



TUGAS AKHIR

PENINJAUAN ULANG STRUKTUR BAWAH PADA JEMBATAN A PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN KALIKEMBAR KAWASAN INDUSTRI TERPADU BATANG PAKET 1.I.B

Disusun Oleh :

FAIZAL FATAH HIMAWAN

40030118060092

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Studi Pada Program Studi Diploma
III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : FAIZAL FATAH HIMAWAN

NIM : 40030118060092

Tanda Tangan :

Tanggal : 23 Maret 20

HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegor, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Faizal Fatah Himawan
NIM : 40030118060092
Jurusan/Program Studi : Diploma III Teknik Sipil
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembana ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksekutif** (*Non-executive Royalti Free Righ*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Peninjauan Ulang Struktur Bawah pada Jembatan A Proyek Pembangunan Jembatan Kalikembar Kawasan Industri Terpadu Batang Paket 1.I.B”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/noneksekutif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media, mengelola dalam bentuk pangkal data (*database*), merawat dan mempublikasi tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 23 Maret 2022

Yang menyatakan,

Faizal Fatah Himawan

NIM. 40030118060092

HALAMAN PENGESAHAN



TUGAS AKHIR

PENINJAUAN ULANG STRUKTUR BAWAH PADA JEMBATAN A PROYEK JEMBATAN KALI KEMBAR KAWASAN IDNUSTRI TERPADU BATANG PAKET 1.I.B

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan
disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 24 Maret 2022

Disusun oleh:

Faizal Fatah Himawan 40030117060092

Dosen Pembimbing

Asri Nurdiana, ST, MT.

NIP. 198512092012122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Diploma
III Teknik Sipil Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Asri Nurdiana, ST, MT.

NIP. 198512092012122001

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, Laporan Tugas Akhir: **“Peninjauan Ulang Struktur Bawah Jembatan A Pada Proyek Jembatan Kalikembar Kawasan Industri Terpadu Batang Paket 1.I.B”** dapat terselesaikan dengan baik secara tepat waktu. Laporan ini penulis susun dalam rangka memenuhi salah satu mata kuliah Tugas Akhir Jurusan DIII Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Selama menjalani penulisan laporan ini, penulis telah menerima berbagai masukan dan bantuan dari berbagai pihak. Dengan demikian, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada:

1. Ibu Asri Nurdiana, ST, MT. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Ibu Asri Nurdiana, ST. MT., sebagai dosen pembimbing kerja praktik dan Tugas Akhir yang senantiasa membimbing penulis selama menjalani kerja praktik dan Tugas Akhir serta mengoreksi penulisan laporan sebaik mungkin.
3. Seluruh Dosen, Staff dan Karyawan Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
4. Keluarga yang tak henti-hentinya memanjatkan do'a, memberi masukan dan semangat selama ini.
5. Teman-teman tercinta yang selalu mendoakan, menyemangati, membantu mengerjakan, dan menghibur dikala hampir putus asa.
6. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan tentu saja jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan penulis. Untuk itu, penulis selalu terbuka menerima saran dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini dan juga untuk kebaikan dimasa yang akan datang sehingga dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 24 Maret 2022

Faizal Fatah Himawan

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Uraian Umum.....	5
2.1.1 Struktur Bangunan Atas	5
2.1.2 Struktur Bangunan Bawah (<i>Sub Structure</i>)	6
2.2 Pilar Jembatan (<i>Pier</i>).....	7
2.2.1 Jenis-jenis Pilar	8
2.2.2 Perhitungan Pembebanan Jembatan	9
2.2.3 Penyebaran Gaya.....	22
2.3 Pondasi Bore Pile	25

2.3.1 Jenis Pondasi Bore Pile	26
2.3.2 Uji Penetrasi Standar (SPT)	27
2.3.3 Uji Laboratorium	30
2.4 Peninjauan Struktur Pondasi	31
BAB 3	37
3.1 Subjek dan Objek Penulisan.....	37
3.2 Metode Pengumpulan Data	37
3.3 Pengolahan Data.....	38
BAB 4 ANALISA DAN PERHITUNGAN.....	39
4.1 Perhitungan Pilar	39
4.1.1 Data Konstruksi	39
4.1.2 Perhitungan Beban Konstruksi	40
4.1.2.1 Beban Mati	40
4.1.2.2 Beban Hidup.....	44
4.1.2.3 Beban Sekunder.....	47
4.1.3 Kombinasi Pembebanan	57
4.1.4 Penulangan Pilar	58
4.1.4.1 Penulangan Pilar Pierhead.....	58
4.1.4.2 Penulangan Kolom	65
4.1.4.3 Penulangan Pilecap	71
4.2 Perhitungan Bore Pile	78
4.2.1 Data Pondasi Borepile	78
4.2.1.1 Data Bahan	78
4.2.1.2 Dimensi Borepile.....	79
4.2.1.3 Dimensi Pilecap.....	79

4.2.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial Tunggal	79
4.2.2.1 Berdasarkan Kekuatan Bahan	79
4.2.2.2 Berdasarkan Kekuatan Tanah.....	80
4.2.3 Perhitungan Efisiensi dan Beban Maksimum Pondasi Borepile	84
4.2.4 Perhitungan Penulangan Pondasi Borepile.....	85
BAB 5 PENUTUP.....	88
5.1 Kesimpulan	88
5.2 Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pilar Tipe Dinding Penuh.....	8
Gambar 2. 2 Pilar Tipe Dua Kolom atau Lebih	8
Gambar 2. 3 Pilar Tipe Balok Cap	9
Gambar 2. 4 Beban “D”	12
Gambar 2. 5 Ketentuan Penggunaan Beban “D”	12
Gambar 2. 6 Peta Zonasi Gempa Indonesia	20
Gambar 2. 7 Jenis-jenis Pondasi Bore Pile	26
Gambar 2. 8 Tabung Belah	28
Gambar 2. 9 Uji SPT secara Manual.....	29
Gambar 2. 10 Tipe Pemukul SPT	29
Gambar 4. 1 Perkerasan Aspal	40
Gambar 4. 2 Slab Jembatan.....	41
Gambar 4. 3 Barrier Tepi.....	41
Gambar 4. 4 Potongan Memanjang Balok Girder.....	43
Gambar 4. 5 Pembebanan Angin	48
Gambar 4. 6 Skema Tekanan Tanah	51
Gambar 4. 7 Pilar	53
Gambar 4. 8 Pier head.....	53
Gambar 4. 9 Kolom.....	54
Gambar 4. 10 Pembebanan pada Pilar	56
Gambar 4. 11 Penulangan Pierhead	65

Gambar 4. 12 Penulangan Kolom	71
Gambar 4. 13 Penulangan Pile Cap.....	78
Gambar 4. 14 Nilai Faktor Daya Dukung	81
Gambar 4. 15 Denah Pondasi <i>Borepile</i>	85
Gambar 4. 16 Penulangan <i>Borepile</i>	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah Lajur Lalu Lintas	11
Tabel 2. 2 Jumlah Median Anggapan untuk Menghitung	14
Tabel 2. 3 Modulus Elastisitas Young (E) dan Koefisien Muai Panjang (ϵ)	18
Tabel 2. 4 Nilai Kd untuk Tanah Granular	31
Tabel 4. 1 Beban Angin	50
Tabel 4. 2 Kombinasi Beban	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain berupa jalan air atau jalan lalu lintas biasa (Struyk dan Veen, 1984)

Pada masa ini, perkembangan industri dalam negeri sedang meningkat pesat. Sebagai contoh, banyaknya proyek Kawasan industri di setiap daerah di Indonesia baik itu di kota besar maupun di kota yang sedang berkembang yang masih terdapat banyak lahan terbuka dan memiliki sumber daya manusia yang memadai, tak terkecuali di Kota Batang, Jawa Tengah yang akan dibangun Kawasan Industri Terpadu. Oleh karena itu, fasilitas penunjang seperti jalan akses yang memadai dan jembatan untuk menghubungkan jalan utama yang terpisah karena rintangan, sebagai contoh adalah sungai yang berada pada lahan yang akan dibangun sebagai Kawasan Industri Terpadu, Batang Jawa Tengah.

Pada proyek Kawasan industri yang akan dibangun di Kota Batang ini sendiri terdapat hambatan jalan akses dikarenakan adanya sungai diantara lahan – lahan yang akan dibangun gedung – gedung dan pabrik nantinya. Dalam hal ini, pada Proyek Kawasan Industri Terpadu, Batang akan dibangun jembatan, yaitu Jembatan Kalikembar guna menghubungkan jalan akses untuk proyek

yang nantinya juga akan digunakan sebagai jalan primer pada saat Proyek Kawasan Industri Terpadu, Batang telah selesai.

Pada hal ini, Jembatan Kalikembar terdiri dari dua jembatan. Jembatan Kalikembar ini juga sebagai umumnya jembatan, memiliki dua bagian struktur utama yaitu, bagian struktur atas, yang merupakan bagian yang akan menerima beban secara langsung yang meliputi berat sendiri, beban mati, beban lalu lintas kendaraan, dan gaya angin. Bagian struktur bawah yang berfungsi sebagai bagian yang memikul seluruh beban struktur atas dan beban lain yang ditimbulkan akibat adanya tekanan tanah, aliran air, gesekan pada tumpuan dan beban gempa.

Struktur bawah pada Jembatan Kalikembar ini sendiri meliputi pondasi *bore pile*, *pile cap*, dan *Pier/pilar*. Salah satu bagian struktur bawah yang sangat utama yaitu pondasi. Pondasi merupakan suatu bagian bangunan yang meneruskan beban yang disalurkan oleh struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahan beban tanpa terjadi penurunan yang tidak merata pada struktur atau *differential settlement* dikarenakan akibat beban yang terlalu berat, sehingga terjadi penurunan pada tanah yang menopang pondasi yang mengakibatkan perbedaan tinggi antarstruktur. Pada hal ini, pemilihan tipe pondasi memerlukan pertimbangan mengenai keadaan lapangan serta waktu yang tepat dalam pengerjaannya

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis membuat judul “**Peninjauan Ulang Struktur Bawah Pada Jembatan A Proyek Pembangunan Jembatan Kalikembar Kawasan Industri Terpadu Batang**” sebagai judul Tugas Akhir.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud penulisan peninjauan ulang struktur bawah Proyek Pembangunan Jembatan Kalikembar Kawasan Industri Terpadu Batang pada Tugas Akhir ini yaitu, untuk mengetahui perhitungan kembali meliputi, perhitungan volume dan tulangan pada struktur bawah jembatan khususnya pondasi *bore pile* dan *pier/pilar* yang sesuai dengan jenis pondasi dan struktur yang digunakan pada Jembatan Kalikembar. Diharapkan pula mahasiswa mampu merangkul dan mengaplikasikan semua pengalaman selama kuliah untuk memecahkan masalah dalam bidang studi yang ditempuh secara sistematis, logis, kritis, dan kreatif berdasarkan data yang akurat dan didukung dengan Analisa yang tepat dan menuangkannya dalam bentuk penulisan karya ilmiah.

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Meninjau ulang struktur pondasi *bore pile* Jembatan Kalikembar.
2. Meninjau ulang struktur *pier cap* Jembatan Kalikembar.
3. Meninjau ulang struktur *pier/pilar* Jembatan Kalikembar.

1.3 Ruang Lingkup Penulisan

Pokok permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah peninjauan ulang struktur bawah yang meliputi *bore pile*, *pile cap*, dan *pier*/pilar pada Pembangunan Jembatan Kalikembar Proyek Kawasan Industri Terpadu, Batang.

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Meliputi landasan teori yang menjadi dasar analisa dan perhitungan pada penulisan.

BAB III METODE PENULISAN

Meliputi subjek dan objek perhitungan, metode pengumpulan data, dan pengolahan data.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Meliputi analisa dan perhitungan dari data-data yang terkumpul.

BAB V PENUTUP

Meliputi analisa dan perhitungan dari data-data yang terkumpul.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyalang sungai/saluran air, lembah atau menyalang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis, dan estetika- arsitektural yang meliputi : Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika. (Supriyadi & Muntohar, 2007)

Jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sesuai dengan kegunaan, lokasi, bahan konstruksi, tipe struktur, dan bentangnya. Secara umum struktur konstruksi jembatan terdiri dari dua komponen utama yaitu struktur bangunan atas (upper structure) dan struktur bangunan bawah (sub structure).

2.1.1 Struktur Bangunan Atas

Struktur bangunan atas (upper structure) adalah bagian konstruksi jembatan yang berfungsi menahan beban yang ditimbulkan oleh arus lalu lintas, orang, dan kendaraan yang kemudian disalurkan ke bangunan dibawahnya (sub structure). (pengantar prinsip-prinsip Perencanaan Bangunan Jembatan PUPR, 1988) Konstruksi bagian atas jembatan terdiri dari :

A. Plat Lantai

Plat lantai merupakan komponen jembatan yang memiliki fungsi utama untuk mendistribusikan beban sepanjang potongan melintang jembatan dan beban-beban sepanjang bentang jembatan (Hardiyanto, 2010)

B. Gelagar Induk

Gelagar induk merupakan komponen utama yang berfungsi untuk mendistribusikan beban-beban secara longitudinal dan biasanya di desain untuk menahan lendutan. (Hardiyanto, 2010)

C. Gelagar Melintang

Gelagar Melintang merupakan pengikat antar gelagar induk yang didesain untuk menahan deformasi melintang dari rangka struktur atas dan membantu pendistribusian bagian dari beban vertical antara gelagar induk. (Hardiyanto, 2010)

D. Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap pada jembatan adalah bangunan yang dibangun dengan maksud untuk menambah keamanan konstruksi jembatan dan juga pejalan kaki. Bangunan pelengkap biasanya meliputi tiang sandaran (railing), saluran pembuangan (drainase), lampu jembatan, dan lain-lain. (Hardiyanto, 2010)

2.1.2 Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bagian bawah (sub structure) adalah bagian konstruksi yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkan ke pondasi yang kemudian disalurkan ke tanah dasar. (Pengantar Prinsip – Prinsip Perencanaan

Bangunan Jembatan PUPR, 1998). Ditinjau dari konstruksinya, struktur bangunan bawah jembatan terdiri dari :

A. Pondasi

Pondasi adalah Konstruksi jembatan yang terletak di paling bawah dan berfungsi untuk menerima beban dan meneruskannya ke lapisan tanah, sehingga beban dapat dipikul oleh struktur secara keseluruhan. (Hardiyanto, 2010)

B. Abutmen

Abutmen adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung-ujung jembatan yang berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan tekanan tanah literal yang kemudian diteruskan ke pondasi. (Hardiyanto, 2010)

C. Pilar

Pilar adalah salah satu konstruksi bangunan bawah jembatan yang terletak diantara dua abutmen yang juga berfungsi sebagai penahan beban bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi. (Hardiyanto, 2010)

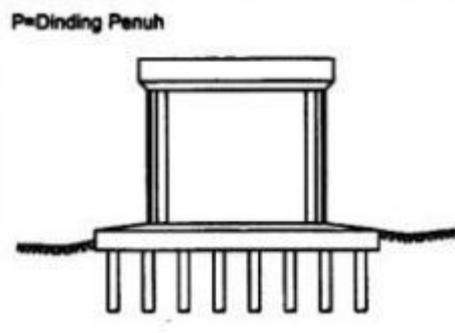
2.2 Pilar Jembatan (*Pier*)

Pilar jembatan (*pier*) adalah suatu konstruksi beton bertulang yang menumpu di atas pondasi dan terletak diantara dua abutmen yang berfungsi sebagai pemikul antara bentang tepid an bentang tengah bangunan atas jembatan. Pilar (*pier*) jembatan juga berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya vertical dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi. (Hardiyanto, 2010)

2.2.1 Jenis-jenis Pilar

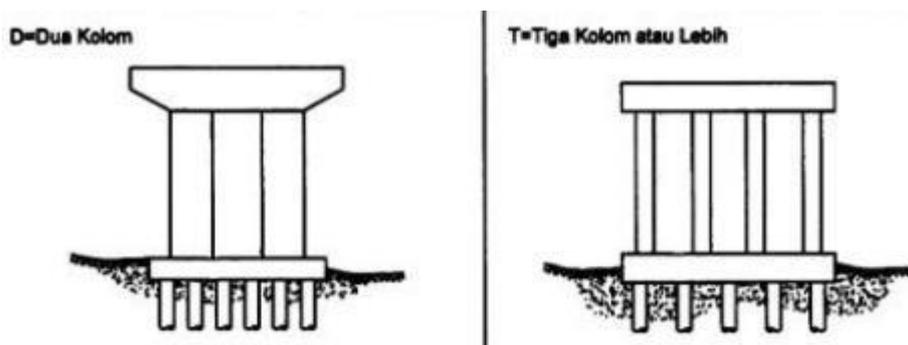
Secara umum, ada beberapa macam jenis pilar jembatan.
(<https://bpsdm.pu.go.id>) yakni sebagai berikut :

1. Tipe Dinding Penuh



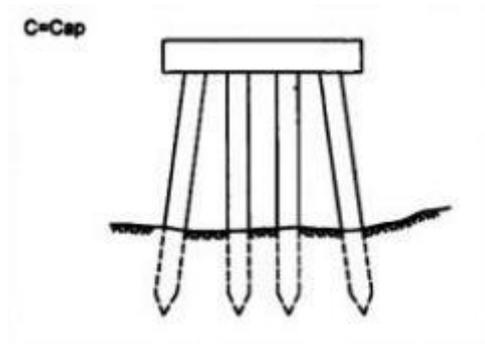
Gambar 2. 1 Pilar Tipe Dinding Penuh

2. Tipe Dua Kolom atau Lebih



Gambar 2. 2 Pilar Tipe Dua Kolom atau Lebih

3. Tipe Balok Cap



Gambar 2. 3 Pilar Tipe Balok Cap

2.2.2 Perhitungan Pembebanan Jembatan

Dalam perencanaan Pilar P1 pada Overpass Sta. 50 + 674 dipakai referensi Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJJR) Tahun 1987 yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Pedoman pembebanan meliputi beban primer dan beban sekunder.

1. Beban Primer

a. Beban Mati (D)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan seperti tersebut di bawah ini :

Baja Tuang	7,85 t/m ³
Besi Tuang	7,25 t/m ³

Alumunium Paduan.	2,80 t/m ³
Beton Bertulang/Pratekan	2,50 t/m ³
Beton Biasa, Tumbuk, Siklop	2,20 t/m ³
Pasangan Batu/Bata	2,00 t/m ³
Kayu	1,00 t/m ³
Tanah, Pasir, Kerikil	2,00 t/m ³
Perkerasan Jalan Beraspal	2,00 – 2,50 t/m ³
Air	1,00 t/m ³

*) untuk bahan-bahan yang belum disebut diatas, harus diperhitungkan berat isi yang sesungguhnya. Apabila bahan bangunan setempat memberikan nilai berat isi yang jauh menyimpang dari nilai-nilai yang tercantum di atas, maka berat ini harus ditentukan tersendiri dan nilai yang didapat, setelah disetujui oleh orang yang berwenang, selanjutnya digunakan dalam perhitungan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

b. Beban Hidup (H)

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. (Badan Standarisasi Nasional, 2016)

Lebar lantai kendaraan	Jumlah Jalur Lalu Lintas
5,50 sampai dengan 8,25 m.	2
Lebih dari 8,25 m sampai dengan 11,25 m	3
Lebih dari 11,25 m sampai dengan 15,00 m	4
Lebih dari 15,00 m sampai dengan 18,75 m	5
Lebih dari 18,75 m sampai dengan 32,50 m	6

Tabel 2. 1 Jumlah Lajur Lalu Lintas

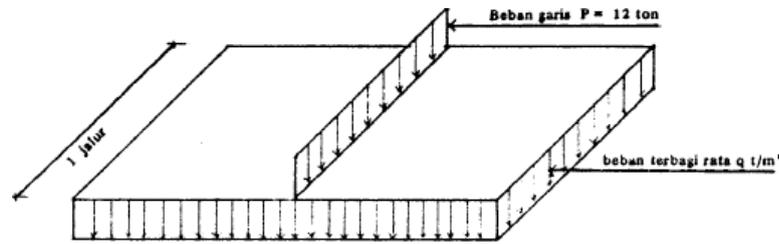
Beban hidup pada jembatan harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

a. Beban “T”

Beban “T” adalah beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load).

b. Beban “D”

Beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut.



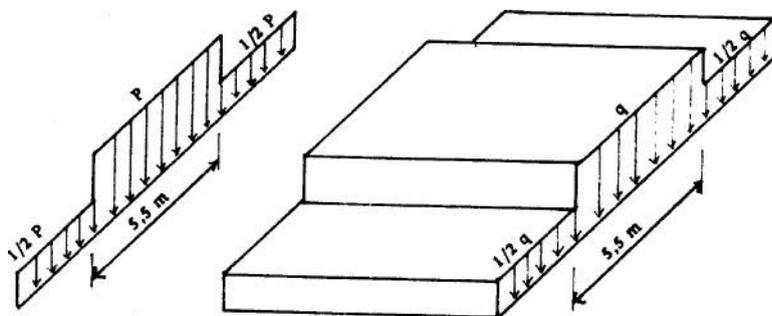
Gambar 2. 4 Beban “D”

Besar “q” ditentukan sebagai berikut:

$q = 2,2 \text{ t/m}'$	untuk $L \leq 30 \text{ m}$
$q = 2,2 \text{ t/m}' - 1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m}'$	untuk $30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$
$q = 1,1 \times (1 + 30/L) \text{ t/m}'$	untuk $L > 60 \text{ m}$

Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah sebagai berikut:

- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,50 meter, beban “D” sepenuhnya (100%) harus di bebaskan pada seluruh lebar jembatan.
- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D”



Gambar 2. 5 Ketentuan Penggunaan Beban “D”

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa beban hidup per meter lebar jembatan menjadi sebagai berikut :

$$\text{Beban Terbagi Rata} = \frac{\mathbf{q \text{ ton/meter}}}{\mathbf{2,75 \text{ meter}}}$$

$$\text{Beban Garis} = \frac{\mathbf{P \text{ ton}}}{\mathbf{2,75 \text{ meter}}}$$

*) angka pembagi 2,75 meter diatas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar jalur lalu lintas. Beban “D” tersebut harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan pengaruh terbesar dengan pedoman sebagai berikut:

- Dalam menghitung momen-momen maksimum akibat beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) pada gelagar menerus di atas beberapa perletakan digunakan ketentuan, yaitu:
 - a. Satu beban garis untuk momen positif menghasilkan pengaruh maksimum.
 - b. Dua beban garis untuk momen negatif yang menghasilkan pengaruh maksimum.
 - c. Beban terbagi rata di tempatkan pada beberapa bentang/bagian bentang yang akan menghasilkan momen maksimum.
- Dalam menghitung momen maksimum positif akibat beban hidup padagelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.

Dalam menghitung reaksi perletakan pada pangkal jembatan dan pilar perlu diperhatikan jumlah jalur lalu lintas sesuai ketentuan. Dan untuk jumlah lalu lintas mulai 4 (empat) jalur atau lebih, beban “D” harus diperhitungkan dengan menganggap jumlah median sebagai berikut:

Jumlah	Jumlah Median Anggapan
n = 4	1
n = 5	1
n = 6	1
n = 7	1
n = 8	3
n = 9	3
n = 10	3

Tabel 2. 2Jumlah Median Anggapan untuk Menghitung Reaksi Perletakan

c. Beban Kejut

Untuk memperhitungkan pengaruh – pengaruh getaran – getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan – tegangan akibat beban garis “P” harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, sedangkan beban merata “q” dan beban “T” tidak dikalikan dengan koefisien kejut. Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$K = 1 + 20 / (50 + L)$$

Di mana : K = Koefisien kejut

L = Panjang bentang dalam keadaan meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan (keadaan statis) dan kedudukan muatan garis “p”

Koefisien kejut tidak diperhitungkan terhadap bangunan bawah apabila bangunan bawah dan bangunan atas merupakan satu kesatuan maka koefisien kejut diperhitungkan terhadap bangunan bawah. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

2. Beban Sekunder

Beban Sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

a. Beban Angin

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m² pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu presentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup.

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 meter di atas lantai kendaraan. Dalam menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut :

- Keadaan tanpa beban hidup
 - a. Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya.
 - b. Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15% luas bidang sisi-sisi lainnya.
- Keadaan dengan beban hidup
 - a. Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang.
 - b. Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

- Jembatan menerus di atas lebih dari 2 perletakan

Untuk perletakan tetap perlu diperhitungkan beban angin dalam arah longitudinal jembatan yang terjadi bersamaan dengan beban angin yang sama besar dalam arah lateral jembatan, dengan beban angin masing- masing sebesar 40% terhadap luas bidang menurut keadaan. Pada jembatan yang memerlukan perhitungan pengaruh angin yang

teliti, harus diadakan penelitian khusus. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

b. Gaya Akibat Perbedaan Suhu

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan suhu akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat. Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu tersebut dapat dihitung dengan mengambil perbedaan suhu untuk:

- Bangunan Baja
 - Perbedaan suhu maksimum – minimum = $30^{\circ} C$
 - Perbedaan suhu antara bagian – bagian jembatan = $15^{\circ} C$

- Bangunan Beton
 - Perbedaan suhu maksimum – minimum = $15^{\circ} C$
 - Perbedaan suhu antara bagian – bagian jembatan $< 10^{\circ} C$
tergantung dimensi penampang

Untuk perhitungan tegangan – tegangan dan pergerakan pada jembatan atau bagian bagian jembatan atau perletakan akibat perbedaan suhu dapat diambil nilai modulus elastisitas Young (E) dan koefisien muai panjang (ϵ). (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

Jenis Bahan	E (kg/cm ²)	ϵ per derajat Celcius
Baja	$2,1 \times 10^6$	12×10^{-6}
Beton	2 sampai $4 \times 10^5^*$	10×10^{-6}
Kayu : Sejajar Serat	$1,0 \times 10^5^*$	5×10^{-6}
Kayu : Tegak Lurus Serat	$1,0 \times 10^4^*$	$50 \times 10^{-6}^*$

Tabel 2. 3 Modulus Elastisitas Young (E) dan Koefisien Muai Panjang (ϵ)

c. Gaya Rangkak dan Susuk

Pengaruh rangkak dan susut beton terhadap konstruksi, harus ditinjau. Besarnya pengaruh tersebut apabila tidak ada ketentuan lain, dapat dianggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar $15^\circ C$. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

d. Gaya Rem

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua lajur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

e. Gaya Akibat Gempa Bumi

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa. Penggantian secara parsial atau lengkappada struktur diperlukan untuk beberapa kasus. Kinerja yang lebih tinggi seperti kinerja operasional dapat ditetapkan oleh pihak yang berwenang. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan beratstruktur ekivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d) dengan formulasi sebagai berikut : (Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa 2016).

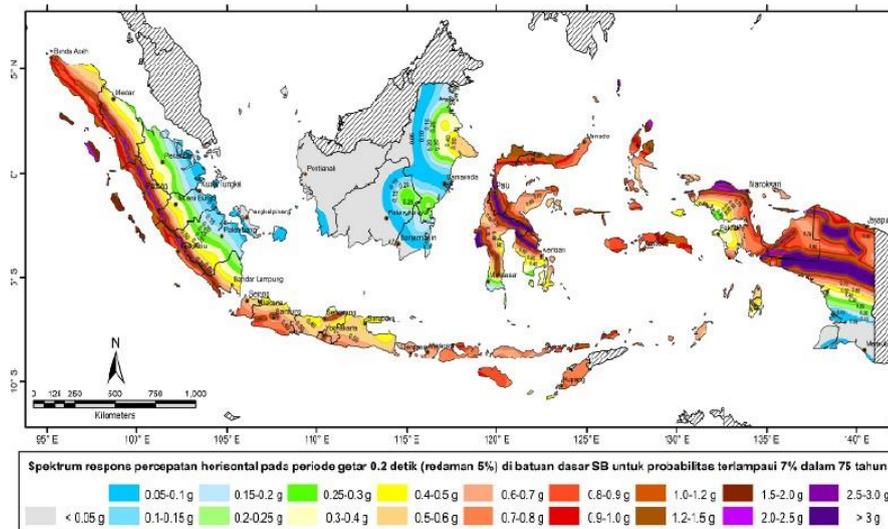
$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

E_Q = gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = koefisien respons elastik

R = faktor modifikasi respons

W_t = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)



Gambar 2. 6 Peta Zonasi Gempa Indonesia

f. Gaya Akibat Gesekan

Jembatan harus pula ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat-akibat lain. Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan dengan nilai sebagai berikut :

- Tumpuan Rol Baja
 - a. Dengan satu atau dua rol 0,01
 - b. Dengan tiga atau lebih rol 0,05

- Tumpuan Gesekan
 - a. Antara baja dengan campuran tembaga keras & baja 0,15
 - b. Antara baja dengan baja atau besi tuang 0,25
 - c. Antara karet dengan baja/beton 0,15 - 0,18

Tumpuan – tumpuan khusus harus disesuaikan dengan persyaratan spesifikasi dari pabrik material yang bersangkutan atau didasarkan atas hasil percobaan dan mendapat persetujuan pihak yang berwenang. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987).

3. Beban Khusus

Beban Khusus adalah beban yang merupakan beban – beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

a. Gaya Sentrifugal

Konstruksi jembatan yang ada pada tikungan harus diperhitungkan terhadap suatu gaya horizontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter diatas lantai kendaraan. Gaya horizontal tersebut dinyatakan dalam proses terhadap beban “D” yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan koefisien kejut. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987). Besar nya presentase tersebut dapat ditentukan dengan rumus:

$$K_s = 0,79 V^2 / R$$

keterangan :

K_s = Koefisien gaya sentrifugal (prosen)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari-jari tikungan (meter)

b. Beban dan Gaya Selama Pelaksanaan

Gaya-gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksanaan pembangunan jembatan, harus ditinjau dan besarnya dihitung dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, 1987)

2.2.3 Penyebaran Gaya

a. Beban Mati

- Beban Mati Primer

Beban mati yang digunakan dalam perhitungan kekuatan gelagar – gelagar (baik gelagar tengah maupun gelagar pinggir) adalah berat sendiri pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing – masing gelagar tersebut.

- Beban Mati Sekunder

Beban mati sekunder yaitu meliputi kerb, trotoir, tiang sandaran dan lain – lain yang dipasang setelah di cor dan dapat dianggap terbagi rata di semua gelagar.

b. Beban Hidup

- Beban "T"

Dalam menghitung kekuatan lantai akibat beban "T" dianggap bahwa beban tersebut menyebar ke bawah dengan arah 45 derajat sampai ke tengah-tengah tebal lantai.

- Beban "D"

Dengan menghitung momen dan gaya lintang dianggap bahwa gelagar-gelagar mempunyai jarak dan kekuatan yang sama atau hampir sama, sehingga penyebaran beban "D" melalui lantai kendaraan ke gelagar-gelagar harus dihitung dengan cara sebagai berikut:

A. Perhitungan Momen

- Gelagar hidup yang diterima oleh tiap gelagar tengah adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata (q')} = q / 2,75 \times \alpha \times s$$

$$\text{Beban garis (P')} = P / 2,75 \times \alpha \times s$$

Dimana:

s = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau)
diukur dari sumbu ke sumbu (m).

α = faktor distribusi.

α = 0,75 bila kekuatan gelagar melintang di
perhitungkan.

$\alpha = 1,00$ bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan.

- Gelagar Pinggir

Beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah r adalah beban hidup tanpa memperhitungkan faktor distribusi ($\alpha = 1,00$). Bagaimana pun juga gelagar pinggir harus direncanakan minimum sama kuat dengan gelagar tengah. Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar pinggir tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata (q')} = q/2,75 \times s'$$

$$\text{Beban garis (P')} = P/2,75 \times s'$$

dimana:

s' = Lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir.

B. Perhitungan Gaya Lintang

- Gelagar Tengah

Beban hidup yang diterima oleh gelagar tengah adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata (q')} = q/2,75 \times \alpha \times s$$

$$\text{Beban garis (P')} = P/2,75 \times \alpha \times s$$

Dimana :

s = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) diukur dari sumbu ke sumbu (m).

α = faktor distribusi.

$\alpha = 0,75$ bila kekuatan gelagar melintang di perhitungkan.

$\alpha = 1,00$ bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan.

- Gelagar Pinggir

Beban hidup, baik beban merata maupun beban garis yang di terima oleh gelagar pinggir adalah beban tanpa perhitungan faktor distribusi. Bagaimanapun juga gelagar pinggir harus direncanakan minimum samakuat dengan gelagar – gelagar tengah. Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata (q')} = q/2,75 \times s'$$

$$\text{Beban garis (P')} = P/2,75 \times s'$$

s' = lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir.

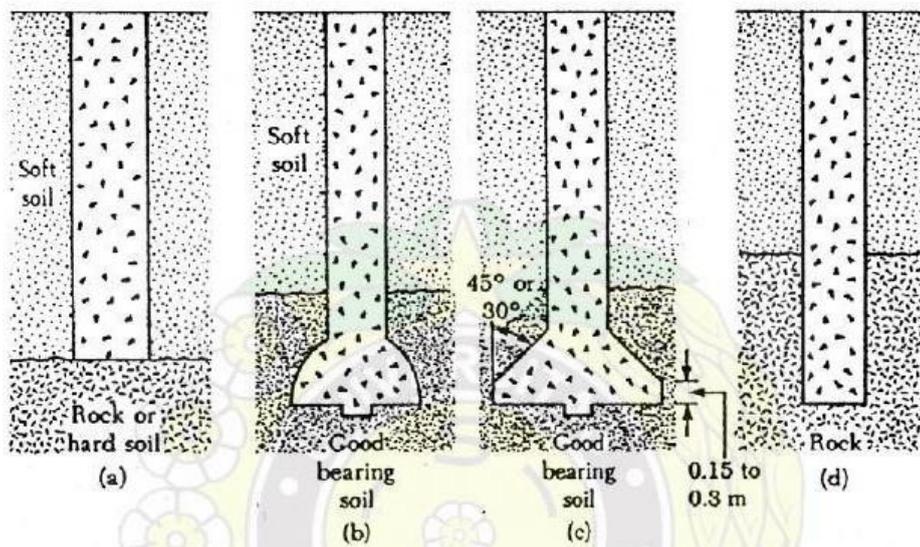
2.3 Pondasi Bore Pile

Pondasi bore pile adalah pondasi yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah terlebih dahulu. Pemasangan pondasi bore pile ke dalam tanah dilakukan dengan mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan selanjutnya dicor beton. Apabila jenis tanah lempung atau mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut temporary casing untuk menahan dinding lubang dari gerusan, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton. (Hardiyatmo, 2010)

2.3.1 Jenis Pondasi Bore Pile

Berikut ini merupakan jenis – jenis pondasi bore pile :

- a. *Borepile* lurus untuk tanah keras
- b. *Borepile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel
- c. *Borepile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapezium
- d. *Borepile* lurus untuk tanah batuan



Gambar 2. 7 Jenis-jenis Pondasi Bore Pile

Fungsi pondasi tiang bor pada umumnya dipengaruhi oleh besar atau bobot dan fungsi bangunan yang hendak didukung dan jenis tanah sebagai pendukung konstruksi seperti :

- a. Transfer beban dari konstruksi bangunan atas (*upper structure*) ke dalam tanah melalui selimut tiang dan perlawanan ujung tiang.

- b. Menahan daya desak ke atas (*up live*) maupun guling yang terjadi akibat kombinasi beban struktur yang terjadi.
- c. Memampatkan tanah, terutama pada lapisan tanah yang lepas (*non cohesive*).
- d. Mengontrol penurunan yang terjadi pada bangunan terutama pada bangunan yang berada pada tanah yang mempunyai penurunan yang besar.

2.3.2 Uji Penetrasi Standar (SPT)

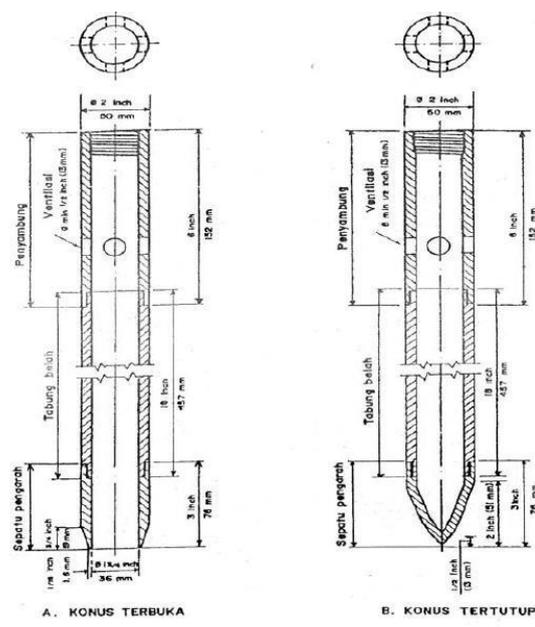
Penyelidikan tanah di lapangan sangat berguna untuk mengetahui karakteristik tanah dalam mendukung beban pondasi dengan tidak dipengaruhi oleh kerusakan contoh tanah akibat operasi pengeboran dan penanganan contoh. SPT (*Standard Penetration Test*) merupakan salah satu cara pengujian lapangan yang dilakukan karena sulitnya memperoleh contoh tanah tak terganggu pada tanah granuler. Pada pengujian ini, sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung di lapangan. Pengujian untuk mengetahui nilai kerapatan relatif yang sering digunakan adalah Uji Penetrasi Standar (SPT). (SNI 4153-2008)

- Prosedur Uji SPT

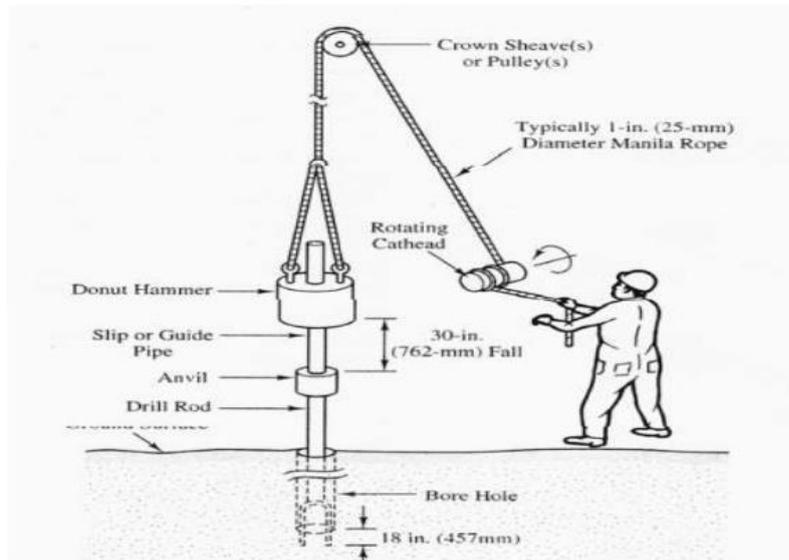
Sewaktu melakukan pengeboran inti, jika kedalaman pengeboran telah mencapai lapisan tanah yang akan diuji, mata bor dilepas dan diganti dengan alat yang disebut tabung belah standar (*Standard Split Barrel Sampler*). Setelah tabung ini dipasang bersama-sama dengan pipa bor, alat diturunkan sampai ujungnya menumpu lapisan tanah dasar, dan kemudian

dipukul dari atas. Pukulan diberikan oleh alat pemukul yang beratnya 65,3 kg (140 pon) yang ditarik naik turun dengan tinggi jatuh 76,2 cm. (SNI 4153-2008)

Untuk memperoleh Nilai N-SPT, dilakukan dengan tahap pertama, tabung belah standar sipukul hingga sedalam 15 cm. kemudian dilanjutkan dengan pemukulan tahap kedua sedalam 30,48 cm. jumlah pemukulan tahap kedua ini, yaitu jumlah pemukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30,48 cm, didefinisikan sebagai nilai-N. Pengujian yang lebih baik dilakukan dengan menghitung pukulan pada tiap-tiap penembusan sedalam 7,62 cm. atau setiap 15 cm dengan cara ini, kedalaman sembarang jenis tanah di dasar lubang bor dapat ditaksir, dan elevasi dimana gangguan terjadi dalam usaha menembus lapisan yang keras seperti batu, dapat dicatat. (SNI 4153-2008)



Gambar 2. 8 Tabung Belah



Gambar 2. 9 Uji SPT secara Manual

Dalam prakteknya, terdapat 3 tipe pemukul untuk uji SPT, yaitu :

1. Pemukul Donat (*Donut Hammer*)
2. Pemukul Aman (*Safety Hammer*)
3. Pemukul Otomatis (*Automatic Hammer*)

Common SPT Hammers

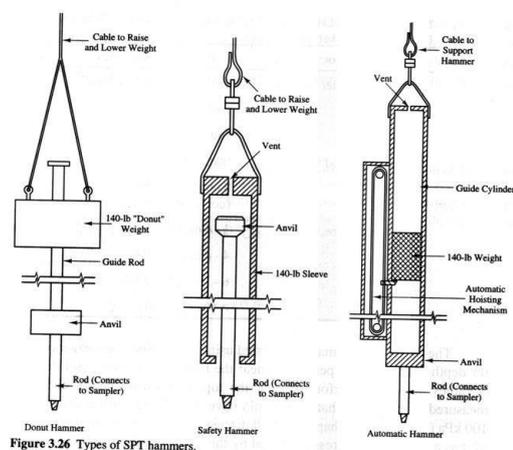


Figure 3.26 Types of SPT hammers.

Gambar 2. 10 Tipe Pemukul SPT

Hasil uji SPT sangat bergantung pada tipe alat yang digunakan dan pengalaman operator yang melakukan pengujian. Suatu hal yang penting supaya data yang diperoleh baik, adalah dengan memperhatikan efisiensi energi dari sistem. Dalam praktek, terdapat beberapa tipe pemukul, hampir tidak ada yang efisiensinya 100%. Secara teoritis, energi jatuh bebas dari sistem pemukul dan tinggi jatuh yang diberikan adalah 48 kg/m, tapi ternyata energi sebenarnya lebih kecil dari nilai tersebut akibat dari gesekan dan eksentrisitas, yang nilainya bergantung pada tipe pemukulnya. Pada saat ini, banyak digunakan alat pengereknaik-turun pemukul secara otomatis, karena hasilnya lebih mendekati kenyataan. (SNI 4153-2008)

2.3.3 Uji Laboratorium

Pengujian di laboratorium menggunakan sample tanah yang telah di ambil pada pekerjaan *core drilling* yaitu *undisturbed sample* / contoh tanah tidak terganggu. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah (www.testindo.com/article/70/uji-penyelidikan-tanah). Secara umum, pengujian di laboratorium yang sering dilakukan untuk perencanaan pondasi menurut Hardiyatmo (2002) adalah :

- A. Pengujian dari pengamatan langsung
- B. Pemeriksaan kadar air
- C. Analisis butiran
- D. Pengujian Batas plastis dan batas cair (Atteberg Limits)
- E. Uji triaksial
- F. Uji tekan bebas

- G. Uji geser kipas
- H. Uji konsolidasi
- I. Uji permeabilitas
- J. Analisa bahan kimia

Nilai k_d untuk tiang pada tanah granuler diperoleh dari Mansur dan Hunter (1970) (Tabel 2.4).

Bahan Tiang	Kd
Tiang baja H	1,4 - 1,9
Tiang pipa baja	1,0 - 1,3
Tiang beton pracetak	1,45 - 1,6
uji tarik tiang (8 tiang) untuk seluruh tipe tiang	0,4 - 0,9

Tabel 2. 4 Nilai Kd untuk Tanah Granular

2.4 Peninjauan Struktur Pondasi

Struktur pondasi ditinjau berdasarkan data tanah yang dimiliki yaitu data *bore log* dan data profil tanah.

1. Daya Dukung Berdasarkan N-SPT

Pada peninjauan proyek apartemen Bellevue Place, perhitungan pondasi menggunakan hasil uji bor atau *standard penetration test* (SPT) untuk

mengetahui daya dukung ijin pondasi dengan menggunakan metode Mayerhoff dan faktor keamanan atau *safety factor* (SF) sebesar 3. Perhitungan kapasitas daya dukung ijin tiang tunggal berdasarkan data SPT dengan metode Mayerhoff sebagai berikut :

- Menghitung Tahanan Ujung Ultimit Tiang (Q_b)

$$Q_b = 40 \cdot N_b \cdot A_b$$

Dengan : Luas permukaan tiang (A_b) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 = Nilai N rata-rata disekitar ujung tiang, 8d di atas ujung tiang.

N_2 = Nilai N rata-rata disekitar ujung tiang, 4d di bawah

Ujung tiang.

- Menghitung Tahanan Gesek Selimut Tiang (Q_s)

$$Q_s = \frac{1}{5} \times N \times A_s$$

Dengan :

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

N = Nilai N rata – rata uji SPT disepanjang tiang

- Menghitung Daya Dukung Ultimit (Q_u)

$$Q_u = 40 \times N_b \times A_b + \frac{1}{5} \times N \times A_s$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF}$$

Dengan : Luas permukaan tiang (A_b) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

Luas selimut tiang (A_s) = $\pi \cdot d \cdot L$

N = Nilai rata-rata uji SPT di sepanjang tiang

N_b = Nilai N rata-rata dari $8d$ di atas ujung tiang sampai dengan $4d$ di bawah ujung tiang

- Menghitung Efisiensi Kelompok Tiang (E_{ff})

Menurut Converse – Lebarre dirumuskan :

$$E_{ff} = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 \times m \times n}$$

Dengan :

E_{ff} = Efisiensi kelompok tiang

θ = $\arctan d/s$ ($^\circ$)

n' = Jumlah tiang dalam satu baris

m = Jumlah baris tiang

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

- Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g)

$$Q_g = E_{ff} \times n \times Q_u$$

Dengan :

Q_g = Daya dukung kelompok tiang (kN)

n = Jumlah tiang dalam kelompok

Q_u = daya dukung ultimit (kN)

2. Daya Dukung Berdasarkan Uji Laboratorium

Hasil pengujian laboratorium tanah yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung pondasi. Perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan hasil uji laboratorium adalah sebagai berikut :

- Menghitung Tahanan Ujung Ultimit Tiang (Q_b)

$$Q_b = A_b \cdot [c_b \cdot N_c + p_b \cdot N_q + 0,5 \cdot D \cdot \gamma \cdot N_\gamma]$$

Dengan :

Q_b = Tahanan ujung ultimit tiang (kN)

A_b = Luas penampang bawah tiang (m²)

c_b = kohesi diujung tiang (kN/m²)

p_b = $z \cdot \gamma$ = tekanan overburden pada ujung tiang
(kN/m²)

D = diameter tiang (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas dukung tiang (fungsi dari φ)

- Menghitung Tahanan Gesek Selimut Tiang (Q_s)

Menurut Coulumb maka dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_s = \sum A_s \cdot [c_d + k_d \cdot p_o \cdot \text{tg}\varphi]$$

Dengan :

A_s = Luas selimut tiang = $\pi \cdot d \cdot L$ (m²)

φ = Sudut gesek (°)

k_d = Koefisien tekanan tanah lateral pada sisi tiang

C_d = Kohesi antara dinding dengan tanah (kN/ m²)

p_o = $\sum z \cdot \gamma$ = tekanan overburden rata - rata disepanjang tiang (kN/m²), z = kedalaman dari muka tanah (m), γ = beratvolume tanah (kN/m³)

- Menghitung Daya Dukung Ultimit (Q_u)

Kapasitas ultimit netto tiang tunggal (Q_u) adalah jumlah tahanan ujung bawahi tiang (Q_b) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang, bila dinyatakan dengan persamaan adalah : (Hardiyatmo, 2010)

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

Dengan :

$$W_p \text{ (berat tiang)} = A_b \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}}, \gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

- Menghitung Efisiensi Kelompok Tiang (E_{ff})

Menurut Converse – Lebarre dirumuskan :

$$E_{ff} = 1 - \theta \frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90 \times m \times n}$$

Dengan :

E_{ff} = Efisiensi kelompok tiang

θ = $\arctan d/s$ (°)

n' = Jumlah tiang dalam satu baris

m = Jumlah baris tiang

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

- Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g)

$$Q_g = E_{ff} \times n \times Q_u$$

Dengan :

Q_g = Daya dukung kelompok tiang (kN)

n = Jumlah tiang dalam kelompok

Q_u = daya dukung ultimit (kN)

BAB 3

METODE PENULISAN

3.1 Subjek dan Objek Penulisan

Subjek penulisan Tugas Akhir ini adalah Proyek pembangunan Jembatan Kalikembar Batang, sedangkan yang menjadi objek pada penulisan Tugas Akhir ini adalah peninjauan ulang pada struktur bawah jembatan meliputi peninjauan ulang struktur pilar dan bore pile.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan metode – metode penulisan yang berguna untuk membantu dalam menyelesaikan perhitungan dan analisa terhadap struktur yang ditinjau, metode – metode tersebut antara lainnya adalah:

1. Metode Observasi

Metode yang meliputi pengamatan secara langsung terhadap pekerjaan yang sedang berlangsung atau yang ada pada kondisi lapangan yang berguna dalam perolehan data untuk pekerjaan Tugas Akhir.

2. Metode Wawancara

Metode yang berupa wawancara langsung terhadap narasumber yang berguna untuk memahami secara langsung serta mendapatkan rujukan mengenai data atau tata cara perencanaan yang sesuai dan baik.

3. Metode Dokumentasi

Metode pengumpulan data yang diperoleh dengan cara melihat langsung sumber – sumber dokumen yang terkait. Dokumen dapat berupa dokumen tertulis maupun elektronik yang berguna sebagai pendukung kelengkapan data yang lain.

3.3 Pengolahan Data

Peninjauan struktur bawah yang dilakukan yaitu :

1. Pondasi *Bore pile*

Perencanaan tentang penentuan dimensi dan penulangan yang digunakan serta perhitungan daya dukung pada pondasi tersebut.

2. Struktur Pilar

Peninjauan ulang perencanaan pilar mengenai dimensi dan penulanganyang digunakan

BAB 4

ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Pilar

Pilar jembatan merupakan struktur perantara antara struktur atas dengan struktur bawah jembatan. Pilar jembatan berfungsi untuk mendistribusi dan mentransfer beban struktur atas ke struktur bawah jembatan. Maka, pilar jembatan ini merupakan salah satu bagian dari substruktur sebuah jembatan. Dalam bab ini, akan dibahas mengenai tinjauan perhitungan pembebanan dan penulangan pada struktur beton pilar jembatan dengan menggunakan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJJR) tahun 1987 yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.

4.1.1 Data Konstruksi

Data Struktur Atas

Panjang jembatan : 82 meter

Lebar Jembatan : 9,55 meter

Lebar Perkerasan : 8 meter

Tebal Slab : 0,25 meter

Tebal Perkerasan : 0,05 meter

Jarak Antar Gelagar : 1,85 meter

Jenis Kontruksi (Girder) : PCI

Berat jenis beton bertulang : 25 Kn/m³

a. Dimensi Kolom P1

Tinggi : 11,5 meter

Panjang : 1,25 meter

Lebar : 1,5 meter

b. Dimensi Pierhead P1

Tinggi : 1,5 meter

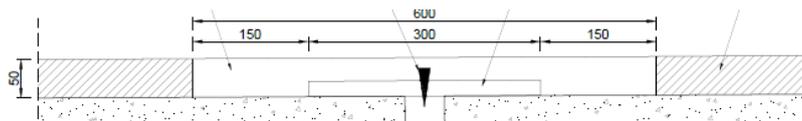
Panjang : 1,9 meter

Lebar : 13,6 meter

4.1.2 Perhitungan Beban Konstruksi

4.1.2.1 Beban Mati

a) Beban Perkerasan aspal



Gambar 4. 1 Perkerasan Aspal

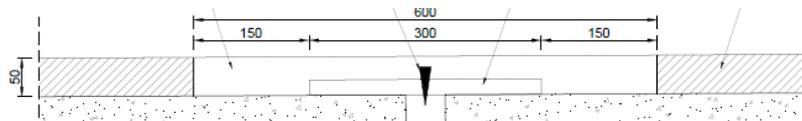
Volume = panjang bentang x lebar x tebal

$$= 82 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 0,05 \text{ m}$$

$$= 33,6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{aspal}} \\
 &= 33,6 \text{ m}^3 \times 2,2 \text{ t/m}^3 \\
 &= 73,92 \text{ ton} = \mathbf{739,2 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

b) Beban Slab

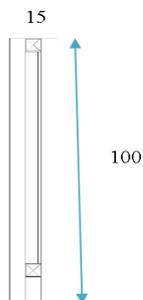


Gambar 4. 2 Slab Jembatan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{panjang bentang} \times \text{lebar slab} \times \text{tebal} \\
 &= 84 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \\
 &= 168 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Slab} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 168 \text{ m}^3 \times 25,0 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 4200 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c) Berat Barrier Tepi Railing



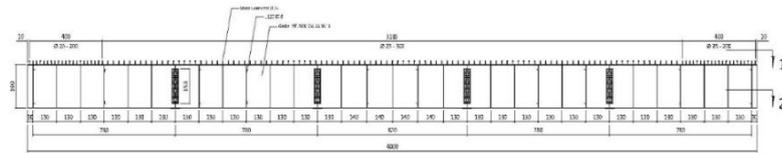
Gambar 4. 3 Barrier Tepi

$$\begin{aligned}
\text{Luas} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\
&= 0,25 \times 1 \\
&= 0,25 \text{ m}^2 \\
\text{Volume} &= \text{Luas} \times \text{Panjang} \\
&= 0,25 \times 82 \\
&= 21 \text{ m}^3 \\
\text{Beban beton} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}} \\
&= 21 \text{ m}^3 \times 25 \text{ kN/m}^3 \\
&= 525 \text{ kN} \\
\text{Berat Pipa} &= 2 \times 0,371 \times 78,5 \text{ kN/m}^3 \\
&= 58,247 \text{ Kn} \\
\text{Total} &= 525 + 58,247 \\
&= 583,247 \text{ kN}
\end{aligned}$$

d) Berat Barrier Tepi Parapet

$$\begin{aligned}
\text{Luas} &= (\text{Panjang} \times \text{lebar}) + (0,5 \times (a+b) \times t) \\
&= 0,2 \times 1 + (0,5 \times (0,1 + 0,3) \times 0,1) \\
&= 0,22 \text{ m}^2 \\
\text{Volume} &= \text{Luas} \times \text{Panjang} \\
&= 0,22 \times 82 \\
&= 18,48 \text{ m}^3 \\
\text{Berat beton} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}} \\
&= 18,48 \text{ m}^3 \times 25 \text{ kN/m}^3 \\
&= 462 \text{ kN}
\end{aligned}$$

e) Berat PCI Girder



Gambar 4. 4 Potongan Memanjang Balok Girder

Berat sendiri beton (pelat lantai)

$$q = \text{Volume} \times \gamma \text{ beton}$$

$$= (2,00 \times 1,4 \times 0,53) \times 25$$

$$= 37,1 \text{ kN}$$

Berat sendiri baja profil (diafragma + alat sambung)

$$q = G \times 120 \%$$

$$= 286 \times 1,2$$

$$= 3,36 \text{ kN}$$

Total = Berat sendiri beton + Berat sendiri baja profil

$$= 37,1 + 3,36$$

$$= 40,46 \text{ kN}$$

- Total beban mati :

Berat Lantai Kendaraan (W1) = 739,2 kN

Berat Slab (W2) = 4200 kN

Berat Barrier Tepi Railing (W3) = 583,247 kN

Berat Barrier Tepi Parapet (W4) = 462 kN

Berat Balok Girder (W5) = 40,46 kN

- Beban mati untuk satu jembatan :

$$\begin{aligned} \mathbf{W_{TOTAL}} &= W1 + W2 + W3 + W4 + W5 \\ &= 739,2 + 4200 + 583,247 + 462 + 40,46 \\ &= 6024,907 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Momen MM} &= Gaya \times Jarak \\ &= 6024,907 \times 1,85 \\ &= 11146,078 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.1.2.2 Beban Hidup

A. Beban "D" Menghitung menggunakan bentang gelagar

Bentang gelagar (L) = 82 meter

Untuk bentang $L > 60$ m menggunakan rumus :

$$q = 1,1 \times (1 + 30/L) \text{ t/m}$$

maka besar q adalah :

$$q = 1,1 \times (1 + 30/L)$$

$$q = 1,1 \times (1 + 30/82)$$

$$q = 1,1 \times 1,357$$

$$q = 1,49 \text{ t/m}$$

Beban hidup parameter lebar jembatan, dengan rumus :

$$\text{Beban terbagi rata (Q)} = \frac{q}{2,75}$$

$$\text{Beban garis (P)} = \frac{p}{2,75}$$

Untuk beban garis digunakan nilai $P = 12$ (menurut PPPJJR tahun 1987)

$$\begin{aligned} \text{(Q)} &= \frac{1,49}{2,75} \\ &= 0,542 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(P)} &= \frac{p}{2,75} \\ &= 4,364 \text{ t} \end{aligned}$$

Muatan merata diperhitungkan berdasarkan lebar lantai kendaraan.

Lebar lantai jembatan = 3 meter

Ketentuan PPPJJR 1987 :

“Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 m, beban “D” sepenuhnya (100%) dibebankan pada lebar jalur 5,50 m.

Sedangkan lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D” (50%)”

Sehingga besarnya muatan merata adalah :

$$q = (100\% \times q \times 5,50) + 2 (100\% \times q \times 8,95)$$

$$p = (100\% \times p \times 5,50) + 2 (100\% \times p \times 8,95)$$

dengan berat Q = 0,542 t dan P = 4,364 T

$$q = (100\% \times q \times 5,50) + 2 (100\% \times q \times 8,95)$$

$$= 2,981 + 2(18,30)$$

$$= 39,581$$

$$p = (100\% \times p \times 5,50) + 2 (100\% \times p \times 8,95)$$

$$= 2,981 + 2(19,529)$$

$$= 42,039$$

$$Q = p \times l$$

$$= 39,581 \times 42,039$$

$$= 1663,946 \text{ t}$$

B. Beban Kejut

Untuk memperhitungkan beban kejut digunakan beban “P” dan “Q”.

Untuk beban “P” dikalikan dengan koefisien kejut.

$$K = 1 + \frac{20}{50+L}$$

keterangan :

K = koefisien kejut

L = panjang bentang

Nilai koefisien kejut sebesar :

$$K = 1 + \frac{20}{50+L}$$

$$K = 1 + \frac{20}{50+82}$$

$$= 1,149$$

Untuk beban “P” (beban garis) :

$$P = K \times P$$

$$= 1,149 \times 42,039$$

$$= 48,303 \text{ t}$$

Σ **Beban Hidup :**

a. “D” = 1663,946 t

b. “P” = 48,303 t +

$$= 1712,249 \text{ t} = \mathbf{17122,5 \text{ kN}}$$

Momen MH = Gaya x Jarak

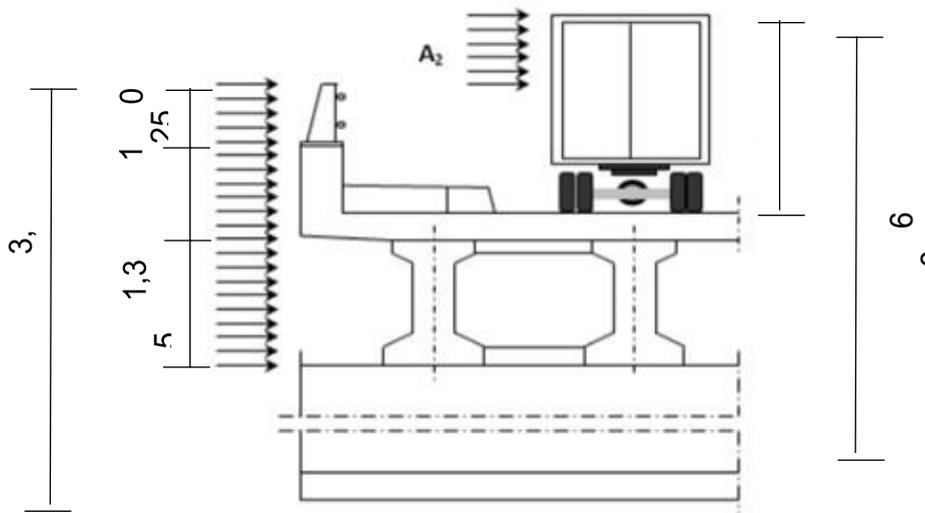
$$= 17122,5 \times 1,85$$

$$= \mathbf{31676,625 \text{ kNm}}$$

4.1.2.3 Beban Sekunder

A. Beban Angin

Pengaruh Tekanan angin sebesar 1,5 kPa pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal, terbagi rata pada bidang vertikal jembatan dalam arah tegak lurus sumbu memanjang. Tekanan angin: $P = 1,5 \text{ kPa} = 1,5 \text{ kN/}$



Gambar 4. 5 Pembebanan Angin

Keadaan tanpa beban hidup untuk jembatan gelagar penuh diambil 100% luas sisi jembatan yang terkena angin, ditambah 50% luas bidang lainnya.

Luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin:

$$L1 = (1,35+1) \times 82$$

$$= 197,4 \text{ m}^2$$

$$L2 = 0,25 \times 82$$

$$= 21 \text{ m}^2$$

Gaya angin yang bekerja :

$$A1 = [100\%(L1 \times P)+50\% (L2 \times P)]/2$$

$$= [100\%(197,4 \times 1,5) + 50\% (21 \times 1,5)] / 2$$

$$= (296,1 + 15,75)/2$$

$$= 155,925 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
MA1 &= A1 \times Y1 \\
&= 155,925 \times 3,85 \\
&= 600,311 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

Kadaan dengan beban hidup untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang terhadap luas sisi jembatan.

$$\begin{aligned}
L3 &= (50\% L1) + (50\% L2) \\
&= (50\% \times 197,4) + (50\% \times 21) \\
&= 98,7 + 10,5 \\
&= 109,2 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L4 &= (4,20 - 1,35) \times 82 \\
&= 239,4 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Gaya Angin yang bekerja:

$$\begin{aligned}
A2 &= [50\%(L3 \times P) + 100\%(L4 \times P)] / 2 \\
&= [50\%(109,2 \times 1,5) + 100\%(239,4 \times 1,5)] / 2 \\
&= [327,6 + 359,1] / 2 \\
&= 343,35 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MA2 &= A2 \times Y2 \\
&= 343,35 \times 6,6 \\
&= 2266,11 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Beban Angin	Beban	Z (m)	Momen
A1	155,925	3,85	600,311
A2	343,35	6,6	2266,11
ΣA	499,275		2866,421

Tabel 4. 1 Beban Angin

B. Gaya Rem

Pengaruh gaya rem yang diperhitungkan senilai atau sebesar 5% dan muatan D tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan.

$$\begin{aligned}
 R_m &= 5\% \times (P + \frac{1}{2} \times q \times l) \\
 &= 5\% \times (39,581 + \frac{1}{2} \times 42,039 \times 82) \\
 &= 5\% \times 1805,219 = \mathbf{90,261 \text{ Kn}}
 \end{aligned}$$

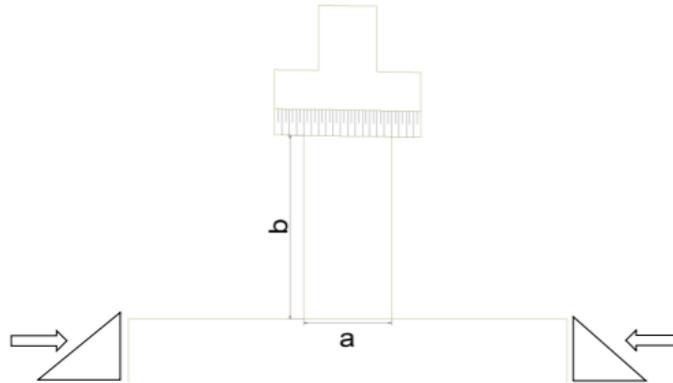
$$\begin{aligned}
 MR_m \text{ (Gaya Rem)} &= 90,261 \times 4,35 \\
 &= 392,635 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Gaya Akibat Gempa

$$\begin{aligned}
 GH &= 0,9 \times \text{Beban Mati} \\
 &= 0,9 \times 11146,078 \\
 &= 10031,47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{GH} &= 10031,47 \times 2,88 \\
 &= \mathbf{28890,634 \text{ kNm}}
 \end{aligned}$$

C. Gaya akibat tekanan tanah



Gambar 4. 6 Skema Tekanan Tanah

Gaya terjadi pada pilecap yang berada dibawah permukaan tanah.

$$(\gamma) = 14,7 \text{ kN/m}^3$$

$$(c) = 22,359 \text{ kPa}$$

$$(\varphi) = 33,81^\circ$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

$$K_a = \frac{1 - \sin 33,81}{1 + \sin 33,81}$$

$$K_a = 0,285$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \lambda \times H^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,285 \times 14,7 \times 3^2$$

$$= 18,853 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 M_a &= P_a \times 6,6 \\
 &= 18,853 \times 6,6 \\
 &= 124,43 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_p &= 1 / K_a \\
 &= 1 / 0,285 \\
 &= 3,509
 \end{aligned}$$

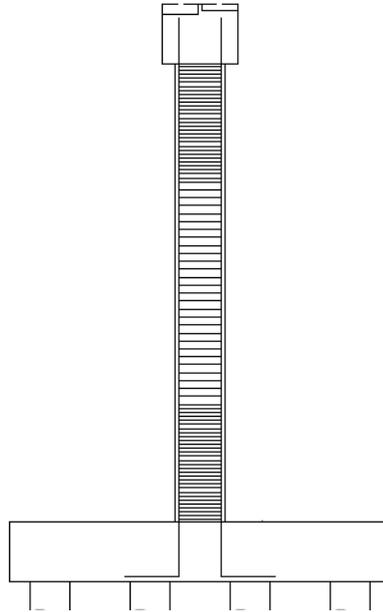
$$\begin{aligned}
 P_p &= 1,2 \times K_p \times \lambda \times H^2 \\
 &= 1,2 \times 3,509 \times 14,7 \times 3,2 \\
 &= 232,12 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= P_p \times 6,6 \\
 &= 1532 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

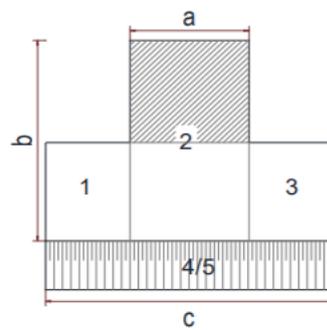
$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Total} &= K_a + K_p \\
 &= 250,973 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen} &= M_a + M_p \\
 &= 1656,43 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

D. Beban akibat berat sendiri pilar



Gambar 4. 7 Pilar



Gambar 4. 8 Pier head

$$\begin{aligned} \text{Area 1} &= 1,5 \times 1,5 \times 13,6 \\ &= 30,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area 2} &= 2,0 \times 4,0 \times 13,6 \\ &= 108,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area 3} &= 1,4 \times 1,5 \times 13,6 \\ &= 28,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

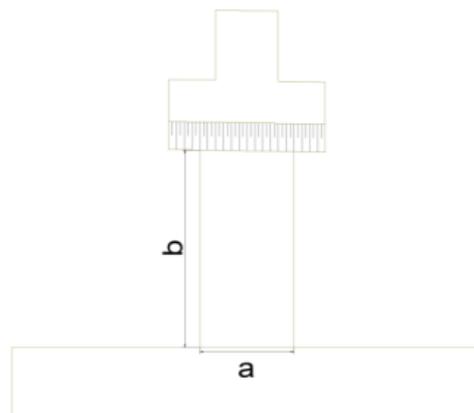
$$\begin{aligned} \text{Area 4} &= \frac{1}{2} (5+7) \times 5,00 \times 1,00 \\ &= 12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area 5} &= \frac{1}{2} (5+7) \times 5,00 \times 1,00 \\ &= 12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Area 1} + \text{Area 2} + \text{Area 3} + \text{Area 4} + \text{Area 5} \\ &= 191,96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \text{Volume} \times \gamma \\ &= 191,96 \times 25 \\ &= 4799 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= 4799 \times 6,8 \\ &= 32633,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 9 Kolom

$$\begin{aligned} \text{Kolom 1} &= 1,5 \times 11,5 \times 1,25 \\ &= 21,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kolom 2} &= 1,5 \times 11,5 \times 1,25 \\ &= 21,56 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Kolom 1} + \text{Kolom 2} \\ &= 43,12 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat} &= \text{Volume} \times \gamma \\ &= 43,12 \times 25 \\ &= 1078 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen} &= 1078 \times 1,5 \\ &= 1617 \text{ kNm}\end{aligned}$$

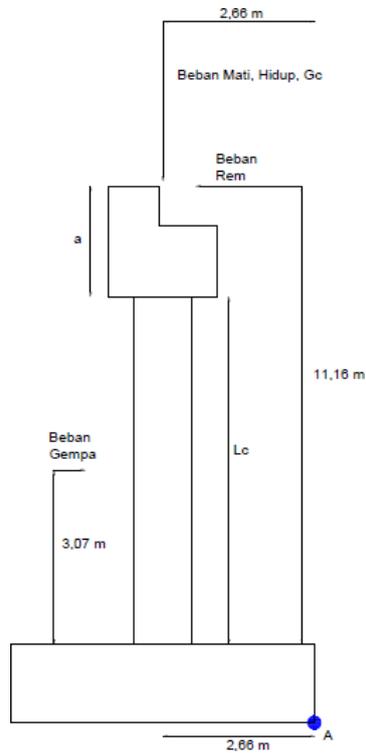
$$\text{Beban Total Pilar (Gc)} = \text{Berat Pierhead} + \text{Berat Kolom}$$

$$= 4799 \text{ kN} + 1078 \text{ kN}$$

$$= 5877 \text{ kN}$$

$$\text{MGc} = 32633,2 \text{ kNm} + 1617 \text{ kNm}$$

$$= \mathbf{34250,2 \text{ kNm}}$$



Gambar 4. 10 Pembebanan pada Pilar

Sumber : (Mnoerilham,2008)

Panjang lengan terhadap dasar pier wall pada beban akibat berat sendiri, beban hidup, dan mati.

L = Jarak antara titik sentris dasar pierwall dengan titik tinjauan A $L = 2,66 \text{ m}$

Panjang lengan terhadap dasar pier wall pada beban

akibat gaya rem $Y = Lc + a + hb$

$$= 6,14 + 1,95 + 3,07$$

$$= 11,16 \text{ m}$$

Panjang lengan terhadap dasar pier wall pada beban akibat gempa

Y = jarak antara titik berat pier dengan dasar pier wall

$$Y = 3,07 \text{ m}$$

4.1.3 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai keadaan elastis.

a. Kombinasi I $\{(M+(H+K) + Ta)\}$

$$\begin{aligned} V &= \{M + (H + K) + Gc + Ta\} \times 100\% \\ &= \{6024,907 + 17122,5 + 5877 + 250,973\} \times 100\% \\ &= 29275,38 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (MM + MH+K + MGc + MTa) \times 100\% \\ &= (11146,078 + 31676,625 + 34250,2 + 1656,43) \times 100\% \\ &= 78729,333 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b. Kombinasi II $(M + A)$

$$\begin{aligned} V &= (M + A + Ta) \times 125\% \\ &= (6024,907 + 499,275 + 250,973) \times 125\% \\ &= 8468,944 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (MM + MA + MTa) \times 125\% \\ &= (11146,078 + 2866,421 + 1656,43) \times 125\% \\ &= 19586,161 \text{ kNm} \end{aligned}$$

c. Kombinasi III $(\text{Kombinasi I} + Rm + A)$

$$\begin{aligned} V &= V_1 \times 140\% \\ &= 29275,38 \times 140\% \end{aligned}$$

$$= 40985,532 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M &= (M_{y1} + M_{Rm} + M_A) \times 140\% \\ &= (46194,06 + 392,635 + 2866,421) \times 140\% \\ &= 69234,11 \text{ kNm} \end{aligned}$$

d. Kombinasi IV (M + Ta + G_H)

$$\begin{aligned} V &= \{(M + T_a + G_H)\} \times 150\% \\ &= \{6024,907 + 250,973 + 10031,47\} \times 150\% \\ &= 24461,025 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (M_M + M_{T_a} + M_{G_H}) \times 150\% \\ &= (11146,078 + 1656,43 + 28890,634) \times 150\% \\ &= 62539,713 \text{ kNm} \end{aligned}$$

	Kombinasi 1	Kombinasi 2	Kombinasi 3	Kombinasi 4
V (kN)	29275,38	8468,944	40985,532	24461,025
M (kN.m)	78729,333	19586,161	69234,11	62539,713

Tabel 4. 2 Kombinasi Beban

4.1.4 Penulangan Pilar

4.1.4.1 Penulangan Pilar Pierhead

- Tulangan Utama

$$h = 1250 \text{ mm}$$

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$p = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= h-p-1/2D \\ &= 1250-100-16 \\ &= 1134 \end{aligned}$$

$$F_c = 30 \text{ MPa}$$

$$F_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{62539,713}{\text{Lebar Pierhead}} = \frac{62539,713}{13,6} = 4598,508 \text{ kNm} \\ &= 4598,508 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u/\phi = \frac{4598,508 \times 10^6}{0,8} \\ &= 5748,135 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{200000}} \times d \\ &= \frac{0,003}{0,003 + 420/200000} \times 1134 \\ &= 667,059 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 667,059 \\ &= 567 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{Mn}{f_y \left(dx - \frac{q}{2}\right)} \\
 &= \frac{5748,135 \times 10^6}{420 \left(1134 - \frac{567}{2}\right)} \\
 &= 8737,391 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ I buah} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 32^2 \\
 &= 803,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= \frac{8737,391}{803,84} \\
 &= 17,86 = 18 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

- Cek rasio penulangan

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A_{sperlu}}{bxd} \\
 &= \frac{8737,391}{1250 \times 1134} \\
 &= 0,0062
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \beta \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 30}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \\
 &= 0,0304
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0304
 \end{aligned}$$

$$= 0,0228$$

$\rho < \rho$ maks

$$0,0062 < 0,0228 \dots \dots \text{OK}$$

Jarak spasi Tulangan (s)

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times S}{As \text{ perlu}}$$
$$= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 32^2 \times 1250}{8737,391}$$
$$= 115 \text{ mm}$$

Spasi Tulangan maksimum :

$$S \leq (2 \times h = 2 \times 1250 = 2500 \text{ mm})$$

Dipakai spasi tulangan $s = 100 \text{ mm} (< 115 \text{ mm})$ **OK**

$$As \text{ terpasang} = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 32^2 \times 1250}{100}$$
$$= 10048 > As \text{ perlu} = 8737,391$$

Dengan menggunakan As perlu $8737,391 \text{ mm}^2$ serta As untuk satu buah tulangan $803,84 \text{ mm}^2$, maka sesuai dengan table A-40 SNI 1991 tulangan yang digunakan adalah 18D32 dengan As terpasang $= 10048 \text{ mm}^2$

- Tulangan Sengkang

$$h = 13600 \text{ mm}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$p = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - p - 1/2D \\ &= 13600 - 100 - 8 \\ &= 13492 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{62539,713}{\text{Lebar Pierhead}} = \frac{62539,713}{13,6} = 4598,508 \text{ kNm} \\ &= 4598,508 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi = \frac{4598,508 \times 10^6}{0,8} \\ &= 5748,135 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{200000}} \times d \\ &= \frac{0,003}{0,003 + 420/200000} \times 13492 \\ &= 7936,471 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times c_b \\ &= 0,85 \times 7936,471 \end{aligned}$$

$$= 6746 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mn}{f_y \left(dx - \frac{q}{2}\right)} \\ &= \frac{5748,135 \times 10^6}{420 \left(13492 - \frac{6746}{2}\right)} \\ &= 1352,509 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ I buah} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{1352,509}{200,96} \\ &= 6,7 = 7 \text{ batang} \end{aligned}$$

- Cek rasio penulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_{sperlu}}{b \cdot d} \\ &= \frac{1352,509}{13600 \times 13492} \\ &= 0,0000007 \\ \rho_b &= \beta \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 30}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \\ &= 0,0304 \end{aligned}$$

$$P_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0304$$

$$= 0,0228$$

$\rho < \rho \text{ maks}$

$$0,0000007 < 0,0228 \dots \dots \text{ok}$$

Jarak spasi Tulangan (s)

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times S}{As \text{ perlu}}$$
$$= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 13600}{1352,509}$$
$$= 2020,73 \text{ mm}$$

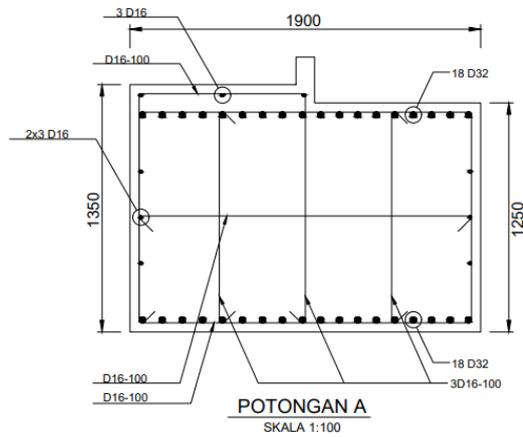
Spasi Tulangan maksimum :

$$S \leq (2 \times h = 2 \times 13600 = 27200 \text{ mm})$$

Dipakai spasi tulangan $s = 200 \text{ mm}$ ($< 2020,73 \text{ mm}$) **OK**

$$As \text{ terpasang} = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 13600}{200}$$
$$= 13665,28 > As \text{ perlu} = 1352,509$$

Dengan menggunakan As perlu 1352,509 mm² serta As untuk satu buah tulangan 200,96 mm², maka sesuai dengan table A-40 SNI 1991 tulangan yang digunakan adalah 7D16 – 200 dengan As terpasang = 13665,28 mm².



Gambar 4. 11 Penulangan Pierhead

4.1.4.2 Penulangan Kolom

- Tulangan Utama

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$d = 32 \text{ mm}$$

$$p = 100 \text{ mm}$$

$$dx = h - p - 1/2D$$

$$= 1500 - 100 - 16$$

$$= 1384$$

$$F_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$Mu = \frac{62539,713}{\text{Lebar kolom}} = \frac{62539,713}{1,5} = 41693,142 \text{ kNm}$$

$$= 4169,142 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu/\phi = \frac{41693,142 \times 10^6}{0,8}$$

$$= 5211,428 \times 10^6$$

$$Cb = \frac{0,003}{0,003 + 420/200000} \times 1384$$

$$= 814,118 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \times cb$$

$$= 0,85 \times 814,118$$

$$= 692 \text{ mm}$$

$$As = \frac{Mn}{fy \left(dx - \frac{a}{2}\right)}$$

$$= \frac{5211,428 \times 10^6}{420 \left(1384 - \frac{692}{2}\right)}$$

$$= 11954,059 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ I buah} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 32^2$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{11954,059}{803,84}$$

$$= 14,87 = 15 \text{ batang}$$

- Cek rasio penulangan

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{As_{perlu}}{b.d} \\ &= \frac{11954,059}{1500 \times 1384} \\ &= 0,00576\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \beta \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \frac{0,85 \times 30}{420} \frac{600}{600+420} \\ &= 0,0304\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0304 \\ &= 0,0228\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{maks}$$

$$0,00576 < 0,0228 \dots \dots \dots \text{ok}$$

Jarak spasi Tulangan (s)

$$\begin{aligned}S &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times S}{As_{perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 32^2 \times 1500}{11954,059} \\ &= 150,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Spasi Tulangan maksimum :

$$S \leq (2 \times h = 2 \times 1500 = 3000 \text{ mm})$$

Dipakai spasi tulangan $s = 100 \text{ mm} (< 150,7 \text{ mm})$ **OK**

$$\begin{aligned} \text{As terpasang} &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 32^2 \times 1500}{100} \\ &= 12057,6 > \text{As perlu} = 11954,059 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan As perlu 11954,059 mm² serta As untuk satu buah tulangan 803,84 mm², maka sesuai dengan table A-40 SNI 1991 tulangan yang digunakan adalah 15D32 – 100 dengan As terpasang = 12057,6 mm²

- Tulangan sengkang

$$h = 4700 \quad \text{mm}$$

$$d = 16 \quad \text{mm}$$

$$p = 100 \quad \text{mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - p - 1/2D \\ &= 4700 - 100 - 8 \\ &= 4592 \end{aligned}$$

$$F_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$Mu = \frac{62539,713}{\text{Lebar kolom}} = \frac{62539,713}{1,5} = 41693,142 \text{ kNm}$$

$$= 4169,142 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu/\phi = \frac{41693,142 \times 10^6}{0,8}$$

$$= 5211,428 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Cb = \frac{0,003}{0,003 + 420/200000} \times 4592$$

$$= 2701,176 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \times cb$$

$$= 0,85 \times 2701,176$$

$$= 2296 \text{ mm}$$

$$As = \frac{Mn}{fy \left(dx - \frac{q}{2}\right)}$$

$$= \frac{5211,428 \times 10^6}{420 \left(4592 - \frac{2296}{2}\right)}$$

$$= 1288,154$$

$$\text{As I buah} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 200,96$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{1288,153}{200,96}$$

$$= 6,41 = 7 \text{ batang}$$

- Cek rasio penulangan

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{AS}{b.d} \\ &= \frac{1288,153}{4700 \times 4592} \\ &= 0,0006\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \beta \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \frac{0,85 \times 30}{420} \frac{600}{600+420} \\ &= 0,0304\end{aligned}$$

$$P_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0304$$

$$= 0,0228$$

$$\rho < \rho_{maks}$$

$$0,0006 < 0,0228 \dots \dots \dots \text{ok}$$

Jarak spasi Tulangan (s)

$$\begin{aligned}S &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times S}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 4700}{1288,154} \\ &= 733,229 \text{ mm}\end{aligned}$$

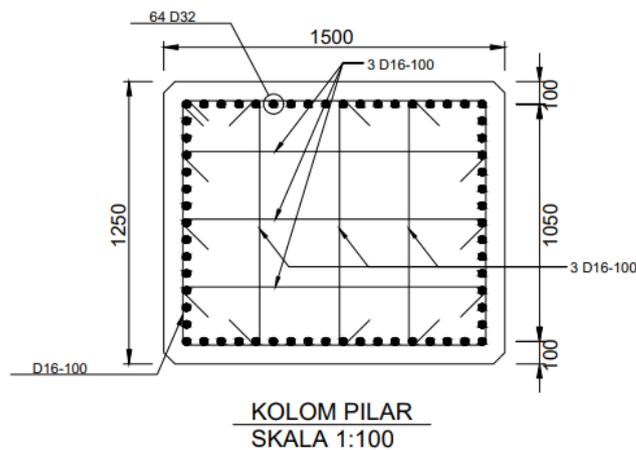
Spasi Tulangan maksimum :

$$S \leq (2 \times h = 2 \times 4700 = 9400 \text{ mm})$$

Dipakai spasi tulangan $s = 100 \text{ mm}$ (733,229 mm) **OK**

$$\begin{aligned} \text{As terpasang} &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 4700}{100} \\ &= 9445,12 > \text{As perlu} = 1288,154 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan As perlu 1288,154 mm² serta As untuk satu buah tulangan 200,96 mm², maka sesuai dengan table A-40 SNI 1991 tulangan yang digunakan adalah 7D16 – 100 dengan As terpasang = 9445,12 mm²



Gambar 4. 12 Penulangan Kolom

4.1.4.3 Penulangan Pilecap

- Tulangan Utama

$$h = 9500 \text{ mm}$$

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$p = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - p - 1/2D \\ &= 9500 - 100 - 9,5 \\ &= 9390,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{62539,713}{\text{Lebar pilecap}} = \frac{62539,713}{9,5} = 6583,128 \text{ kNm} \\ &= 6583,128 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi = \frac{6583,128 \times 10^6}{0,8} \\ &= 8228,91 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{0,003}{0,003 + 420/200000} \times 9390,5 \\ &= 5523,824 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times c_b \\ &= 0,85 \times 5523,824 \\ &= 4695,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{Mn}{f_y \left(dx - \frac{q}{2}\right)} \\
 &= \frac{8228,91 \times 10^6}{420 \left(9390,5 - \frac{4695,25}{2}\right)} \\
 &= 2781,91 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ I buah} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\
 &= 283,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= \frac{2781,91}{283,385} \\
 &= 9,82 = 10 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

- Cek rasio penulangan

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A_{sperlu}}{b.d} \\
 &= \frac{2781,91}{9500 \times 9390,5} \\
 &= 0,00003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \beta \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 30}{420} \frac{600}{600 + 420} \\
 &= 0,0304
 \end{aligned}$$

$$P_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0304$$

$$= 0,0228$$

$$\rho < \rho \text{ maks}$$

$$0,00003 < 0,0228 \dots \text{ok}$$

Jarak spasi Tulangan (s)

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times s}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times 9500}{2781,91}$$

$$= 967,737 \text{ mm}$$

Spasi Tulangan maksimum :

$$S \leq (2 \times h = 2 \times 9500 = 19000 \text{ mm})$$

Dipakai spasi tulangan $s = 200 \text{ mm}$ ($967,737 \text{ mm}$) **OK**

$$A_s \text{ terpasang} = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times 9500}{200}$$

$$= 13460,788 > A_s \text{ perlu} = 2781,91$$

Dengan menggunakan A_s perlu $2781,91 \text{ mm}^2$ serta A_s untuk satu buah tulangan $283,385 \text{ mm}^2$, maka sesuai dengan table A-40 SNI 1991 tulangan yang digunakan adalah 10D19 – 200 dengan A_s terpasang = $13460,788 \text{ mm}^2$

- Tulangan Sengkang

$$h = 4321 \text{ mm}$$

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$p = 100 \text{ mm}$$

$$dx = h - p - 1/2D$$

$$= 4321 - 100 - 9,5$$

$$= 4211,5 \text{ mm}$$

$$F_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$M_u = \frac{62539,713}{\text{Lebar pilecap}} = \frac{62539,713}{9,5} = 6583,128 \text{ kNm}$$

$$= 6583,128 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi = \frac{6583,128 \times 10^6}{0,8}$$

$$= 8228,91 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$C_b = \frac{0,003}{0,003 + 420/200000} \times 4211,5$$

$$= 2477,353 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \times c_b$$

$$= 0,85 \times 2477,353$$

$$= 2105,75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mn}{f_y \left(dx - \frac{q}{2}\right)} \\ &= \frac{8228,91 \times 10^6}{420 \left(4211,5 - \frac{2105,75}{2}\right)} \\ &= 6202,902 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As I buah} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{6202,902}{283,385} \\ &= 21,89 = 22 \text{ batang} \end{aligned}$$

- Cek rasio penulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_{sperlu}}{b \cdot d} \\ &= \frac{6202,902}{4321 \times 4211,5} \\ &= 0,00034 \\ \rho_b &= \beta \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 30}{420} \frac{600}{600 + 420} \\ &= 0,0304 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0304 \end{aligned}$$

$$= 0,0228$$

$\rho < \rho$ maks

$$0,00034 < 0,0228 \dots \dots \dots \text{ok}$$

Jarak spasi Tulangan (s)

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times s}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times 4321}{6202,902} \\ &= 202,409 \text{ mm} \end{aligned}$$

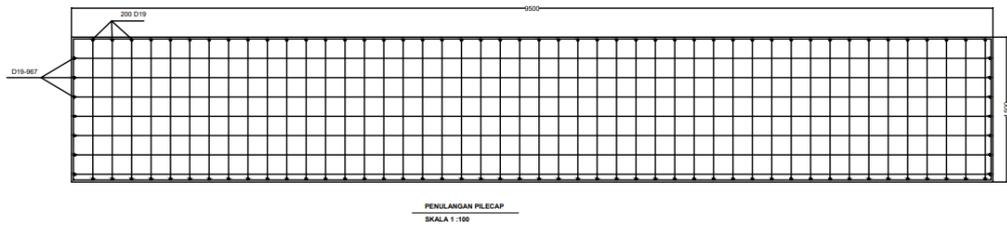
Spasi Tulangan maksimum :

$$S \leq (2 \times h = 2 \times 4321 = 8642 \text{ mm})$$

Dipakai spasi tulangan $s = 200 \text{ mm} (< 202,409 \text{ mm})$ **OK**

$$\begin{aligned} A_s \text{ terpasang} &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times 4321}{200} \\ &= 6122,533 > A_s \text{ perlu} = 6202,902 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan A_s perlu $6202,902 \text{ mm}^2$ serta A_s untuk satu buah tulangan $283,385 \text{ mm}^2$, maka sesuai dengan table A-40 SNI 1991 tulangan yang digunakan adalah 22D19 – 200 dengan A_s terpasang = $6202,902 \text{ mm}^2$.



Gambar 4. 13 Penulangan Pile Cap

4.2 Perhitungan Bore Pile

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis terhadap daya dukung pondasi tunggal dan kelompok tiang dari data sifat dan karakteristik tanah dan *Standart Penetration Test* (SPT). Data - data yang digunakan diperoleh dari hasil pelaksanaan di lapangan dan beberapa literatur.

4.2.1 Data Pondasi Borepile

4.2.1.1 Data Bahan

Mutu beton	(K) = 350
Kuat tekan beton	(f_c') = 30 Mpa
Mutu baja tulangan	(BJTS) = 420B
Tegangan leleh baja	(f_y) = 420 Mpa
Modulus elastis beton	(E_c) = 25310 Mpa
Berat beton bertulang	(W_c) = 25 Mpa

4.2.1.2 Dimensi Borepile

Diameter $(D) = 1 \text{ m}$

Panjang $(L) = 16,00 \text{ m}$

Jumlah borepile arah X $(n_x) = 2$

Jumlah borepile arah Y $(n_y) = 5$

Jarak antar borepile arah X $(X) = 2,00 \text{ m}$

Jarak antar borepile arah Y $(Y) = 2,80 \text{ m}$

4.2.1.3 Dimensi Pilecap

Lebar arah X $(B_x) = 13,6 \text{ m}$

Lebar arah Y $(B_y) = 9,50 \text{ m}$

Tinggi $(h) = 1,50 \text{ m}$

4.2.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial Tunggal

4.2.2.1 Berdasarkan Kekuatan Bahan

Kuat tekan beton $(f_c) = 30 \text{ Mpa}$

Tegangan ijin beton $(f_c') = 0,3 \times f_c \times 1200$

$$= 0,3 \times 30 \times 1200$$

$$= 10800 \text{ kN/m}^2$$

Luas penampang borepile

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 1,0^2$$

$$= 0,785 \text{ m}^2$$

Keliling Borepile

$$K = \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 1,0$$

$$= 3,14 \text{ m}$$

Berat Borepile

$$W = A \times L \times W_c$$

$$= 0,785 \times 16 \times 25$$

$$= 314 \text{ kN}$$

Daya dukung ijin Borepile

$$(P \text{ ijin}) = A \times f_c' - W_c$$

$$= 0,785 \times 10800 - 314$$

$$= \mathbf{8164 \text{ kN}}$$

4.2.2.2 Berdasarkan Kekuatan Tanah

- Menurut Terzhaghi
- Berat tanah diambil dari data terdalam (γ) = 15,49 kN/m³
- Kohesi diambil dari data terdalam (c) = 47,35 kPa

- Sudut geser diambil dari data terdalam (ϕ) = 36°
- Safety Factor = 2

Nilai faktor daya dukung di ujung tanah (end bearing) dapat dilihat pada gambar 4.10

ϕ	N_c	N_q	N_γ (H)	N_γ (M)	N_γ (V)
0	5.14	1.0	0.0	0.0	0.0
5	6.49	1.6	0.1	0.1	0.4
10	8.34	2.5	0.4	0.4	1.2
15	10.97	3.9	1.2	1.1	2.6
20	14.83	6.4	2.9	2.9	5.4
25	20.71	10.7	6.8	6.8	10.9
26	22.25	11.8	7.9	8.0	12.5
28	25.79	14.7	10.9	11.2	16.7
30	30.13	18.4	15.1	15.7	22.4
32	35.47	23.2	20.8	22.0	30.2
34	42.14	29.4	28.7	31.1	41.0
36	50.55	37.7	40.0	44.4	56.2
38	61.31	48.9	56.1	64.0	77.9
40	72.25	64.1	79.4	93.6	109.4
45	133.73	134.7	200.5	262.3	271.3
50	266.50	318.50	567.4	871.7	762.84

Note: N_c and N_q are the same for all the three methods. Subscripts identify the author for N_γ .

Gambar 4. 14 Nilai Faktor Daya Dukung

Berdasarkan nilai sudut geser tanah dari tabel didapat nilai parameter kekuatan tanah sebagai berikut :

$$N_c = 50,55$$

$$N_q = 37,7$$

$$N_\gamma = 40$$

- Daya dukung tanah

$$q_{ult} = 1,3 \times C \times N_c + \gamma \times D_f \times N_q + 0,3 \times b \times N_\gamma$$

$$= 1,3 \times 47,345 \times 50,55 + 15,49 \times 32 \times 37,7 + 0,3 \times 0,6 \times 40$$

$$= 21805,61 \text{ kN}$$

- Daya dukung ijin borepile

$$P_{ijin} = k \times q_{ult} / F$$

$$= 1,884 \times 21805,61 / 3$$

$$= 1369,42 \text{ kN}$$

- Menurut Meyerhof

Luas dasar tiang (A_b)

$$A_s = \pi \times D \times L$$

$$= 3,14 \times 1,0 \times 16$$

$$= 50,24 \text{ m}^2$$

Menentukan nilai N pada tanah sekitar dasar tiang (N_b) berdasarkan nilai SPT.

8D diatas tiang

$$8 \times 1,00 = 8 \text{ m diatas tiang}$$

$$= 16 - 8$$

$$= 8$$

$$N_{b1} = 60+60+60+60 / 4 = 60$$

4D Dibawah tiang

$$4 \times 1,00 = 4 \text{ m di bawah tiang}$$

$$= 16 - 4$$

$$= 12$$

$$Nb_2 = 60 + 60/2 = 60$$

$$Nb = (Nb_1 + Nb_2) / 2$$

$$= (60 + 60) / 2 = 60$$

Menentukan nilai N rata – rata di sepanjang tiang (N)

$$N = (4 + 6 + 4 + 30 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60) / 15$$

$$= 46,19$$

Menghitung nilai kapasitas dukung ultimit tiang (Qu)

$$Q_u = 40 \times N_b \times A_b + 1/5 \times N \times A_s$$

$$= 40 \times 60 \times 0,785 + 1/5 \times 46,19 \times 50,24$$

$$= 1884 + 464,117$$

$$= 2348,117 \text{ ton}$$

Menghitung nilai kapasitas dukung ijin tiang satu borepile (Qa)

$$Q_{all} = Q_u / 2$$

$$= 2348,117 / 2$$

$$= 1174,059 \text{ ton}$$

Menghitung jumlah tiang (n)

$$= \frac{p}{Q_{all}}$$

$$= \frac{8164}{1174,059}$$

$$= 6,95 \sim 20 \text{ tiang}$$

4.2.3 Perhitungan Efisiensi dan Beban Maksimum Pondasi Borepile

$$\text{Diameter}(D) = 100 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= 1,5D - 3D \\ &= 1,5 \times 100 - 3 \times 100 \\ &= 150 - 300 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil jarak} = 250 \text{ cm}$$

Direncanakan denah pondasi borepile seperti berikut :

$$n = 5, m = 4$$

$$\mu = 1 - \frac{((n-1)m + (m-1)n)}{90 \times m \times n}$$

$$= 1 - \frac{(5-1)4 + (4-1)5}{90 \times 4 \times 5}$$

$$= 1 - 0,017$$

$$= 0,983$$

$$\emptyset = \arctan \frac{D}{5}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{100}{200}$$

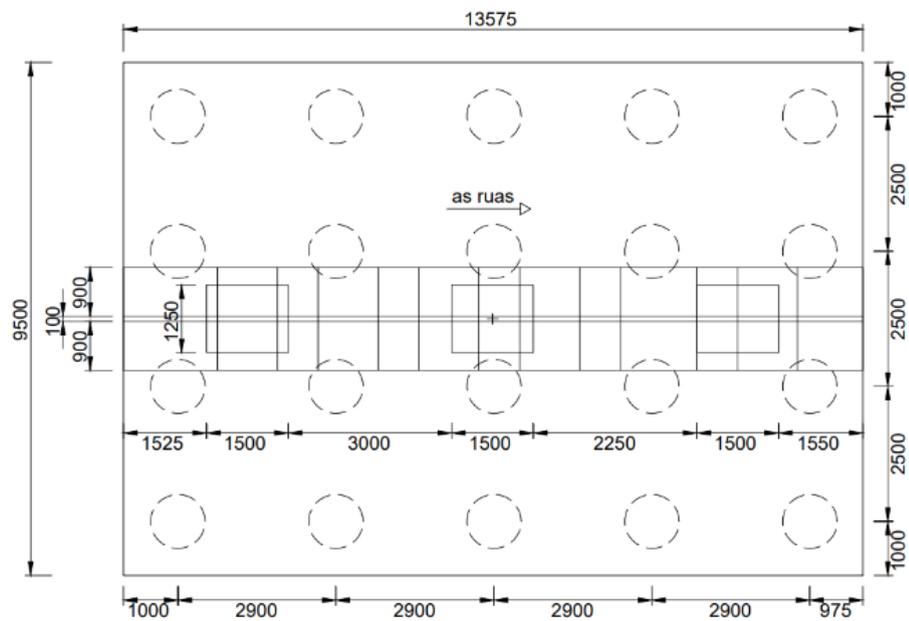
$$= 26,33^\circ$$

Daya dukung borepile dalam kelompok (QA'')

$$\begin{aligned}
 QA'' &= \mu \times Q_{all} \times 36 \\
 &= 0,9863 \times 1174,059 \times 10 \\
 &= 11576,222 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Syarat : QA'' > P

11576,222 ton > 8164 ton (AMAN)



Gambar 4. 15 Denah Pondasi Borepile

Jadi, digunakan pondasi Borepile dengan diameter 1 meter dengan jumlah 20 tiang.

4.2.4 Perhitungan Penulangan Pondasi Borepile

$$D = 1000 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan utama} = D25$$

$$\begin{aligned}
D \text{ sengkang} &= D16-100 \\
F_c &= 30 \text{ MPa} \\
f_y &= 420 \text{ MPa} \\
\text{Selimut beton} &= 150 \text{ mm} \\
d' &= 2 \times (\text{selimut beton}) \\
&= 2 \times 150 \\
&= 300 \\
D &= 1000 - 300 \\
&= 700 \text{ mm} \\
A_{st} &= 28 \times (1/4 \times 3.14 \times 25^2) \\
&= 13744,47 \text{ mm}^2 \\
A_g &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \\
&= 1/4 \times 3,14 \times 1000^2 \\
&= 785398,16 \text{ mm}^2 \\
\rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\
&= \frac{13744,47}{785398,16} \\
&= 0,0175 \\
\text{Dengan } \rho &= 0,0175 \\
A_s &= \rho \times (1/4 \times 3,14 \times D^2)
\end{aligned}$$

$$= 0,0175 \times \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 700^2\right)$$

$$= 6731,375 \text{ mm}^2$$

As tul $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2$

$$= 490,87 \text{ mm}^2$$

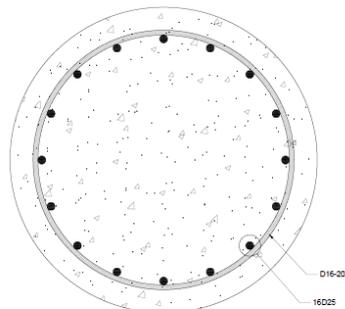
Jumlah tulangan $= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}}$

$$= \frac{6731,375}{490,87}$$

$$= 13,713 = 16 \text{ batang}$$

Maka jumlah tulangan D25 yang dibutuhkan adalah **16 batang**.

Digunakan sengkang spiral **D16 – 200**.



Gambar 4. 16 Penulangan Borepile

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada akhir penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “**Peninjauan Ulang Struktur Bawah Jembatan A Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kalikembar Kawasan Industri Terpadu Batang Paket 1.I.B**” penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan Pembebanan pada Jembatan menggunakan pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya 1987 (PPPJJR, 1987) dan SNIT-2016.
2. Penyusunan Tugas Akhir ini, dibatasi pada perhitungan struktur bawah meliputi tiang pancang dan pilar pada proyek pembangunan Jembatan A Proyek Jembatan Kalikembar Kawasan Industri Terpadu Batang Paket 1.I.B
3. Berdasarkan perhitungan pembebanan pilar digunakan tulangan 15D32 – 100 dan 18D32 pada *pierhead*, sedangkan penulangan pada *pilecap* digunakan tulangan 10D19.

Berdasarkan perhitungan daya dukung pondasi digunakan pondasi Bore Pile diameter 1 meter dengan panjang 16 meter. Dengan daya dukung 11576,222 Ton, digunakan tulangan utama D25 dengan jumlah 16 batang dan tulangan sengkang spiral D16 – 200.

5.2 Saran

Dari hasil “**Peninjauan Ulang Struktur Bawah Jembatan A Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kalikembar Kawasan Industri Terpadu Batang Paket 1.I.B**” dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur harus berpedoman pada teori dengan mempertimbangkan kondisi nyata di lapangan sehingga menghasilkan konstruksi jembatan yang aman.
2. Pengujian di lapangan harus memperhitungkan keadaan dan dirangkum dalam pendataan yang baik untuk mempermudah perencanaan.
3. Penentuan metode untuk peninjauan perhitungan harus memperhatikan data-data yang tersedia untuk mempermudah perhitungan.
4. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, maka dibutuhkan pemahaman yang menyeluruh tentang tahap-tahap dalam proses peninjauan dan teori- teori yang didapat di bangku perkuliahan harus selalu dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi bagian I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Manu, Agus Iqbal. 1995. *Dasar - Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Mediatama Sapta Karya.

SKBI-1.3.28.1987. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.