

Analisis Model Perencanaan Abutmen Jembatan Bendosari Kecamatan Gunungpati Kota Semarang

Dayinta Wahya Bhyantara¹, Bimo Rahmanto², Maria Wahyuni³, David Widiyanto⁴

email: ¹18b10106@student.unika.ac.id, ²21b10075@student.unika.ac.id

³maria@unika.ac.id

^{1,2}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Dhuwur, Semarang 50234

^{3,4}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Dhuwur, Semarang 50234

Abstrak

Saat ini banyak sekali pembangunan yang menggunakan lahan-lahan kosong. Namun tidak semua tanah dapat digunakan untuk pembangunan. Tanah memiliki dua kondisi yaitu tanah dalam keadaan normal dan tanah dalam keadaan khusus. Pertimbangan faktor dalam tanah yaitu jenis tanah, daya dukung tanah, parameter tanah, kedalaman tanah keras dan lainnya. Pembangunan jembatan Bendosari didesain untuk pejalan kaki, kendaraan roda 2 dan kendaraan roda 4, menggunakan jenis jembatan gelagar dengan bentang jembatan sepanjang 37,6 meter dan lebar jembatan 4 meter. Kerusakan pada struktur jembatan terindikasi muncul setelah retakan pada permukaan jalan yang lama kelamaan semakin melebar sampai tidak bisa dilewati kendaraan roda 2. Akibat terputusnya jembatan Bendosari menyebabkan delapan rumah yang tidak jauh dari jembatan mengalami rusak dan roboh karena tanah yang ikut longsor. Hasil dari pengujian tanah pada lapangan dan laboratorium mengidentifikasi tanah *silt* dan memiliki karakter tanah yang apabila kering keras seperti batu dan sebaliknya apabila terkena air akan menjadi bubur. Pemodelan abutmen pada SAP 2000 yang dilakukan untuk kondisi tanah pada hasil yang sudah diuji adalah memperbesar lebar dimensi abutmen dari 0,75 m menjadi 1,8 m, dimensi balok anak dari 0,3 m x 0,45 m menjadi 0,4 m x 0,5 m, dan balok induk dari 0,4 m x 0,6 m menjadi 0,55 m x 0,6 m. Untuk bangunan tambahan lainnya untuk memperpanjang umur dari abutmen dilakukan dengan menambah wing wall yang panjang dan pemasangan pondasi sumuran yang berdiameter 2 m dengan kedalaman 5 m di bawah kaki abutmen.

Kata kunci : tanah, *silt*, abutmen, SAP 2000.

Abstract

Currently, there are many developments that use vacant land. However, not all land can be used for development. Soil has two conditions, namely soil in a normal state and soil in a special state. Consideration of factors in the soil namely soil type, soil carrying capacity, soil parameters, depth of hard soil and others. The construction of Bendosari bridge is designed for pedestrian, 2-wheeled vehicles, and 4-wheeled vehicles, using a girder bridge type with a bridge span of 37,6 meters and a bridge width of 4 meters. Damage to the bridge structure is indicated to appear after cracks on the road surface gradually widen until it cannot be passed by 2-wheeled vehicles. As a result of the disconnection of the Bendosari bridge, eight houses not far from the bridge were damaged and collapsed due to landslides. The result of soil testing in the field and laboratory identify silt soils and have soil characteristics that when dry are hard like rocks and vice versa when exposed to water will become porridge. Abutment modeling in SAP 2000 performed for soil conditions on tested results is to enlarge the width of the abutment dimensions from 0.75 m to 1.8 m, The dimensions of the child beam from 0.3 m x 0.45 m to 0.4 m x 0.5 m, and the parent beam from 0.4 m x 0.6 m to 0.55 m x 0.6

m. For other outbuildings to extend the life of the abutment is done by adding a long wing wall and installation of a well foundation 2 m in diameter with a depth of 5 m under the foot of the abutment.

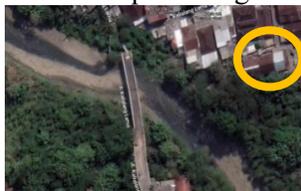
Keywords: soil, silt, abutment, SAP 2000.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini banyak sekali pembangunan yang menggunakan lahan-lahan kosong. Namun tidak semua tanah dapat digunakan untuk pembangunan. Tanah memiliki dua kondisi yaitu tanah dalam keadaan normal dan tanah dalam keadaan khusus. Keadaan tanah atau struktur tanah di bawah pondasi sangat erat kaitannya dengan memilih tipe pondasi yang akan dipakai. Hal ini dikarenakan pada setiap tipe pondasi memiliki bentuk dan mekanisme penyaluran beban yang berbeda tergantung pada setiap kondisi tanahnya. Pertimbangan faktor dalam tanah yaitu jenis tanah, daya dukung tanah, parameter tanah, kedalaman tanah keras dan lainnya.

Tanah lunak adalah tanah yang daya dukungnya cukup untuk menahan beban yang diberikan di atasnya atau bisa dibilang memiliki daya dukung yang rendah. Tanah lunak mengakibatkan sering terjadinya masalah dalam pembangunan khususnya di jembatan Bendosari di posisi bagian utara. Gambar 1. menunjukkan peta jembatan Bendosari pada sungai Kripik.



Gambar 1. Peta Jembatan Bendosari

Pembangunan jembatan Bendosari didesain untuk pejalan kaki, kendaraan roda 2 dan kendaraan roda 4, menggunakan jenis jembatan gelagar dengan bentang jembatan sepanjang 37,6 meter dan lebar jembatan 4 meter. Kerusakan pada struktur jembatan terindikasi muncul setelah retakan pada permukaan jalan yang lama kelamaan semakin melebar sampai tidak bisa dilewati kendaraan roda 2. Akibat terputusnya jembatan Bendosari menyebabkan delapan rumah yang

tidak jauh dari jembatan mengalami rusak dan roboh karena tanah yang ikut longsor. Akibat aliran terputus, kemudian selokan juga putus akhirnya tanah yang ada di jembatan itu semakin longsor karena memang dari taludnya yang sudah ambrol.

Sebelumnya jalannya hanya retak, kemudian hujan deras keretakan semakin melebar hingga tidak bisa dilewati. Sungai Kripik apabila hujan debit air semakin besar dan menggerus daerah aliran sungai. Pembangunan tersebut mendapat kendala yaitu kerusakan pada abutmen yang terputus yang terletak di bagian utara jembatan dapat diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi Keadaan Abutmen Pada Tanggal 15 Agustus 2022

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini berdasarkan latar belakang yaitu:

1. Menganalisis apakah terjadi kegagalan dalam struktur abutmen yang roboh?
2. Bagaimana pemodelan jembatan Bendosari yang baru?

1.3. Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang yang dibuat, penulis melakukan penelitian dengan tujuan sebagai berikut:

1. Dapat melakukan pemodelan abutmen pada jembatan Bendosari,
2. Melakukan analisis desain struktur abutmen yang baru dan melakukan analisis struktur abutmen untuk revitalisasi,.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan pelaksanaan penelitian yang dilakukan, penulis berharap nantinya penyusunan laporan ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat membantu implementasi reliabilitas desain struktur abutmen yang baru,
2. Penelitian ini diharapkan dapat membantu revitalisasi permodelan abutmen jembatan Bendosari dengan menggunakan *software* SAP 2000,
3. Penelitian ini diharapkan dapat mendorong Pemerintah Kota (PEMKOT) dan membantu masyarakat untuk cepat memperbaiki jembatan.

1.5. Batasan Penelitian

Pelaksanaan penelitian maupun penyusunan laporan, penulis menyusun beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Studi kasus terhadap jembatan Bendosari pada ruas jalan Kalialang Lama IX,
2. Tinjauan yang dibahas dibatasi hanya pada analisis perencanaan abutmen,
3. Data yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah data primer berupa survei lapangan dan pengambilan sampel tanah,
4. Analisis perhitungan menggunakan *software* SAP 2000, serta data-data dalam survei lokasi dan hasil uji laboratorium yang dilakukan,
5. Analisis model perencanaan ini tidak termasuk kedalam pelaksanaan perbaikan jembatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Menurut Hardiyatmo (1992) dan Apriliyandi (2017), tanah adalah ikatan antar butir yang relatif lemah, yang dapat disebabkan oleh karbonat dan zat organik atau oksida yang memisahkan antar partikel. Ruang antar partikel bisa berisi air, udara atau yang lainnya. Menurut Dokuchaev (1870) dan Fauizek (2018), tanah adalah lapisan permukaan bumi, terbentuk dari bahan dasar

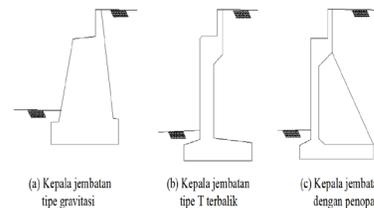
yang diproses oleh perubahan alami air, udara dan berbagai organisme hidup dan mati.

2.2. Penyelidikan Tanah

Dengan melakukan penyelidikan tanah dapat diketahui letak atau kedalaman tanah keras yang berfungsi untuk mengetahui sifat-sifat dasar tanah seperti asal usulnya, distribusi ukuran butir, kemampuan mengalirkan air, pemampatan bila diberi beban (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung tanah, dan lain-lain (Das, 1995).

2.3. Abutmen

Abutmen adalah struktur yang didesain untuk menahan beban bangunan atas, baik beban mati maupun beban hidup, ke lapisan tanah di bawahnya dengan memikul beratnya sendiri (beban mati) dan tekanan tanah (PBJ, 2007). Selain itu, pemilihan bentuk atau jenis penyangga yang akan digunakan harus diperhatikan dengan teliti. Bentuk struktur dari kepala jembatan yang umum dapat diperlihatkan dalam Gambar 3.



Gambar 3 Bentuk Umum Kepala Jembatan

2.4. Peraturan Pembebanan Jembatan

Berdasarkan pedoman pembebanan jembatan, struktur jembatan harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan-pembebanan sebagai berikut:

1. Beban mati

beban mati jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan non-struktural. Perencanaan jembatan harus menggunakan perencanaan keahliannya di dalam menentukan komponen-komponen tersebut.

2. Beban lajur "D" (TD)

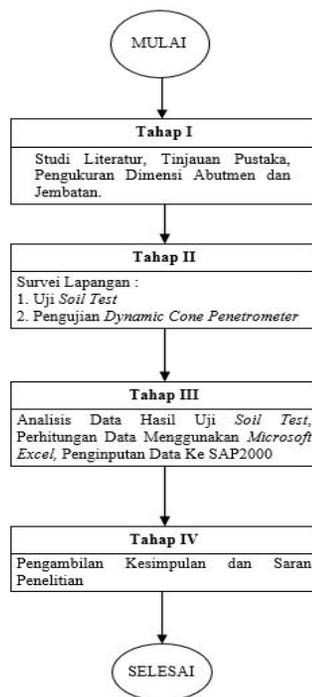
Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis

(BGT). Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung panjang total yang dibebani L .

3. Beban angin pada struktur

Jika dibenarkan oleh kondisi setempat, perencana dapat menggunakan kecepatan angin rencana dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal.

3. METODE PENELITIAN



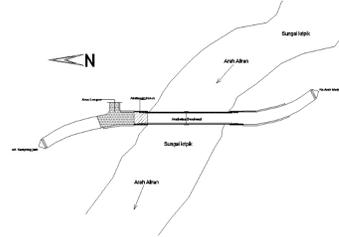
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Jembatan

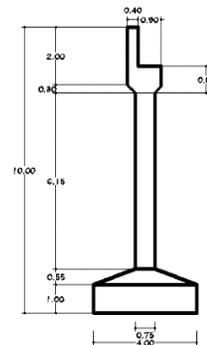
Kondisi eksisting adalah kondisi yang ada atau keadaan yang terjadi saat itu (ketika ditinjau/diobservasi). Data-data yang digunakan dalam analisis abutmen jembatan Bendosari diperoleh dari hasil pengamatan kondisi eksisting geometri jembatan Bendosari yang terdiri dari susunan balok

gelagar yang membentang sejauh 37,6 meter dengan menggunakan pelat lantai beton serta abutmen. Berikut denah jembatan Bendosari yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Denah Jembatan Bendosari

Dari Gambar 5 pada gambar kotak abutmen roboh dapat dilihat detail-detail dimensi ukuran lebar, panjang, dan tinggi dari abutmen jembatan Bendosari yang roboh yang dapat dilihat pada Gambar 6 yang nantinya sebagai pemodelan dalam SAP 2000 untuk menganalisa apakah dengan dimensi-dimensi yang digambarkan pada Gambar 6 aman dari tekanan gaya-gaya yang ada sehingga menimbulkan momen-momen yang menyebabkan struktur itu gagal atau berhasil untuk menahan beban-beban gaya yang terjadi pada abutmen tersebut.



Gambar 6. Detail Abutmen Eksisting

4.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah di lapangan maupun di laboratorium diperlukan untuk analisis stabilitas dari konstruksi abutmen. Dengan rencana perbaikan abutmen yang mengalami kerusakan, maka dilakukan penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah yang dilakukan dilapangan berupa pengambilan sampel tanah

untuk diuji pada laboratorium dan uji *dynamic cone penetrometer* (DCP) yang dilakukan dilapangan.

4.2.1 Hasil penyelidikan tanah di lapangan

Data yang digunakan pada tugas akhir ini keseluruhan merupakan data primer. Data primer dalam penelitian ini meliputi DCP dan pengujian laboratorium. Hasil dari survei lokasi perencanaan terdapat titik uji DCP yang terdiri dari enam titik uji DCP.

Berdasarkan hasil DCP yang dilakukan dilapangan dapat diketahui daya dukung tanah untuk kaki abutmen (*footplat*). Hasil DCP lapangan dengan contoh pada titik D1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Dynamic Cone Penetrometer

No.	Pukulan	Angka DCP		Penetrasi ΔD (cm)
		Hasil Bacaan (cm)	Kumulasi Penetrasi (cm)	
	0	72,5	0	0
1	1	69	3,5	3,5
2	5	48,5	24	20,5
3	5	29,5	43	19
4	5	10,5	62	19
5	5	0	72,5	10,5
6	5			
7	5			
8	5			
9	5			
10	5			

Hasil nilai CBR pada titik D1 sebesar 6,1 % dan diikuti seterusnya untuk hasil pada titik D2-D6 yang dapat dilihat pada Tabel 2 yang dimana pada titik D1 merupakan bagian abutmen yang runtuh pada sisi kanan jembatan dari arah jalan Kampung Jawi dan begitu juga sebaliknya pada titik-titik DCP yang lainnya di area sekitar abutmen Bendosari yang roboh.

Tabel 2 Hasil DCP Dikonversikan Nilai CBR

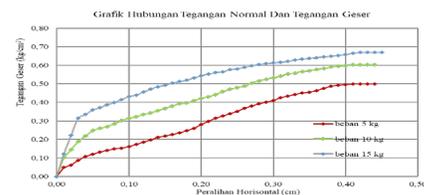
No.	Tanggal Pengujian	Titik	Nilai CBR	Lokasi	Nilai Rata-Rata CBR
1	15-Mar-23	01	6,1%	Abutmen Runtuh	7,00 %
2	15-Mar-23	02	7,8%	Abutmen Runtuh	
3	15-Mar-23	03	16%	Abutmen Tanah Longsor	
4	15-Mar-23	04	15,6%	Abutmen Tanah Longsor	
5	15-Mar-23	05	45%	Abutmen Belakang	
6	15-Mar-23	06	80%	Abutmen Belakang	

4.2.2 Hasil penyelidikan tanah di laboratorium

Dari uji laboratorium di atas menghasilkan data berupa, kohesi tanah (c), sudut geser dalam tanah (ϕ), dan berat volume tanah (γ) yang akan digunakan dalam perhitungan tekanan tanah lateral di belakang abutmen untuk mencapai perencanaan yang aman dan kuat. Berikut hasil pengujian dari laboratorium:

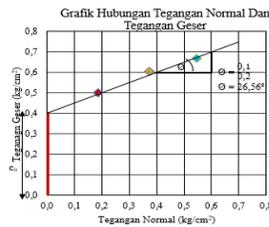
1. Direct Shear

Percobaan uji *direct shear* ini untuk menentukan sudut geser (ϕ), menentukan apakah tanah Bendosari memiliki nilai kohesif tanah, dan juga gamma tanah atau berat jenis tanah yang dimana dalam pengujian ini ada 4 sampel dalam pengujian *direct shear* pada laboratorium. Dapat dilihat dari salah satu hasil grafik di bawah merupakan hasil pengujian *direct shear* pada titik S1. Dengan beban 5 kg digambarkan dengan warna merah, beban 10 kg digambarkan dengan warna hijau dan beban 15 kg digambarkan dengan warna biru. Pada grafik di bawah, beban 5 kg dan 10 kg mengalami penurunan disatu titik. Berikut ini grafik uji *direct shear* pada titik S1 yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Hubungan Antara Peralihan Horizontal dan Tegangan Geser Pada Titik S1

Kemungkinan hal ini bisa terjadi dikarenakan oleh mesin uji yang sempat berhenti sehingga hasil dari pembacaan tidak stabil. dan untuk melihat nilai kohesif dan sudut geser pada uji *direct shear* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser Pada Titik S1

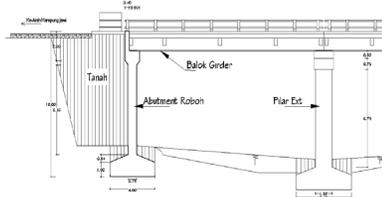
Nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) yang didapat antara tegangan geser dan tegangan normal adalah sebesar $26,56^\circ$ pada kedalaman tanah 1 meter, sehingga dapat dilihat pada Tabel 2.6 tentang kepadatan tanah menurut sudut geser, tanah yang diuji memiliki kepadatan tanah *very loose* atau sangat lepas dengan nilai ϕ sebesar $< 30^\circ$.

4.3 Perhitungan Stabilitas Abutmen Eksisting

Abutmen eksisting jembatan Bendosari yang mengalami kerusakan dilakukan analisis stabilitas terhadap konstruksi dengan menggunakan *software* SAP 2000. Sementara itu *Microsoft Excel* digunakan untuk menghitung pembebanan abutmen. Sub bab berikut ini tahapan perhitungan stabilitas dari abutmen eksisting.

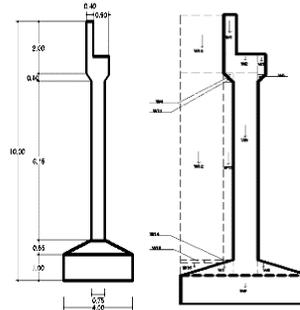
4.3.1 Perhitungan berat sendiri abutmen

Data-data yang diperlukan untuk menghitung berat sendiri dapat dilihat pada Gambar 10 yang nantinya dibagi persegmen untuk menentukan berat sendiri dari struktur abutmen itu sendiri dan berat tanah yang ada dibelakang abutmen tersebut.



Gambar 9 Perencanaan Abutmen

Dari Gambar 9 maka dapat dibuat beberapa bagian untuk menghitung berat sendiri dari abutmen yang akan dirancang, maka dapat dilihat pada Gambar 10 dan Tabel 9 Rekapitulasi berat sendiri abutmen.



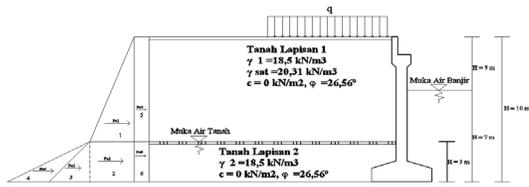
Gambar 10 Gaya-gaya Menyebabkan Momen

Tabel 9 Rekapitulasi Berat Sendiri Abutmen

No.	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kN.m)
W ₁	12,96	11,33	146,77
W ₂	17,64	10,33	182,13
W ₃	4,20	10,3	43,26
W ₄	1,08	9,78	10,56
W ₅	0,75	8,66	6,50
W ₆	126,00	7,04	887,04
W ₇	10,56	3,18	33,59
W ₈	10,56	2,18	23,03
W ₉	96,00	2	192,00
W ₁₀	49,21	11,54	567,88
W ₁₁	0,83	9,08	7,56
W ₁₂	158,46	6,76	1071,16
W ₁₃	34,08	6,61	225,25
W ₁₄	0,31	3,55	1,08
W ₁₅	5,54	3,44	19,06
W ₁₆	2,71	4,115	11,14
	$\Sigma V = 530,88$ kN		$\Sigma M = 3428,02$ kN.m

4.3.2 Perhitungan tekanan tanah lateral

Perhitungan abutmen terhadap tekanan tanah lateral sangat diperlukan agar perencanaan abutmen dapat didesain dengan baik dan aman nantinya. Berikut Gambar 11 merupakan tekanan tanah lateral dengan beban merata di atasnya.



Gambar 11 Distribusi Tekanan Tanah Aktif Untuk Tanah Kohesif Dengan Beban Merata

Dari Gambar 11 didapat beban merata di atasnya dimana memiliki data sebagai berikut:

$$q = 97,34 \text{ kN/m}^2$$

Pasir urugan:

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$\gamma_b = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 20,31 \text{ kN/m}^3$$

Tanah Bendosari:

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 26,56^\circ$$

$$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

Penyelesaian:

Pasir urugan:

$$K_{a1} = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$$

$$K_{a1} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ}$$

$$K_{a1} = 0,33$$

Tanah Bendosari:

$$K_{a2} = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$$

$$K_{a2} = \frac{1 - \sin 25,56^\circ}{1 + \sin 25,56^\circ}$$

$$K_{a2} = 0,38$$

Perhitungan per bagian-bagian diagram, pada lapisan pertama terdapat dua diagram, antara lain:

Akibat beban sendiri tanah lapisan 1:

$$p_{a1} = \gamma_1 H_1 K_{a1} = 18,5 \times 7 \times 0,33 = 43,7 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{a1} = \frac{1}{2} p_{a1} H_1 = \frac{1}{2} \times 43,7 \times 7 = 151,08 \text{ kN/m}$$

Berikut hasil tekanan tanah aktif yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Tekanan Tanah Aktif

No.	P_a (kN/m ²)	P_a (kN/m)	Keterangan
1	43,17	151,08	Tekanan Lateral Akibat Tanah Lapisan 1
2	21,20	147,63	Tekanan Lateral Akibat Beban Lapisan Tanah 1
3	12,03	18,05	Tekanan Lateral Akibat Tanah Lapisan 2
4	29,43	44,15	Tekanan Lateral Akibat Tekanan Air
5	32,45	227,13	Tekanan Lateral Akibat Beban Merata
6	37,19	111,56	Tekanan Lateral Akibat Beban Merata

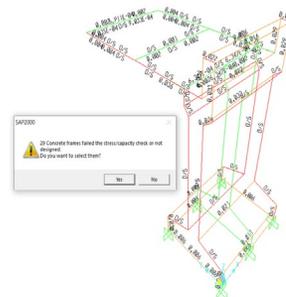
4.4 Hasil Analisis

Hasil analisis model perencanaan abutmen jembatan Bendosari akan dijelaskan pada subbab berikut dibagi menjadi dua kondisi asli/eksisting setelah terjadinya keruntuhan pada abutmen. Oleh sebab itu penulis mencoba memperbesar dimensi lebar abutmen, balok induk dan balok anak agar mencapai hasil aman yang diinginkan dengan bantuan *software* SAP 2000. Berikut hasil analisis abutmen kondisi eksisting dengan abutmen pemodelan baru.

4.4.1 Abutmen kondisi eksisting

Dalam pemodelan struktur abutmen kondisi eksisting menggunakan material mutu beton $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dengan mutu baja $f_y = 250 \text{ MPa}$. Untuk pemodelan pada dimensi balok anak menggunakan ukuran $30 \times 45 \text{ cm}$, balok induk $40 \times 60 \text{ cm}$. Ketebalan abutmen sebesar 75 cm , lebar dari kaki abutmen sebesar 4 m dan panjang 5 m dengan tinggi $1,54 \text{ m}$. Langkah untuk melakukan analisis struktur adalah memilih menu *analyze - run analyze - run now*, lalu program akan menjalankan perhitungan

analisis struktur yang dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12 Hasil Analisis SAP 2000
Kondisi Eksisting**

Hasil *run* dari analisis SAP 2000 tersebut menyebutkan terdapat 29 rangka beton gagal dalam pemeriksaan tegangan/kapasitas dikarenakan batas maksimum yang diperbolehkan gaya aksial tidak memenuhi syarat. Berikut dapat diuraikan :

Diketahui :

$$\begin{aligned} b &= 750 \text{ mm} \\ h &= 750 \text{ mm} \\ d_b &= 75 \text{ mm} \\ f'_c &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 250 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hitung gaya aksial dan momen rencana yang bekerja :

$$P_u = 3900,16 \text{ kN (diambil dari nilai terbesar SAP2000)}$$

$$M_u = 2783,21 \text{ kN.m (diambil dari nilai terbesar SAP2000)}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} \\ &= \frac{2783,21}{3900,16} \\ &= 0,714 \text{ m} = 714 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan penulangan dan ukuran kolom dengan ukuran 750 x 750 mm.

$$\begin{aligned} d &= h - d_b \\ &= 750 - 75 \\ &= 675 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$0,01 = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$0,01 = \frac{A_s}{750 \times 675}$$

$$A_s = 5062,5 \text{ mm}^2$$

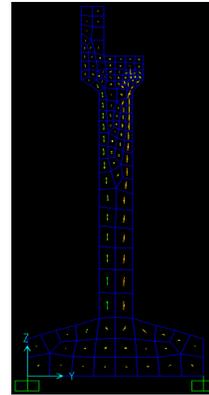
Luas penampang kolom:

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 750 \times 750 \\ &= 562500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemeriksaan kekuatan penampang

$$P_n = \frac{A_s f_y}{\left(\frac{e}{d-d'}\right)+0,5} + \frac{A_g f'_c}{\frac{3bc}{d^2}+1,18}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5062,5 \times 250}{\frac{714}{(675-75)}+0,5} + \frac{562500 \times 30}{\frac{3 \times 750 \times 714}{675^2}+1,18} \\ &= 4336,52 \text{ kN} \\ \Phi P_n &= 4336,52 \times 0,65 \\ &= 2818,74 \text{ kN} \\ \Phi P_n &> P_u \\ 2818,74 \text{ kN} &< 3900,16 \text{ kN (Tidak AMAN)} \end{aligned}$$



**Gambar 13 Resultant Shell Stresses
Abutmen Eksisting**

Karena *resultant shell stresses* abutmen eksisting cenderung garisnya tipis dan menghilang maka tidak dapat menahan tekanan tanah yang besar pada posisi kepala abutmen yang memiliki gaya tekan besar yang mengakibatkan terjadinya kegagalan struktur diposisi tersebut dan akhirnya berakibat keruntuhan abutmen jembatan.

4.4.2 Abutmen pemodelan baru

Kondisi pada pemodelan yang baru penulis mencoba *trial and error* pada aplikasi SAP 2000. Dalam pemodelan struktur jembatan gelagar penulis menggunakan material mutu beton $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ dan merubah material mutu baja $f_y = 250 \text{ MPa}$ menjadi $f_y = 280 \text{ MPa}$. Pada analisis pemodelan baru balok anak diperbesar menjadi $45 \times 60 \text{ cm}$, balok induk diperbesar $55 \times 60 \text{ cm}$, tebal abutmen juga diperbesar dimensinya menjadi 180 cm , lebar dari kaki abutmen sebesar 5 m dan panjang 5 m dengan tinggi $1,54 \text{ m}$. Selanjutnya melakukan analisis struktur dengan memilih menu *analyze - run analyze - run now*, lalu program akan

menjalankan perhitungan analisis struktur dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Hasil Analisis SAP 2000 Pemodelan Baru

Berdasarkan hasil *run* dari analisis SAP 2000 yang telah diperbesar dimensinya menyebutkan semua rangka beton (*frame*) yang dirancang atau diuji tegangan memenuhi syarat dari kapasitas maksimal yang bisa diterima oleh abutmen tersebut. Batasan tegangan dapat diuraikan sebagai berikut:

Tegangan izin untuk baja BJ 44

$$= 186,7 \times f_y$$

$$= 186,7 \times 280$$

$$= 52276 \text{ MPa}$$

$$= 52276000 \text{ kN/m}^2$$

Tegangan abutmen pemodelan baru

$$= 469700,1 \text{ kN/m}^2$$

Tegangan dibutuhkan \leq Tegangan izin

$$469700,1 \text{ kN/m}^2 < 52276000 \text{ kN/m}^2 \text{ (OK)}$$

Tegangan izin untuk baja BJ 50

$$= 193,3 \times f_y$$

$$= 193,3 \times 290$$

$$= 56057 \text{ MPa}$$

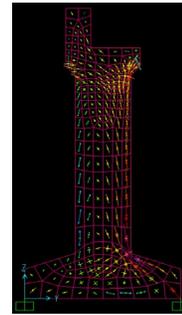
$$= 56057000 \text{ kN/m}^2$$

Tegangan abutmen pemodelan baru

$$= 469700,1 \text{ kN/m}^2$$

Tegangan dibutuhkan \leq Tegangan izin

$$469700,1 \text{ kN/m}^2 < 56057000 \text{ kN/m}^2 \text{ (OK)}$$



Gambar 15 Resultant Shell Stresses Abutmen Pemodelan Baru

Karena tebal abutmen diperbesar menjadi 180 cm sehingga pada abutmen pemodelan baru cenderung bergaris tebal, maka dapat menahan tekanan tanah pada abutmen yang memiliki gaya tekan besar. Sehingga analisis pemodelan abutmen yang baru aman dari kegagalan struktur.

4.5 Evaluasi

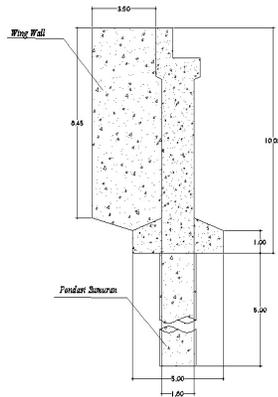
Dari hasil analisis yang sudah penulis lakukan, terjadi kegagalan struktur pada abutmen jembatan Bendosari pada bagian menuju Kampung Jawi yang diakibatkan tidak adanya bangunan pengaman seperti *wing wall*, pondasi dalam dan ketebalan jembatan bendosari yang kurang tebal dengan tebal abutmen 0,75 m. Jembatan Bendosasi mengalami kerusakan pada posisi kepala abutmen yang dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Abutmen Roboh

Pada Gambar 16 pada sisi kanan dan kiri jembatan terjadi longsoran yang mengakibatkan kerusakan yang cukup parah. Akibat dari kerusakan abutmen tersebut memberikan dampak buruk yang besar bagi

masyarakat setempat dalam mobilisasi akses dan perekonomian. Maka pemodelan yang penulis buat untuk mendapatkan desain yang aman dengan memperlebar tebal abutmen menjadi 1,8 m dan juga menganjurkan adanya perkuatan bangunan struktur seperti *wing wall* dan pondasi sumuran dengan diameter 2 m kedalaman 5 m dibawah kaki abutmen yang dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 17 Pemodelan Abutmen Baru

Dari Gambar 17 dianalisis dalam *software* SAP 2000 didapatkan desain yang aman setelah diperlebar lebar abutmen dan semakin menambah umur dari abutmen jembatan Bendosari dengan adanya *wing wall* dan pondasi sumuran sedalam 5 m. Dapat disimpulkan perlunya ada analisis dan survey yang matang dalam perencanaan struktur jembatan terutama abutmen yang sebagai badan dari jembatan yang menyalurkan beban struktur atas ke pondasi dan sebagai penahan terjangan arus sungai. Penyelidikan tanah perlu untuk mengklasifikasikan jenis tanah didaerah tersebut baik untuk didirikan bangunan atau tidak, agar dapat meminimalisir kegagalan struktur bangunan akibat tanah yang buruk.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil dari uji laboratorium pada tanah di daerah jembatan Bendosari yang runtuh didapatkan data sebagai berikut:
 - a. Tanah berjenis *silt* dari hasil uji saringan dan hidrometer dengan persentase rata-rata 80%.
 - b. Tanah berjenis lempung padat dari hasil uji *direct shear*, menghasilkan $\phi = 26,56^\circ$, $\gamma = 18,89 \text{ kN/m}^3$, dan $c = 30 \text{ kN/m}^2$.
2. Hasil analisis dari pemodelan abutmen kondisi eksisting perlu adanya perubahan dalam dimensi. Berikut beberapa dimensi yang diperbesar:
 - a. Balok anak ukuran $30 \times 45 \text{ cm}$ diperbesar menjadi $40 \times 50 \text{ cm}$.
 - b. Balok induk ukuran $40 \times 60 \text{ cm}$ diperbesar menjadi $55 \times 60 \text{ cm}$.
 - c. Ketebalan abutmen sebesar 75 cm, lebar dari kaki abutmen sebesar 4 m dan panjang 5 m dengan tinggi 1,54 m. Diperbesar menjadi ketebalan sebesar 180 cm, lebar dari kaki abutmen sebesar 5 m dan panjang 5 m dengan tinggi 1,54 m.
3. Dari analisis yang dilakukan pada abutmen kondisi eksisting menggunakan mutu beton $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ dan mutu baja $f_y = 250 \text{ MPa}$. Pada abutmen pemodelan baru material-material yang digunakan dalam perencanaan abutmen baru ini yaitu:
 - a. Mutu beton $f'_c = 30 \text{ MPa}$.
 - b. Mutu baja $f_y = 280 \text{ MPa}$.
4. Hasil *run* dari analisis SAP 2000 pada abutmen jembatan Bendosari sebagai berikut:
 - a. Abutmen kondisi eksisting Hasil *run* SAP 2000 menyebutkan terdapat 29 rangka beton (*frame*) yang gagal diuji tegangan atau *overstressed* karena momen yang melebihi dari kapasitas maksimal yang bisa diterima abutmen. Kegagalan tersebut paling banyak berada di belakang abutmen. Lalu untuk *resultant shell stresses* abutmen kondisi eksisting garisnya tipis dan cenderung menghilang maka tidak

dapat menahan tekanan tanah yang besar pada posisi kepala abutmen yang memiliki gaya tekan besar yang mengakibatkan terjadinya kegagalan struktur diposisi tersebut dan akhirnya berakibat keruntuhan abutmen jembatan. Oleh karena itu penulis mencoba *trial and error* yang akan dijelaskan pada subbab berikut.

b. Abutmen pemodelan baru

Hasil *run* SAP 2000 menyebutkan semua rangka beton (*frame*) yang dirancang atau diuji tegangan/kapasitas lulus. Sehingga tidak ada kegagalan pada struktur. Lalu untuk *resultant shell stresses* abutmen pemodelan baru karena tebal abutmen diperbesar menjadi 180 cm sehingga pada abutmen pemodelan baru cenderung bergaris tebal, maka dapat menahan tekanan tanah pada abutmen yang memiliki gaya tekan besar. Sehingga analisis pemodelan abutmen yang baru aman dari kegagalan struktur.

5.2 Saran

Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengerjaan tugas akhir ini yang bisa dijadikan sebagai saran yaitu:

1. Dari studi kasus runtuhnya abutmen kondisi eksisting, maka perlu adanya tambahan *wing wall* dengan panjang 3,5 m dan juga 4 buah pondasi sumuran berdiameter 2 m dengan kedalaman 5 m serta jarak antar pondasi sumuran 0,6 m. Kalau perlu ditambahkan talud di depan abutmen untuk melindungi badan abutmen dari terjangan arus sungai krikik.
2. Pada sisi belakang abutmen perlu adanya urugan yang berupa tanah *clay*, yang dimana tanah pada daerah sekitar jembatan Bendosari tidak dapat digunakan untuk timbunan di belakang abutmen dikarenakan, tanah sangat lempung berdasarkan uji laboratorium yang sudah dilakukan. Maka perlu adanya pengambilan tanah di daerah yang berbeda. Tetapi pengambilan tanah di lokasi yang

berbeda dapat merusak ekosistem daerah pengambilan tanah *clay* tersebut.

3. Perubahan titik lokasi pembangunan abutmen jembatan Bendosari yang runtuh, untuk menghindari tikungan dari sungai keripik yang memiliki arus deras, agar meminimalisir kasus keruntuhan abutmen.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1989): *Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah*. Erlangga. Jakarta, 14-29.
- Das, B. M. (1988): *Mekanika tanah (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)*. Erlangga. Jakarta, 64-78.
- Das, B. M. (1994): *Mekanika tanah (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis jilid 2)*. Erlangga. Jakarta, 17-115.
- Hardiyatmo, H. C. (2002): *Mekanika tanah I*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 40.
- Hardiyatmo, H. C. (2010): *Analisis dan perancangan fondasi I*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 184.
- Hardiyatmo, H. C. (2011): *Analisis dan perancangan fondasi I edisi ketiga*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 46.
- Hidayat, G. (2012): Studi kasus analisis kerusakan abutment jembatan Sungai Bahalang Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi Berlanjutan*. **1**, 10-11.
- Sosrodarsono dan Nakazawa. (1994): *Mekanika tanah dan teknik pondasi kepala*. PT Pradnya Paramita. Jakarta, 303.
- Sukisno, K. S., Hindarto., Hasanudin., dan A. H. Wicaksono. (2011). Pemetaan potensi dan status kerusakan tanah untuk mendukung produktivitas biomassa di kabupaten lebong. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*. **10**, 149-151.
- Terzaghi, K. (1987): *Mekanika tanah praktek rekayasa*. Erlangga. Jakarta, 1.

- Ummah, R. (2016): *Perencanaan ulang timbunan oprit dan abutmen jembatan plasma batu tugu plasma tanjong karung*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 5-6.
- Wesley, L. D. (1973): *Mekanika tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta, 1.
- Yuwana. (2012): *Evaluasi kegagalan pilar pasca rehabilitasi Jembatan Trinil Kabupaten Magelang*. Magelang, 100-101..