulawesi Barat               |                      |                      |                  |        |        |              |
| 01. Tombulena                | 43.806               | 47.639               | 93.485           | 106,88 | 96,11  |              |
| 02. Gending                  | 23.959               | 28.556               | 52.515           | 112,98 | 97,27  |              |
| 03. Bulukano                 | 41.560               | 42.840               | 84.400           | 103,11 | 96,97  |              |
| 04. Simonele                 | 30.166               | 36.976               | 67.142           | 122,58 | 102,30 |              |
| Sulawesi Utara               |                      |                      |                  |        |        |              |
| 05. Pakean Cendana           | 78.111               | 78.444               | 156.555          | 100,23 | 103,11 |              |
| 06. Semarung                 | 78.111               | 78.444               | 156.555          | 100,23 | 103,11 |              |
| 07. Kemarang                 | 66.697               | 65.959               | 132.656          | 99,15  | 101,50 |              |
| 08. Karaman                  | 66.697               | 65.959               | 132.656          | 99,15  | 101,50 |              |
| Sulawesi Timur               |                      |                      |                  |        |        |              |
| 10. Tumbucana                | 92.991               | 93.995               | 186.986          | 102,18 | 98,01  |              |
| 11. Gudang                   | 54.353               | 56.523               | 110.876          | 103,98 | 97,56  |              |
| 12. Bungkai                  | 37.153               | 38.001               | 75.154           | 102,28 | 95,47  |              |
| 13. Tenggilis Majoys         | 24.960               | 26.026               | 50.986           | 104,26 | 96,28  |              |
| 14. Gunung Ajiyul            | 51.132               | 48.038               | 99.170           | 106,44 | 95,52  |              |
| 15. Kappang                  | 41.354               | 44.158               | 85.512           | 106,79 | 97,52  |              |
| 16. Kappang                  | 41.354               | 44.158               | 85.512           | 106,79 | 97,52  |              |
| Sulawesi Selatan             |                      |                      |                  |        |        |              |
| 17. Sumbawa                  | 92.467               | 98.205               | 190.672          | 106,21 | 99,01  |              |
| 18. Wondolono                | 35.227               | 34.651               | 69.878           | 101,68 | 98,75  |              |
| 19. Marangpang               | 22.861               | 22.861               | 45.722           | 100,00 | 102,68 |              |
| 20. Dukuhan Pasis            | 22.861               | 22.861               | 45.722           | 100,00 | 102,68 |              |
| 21. Woyla                    | 40.478               | 41.162               | 81.640           | 101,95 | 98,8   |              |
| 22. Wondol                   | 40.478               | 41.162               | 81.640           | 101,95 | 98,8   |              |
| 23. Cepuoyang                | 19.943               | 20.194               | 40.137           | 101,23 | 99,23  |              |
| 24. Jambayana                | 19.943               | 20.194               | 40.137           | 101,23 | 99,23  |              |
| Sulawesi Barat               |                      |                      |                  |        |        |              |
| 25. Jambayana Barat          | 46.733               | 46.728               | 93.461           | 100,01 | 100,01 |              |
| 26. Sakarunggigi             | 52.532               | 54.806               | 107.338          | 104,31 | 98,54  |              |
| 27. Bontomatene              | 16.809               | 18.628               | 35.437           | 110,83 | 104,50 |              |
| 28. Bontone                  | 33.113               | 33.203               | 66.316           | 100,27 | 101,63 |              |
| 29. Pasaji                   | 39.652               | 38.692               | 78.344           | 102,48 | 101,63 |              |
| 30. Latahanti                | 39.652               | 38.692               | 78.344           | 102,48 | 101,63 |              |
| 31. Sankalemp <sup>(1)</sup> |                      |                      |                  |        |        |              |
| Jumlah Total                 | 1.704.118            | 1.712.538            | 3.416.656        | 100,43 | 98,51  |              |

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Sorulayna  
BPS - Statistik Sulawesi  
(1) Kecamatan Kecamatan masih terdapat dengan hubungannya  
(2) Kabupaten and district is still combined with main sub-district

2. PENDUKUK DAN TENAGA KERJA / POPULATION AND MANPOWER

Tabel : 03.01.05  
Tabel  
Persentase Perumbuhan Penduduk per Kecamatan Hasil Sensus Penduduk 1990, 2000 dan 2010  
Percentage of Population Growth by Sub-District Taken from Population Census 1990, 2000 and 2010

| Kecamatan/<br>Sub-District | Penduduk /<br>Population |             |                  | % Perumbuhan/<br>Growth % |                  |                  |
|----------------------------|--------------------------|-------------|------------------|---------------------------|------------------|------------------|
|                            | 1990<br>(1)              | 2000<br>(2) | 2000-1990<br>(3) | 1990-1991<br>(4)          | 1991-2000<br>(5) | 2000-2010<br>(6) |
| Suarabaya Pusat            |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| 01. Tegayon                | 117.037                  | 93.465      | -23.572          | -0,54                     | -2,29            | -0,98            |
| 02. Cebeng                 | 73.876                   | 54.505      | -19.371          | -1,02                     | -3               | -0,26            |
| 03. Bidadari               | 109.214                  | 87.883      | -21.331          | -1,17                     | -2,15            | -0,21            |
| 04. Surodirta              | 98.107                   | 84.393      | -13.714          | -1,36                     | -1,5             | 0,24             |
| Suarabaya Utara            |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| 05. Sukan Karangin         | 81.416                   | 72.144      | -9.272           | -1,39                     | -1,13            | -0,4             |
| 06. Sukan Karangin         | 101.471                  | 104.141     | 2.670            | 0,27                      | 0,18             | 0,28             |
| 07. Kemoman                | 110.225                  | 114.552     | 4.327            | 0,55                      | 0,17             | 0,13             |
| 08. Kemoman                | 84.384                   | 131.597     | 47.213           | 7,2                       | 4,57             | 1,16             |
| 09. Bulak <sup>1)</sup>    |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| Suarabaya Timur            |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| 10. Tondulakul             | 168.525                  | 166.866     | -1.659           | -1,41                     | 0,04             | 0,06             |
| 11. Gading                 | 108.128                  | 132.965     | 24.837           | 0,29                      | -1,61            | -0,46            |
| 12. Tondulakul             | 172.003                  | 111.266     | -60.737          | -1,84                     | -3,26            | 0,06             |
| 13. Tondulakul             |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| 14. Gading Ayu             |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| 15. Gading Ayu             | 148.110                  | 100.148     | -47.962          | -1,1                      | -1,1             | 1,16             |
| 16. Mulyono                |                          | 85.292      |                  | 8,57                      | 3,27             | 1,38             |
| Suarabaya Selatan          |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| 17. Swarun                 | 206.609                  | 186.766     | -19.843          | -0,15                     | -1               | -0,2             |
| 18. Wondrong               | 171.421                  | 186.872     | 15.451           | 0,02                      | -1,53            | -0,81            |
| 19. Wondrong               | 111.111                  | 114.816     | 3.705            | 0,03                      | 0,03             | 0,03             |
| 20. Dulah-Pilas            | 180.046                  | 181.406     | 1.360            | 0,00                      | 2,57             | 0,28             |
| 21. Wiyung                 |                          | 61.240      |                  |                           |                  | 2,18             |
| 22. Wondrong               | 140.814                  | 81.960      | -58.854          | -5,0                      | 1,35             | 0,46             |
| 23. Gopungin               |                          | 39.837      |                  |                           |                  | 0,3              |
| 24. Jantaringin            |                          | 39.234      |                  |                           |                  | 1,18             |
| Suarabaya Barat            |                          |             |                  |                           |                  |                  |
| 25. Swarun                 | 196.119                  | 93.452      | -102.667         | -7,69                     | 1,05             | 1,84             |
| 26. Swarun                 |                          | 105.452     |                  |                           |                  | 0,52             |
| 27. Asarowu                |                          | 36.937      |                  |                           |                  | 1,28             |
| 28. Fehowo                 | 35.686                   | 67.074      | 31.388           | 4,51                      | 6,42             | 1,61             |
| 29. Paksi <sup>2)</sup>    |                          |             |                  |                           |                  | 3,66             |
| 30. Labastion              |                          | 78.334      |                  | 8,13                      | 3,21             | 3,64             |
| 31. Samsorep <sup>3)</sup> |                          |             |                  |                           |                  | 3,15             |
| Jumlah Total               | 3.473.272                | 2.580.286   | -892.986         | 3,08                      | 0,5              | 0,81             |

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Surabaya  
Source : BPS - Statistics of Surabaya  
Keterangan : (1) Kecamatan Pecahan hasil pengolahan dengan indikator  
Mile (2) Angkanya satu tidak ada nilai conditione valid menas susasi  
(3) Angkanya satu tidak ada nilai conditione valid menas susasi

2. PENDUKUK DAN TENAGA KERJA / POPULATION AND MANPOWER

Tabel : 03.01.06  
Tabel  
Proyeksi Penduduk Berdasarkan Hasil SP 2010  
Projection of Population based on Population Census of 2010  
2011-2020 (dalam ribuan jiwa)

| Tahun<br>Year | Labastion<br>(1) | Pecahan<br>Fehowo<br>(2) | Jumlah<br>Total<br>(3) |
|---------------|------------------|--------------------------|------------------------|
| 2011          | 1.396,2          | 1.425,0                  | 2.821,2                |
| 2012          | 1.397,8          | 1.372,2                  | 2.770,0                |
| 2013          | 1.402,2          | 1.439,4                  | 2.841,6                |
| 2014          | 1.410,2          | 1.448,0                  | 2.858,2                |
| 2015          | 1.417,7          | 1.452,5                  | 2.870,2                |
| 2016          | 1.424,5          | 1.459,3                  | 2.883,8                |
| 2017          | 1.431,3          | 1.465,3                  | 2.896,6                |
| 2018          | 1.437,3          | 1.471,3                  | 2.908,6                |
| 2019          | 1.442,9          | 1.478,6                  | 2.921,5                |
| 2020          | 1.447,5          | 1.481,6                  | 2.929,1                |

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Surabaya  
Source : BPS - Statistics of Surabaya

3. PENDUDUK DAN TENAGA KERJA / POPULATION AND MANPOWER

Tabel : 03.01.09  
Tipe

Berkas Data Penduduk Menurut Jenis Kelamin  
Per Kecamatan Hasil Regulasi  
Population by Sex and Sub District  
Result from Population Register  
2014

| Kecamatan / Sub District (1) | Laki-laki / Male (2) | Perempuan / Female (3) | Jumlah / Total (4) |
|------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| Surabaya Pusat               | 503843               | 504812                 | 1008655            |
| 01 Tegalarif                 | 69.287               | 59.176                 | 128.463            |
| 02 Gubeng                    | 229.886              | 229.886                | 459.772            |
| 03 Suroboyo                  | 48.016               | 50.812                 | 98.828             |
| 04 Suroboyo Utara            | 48.016               | 50.812                 | 98.828             |
| 05 Ploso                     | 41.910               | 40.964                 | 82.874             |
| 06 Semampir                  | 62.380               | 60.141                 | 122.521            |
| 07 Kenjeran                  | 58.136               | 57.302                 | 115.438            |
| 08 Kenjeran                  | 74.597               | 72.100                 | 146.697            |
| 09 Breda                     | 20.446               | 20.180                 | 40.626             |
| 10 Surabaya Timur            | 100.625              | 100.475                | 201.100            |
| 11 Cakung                    | 67.403               | 69.216                 | 136.619            |
| 12 Rungkut                   | 57.130               | 51.026                 | 108.156            |
| 13 Tenggiling                | 21.386               | 21.775                 | 43.161             |
| 14 Gunung Anyar              | 26.188               | 25.932                 | 52.120             |
| 15 Sukolilo                  | 52.445               | 52.488                 | 104.933            |
| 16 Sukolilo Selatan          | 41.116               | 41.583                 | 82.712             |
| 17 Sempolan                  | 100.426              | 101.295                | 201.721            |
| 18 Wonorejo                  | 79.629               | 80.315                 | 159.944            |
| 19 Karangasem                | 34.582               | 34.940                 | 69.522             |
| 20 Dukuh Paksi               | 29.215               | 29.184                 | 58.399             |
| 21 Wiyung                    | 33.220               | 32.532                 | 65.752             |
| 22 Wonorejo                  | 39.209               | 39.040                 | 78.249             |
| 23 Jambangan                 | 22.480               | 21.008                 | 43.488             |
| 24 Jambangan                 | 22.986               | 23.587                 | 46.573             |
| Surabaya Barat               |                      |                        |                    |
| 25 Tandes                    | 44.757               | 44.712                 | 89.469             |
| 26 Sukotono                  | 49.067               | 46.842                 | 95.909             |
| 27 Sasorobrojo               | 22.684               | 20.923                 | 43.607             |
| 28 Heruwu                    | 28.145               | 27.629                 | 55.774             |
| 29 Karamayong                | 21.542               | 21.154                 | 42.696             |
| 30 Karamayong                | 23.286               | 23.286                 | 46.572             |
| 31 Sumberejo                 | 29.522               | 28.044                 | 57.566             |
| Jumlah Total                 | 1.410.985            | 1.422.670              | 2.833.655          |
| 2013                         | 1.407.875            | 1.420.454              | 2.828.329          |
| 2012                         | 1.398.072            | 1.359.504              | 2.757.576          |

Sumber : Dinas Penertarikan Penduduk dan Pencatatan Sipil Kota Surabaya  
Data of Population and Civil Registration Service of Surabaya City

3. PENDUDUK DAN TENAGA KERJA / POPULATION AND MANPOWER

Tabel : 03.01.10  
Tipe

Berkas Data Penduduk menurut Jenis Kelamin  
Hasil Regulasi Tahun 2007 - 2012  
Population by Sex and Sub District  
Result from Population Register  
2008 - 2014

| Tahun / Year (1) | Laki-laki / Male (2) | Perempuan / Female (3) | Jumlah / Total (4) |
|------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| 2008             | 1.459.135            | 1.449.312              | 2.908.447          |
| 2009             | 1.432.674            | 1.403.381              | 2.836.055          |
| 2010             | 1.408.016            | 1.459.612              | 2.867.628          |
| 2011             | 1.517.541            | 1.506.980              | 3.024.521          |
| 2012             | 1.588.072            | 1.559.504              | 3.147.576          |
| 2013             | 1.602.675            | 1.597.578              | 3.200.254          |
| 2014             | 1.430.985            | 1.422.676              | 2.853.661          |

Sumber : Dinas Penertarikan Penduduk dan Pencatatan Sipil Kota Surabaya  
Data of Population and Civil Registration Service of Surabaya City



6. INDUSTRI INDUSTRY

Table 06.01.09  
Tabel  
Banyaknya Industri Besar dan Sangat Besar  
Golongan Industri per Kecamatan  
Mayor of Large and Medium Scale Industry  
by Industrial Categories by Sub District  
2014

| Kecamatan/<br>Sub-District<br>(1) | Jenis Industri/Type of Industries |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
|                                   | (2)                               | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| Surabaya Pusat                    | 10                                | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18   | 19   |
| 01. Gubuku                        | 4                                 | -   | -   | -   | 2   | 1   | 1   | -   | -    | -    |
| 02. Gunung                        | 3                                 | -   | -   | -   | 2   | 1   | 2   | -   | -    | -    |
| 03. Gunung                        | 3                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | -   | -    | -    |
| 04. Sumbakri                      | -                                 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    |
| Surabaya Utara                    | 6                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 05. Penebar Cahkhan               | 5                                 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    |
| 06. Semampir                      | 8                                 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 07. Mubandaji                     | 16                                | -   | -   | -   | 2   | 1   | 2   | 1   | 1    | 1    |
| 08. Kegeran                       | 3                                 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    |
| 09. Surabaya Timur                | 13                                | -   | -   | -   | 15  | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 10. Tamasari                      | 4                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 11. Gedung                        | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 12. Rungkut                       | 7                                 | -   | -   | -   | 3   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 13. Tenggilis Mejoyo              | 11                                | -   | -   | -   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 14. Gunung Anyar                  | 7                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 15. Sukoharjo                     | 3                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 16. Sukolilo                      | -                                 | -   | -   | -   | 1   | 2   | 2   | 2   | 2    | 2    |
| 17. Surabaya Selatan              | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 2   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 18. Wonokromo                     | 3                                 | -   | -   | -   | 1   | 2   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 19. Karangpilang                  | 3                                 | -   | -   | -   | 6   | 2   | 2   | 2   | 1    | 2    |
| 20. Duku Paksi                    | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 21. Wiyung                        | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 22. Wondolso                      | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 23. Ewepanggih                    | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 24. Jambangan                     | 3                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| Surabaya Barat                    | 9                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 25. Jember                        | 6                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 26. Sukorenjong                   | 14                                | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 27. Asemrowo                      | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 28. Benowo                        | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 29. Paksi                         | 1                                 | -   | -   | -   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 30. Lakarsanjo                    | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 31. Sambakri                      | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| Jumlah/Total                      | 145                               | 1   | 8   | 27  | 45  | 40  | 62  | 34  |      |      |

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya  
Source: BPS - Statistik of Surabaya

6. INDUSTRI INDUSTRY

Table 06.01.09  
Tabel  
Lambatan  
Continued

| Kecamatan/<br>Sub-District<br>(1) | Jenis Industri/Type of Industries |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
|                                   | (2)                               | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| Surabaya Pusat                    | 1                                 | -   | -   | -   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 01. Tegayesi                      | 1                                 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -    |
| 02. Gunung                        | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 03. Gunung                        | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 04. Sumbakri                      | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| Surabaya Utara                    | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 05. Penebar Cahkhan               | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 06. Semampir                      | 4                                 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 07. Mubandaji                     | 8                                 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 08. Kegeran                       | 3                                 | -   | -   | -   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 09. Surabaya Timur                | 2                                 | -   | -   | -   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 10. Tamasari                      | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 11. Gedung                        | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 12. Rungkut                       | 4                                 | -   | -   | -   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 13. Tenggilis Mejoyo              | 4                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 14. Gunung Anyar                  | 3                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 15. Sukoharjo                     | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 16. Sukolilo                      | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 17. Surabaya Selatan              | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 18. Wonokromo                     | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 19. Karangpilang                  | 1                                 | -   | -   | -   | 3   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 20. Duku Paksi                    | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 21. Wiyung                        | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 22. Wondolso                      | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 23. Ewepanggih                    | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 24. Jambangan                     | 3                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| Surabaya Barat                    | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 25. Jember                        | 2                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 26. Sukorenjong                   | 4                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 27. Asemrowo                      | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 28. Benowo                        | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 29. Paksi                         | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 30. Lakarsanjo                    | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| 31. Sambakri                      | 1                                 | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    |
| Jumlah/Total                      | 44                                | 4   | 40  | 11  | 106 | 31  | 14  | 52  |      |      |

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya  
Source: BPS - Statistik of Surabaya

Table - 06.01.07  
Rural

Lampiran  
Lanjutan

| Kecamatan<br>Sub-District | Jenis Industri/Type of Industries |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|---------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                           | (1)                               | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| Surabaya Pusat            | 11                                |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 01 Tegayun                |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 02 Blandong               |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 03 Blandong               |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 04 Sironarjo              |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Utara            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 05 Paksiwo Cimanis        |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 06 Sempur                 |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 07 Kembangguni            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 08 Kembangguni            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 09 Kembangguni            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Timur            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 10 Tambakselo             |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 11 Gading                 |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 12 Fungkipati             |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 13 Tengah Mligi           |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 14 Gunung Anyar           |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 15 Suroboyo               |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 16 Madya Suroboyo         |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Selatan          |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 17 Sawahan                |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 18 Wadikromo              |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 19 Kawadigungal           |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 20 Bukit Fala             |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 21 Wiyaga                 |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 22 Wiyaga                 |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 23 Gajahan                |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 24 Jambangan              |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Barat            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 25 Tandes                 |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 26 Sukowonggal            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 27 Asmoro                 |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 28 Ploso                  |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 29 Ploso                  |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 30 Laksono                |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 31 Santikene              |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Jumlah Total              | 1                                 | 5   | 2   | 3   | 6   | 7   | 5   | 4   | 1   | 1    |

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Surabaya  
Source : BPS - Statistik of Surabaya

6. MANUFACTURING

Table - 06.01.08  
Rural

Badan Pusat Statistik Selandia Baru  
Cookson Industries per Kecamatan  
Number of Medium Scale Industries  
by Industrial Categories by Sub District  
2014

| Kecamatan<br>Sub-District | Jenis Industri/Type of Industries |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|---------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                           | (1)                               | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| Surabaya Pusat            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 01 Tegayun                | 4                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 02 Gading                 | 2                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 03 Blandong               | 5                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 04 Sironarjo              |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Utara            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 05 Paksiwo Cimanis        | 5                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 06 Sempur                 | 6                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 07 Kembangguni            | 17                                |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 08 Kembangguni            | 3                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 09 Kembangguni            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Timur            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 10 Tambakselo             | 12                                |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 11 Gading                 | 2                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 12 Fungkipati             | 2                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 13 Tengah Mligi           | 6                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 14 Gunung Anyar           | 4                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 15 Suroboyo               |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 16 Madya Suroboyo         |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Selatan          |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 17 Sawahan                | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 18 Wadikromo              | 3                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 19 Kawadigungal           | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 20 Bukit Fala             | 5                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 21 Wiyaga                 | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 22 Wiyaga                 | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 23 Gajahan                | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 24 Jambangan              | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Surabaya Barat            |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 25 Tandes                 | 6                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 26 Sukowonggal            | 5                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 27 Asmoro                 | 9                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 28 Ploso                  |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 29 Ploso                  |                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 30 Laksono                | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 31 Santikene              | 1                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| Jumlah Total              | 112                               | 1   | 2   | 24  | 39  | 28  | 53  | 19  |     |      |

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Surabaya  
Source : BPS - Statistik of Surabaya



PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111

Telp.031-5996879, Fax.031-5947284



Form TA-04  
rev01

|                   |   |
|-------------------|---|
| NAMA PEMBIMBING   | : ENDAH WAHYUNI, ST. MSc. PhD   |
| NAMA MAHASISWA    | : GANDARJATI NUF P  |
| NRP               | : 3114105028  |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : PERENCANAAN KAPASITAS POMPA DAN BONDASI BEBAN DINAMIS PAPA<br>PUMPAH POMPA KEDEWANGAN UNTUK PROYEKSI KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030 |
| TANGGAL PROPOSAL  | : 02 Februari 2016  |
| NO. SP-MMTA       | : 014831 / IT 2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016  |

| NO | TANGGAL       | KEGIATAN   |   | PARAF ASISTEN |
|----|---------------|--|---|---------------|
|    |               | REALISASI  | RENCANA MINGGU DEPAN  |               |
| 1. | 20/2016<br>/4 | Beban dinamis diambil dari 3x beban statis pompa | - Perencanaan dimensi pondasi   |               |
| 2. | 27/2016<br>/4 | - Perhitungan daya dukung                        | - Bandingkan daya dukung pondasi dengan daya dukung tanah, ambil yang terkecil y/ perencanaan |               |
| 3. | 2/2016<br>/5  | - Analisa dinamis pondasi                        | - cek analisa dinamis pondasi   |               |
| 4. | 9/2016<br>/5  | Perhitungan geser dengan jumlah 27 buah          | - kerangka penggambaran jumlah pondasi sesuai kebutuhan saja                                  |               |
| 5. | 13/2016<br>/5 | Perhitungan penulangan poer                      | - cek ulang penulangan poer dengan analisa mekanika pelat geser poer                          |               |
| 6. | 16/2016<br>/5 | Perhitungan penulangan poer                      | - cek geser pondasi pada pondasi  |               |
| 7. | 23/2016<br>/5 | Perhitungan geser pondasi                        | - cek perhitungan lag.<br>- submit draft TA   |               |
| 8. | 26/2016<br>/5 | Draft TA   | - bisa buat mapu TA (ujikan)  |               |



PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)



Jurusan Teknik Sipil It.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form TA-04  
rev.01

|                   |  |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING   | : Dr. Ir. WASIS WARDYO, M.Sc.  |
| NAMA MAHASISWA    | : GANDEJATI NUR P  |
| NRP               | : 3114105023   |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : PERENCANAAN KAPASITAS POMPA DAN PONDASI BEGIAN DINAMIS PADA<br>RUANG POMPA KEMBANGAN UNTUK PROYEKSI KEBUTUHAN AIR TAHUN 2030 |
| TANGGAL PROPOSAL  | : 02 Februari 2016   |
| NO.SP-MMTA        | : 0141831 / IT2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016   |

| NO | TANGGAL   | KEGIATAN   |   | PARAF ASISTEN |
|----|-----------|--|---|---------------|
|    |           | REALISASI  | RENCANA MINGGU DEPAN  |               |
| 1. | 15/2/2016 | Prediksi jumlah penduduk berbagai metode                               | - Perencanaan prediksi jumlah penduduk, ambil yang terbesar dari berbagai metode. | js -          |
| 2. | 21/2/2016 | Perhitungan kebutuhan air (Inflow)                                     | - Cari data fluktuasi pemakaian air daerah yang dilayani Puncak pompa.            | js -          |
| 3. | 18/3/2016 | Perhitungan Inflow & outflow   | - cek perhitungan kebutuhan air (inflow) & asumsi outflow.                        | js -          |
| 4. | 15/3/2016 | Fluktuasi pemakaian air wilayah domestik & Non-domestik                | - Buat grafik fluktuasi pemakaian (kurva)   | js -          |
| 5. | 27/3/2016 | rencana wilayah & penduduk selajen 95% 2030<br>- Volume terbesar kurva | - cek kurva untuk mengetahui Volume tampungan reservoir                           | js -          |
| 6. | 30/3/2016 | kurva dengan asumsi inflow dan outflow yang ada                        | - Buat perhitungan Volume reservoir dengan cara konvensional                      | js -          |
| 7. | 4/4/2016  | - Perhitungan penggunaan pompa sesuai kebutuhan                        | - Perencanaan pompa dengan mengambil minimal 1 pompa sebagai cadangan             | js -          |
| 8. | 6/4/2016  | - oke - Rencana pompa (5+1)<br>- asumsi pondasi 4/ pompa               | - buat silindris dan<br>dip. rupa   | js            |

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Prediksi jumlah penduduk tahun 2030 pada Kecamatan Kenjeran dan Semampir adalah 566.210 orang, dari prediksi pertumbuhan pelanggan PDAM sebesar 537.900 pelanggan kebutuhan air harian maksimum sebesar 192.998.620 lt/hari atau sebesar 2.234 lt/dt.
2. Dari prediksi pelanggan PDAM 2030 kebutuhan air yang dihitung dibutuhkan kapasitas reservoir baru sebesar 16881,54 m<sup>3</sup>.
3. Dibuat dimensi reservoir dengan dimensi P = 40 m , L = 22,5 m dan kedalaman 10 m (kedalam tanah 5m) sebanyak 2 buah reservoir dengan kapasitas tampungan reservoir sebesar = ± 18000 m<sup>3</sup>.
4. Pompa menggunakan Grundfos 98899535 10AEF16-1-17-P-M-MA-R 60 Hz (terlampir), *flow* pompa sebesar 474,6 lt/dt. Jumlah pompa yang digunakan adalah 6 buah secara paralel, dengan pola 5 operasi dan 1.
5. Analisa pondasi dinamis menunjukkan dengan dimensi yang digunakan dari analisa vertikal, horizontal dan rocking, pada tabel dikategorikan dalam area tidak terasa (*Not Noticeable*).

**6.2. Saran**

1. Perlu dilakukan analisa tekanan perpipaan bisa supaya air dapat tersalurkan kepada pelanggan dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, S. Sidartha. 2009. *Diktat Kuliah Pondasi Beban Dinamis Edisi 6*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Arya, Suresh C., O'Neill, Michael W., And Pincus, George. 1979. *Design Of Structures And Foundations For Vibrating Machines*. Gulf Publishing Company.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Surabaya. Data Penduduk Kecamatan Kenjeran dan Semampir tahun 2010-2015.
- Bambang, T. 1993. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Bowles, J.E. 1977. *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill Book Company, chapter 20.
- Braja. M.Das. 1996. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid2, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya (1998). *Petunjuk Teknis Perencanaan Rancangan Teknik Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan*, Volume V, Jakarta.
- Nadjadi Anwar. 2012. *Rekayasa Sumber Daya Air*, Edisi Kedua, ITS Press, Surabaya
- PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. 2015. *Pengendalian Kualitas Air*, Surabaya.
- PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. 2015. *Proyek Pembangunan Reservoir*, Surabaya.

- PERMEN PU NO. 18/PRT/M/2007. 2007 . *Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum*. Jakarta.
- Phil M.F., Budianto S., dan Kris S., 1991. *Dasar - Dasar Beton Bertulang*. Versi S1 Edisi Keempat.
- Prakash, Shamsheer, and Puri, Vijay K. 1988. *Foundations For Machines : Analysis And Design*. John Wiley And Sons, Inc.
- Richart, F.E. Jr., R.D. Woods, and J.R. Hall, 1970, *Vibration of Soil and Foundations*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Salmon, C. G., dan Wang, C. K. 1993. *Disain Beton Bertulang*, Jilid I dan II. Bandung: Erlangga.
- Subbid Pemakaian Air PDAM Kota Surabaya. 2015 . *Laporan Pemakaian Air Pelanggan*. Surabaya.
- Wahyudi, H. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam* . Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.



## **BIODATA PENULIS**



Penulis dengan nama lengkap Gandarjati Nur Pramatha, lahir di Pati pada 15 Maret 1993 merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dan beralamat di Desa Winong RT 03 RW 02 Kab.Pati, Jawa Tengah. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Winong 01 (1999-2005), SMP Negeri 3 Pati (2005-2008), SMA Negeri 1 Pati (2008-2011) dan D3 Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang (2011-2014). Penulis selanjutnya melanjutkan jenjang pendidikan S1 Lintas Jalur di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya melalui Tes Ujian Masuk pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3114 105 029.

Email: [Gandarjati.Nur.P@gmail.com](mailto:Gandarjati.Nur.P@gmail.com).