

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU ABUTMENT TERHADAP
MOMEN LENTUR PADA JEMBATAN DALAM MENAHAN
BEBAN TUMBUKAN(COLLISION) AKIBAT GEMPA**



Disusun oleh :

Rey David Bria Seran (155060107111027)

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

2021



RINGKASAN

Rey David Bria Seran, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Februari 2021, *Studi Eksperimental Perilaku Abutment Terhadap Momen Lentur Pada Jembatan Dalam Menahan Beban Tumbukan (Collision) Akibat Gempa*, Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc. dan Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT

Abutment merupakan bagian dari struktur bangunan bawah jembatan yang mempengaruhi struktur dari jembatan, dari segi kemampuan penyaluran beban vertikal dan horizontal dari struktur bangunan atas maupun kekuatan jembatan. Berdasarkan hal tersebut,

diperlukan perencanaan abutment yang baik karena kegagalan pada abutment akan mempengaruhi kegagalan pada semua sistem struktur di atasnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan abutment adalah kegagalan akibat gempa yang mengakibatkan terjadinya tumbukan struktur bangunan atas terhadap parapet wall abutment yang menyebabkan keruntuhan struktur pada abutment dan mempengaruhi struktur keseluruhan jembatan.

Penelitian ini dibuat benda uji abutment tanpa wing wall sebanyak 3 benda uji, dengan perencanaan mutu beton K-225 (19,3 Mpa) dengan menggunakan tulangan baja polos ukuran $\varnothing 8$ untuk tulangan utama dan ukuran $\varnothing 6$ untuk tulangan sengkang. Dimensi

benda uji abutment mempunyai ukuran parapet wall 600 x 700 x 540 mm. Benda uji abutment diuji dengan pembebanan secara horizontal dengan beban merata pada parapet wall dengan menggunakan hydraulic jack, load cell 10 ton, dan LVDT untuk memperoleh

deformasi yang terjadi dan melihat pola retak pada benda uji abutment.

Hasil penelitian ini menunjukkan benda uji abutment dengan jarak tulangan yang lebih rapat dapat memikul beban lateral yang lebih besar dibandingkan benda uji abutment dengan jarak tulangan yang lebih renggang.

Kata Kunci : Abutment, Beban Lateral, Jarak Antar Tulangan

LEMBAR PENGESAHAN**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU ABUTMENT TERHADAP
MOMEN LENTUR PADA JEMBATAN DALAM MENAHAN BEBAN
TUMBUKAN (*COLLISION*) AKIBAT GEMPA****SKRIPSI**

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**REY DAVID BRIA SERAN****NIM. 155060107111027**Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen
pembimbing Pada tanggal 6 Agustus 2021

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc
NIP. 201102 841203 2 001

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT.
NIP. 198502212019032003Mengetahui,
Ketua Program Studi S1
Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.)
NIP. 19810220 200604 1 002

(Halaman sengaja dikosongkan)



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Jembatan merupakan salah satu bangunan konstruksi yang berfungsi untuk menyebrangi suatu rintangan seperti jalan, sungai, jurang dan sebagainya. Struktur dari jembatan itu sendiri terdiri atas struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*). Struktur bawah jembatan terdiri dari abutment dan pilar. Abutment memiliki fungsi sebagai penyangga beban vertikal dari struktur atas jembatan, mempertahankan tanah dibawahnya, dan menghubungkan jembatan dengan jalan terdekat. Abutment dengan bahan dasar beton bertulang dapat menahan gaya tekan dan gaya tarik, hal ini dikarenakan sifat dasar beton yang kuat menahan tekan dan lemah menahan gaya tarik. Sedangkan, baja memiliki sifat dasar yang kuat menahan tarik tetapi lemah terhadap gaya tekan, sehingga beton bertulang diharapkan mampu menahan beban – beban yang terjadi. Salah satu beban yang terjadi adalah beban gempa.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan intensitas gempa tinggi. Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada 2017 tercatat terjadi sebanyak 8.693 kali terjadi gempa di Indonesia. Sebanyak 19 kali gempa dari 8.693 termasuk kedalam gempa yang bersifat merusak dan sebanyak 208 kali gempa dengan kekuatan diatas 5 skala richter (SR). Dengan adanya gempa, kerusakan dapat terjadi pada bangunan termasuk abutment dari jembatan.

Akibat terjadinya gempa banyak jembatan yang rusak dan ambruk, salah satu penyebabnya adalah abutment jembatan tidak mampu menahan beban gempa yang terjadi. Sedangkan, abutment memiliki fungsi untuk menahan struktur atas jembatan, sehingga kerusakan yang terjadi pada bagian abutment berdampak besar terhadap ambruknya jembatan. Salah satu kerusakan yang terjadi pada abutment antara lain terjadinya pergeseran letak abutment. Bersegernya letak abutment terjadi akibat adanya perpindahan dan rotasi dari abutment tersebut. Selain itu, bergesernya letak abutment juga menjadi salah satu penyebab keretakan pada abutment tersebut.

Kerusakan yang terjadi pada jembatan dapat mengakibatkan terputusnya akses ke suatu daerah yang dapat menghambat distribusi jasa maupaun barang. Berdasarkan hasil

analisis Desy Setyowulan (2015,p.80) menjelaskan bahwa dengan memperbolehkan adanya tumbukan pada abutment dengan membatasi perpindahan dari *girder*, dapat mengurangi ukuran sambungan sehingga mengurangi biaya konstruksi dan *seismic reinforment*. Maka dari itu, untuk mengurangi atau mencegah terjadi kerusakan pada abutment diperlukan perhitungan beban tumbukan dari struktur atas akibat gaya gempa yang mungkin akan terjadi. Sehingga, diharapkan kita dapat mengetahui perilaku dari abutment akibat gaya gempa, dan juga mendekati perilaku abutment yang terjadi akibat gaya gempa sesungguhnya.

1.2 Rumusan masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan untuk analisis adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana momen lentur dari abutmen jembatan tanpa *wingwall* akibat menahan beban tumbukan (*collision*) akibat gempa?

1.3 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui momen lentur dari abutmen jembatan tanpa *wingwall* akibat menahan beban tumbukan (*collision*) akibat gempa

1.4 Batasan masalah

Batasan – Batasan masalah dalam analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Bagian abutment yang digunakan dalam analisis ini hanya bagian atas dari abutment atau yang disebut *parapet wall* tanpa *wing wall*.
2. Pembebanan yang digunakan adalah beban dinamis yang dikonversi menjadi beban statis yang diberikan terus menerus hingga runtuh.
3. Material yang digunakan untuk struktur beton menggunakan spesifikasi K-225 dan menggunakan $F'c = 19,3$ mpa
4. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos diameter $\varnothing 8$ untuk tulangan utama dan tulangan polos $\varnothing 6$ untuk tulangan bagi.

1.5 Manfaat kegiatan

Manfaat yang diharapkan dari analisis ini adalah dapat menambah wawasan tentang perilaku dari abutment yaitu berupa tegangan, regangan, momen lentur, defleksi

horizontal dan pola retak yang terjadi saat terkena beban gempa. Selain itu diharapkan nantinya analisis ini dapat membantu mengurangi kegagalan abutment akibat beban tumbukan dari struktur atas jembatan saat gempa terjadi



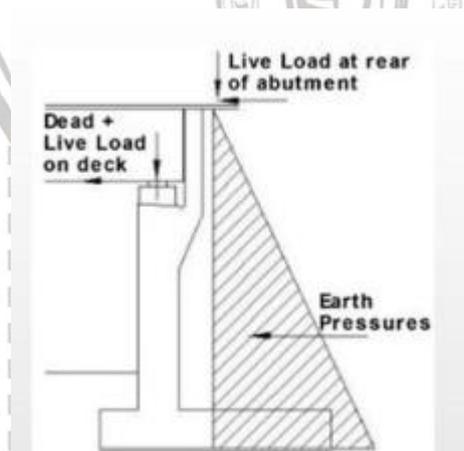
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Abutment

Pada struktur bawah suatu jembatan terdapat abutment, pilar dan pondasi. Abutment sendiri dapat ditemui pada setiap ujung ujung jembatan yang berhubungan langsung dengan dataran. Pengertian dari abutment itu sendiri menurut Dementrios E. Tonias (1955: 354) *“An abutment is a structure located at the end of a bridge which is provides the basic function of: supporting the end of the first or last span, retaining earth underneath and adjacent to the approach roadway, and, if necessary supporting part of the approach roadway or approach slab”* pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa abutment merupakan struktur bawah jembatan yang berfungsi untuk menahan beban diujung – ujung jembatan dari sktruktur atas jembatan. Selain itu abutment juga memiliki fungsi untuk menghubungkan jembatan dengan jalan atau *slab* terdekat. Abutment itu sendiri memiliki beberapa tipe, penentuan tipe jembatan yang digunakan bergantung dengan keadaan sekitar dan perencanaan dari struktur atas jembatan. Tipe – tipe dari abutment antara lain:

1. Abutment gravity,

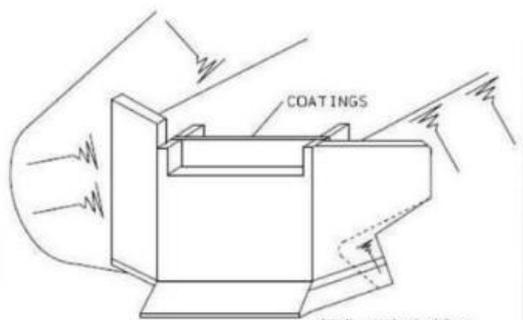


Gambar 2.1 Tipe Abutment Gravity

Sumber : Shahidan, 2015

Memperoleh kekuatan dan ketahanan terhadap gaya - gaya yang bekerja dengan menggunakan berat sendiri. Karena bentuknya yang sederhana begitu juga dengan pelaksanaannya tidak begitu rumit. Abutmen tipe gravitasi sering digunakan pada struktur yang tidak terlalu tinggi dan tanag pondasinya yang baik. Pada umumnya material yang digunakan merupakan pasangan batu kali atau beton tumbuk. Biasanya abutment tipe gravitasi digunakan pada jembatan yang memiliki bentang yang tidak terlalu panjang.

2. U abutment

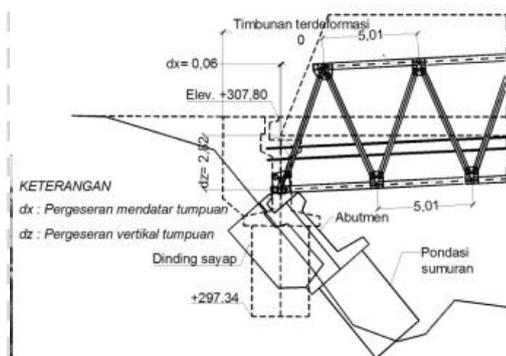


Gambar 2.2 Tipe U Abutment

Sumber : Shahidan, 2015

Abutment U ini adalah bentuk abutment yang berbeda dari abutment gravitasi di sudut dinding sayap. Ini ditempatkan pada sudut tegak lurus ke kursi jembatan, memanjang ke arah tanggul dan jauh dari jembatan.

3. Cantilever abutment

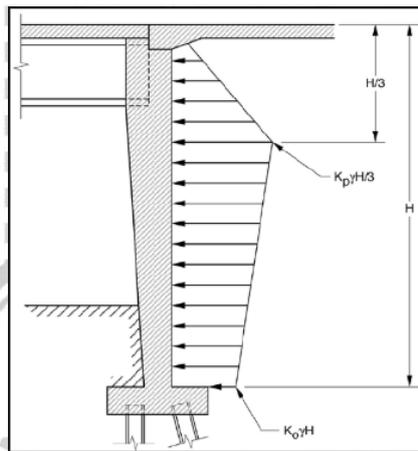


Gambar 2.3 Tipe Cantilever Abutment

Sumber : <https://www.researchgate.net> (diakses pada tanggal 24 Maret 2019)

Gigi tiruan cekat sebagian Cantilever didefinisikan memiliki satu atau lebih penyangga di salah satu ujung prosthesis sementara ujung yang lain tidak didukung. ... Ketika pontik kantilever ditempatkan di bawah fungsi oklusal, gaya ditempatkan pada abutment

4. Full height abutment

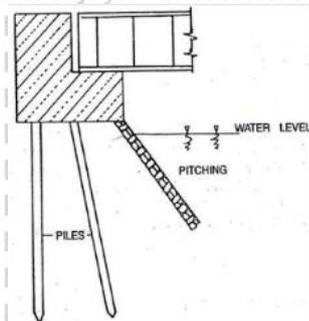


Gambar 2.4 Tipe Full-Height Abutment

Sumber : <https://www.researchgate.net> (diakses pada tanggal 24 Maret 2019)

Abutment jenis ini mendukung seluruh tanggul yang dimulai pada tingkat bawah jalan yang biasanya digunakan untuk jalan layang sementara lebih mahal daripada abutment lainnya. memungkinkan untuk struktur maksimum dengan lebar minimum kritis di daerah perkotaan

5. Stub abutment



Gambar 2.5 Tipe Stub Abutment

Sumber : Shahidan, 2015

Penyangga ambang adalah penyangga pendek yang dibangun di atas tanggul / di atas lereng setelah tanggul jalan dekat dengan kelas akhir

6. Semi-stub abutment

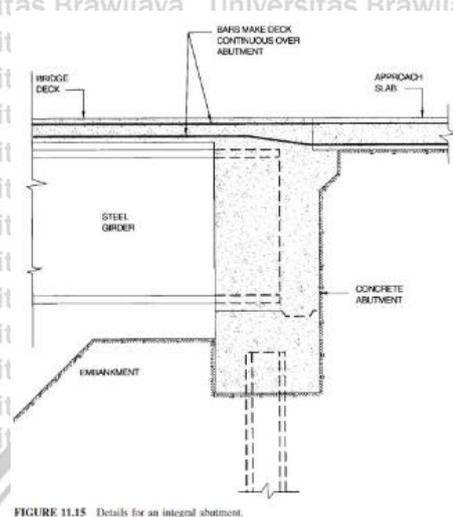


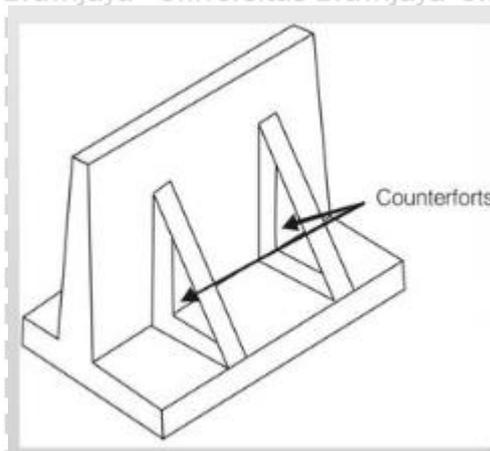
FIGURE 11.15 Details for an integral abutment.

Gambar 2.6 Tipe Semi Stub

Sumber : <http://www.civilengineeringx.com>

Ketinggian penyangga semi-stub berada di antara ketinggian full-height dan stub-abutment. Tidak seperti stub, abutment dibangun di atas atau di dekat puncak tanggul, dan abutment setinggi penuh dibangun di bagian bawah tanggul, abutment semi stub dibangun di suatu tempat antara bagian atas dan bawah tanggul. . Karena mereka lebih tinggi dari stub-abutment dan lebih pendek dari abutment full-height, oleh karena itu mereka dikenal sebagai Semi-Stub Abutment

7. Counterfort abutment

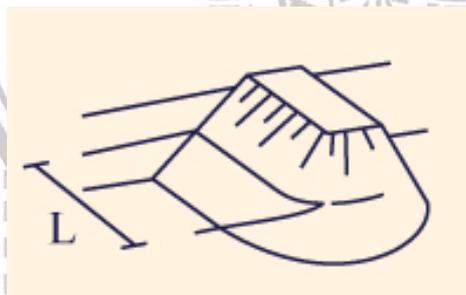


Gambar 2.7 Tipe Counterfort Abutment

Sumber : Shahidan, 2015

Counterforts berbentuk segitiga ditambahkan ke bagian belakang slab dinding penyangga untuk memberikan kekakuan lentur lebih lanjut dan menahan tekanan tanah lateral yang dikembangkan oleh kedalaman material backfill. Konstruksi dipersulit oleh tulangan dan bekisting di sekitar tungkai dan pemadatan fisik dari timbunan lebih sulit.

8. Spill-through abutment



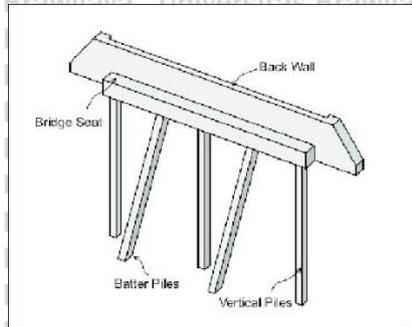
Gambar 2.8 Tipe Spill-Through Abutment

Sumber : <http://onlinecalc.sdsu.edu> (diakses pada tanggal 24 Maret 2019)

Abutment tumpahan biasanya menopang jembatan secara berkala melalui bentangnya. Meskipun tidak termasuk dinding sayap atau dinding belakang untuk menahan tanggul, geladak bersandar pada balok yang ditopang oleh kolom atau dinding pendek. Air atau jalan raya dapat melewati antara

pendukung. Panjang struktur abutment bervariasi untuk mengakomodasi jarak antara jembatan level dan medan yang berubah di bawah ini.

9. Pile bent abutment

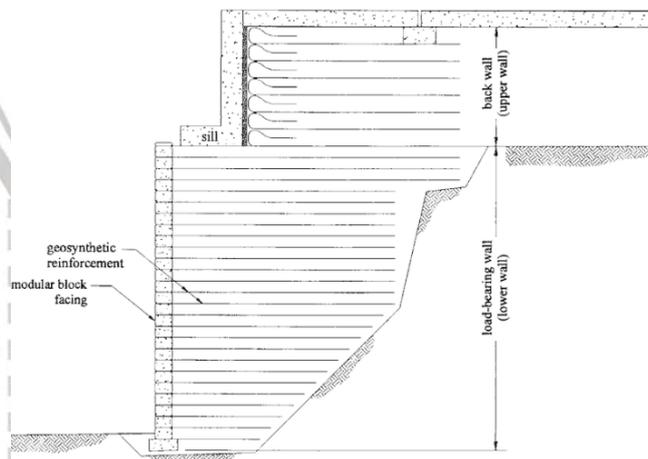


Gambar 2.9 Tipe Pile Bent Abutment

Sumber <https://www.researchgate.net> (diakses pada tanggal 24 Maret 2019)

Abutment bengkok tiang adalah varian pada abutment tumpahan yang menggantikan penyangga seperti dinding dengan serangkaian tiang, atau kolom, untuk menahan balok penyangga.

10. Reinforced earth system



Gambar 2.10 Tipe Reinforced Earth System Abutment

Sumber <https://www.researchgate.net> (diakses pada tanggal 24 Maret 2019)

struktur menggabungkan pengurusan granular terpilih dan terkontrol dengan baja atau bala kekuatan tarik geosintetik dan sistem modular, umumnya terdiri dari panel beton pracetak, wire mesh yang dilas atau panel baja semi-elips.

2.1.1 Beban yang Bekerja pada Abutment

Ketika merencanakan abutment, kita perlu mengetahui beban – beban apa saja yang bekerja . Beban yang bekerja pada abutment dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Beban Vertikal

Beban vertikal adalah beban yang bekerja pada abutment dalam arah vertikal atau tegak lurus terhadap permukaan atas abutment. Beban vertikal tersebut terbagi menjadi:

a. Beban mati

Beban mati yang dimaksud adalah beban dari struktur abutment itu sendiri, dan juga beban mati dari struktur atas. Hal ini dikarenakan fungsi dari abutment adalah menopang struktur atas jembatan, maka dari itu beban mati struktur atas jembatan juga termasuk dalam beban yang bekerja pada abutment.

b. Beban mati tambahan

Abutment merupakan struktur bawah jembatan, jika fungsi dari jembatan tersebut adalah untuk kendaraan dan menggunakan aspal sebagai pelapis dari jalan tersebut, maka beban mati tambahan perlu dimasukkan ke dalam perhitungan beban abutment. Yang dimaksud dengan beban mati tambahan adalah beban *overlay* aspal yang kemungkinan akan diberikan secara berkala sebagai perawatan untuk jalan tersebut.

c. Beban hidup

Beban hidup merupakan beban guna dari jembatan tersebut. Beban hidup atau disebut juga beban lalu lintas, merupakan beban dari orang berjalan dan kendaraan yang melintasi jembatan tersebut. Dalam jembatan terdapat beban lajut “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar lantai kendaraan sebagai iring – iringan kendaraan pada kenyataannya, sedangkan beban truk “T” merupakan beban satu kendaraan dengan 3 as yang diletakkan di beberapa titik sesuai dengan rencana lalu lintas. Biasanya beban truk “T” hanya diletakkan satu pada per lajur lalu lintas rencana.

2. Beban Horizontal

Selain beban vertikal, terdapat beban horizontal yang bekerja pada arah horizontal abutment. Beban horizontal pada abutment terdiri dari:

a. Tekanan tanah

Abutment merupakan struktur bawah jembatan yang berhubungan langsung dengan tanah, maka dari itu tekanan tanah pada abutment diharuskan dalam perhitungan beban abutment. Tekanan tanah yang termasuk dalam perhitungan antara lain tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif, selain itu perlu dipertimbangkan kemungkinan terjadinya erosi, pengikisan dan penggerusan.

b. Gaya rem

Pengereman yang dilakukan kendaraan distruktur atas jembatan ditinjau terhadap kedua jalur lalu lintas. Perhitungan gaya rem harus digunakan setelah beban hidup lalu lintas diperhitungkan.

c. Beban angin

Besar beban angin yang bekerja pada suatu jembatan bergantung pada kecepatan angin.

d. Gempa

Beban gempa merupakan beban yang bekerja pada abutment secara dinamis. Saat beban gempa terjadi, abutment mendapatkan gaya dari pergeseran tanah akibat gempa dan beban tumpukan akibat struktur atas jembatan.

2.2 Beban Gempa

Menurut Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti (2010), Beban gempa merupakan beban yang diakibatkan oleh adanya pergerakan tanah dibawah struktur suatu gedung atau bangunan. Akibat pergerakan tanah, struktur atas akan bergoyang goyangan tersebut dimodelkan sebagai beban horizontal terhadap struktur atas gedung atau bangunan, dan kemudian diformulasikan sebagai beban gempa rencana.

Gempa yang sering terjadi antara lain gempa tektonik dan gempa vulkanik.

Gempa tektonik yang penyebabnya apabila terjadinya pergeseran lempengan kerak bumi sedangkan gempa vulkanik terjadi karena adanya aktivitas gunung merapi atau terjadinya letusan gunung berapi

Gempa tektonik diakibatkan pergerakan lempengan kerak bumi, di bumi terdapat enam lempeng yang berdekatan dan saling bergesekan. Tempat terjadinya

pergesekan kedua lempeng yang mengakibatkan gempa disebut hiposentrum. Hiposentrum itu sendiri berada pada jalur tertentu, yaitu jalur trans asia, jalur lingkaran pasifik dan jalur mid-atlantic. Indonesia terdapat dalam 2 dari 3 jalur tersebut, jalur trans asia dan jalur lingkaran pasifik. Oleh karena itu, ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisa pengaruh beban gempa terhadap gempa, antara lain

2.2.1 Metode Analisis Statik

Analisis perancangan struktur bangunan terhadap pengaruh beban gempa secara statis, pada prinsipnya adalah menggantikan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada struktur akibat pergerakan tanah dengan gaya-gaya statis yang ekuivalen, dengan tujuan penyederhanaan dan kemudahan di dalam perhitungan. Metode ini disebut Metode Gaya Lateral Ekuivalen (*Equivalent Lateral Force Method*).

2.2.2 Metode Analisis Pushover

Analisa pushover adalah analisa static nonlinear untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan atau struktur. Analisa dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral static pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan factor pengali sampai satu target perpindahan tercapai.

2.2.3 Metode Analisis Dinamis

Metode analisis dinamis digunakan untuk perancangan struktur tahan gempa jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Analisis dinamis dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*) dan Analisis Ragam Respon Spektrum (*Response Spectrum Modal Analysis*). Sedangkan pada analisis dinamis inelastis digunakan untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*).

2.2.3.1 Statik Ekuivalen

Metode ini didasarkan gaya horizontal yang bekerja pada struktur akibat pergerakan tanah digantiamennjadi gaya statis yang ekuivalen. Hal tersebut bertujuan untuk mempermudah dan menyederhanakan dalam perhitungan. Metode ini berpedoman pada SNI-1726-2002 mengenai Standar Perencanaan Ketahanan Gempa. Gaya horizontal akibat gempa yang terjadi diasumsikan dengan.

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$$

keterangan:

V = gaya geser dasar nominal statik ekuivalen

C₁ = nilai faktor respons gempa yang didapat dari spektrum respons gempa rencana

I = faktor keutamaan gedung

R = faktor reduksi gempa

W_t = berat total gedung.

Gaya geser (V) yang didapat dari persamaan 2-6 masih harus diolah lagi untuk didapatkan nilai beban gempa nominal dengan menggunakan persamaan 2-7, yaitu.

$$F_i = \frac{w_i \cdot z_i}{\sum w_i \cdot z_i} \times V$$

keterangan:

F_i = beban gempa nominal statik ekuivalen pada lantai ke-i

W_i = berat lantai ke-i

Z_i = ketinggian lantai tingkat ke- i

V = gaya geser dasar nominal statik ekuivalen

2.2.3.2 Analisis Respon Spektrum

Metode ini menggunakan analisis dinamik struktur dimana pada struktur tersebut diberlakukan suatu respons spektrum gempa rencana. Metode ini berpedoman pada SNI – 1726 – 2012 yang menjelaskan bahwa diperlukan beberapa data untuk analisis, yaitu fungsi bangunan, klasifikasi kelas situs (keadaan tanah) yang nantinya akan didapatkan koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiki-tertarget (MCER). Untuk mendapatkan gaya gempa lateral disemua tingkat ditentukan dari persamaan berikut

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

Dan

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k}$$

keterangan:

F_x = gaya gempa lateral ditingkat ke- x

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desian total atau geser didasar struktur

w_i & w_x = berat seismic efektif total struktur (W) ditingkat ke- i atau ke- x

h_i & h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat ke- i atau ke- x

K = eksponen yang terkait dengan perioda struktur

2.2.3.3 Analisis Riwayat Waktu/Time History Analysis

Metode ini menggunakan data dari gempa – gempa yang telah terjadi sebelumnya, yaitu dengan menggunakan data hasil akselerogram (Rezky Rendra, 2015). Satu-satunya metode yang mempertimbangkan durasi gempa, yang merupakan faktor penting menyebabkan kerusakan pada struktur. Akselerogram merupakan data percepatan permukaan tanah (PGA) yang berupa grafik perbandingan percepatan permukaan tanah (PGA) terhadap durasi dari gempa yang terjadi. Analisis ini mendasar pada SNI – 1726 – 2012, dimana dijelaskan bahwa “Percepatan tanah puncak harus ditentukan dengan (1) studi spesifik-situs dengan mempertimbangkan pengaruh amplifikasi yang secara spesifik, atau (2) percepatan tanah puncak PGAM” untuk mendapatkan percepatan tanah puncak didapatkan dengan menggunakan persamaan.

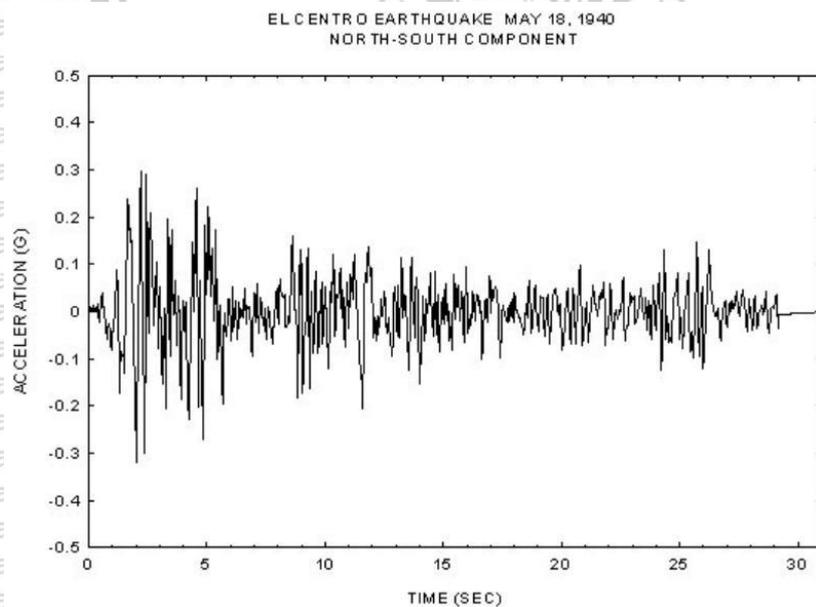
$$PGAM = F_{PGA} \cdot PGA$$

keterangan:

PGAM = MCEG, percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs

PGA = percepatan tanah puncak

FPGA = koefisien situs.



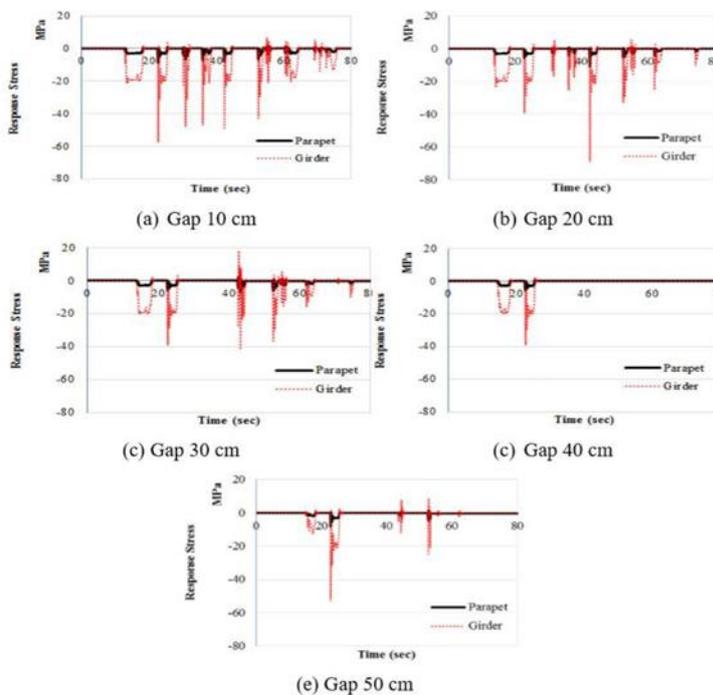
Gambar 2.11 Rekaman Akselerogram Gempa El Centro, 18 Mei 1940.

Sumber: <http://www.vibrationdata.com/elcentro.htm>.

2.3 Beban Tumbukan (*Collision*)

Beban tumbukan terjadi akibat dua elemen atau lebih saling bertabrakan. Seringkali terjadi pada struktur jembatan dimana adanya tumbukan antara struktur bawah jembatan dengan struktur bangunan atas jembatan, yaitu struktur abutment dengan girder jembatan. Hal tersebut diakibatkan beban kendaraan yang melewati jembatan atau gempa dengan skala cukup tinggi. Beban tumbukan tersebut merupakan hasil dari resultan gaya reaksi horizontal tekanan tanah, inersia dari abutment, dan gaya reaksi dari peredam (Yuusuke OGURA, 2003). Pada kondisi tersebut seringkali menyebabkan terjadinya keruntuhan struktur jembatan akibat abutment yang tidak mampu menahan beban tumbukan yang terjadi terutama akibat gempa. Beban tumbukan dapat dimisalkan sebagai beban gempa terhadap perilaku jembatan yang akan terjadi, tanpa menambahkan efek dari tumbukan, analisis perilaku jembatan saat gempa terjadi dapat meleset (Eikki Yamaguchi dkk, 2005).

Salah satu cara untuk mengurangi terjadinya tumbukan adalah dengan memberikan jarak antara girder dan abutment. Dengan menambahkan jarak antara girder dengan abutment, akan mengurangi jumlah tumbukan yang terjadi, tetapi jika diberikan juga *seismic isolation rubber* maka akan terjadi sebaliknya. Semakin besar gap, maka semakin besar nilai tegangan yang terjadi. (Desy Setyowulan, 2015).

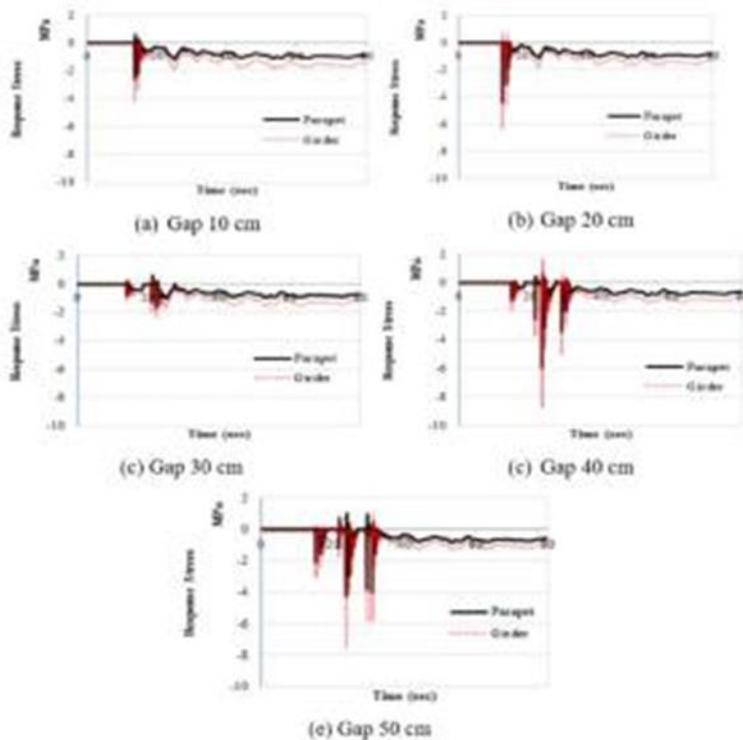


Gambar 2.12 Hasil Analisis Pemberian *Gap* antara Girder dan Abutment.

Sumber: Desy Setyowulan 2015.

Gambar 2.10 Hasil Analisis Pemberian *Gap* antara Girder dan Abutment dan *Seismic Isolation Rubber*.

Gambar 2.10 Hasil Analisis Pemberian *Gap* antara Girder dan Abutment dan *Seismic Isolation Rubber*.



Gambar 2.13 Hasil Analisis Pemberian *Gap* antara Girder dan Abutment dan *Seismic Isolation Rubber*.

Sumber: Desy Setyowulan, 2015.

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 2.8 dan 2.9, menunjukkan bahwa dengan peningkatan celah atau gap antara *parapet wall* dengan girder jembatan dapat mengurangi jumlah tabrakan pada *parapet wall*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar pemberian *gap*, maka respon tegangan regangan yang diakibatkan oleh tumbukan yang terjadi akan semakin kecil. Hal tersebut diakibatkan jarak girder jembatan yang jauh dengan *parapet wall* memungkinkan mengurangi terjadinya tumbukan

2.4 Momen Lentur

Momen lentur adalah reaksi yang diinduksi dalam elemen struktural ketika gaya atau momen eksternal diterapkan pada elemen yang menyebabkan elemen menekuk. Elemen struktural yang paling umum atau paling sederhana yang mengalami momen lentur adalah balok. Diagram menunjukkan balok yang hanya didukung di kedua ujungnya

Momen lentur merupakan jumlah aljabar dari semua komponen momen gaya luar yang bekerja pada segmen tertentu dan dinotasikan dengan M . Besar M dapat ditentukan dengan persamaan keseimbangan statis.

$$\sum M = 0 \dots\dots\dots(2-8)$$

Momen lentur terjadi akibat adanya beban radial yang bekerja pada elemen poros dan tegak lurus dengan titik tumpuan. Dengan adanya momen lentur dapat menghasilkan lendutan atau defleksi pada elemen tersebut.

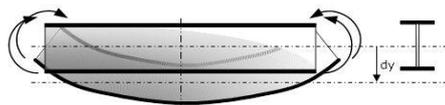
Momen lentur muncul karena adanya gaya radial yang bekerja pada elemen poros dengan jarak yang tegak lurus terhadap titik tumpuan

Tekuk Lateral

(2)



elemen struktural yang
dibebani momen lentur



deformasi ke bawah akibat
momen lentur (lendutan)



deformasi ke samping (lateral)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pembuatan benda uji serta pengujian di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dimulai pada bulan Maret 2019 sampai dengan Juni 2019.

3.2 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa campuran bahan untuk memperoleh benda uji yang menunjang penelitian ini, antara lain.

3.2.1 Portland Pozzolan Cement

Portland Pozzolan Cement yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen merk Semen Gresik dengan berat 40 kg per kemasan. Sebelum penelitian, semen dipastikan dalam kondisi baik, serta tidak terjadi penggumpalan pada semen dalam kemasan.

3.2.2 Agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Untuk spesifikasi ukuran agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggabungan agregat kasar dengan ukuran 2 cm dan 1 cm dalam pembuatan benda uji abutment. Sedangkan untuk agregat halus yang digunakan adalah pasir hitam biasa. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari toko material di Kota Malang.

3.2.3 Air

Air yang digunakan pada penelitian ini diambil langsung dari Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

3.2.4 Tulangan Baja

Pada penelitian ini, tulangan baja yang digunakan benda uji abutment adalah $\varnothing 8$ mm untuk tulangan longitudinal atau tulangan utama dan tulangan transversal atau sengkang ukuran $\varnothing 6$ mm dengan f_y 240 MP.

3.3 Peralatan Penelitian

Berikut adalah beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yang terdiri dari alat untuk mempersiapkan material hingga proses pengujian benda uji. Peralatan yang digunakan berada di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

3.3.1 Saringan

Saringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah saringan dengan ukuran 1 cm. Agregat kasar yang tertahan saringan 1 cm akan dicampur dengan agregat kasar ukuran 2 cm.

3.3.2 Timbangan

Timbangan pada penelitian ini digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton dari benda uji silinder, abutment dengan *wing wall*, dan abutment tanpa *wing wall*. Timbangan yang digunakan adalah timbangan yang memiliki kapasitas 200 kg dengan ketelitian 10 gram dan timbangan yang memiliki kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram..

3.3.3 Mesin Pengaduk Beton

Mesin ini digunakan untuk mengaduk campuran bahan-bahan beton hingga menjadi campuran yang homogen dengan kapasitas 250 kg.

3.3.4 Vibrator

Vibrator digunakan untuk memadatkan adonan beton yang masuk kedalam cetakan/bekisting.

3.3.5 Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji yang digunakan pada penelitian antara lain cetakan/bekisting untuk benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta cetakan untuk benda uji abutment dari multipleks dan kayu. Cetakan benda uji silinder terbuat dari baja yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi.

3.3.6 Alat Uji Tekan (*Compression Test Machine*)

Alat uji tekan digunakan pada penelitian ini adalah *Compression Test Machine*. Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat tekan dari benda uji beton sesungguhnya dalam satuan gaya.

3.3.7 Alat Uji Tarik (*Hydraulic Universal Testing Machine*)

Alat uji tarik digunakan pada penelitian ini adalah *Hydraulic Universal Testing Machine (UTM)*. Alat uji tarik ini digunakan untuk mengetahui kuat tarik dari tulangan baja Ø8 mm dan Ø6 mm sesungguhnya.

3.3.8 Dial Gauge Digital

Dial Gauge Digital digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui perubahan panjang dari benda uji pada saat diuji tekan sehingga mendapatkan data defleksi dari benda uji abutment dalam satuan mm panjang. Alat ini dipasang ketika pengujian tekan dilakukan.

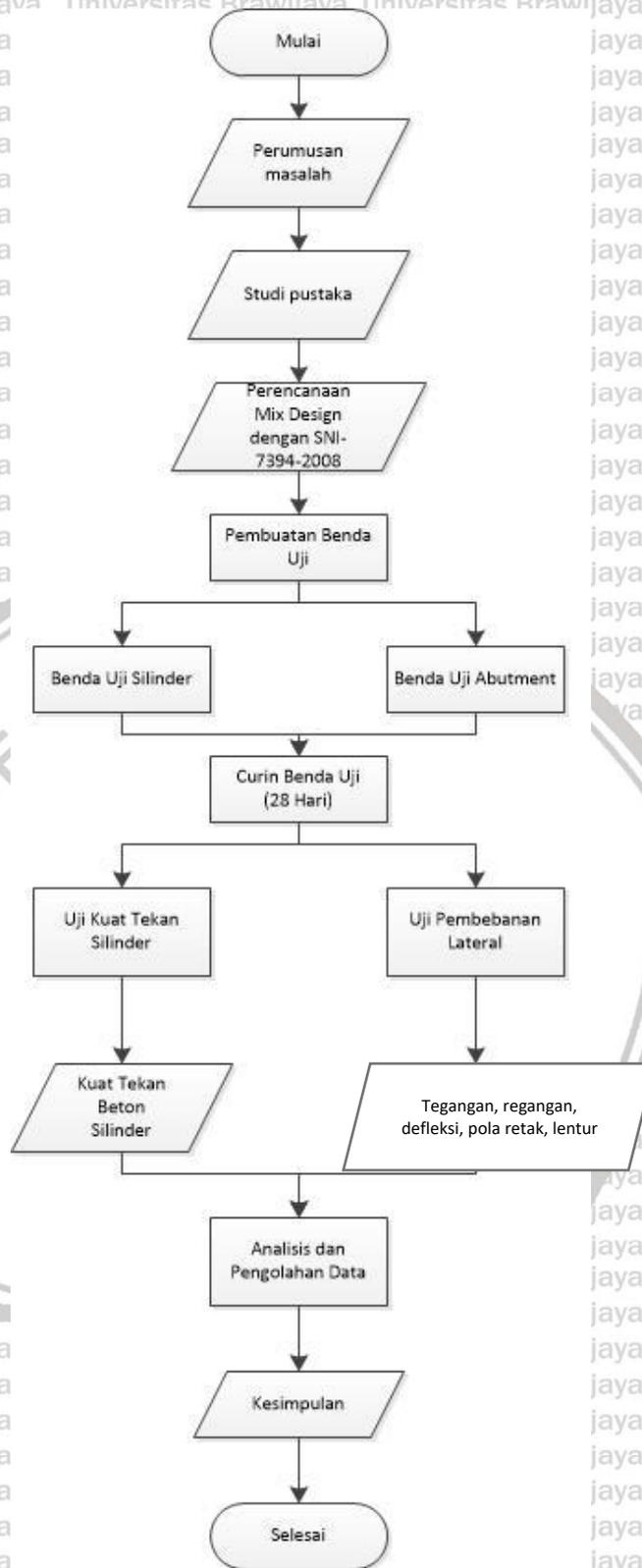
3.3.9 Satu Set Alat Uji Lentur

Alat uji lentur terdiri dari *loading frame*, *hydraulic jack* yang berfungsi untuk memberikan beban bertahap pada saat pengujian dan juga alat *LVDT* sebagai alat pembaca perpendekkan yang terjadi. *Strain meter* digunakan untuk mendapatkan nilai regangan pada baja dan beton yang sudah terpasang *strain gauge*.

3.3.10 Alat Bantu Lainnya

Alat bantu lainnya yang digunakan pada penelitian ini antara lain plat baja, plat strip baja, ember, alat pengaduk, karung goni untuk proses perawatan benda uji (*curing*), dan bak air.

3.4 Tahapan Penelitian



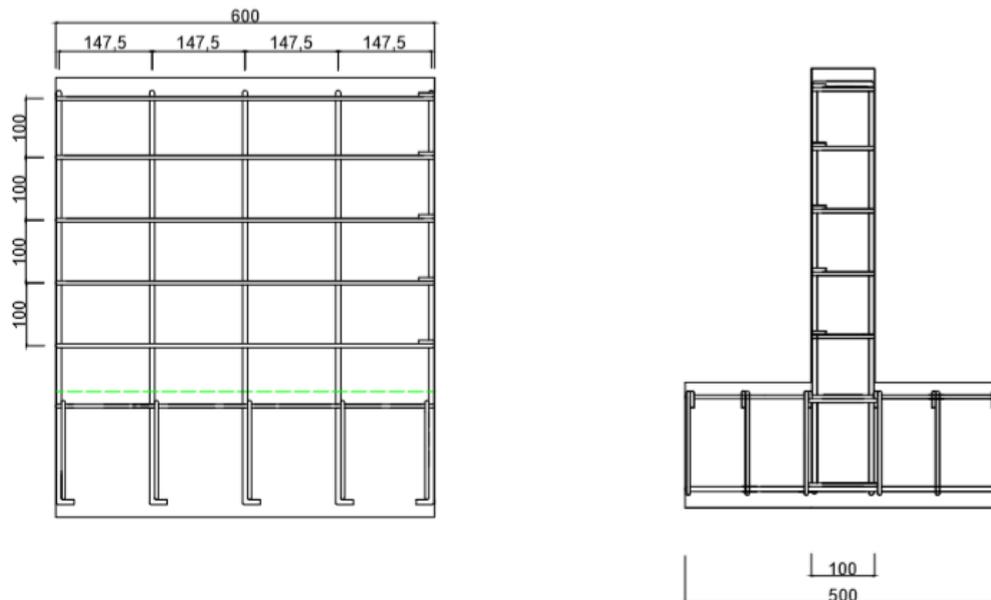
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.

3.5 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini akan dibuat 3 benda uji abutment yaitu 3 benda uji abutment tanpa *wing wall*. Pada penelitian ini juga dibuat benda uji silinder. Untuk setiap benda uji abutment dibuat tiga benda uji silinder untuk benda uji abutment. Adapun dimensi untuk benda uji abutment sebagai berikut.

a. Benda Abutment tanpa *Wing Wall*

Benda uji Abutment tanpa *wing wall* dimensi 600 mm x 300 mm x 700 mm yang mempunyai panjang 600 mm dengan tebal *parapet wall* 100 mm sedangkan tinggi *parapet wall* yaitu 500 mm dengan tinggi total 700 mm.



Gambar 3.2 Konfigurasi Tulangan Baja Benda Uji Abutment tanpa *Wing Wall*

Jumlah benda uji abutment tanpa *wing wall* yakni 3 benda uji, masing masing 3 benda uji abutment tanpa *wing wall*. Jumlah benda uji silinder dibuat sebanyak 9 buah, masing masing 3 buah untuk setiap satu benda uji abutment.

27

Tabel 3.1 Jumlah benda uji

No	Nama Benda Uji	Jumlah
1	Benda uji silinder	9 buah
2	Benda uji abutment tanpa <i>wing wall</i>	3 buah

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang akan diukur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah tipe abutment tanpa *wing wall*.
2. Variabel terikat, yaitu variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat dari penelitian ini adalah retak struktur dan daktilitas pada benda uji abutment

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

I. Bahan

1. Agregat kasar sesuai mix desain
2. Semen sesuai mix desain
3. Air sesuai mix desain

II. Peralatan

1. Bekisting benda uji 3 buah untuk abutment tanpa *wing wall* dan 3 buah untuk abutment dengan *wing wall*.
2. Tongkat pemadat diameter 8 mm, panjang 1000 mm, dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat
3. Vibrator

4. Timbangan dengan ketelitian 0,05 kg

5. Mesin pengaduk beton

6. *Standart proctor hammer*

7. Ember

8. Sekop dan cetok

9. Kain penyerap

10. Oli dan kuas

III. Pelaksanaan

1. Siapkan bahan campuran beton

- Tiriskan agregat kasar yang sudah direndam 24 jam sehingga diperoleh agregat dalam kondisi Berat jenuh kering permukaan.
- Timbang agregat kasar sesuai dengan kebutuhan mix desain.
- Timbang semen sesuai dengan dengan kebutuhan mix desain

• Timbang air sesuai dengan kebutuhan mix desain.

2. Pengadukan beton

- Masukkan agregat kasar ke dalam mesin pengaduk.
- Masukkan agregat halus ke dalam mesin pengaduk.
- Masukkan semen ke dalam mesin pengaduk tunggu sampai merata.
- Masukkan air secara bertahap ke dalam mesin pengaduk. Tunggu selama kurang lebih 15 menit hingga campuran menjadi homogen.
- Hentikan proses pengadukan jika seluruh campuran beton tercampur rata.
- Setelah pengadukan, diambil sampel adonan beton untuk dilakukan pengujian *slump*

3. Pengangkutan beton dari tempat pengadukan beton ke tempat pengecoran beton.

4. Pengecoran beton

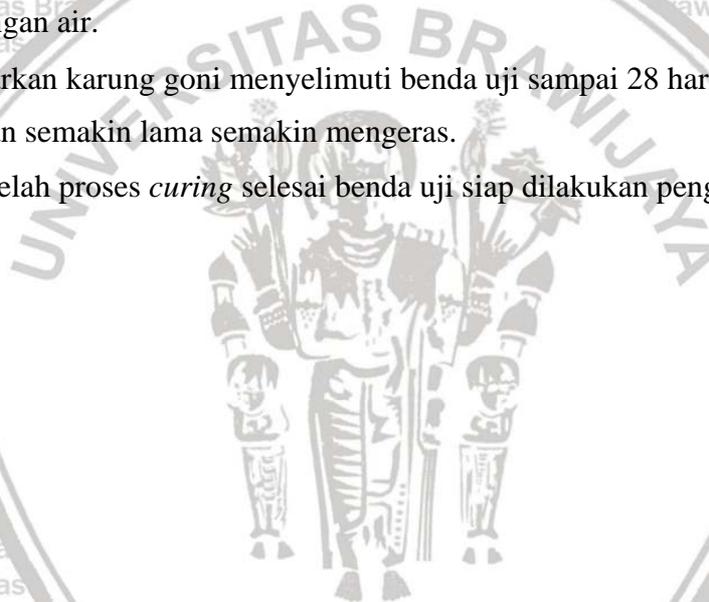
- Pastikan cetakan benda uji cukup lembab atau oleskan oli pada cetakan benda uji silinder maupun benda uji abutment.
- Isi cetakan benda uji silinder dan benda uji abutment dengan menuangkan adonan beton dari mesin pengaduk.

3.7.2 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Proses perawatan atau *curing* diperlukan untuk dapat menjaga kelembaban yang cukup untuk proses hidrasi beton. Proses perawatan yang tepat mempengaruhi durability dan kekuatan dari beton. Dalam penelitian ini menggunakan karung goni yang telah dibasahi sebagai media curing dan dilakukan selama 28 hari.

Pelaksanaan proses perawatan.

1. Benda uji yang telah dilakukan pengecoran, ditempatkan pada ruangan dengan suhu $23^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$.
2. Setelah sekitar 5 hari buka bekisting benda uji. Dengan catatan selalu siram permukaan beton dengan air setiap harinya.
3. Selimuti seluruh permukaan benda uji dengan karung goni basah dan setiap hari dengan air.
4. Biarkan karung goni menyelimuti benda uji sampai 28 hari. Selama proses ini beton akan semakin lama semakin mengeras.
5. Setelah proses *curing* selesai benda uji siap dilakukan pengujian.



3.7.3 Pengujian Kuat Tekan Silinder

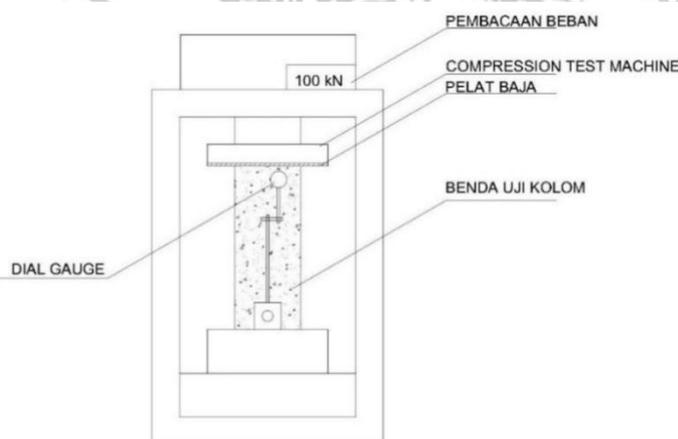
Berdasarkan bentuk dan ukurannya benda uji untuk kuat tekan beton terdapat 6 macam (SNI 07-2529-1991), yaitu:

Kubus	: 150 x 150 x 150 mm
Kubus	: 200 x 200 x 200 mm
Balok	: 500 x 100 x 100 mm
Balok	: 600 x 150 x 150 mm
Silinder	: diameter 50 mm dan tinggi 100 mm
Silinder	: diameter 150 mm dan tinggi 300 mm



Pada penelitian ini digunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari benda uji beton yang telah berumur 28 hari. Prosedur yang dilakukan dalam pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut.

1. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji dan kerapatan beton sebagai data tambahan.
2. Pada permukaan atas benda uji dilapisi (*caping*) dengan mortar belerang dengan tujuan agar tegangan yang diberikan mesin penguji dapat terdistribusi secara merata pada permukaan beton.
3. Benda uji diletakkan pada mesin uji secara sentris.
4. Mesin uji tekan dijalankan dengan penambahan beban secara konstan hingga benda uji hancur.
5. Beban saat beton hancur dicatat untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat diterima beton.



Gambar 3.3 Skema Pengujian Benda Uji Silinder.

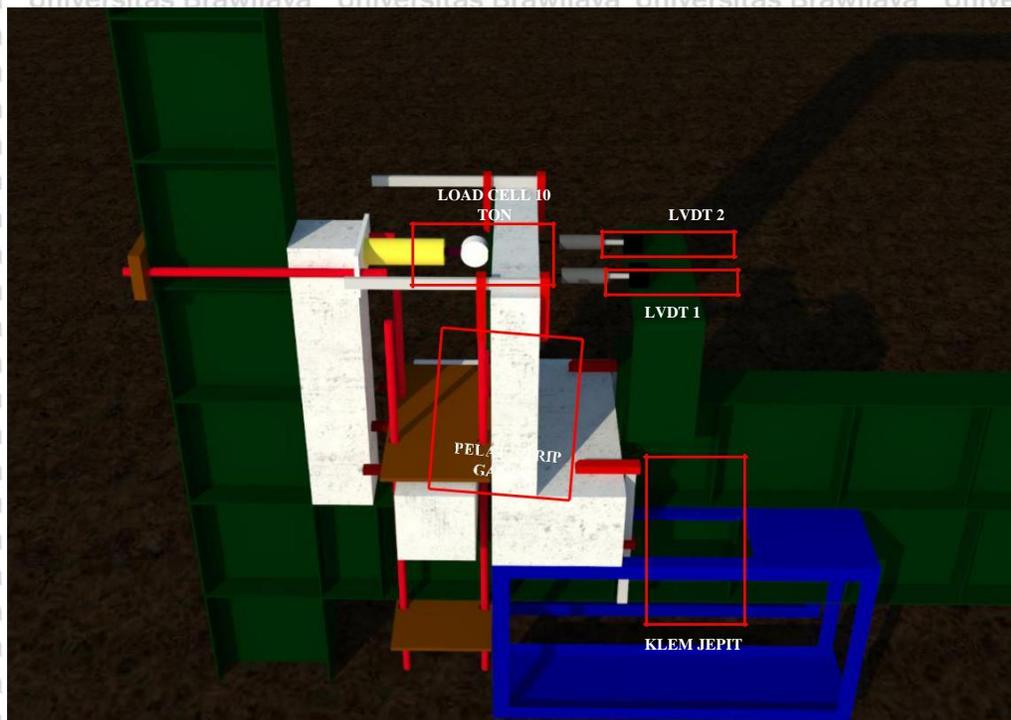
3.7.4 Pengujian Benda Uji Abutment

Langkah-langkah pengujian benda uji abutment:

1. Letakkan benda uji abutment pada frame uji secara sentris lalu klem benda uji pada frame *load*.
2. Pasang *load cell* 10 ton secara horizontal dan dihubungkan ke *hydraulic jack*.
3. Pada permukaan benda uji digunakan plat agar beban dapat didistribusi secara merata.

4. Pasang *LVDT* pada titik-titik yang sudah ditentukan
5. Hubungkan kabel *strain gauge* baja dan beton yang sudah terpasang pada alat *strain meter*.
6. Benda uji diberikan beban setiap 50 kg kemudian dilakukan pembacaan dan pengamatan data dari *LVDT*, *strain meter*, dan retak yang terjadi.
7. Pengujian berakhir ketika beban tidak bertambah dan beton sudah runtuh ditandai dengan lebar retak yang sudah dalam.





Gambar 3.4 Skema Pengujian Benda Uji Abuent.

3.8 Rancangan Analisis Data

3.8.1 Pengumpulan Data

Dari pengujian yang telah dilakukan diambil beberapa data-data yang diperlukan. Pengujian kuat tekan menghasilkan data-data beban maksimum yang kemudian dikonversikan menjadi kuat tekan dan diperoleh tegangan dari setiap benda uji beton dan data perubahan panjang dari benda uji.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Material Penyusun Benda Uji

4.1.1 Air

Pada penelitian ini air yang digunakan adalah air dari PDAM Kota Malang yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

4.1.2 Agregat Kasar

Campuran menggunakan agregat kasar batu pecah ukuran 1-2 cm dan dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*). Agregat kasar didapat dari toko material di Kota Malang.

4.1.3 Agregat Halus

Campuran menggunakan agregat halus berupa pasir alam yang didapat dari toko material di Kota Malang dengan kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).

4.1.4 Semen

Semen *Portland Pozzolan Cement* (PPC) yang diproduksi oleh PT Semen Gresik dengan berat per kemasan 40 kg merupakan semen yang digunakan dalam penelitian ini. Semen yang digunakan telah memenuhi standar bahan pengikat pada campuran beton.

4.1.5 Tulangan Baja

Tulangan baja yang digunakan adalah tulangan polos dengan ukuran antara lain $\varnothing 8$ mm untuk tulangan longitudinal dan $\varnothing 6$ mm untuk tulangan transversal atau sengkang. Output dari pengujian tarik tulangan baja akan didapatkan nilai kuat tarik tulangan yaitu tegangan leleh (f_y) dan tegangan *ultimate* atau tegangan putus (f_u). Nilai tegangan leleh (f_y) merupakan besarnya gaya tarik yang bekerja saat terjadi leleh pertama pada benda uji sedangkan nilai tegangan putus (f_u) menunjukkan besarnya gaya tarik maksimum pada saat benda uji putus. Pengujian tarik tidak dilakukan dan diambil dari hasil penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono, 2018) dengan hasil seperti tertera pada tabel 4.1.

Tabel 4.1
Hasil Uji Tarik Tulangan Baja Ø6 mm

Benda Uji	Diameter	Berat	Tegangan Leleh (fy)	Tegangan Ultimit (fu)	Tegangan Leleh Rata-Rata	Tegangan Ultimit Rata-Rata
	(mm)		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
1	6	0,033	371,550	556,171		
2	6	0,034	318,471	460,014	347,959	507,195
3	6	0,033	353,857	495,400		

Sumber : Hasil Penelitian.

Tabel 4.2
Hasil Uji Tarik Tulangan Baja Ø8 mm

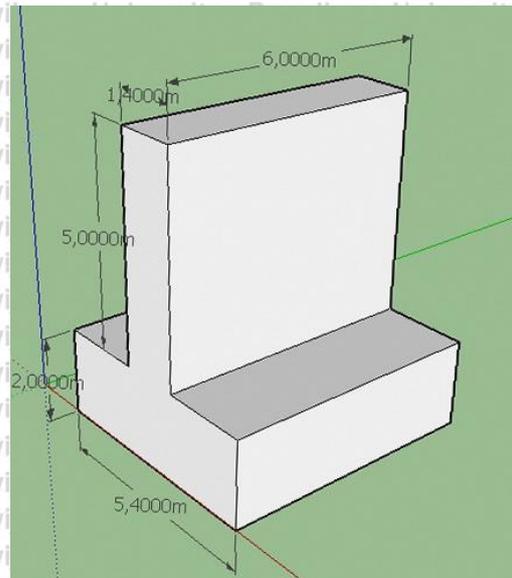
Benda Uji	Diameter	Berat	Tegangan Leleh (fy)	Tegangan Ultimit (fu)	Tegangan Leleh Rata-Rata	Tegangan Ultimit Rata-Rata
	(mm)		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
1	8	0,063	398,089	597,134		
2	8	0,063	398,089	593,153	398,089	595,807
3	8	0,064	398,089	597,134		

Sumber : Hasil Penelitian.

4.2 Pembuatan Benda Uji Abutment

4.2.1 Perencanaan Komposisi Campuran (*Mix Design*) Benda Uji Abutment

Benda uji dalam penelitian ini direncanakan beton dengan mutu K-225. Untuk tulangan baja yang digunakan yaitu tulangan polos dengan ukuran Ø8 mm untuk tulangan longitudinal dan tulangan transversal atau tulangan geser dengan ukuran Ø6 mm. Pada penelitian ini, benda uji abutment dibuat sebanyak 3 buah dengan dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Dimensi Abutment Jembatan yang digunakan

Dalam perencanaan komposisi campuran beton dilakukan berdasarkan pedoman SNI-7394-2008 tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan. Perhitungan kebutuhan bahan sesuai dengan kuat tekan rencana terdapat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3

Kebutuhan Bahan 1 m³ Beton Mutu K-225

No.	Kebutuhan Bahan	Satuan	Indeks
1	PC	Kg	371
2	PB	Kg	698
3	KR (Maks. 30 mm)	Kg	1047
4	Air	Liter	215

Sumber : SNI-7394-2008.

Menurut SNI-7394-2008 beton dengan mutu K-225 ($f'_c=19,3$ Mpa) memiliki nilai slump (12 ± 2) cm dengan perbandingan $w/c = 0,58$. Berdasarkan kebutuhan bahan penyusun beton pada tabel 4.3, maka dilakukan perhitungan kebutuhan untuk ketiga benda uji abutment. Setiap benda uji memiliki volume yang sama. Setiap perhitungan kebutuhan untuk benda uji abutment dihitung pula kebutuhan untuk benda uji silinder dengan komposisi 3 benda uji silinder tiap benda uji abutment sebagai kontrol mutu dari benda uji abutment tersebut. Perhitungan kebutuhan bahan penyusun beton untuk benda uji abutment dan benda uji silinder terdapat pada tabel 4.4, tabel 4.5 dan tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.4
Kebutuhan Bahan Benda Uji Abutment Beton Mutu K-225

No.	Benda Uji	Volume (m ³)	Bahan	Indeks	Satuan
1	Abutment	0,1068	PC	36,6228	Kg
2			PB	74,5464	Kg
3			KR	111,8196	Kg
4			Air	22,962	Liter

Sumber : Hasil Penelitian.

Tabel 4.5
Kebutuhan Bahan 1 Buah Benda Uji Silinder Beton Mutu K-225

No.	Benda Uji	Volume (m ³)	Bahan	Indeks	Satuan
1	Silinder	0,0053	PC	1,968	Kg
2			PB	3,702	Kg
3			KR	5,553	Kg
4			Air	1,140	Liter

Sumber : Hasil Penelitian.

Tabel 4.6
Kebutuhan Bahan Benda Uji Abutment dan Silinder Beton Mutu K-225 Penambahan 30%

No.	Benda Uji	Volume (m ³)	Bahan	Indeks	Satuan
1	Abutment	0,14573	PC	54,0658	Kg
2			PB	101,7195	Kg
3			KR	152,5793	Kg
4			Air	31,3319	Liter

Sumber : Hasil Penelitian.

Setelah dilakukan perhitungan kebutuhan bahan campuran beton mutu K-225, maka didapatkan komposisi masing-masing bahan berdasarkan berat sebagai berikut :

Semen : Pasir : Kerikil : Air = 1 : 1,88 : 2,82 : 0,58

4.3 Uji Slump Beton

Pengujian slump atau *slump test* dilakukan saat beton di kondisi masih segar. Tujuannya sebelum diaplikasikan dalam pengecoran, dapat diketahui *workability* dari adukan beton yang dibuat. Uji slump wajib dilaksanakan karena berhubungan dengan kekentalan dan keenceran adukan beton sehingga sesuai dengan mix desain yang sudah dikeluarkan. Dalam penelitian ini nilai slump yang digunakan adalah 12 ± 2 cm sesuai dengan *mix design* beton mutu K-225 pada

SNI-7394-2008. Alat yang digunakan dalam pengujian berupa cetakan yang dinamakan kerucut abrasi. Berikut merupakan hasil dari uji slump yang telah dilakukan.

Tabel 4.7
Hasil Uji Slump Beton untuk Benda Uji Abutment

No.	Kode Benda Uji	Slump (cm)
1	Abutment A	14
2	Abutment B	13
3	Abutment C	14

Sumber : Hasil Penelitian.



Gambar 4.2 Uji Slump Beton.

Dari hasil pengujian slump pada ketiga benda uji dapat disimpulkan campuran beton memenuhi syarat ketentuan slump 12 ± 2 cm.

4.4 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder

Pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan ($f'c$) dari benda uji silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan ketika umur beton mencapai 28 hari atau setelah dilakukannya perawatan (*curing*). Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Compression Testing Machine*. Benda uji silinder yang diuji tekan berjumlah 9 buah. Semuanya merupakan sampel dari benda uji abutment yang masing-masing berjumlah 3 buah setiap benda uji. Fungsi dari benda uji silinder adalah sebagai kontrol mutu dari benda uji abutment.

Tabel 4.8

Hasil Uji Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton (Sampel Benda Uji Kode A)

No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Standar Deviasi	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	A1	28	14	13,4	461	26,087		
2	A2	28	14	13,05	410	23,2	3,9797	21,956
3	A3	28	14	12,95	293	16,58		

Sumber : Hasil Penelitian.

Tabel 4.9

Hasil Uji Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton (Sampel Benda Uji Kode B)

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Standar Deviasi	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	B1	28	13	13,15	505	28,577		
2	B2	28	13	13,25	418	23,654	2,94125	27,634
3	B3	28	13	12,9	542	30,671		

Sumber : Hasil Penelitian.

Tabel 4.10

Hasil Uji Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton (Sampel Benda Uji Kode C)

No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Standar Deviasi	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	C1	28	14	13,3	594	33,613		
2	C2	28	14	13,1	478	27,049	3,0680	31,387
	C3	28	14	13,2	592	33,5		

Sumber : Hasil Penelitian.

Tabel 4.11

Hasil Uji Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton (Sampel Benda Uji Rata-Rata)

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	A	21,956	
2	B	27,634	26,992
3	C	31,387	

Sumber : Hasil Penelitian.

Untuk menghitung besar nilai kuat tekan beton ($f'c$) dari benda uji silinder yang telah dibuat, digunakan rumus :

$$f'c = \frac{P_{max}}{A}$$

Dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P_{max} = Beban maksimum (kN)

A = Luas tekan penampang (mm^2)

Berikut contoh perhitungan kuat tekan beton (Benda uji kode A1 $e = 15$ cm) :

Diketahui :

$$P_{max} = 461 \text{ kN} = 461000 \text{ N}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 150^2$$

$$= 17671,46 \text{ mm}^2$$

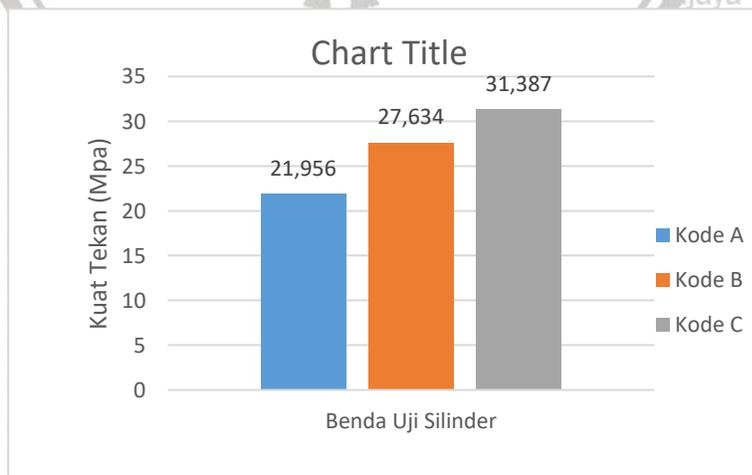
Ditanya : $f'c$?

Jawab :

$$f'c = \frac{P_{max}}{A}$$

$$= \frac{461000}{17671,46}$$

$$= 26,087 \text{ MPa}$$

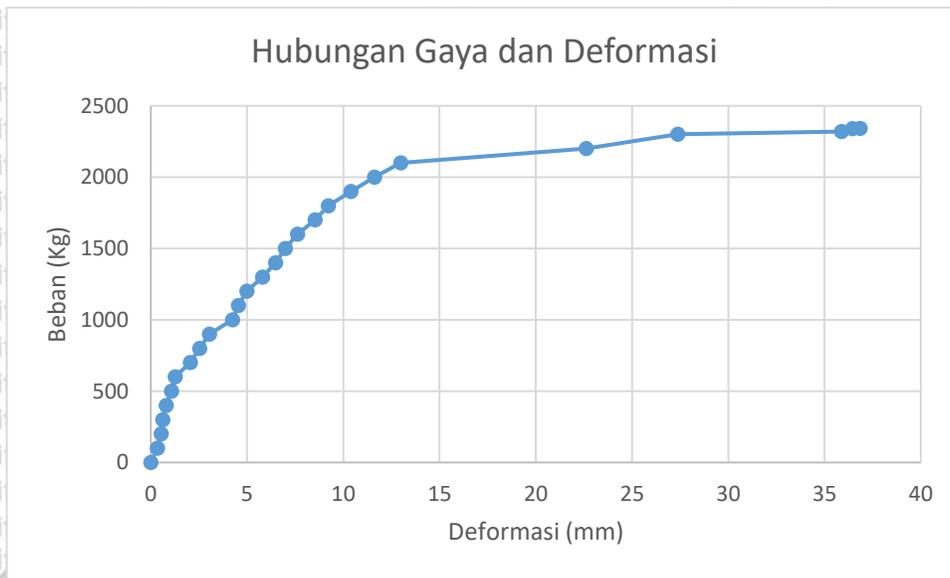


Gambar 4.3 Kuat Tekan Rata-rata Beton Silinder Abutment

Berdasarkan hasil uji tekan silinder diperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu untuk benda uji silinder kode A memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 21,956 Mpa, untuk benda uji silinder kode B sebesar 27,634 Mpa, dan untuk benda uji portal kode C sebesar 31,387 Mpa. Sedangkan mutu beton dalam perencanaan *mix design* adalah 19,3 Mpa (K 225). Hasil uji kuat tekan silinder beton berbeda-beda karena saat proses pembuatan campuran benda uji masing-masing tidak dalam satu kali adukan dan tidak dalam satu waktu. Kapasitas mesin pengaduk (molen) tidak mencukupi semuanya diproses secara bersamaan. Selain itu proses pengerjaan yang kurang baik dan cuaca juga merupakan faktor yang menyebabkan perbedaan nilai kuat tekan dari masing-masing benda uji dan tidak sesuai dengan mutu rencana yang telah ditetapkan diawal.

4.5 Hasil Pengujian Beban Lateral

Pengujian dilakukan secara lateral pada benda uji abutment yang sudah mencapai umur 28 hari untuk mengetahui pola retak dan daktilitas dari benda uji portal yang telah dibuat. Pembebanan dilakukan menggunakan *load cell* secara horizontal dengan penambahan beban tiap 100 kg. *Load cell* yang digunakan dalam pengujian ini memiliki kapasitas hingga 10 ton. Penambahan beban dilakukan hingga benda uji tidak mampu menahan beban yang diberikan atau sampai benda uji mengalami keruntuhan. Hal tersebut bisa diketahui dengan pengamatan secara langsung terhadap bentuk fisik benda uji atau dengan melihat beban yang diberikan tidak lagi bertambah dengan kata lain mengalami penurunan. Parameter yang didapat dari pengujian ini adalah pada beban keberapa benda uji mengalami keretakan dan besar deformasi dari benda uji selama dibebani dengan melihat LVDT. Selama proses pengujian, perlakuan pembebanan ketiga benda uji abutment tidak ada yang berbeda. Terkait hasil pengujian ketiga benda uji bisa dilihat pada grafik di bawah ini



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Beban Lateral Benda Uji Abutment I
 Sumber : Hasil Penelitian.

Pembebanan dilakukan dari beban 100 kg hingga benda uji mengalami keruntuhan. Dari hasil pengujian benda uji Abutment I mengalami keruntuhan atau beban yang tidak dapat naik lagi saat beban 2342 kg. Hal ini dibuktikan dengan beban yang terus menurun saat dicoba untuk dinaikkan lagi. Kemudian untuk deformasi akhir didapat sebesar 36,85 mm.



Gambar 4.5 grafik Hasil Pengujian Beban Lateral Benda Uji Abutment II
 Sumber : Hasil Penelitian.

Dari hasil pengujian benda uji abutment II mengalami keruntuhan atau beban yang tidak dapat naik lagi saat beban 2200 kg. Hal ini dibuktikan dengan beban yang terus menurun saat dicoba untuk dinaikkan lagi. Kemudian untuk deformasi akhir didapat sebesar 16,96mm.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Beban Lateral Benda Uji Abutment III

Sumber : Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian benda uji abutment III mengalami keruntuhan atau beban yang tidak dapat naik lagi saat beban 2500 kg. Hal ini dibuktikan dengan beban yang terus menurun saat dicoba untuk dinaikkan lagi. Kemudian untuk deformasi akhir didapat sebesar 27,91 mm

4.5.1 Hasil Pola Retak

Dari hasil pengujian benda uji abutment III mengalami keruntuhan atau beban yang tidak dapat naik lagi saat beban 2500 kg. Hal ini dibuktikan dengan beban yang terus menurun saat dicoba untuk dinaikkan lagi. Kemudian untuk deformasi akhir didapat sebesar 27,91 mm.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dibandingkan hasil yang didapat pada penelitian sebelumnya dan penelitian saat ini. Pada penelitian saat ini, hasil yang didapatkan yaitu tidak terjadi retak pada daerah yang diprediksi pada benda uji, dan retak terjadi pada tumpuan benda uji untuk ketiga benda uji abutment . hal ini dikarenakan beberapa faktor, diantaranya :

1. Kurangnya kesempurnaan pembuatan benda uji sehingga bentuk akhir kurang sempurna dan mempengaruhi dimensi asli dari perencanaan.
2. Kurangnya kemampuan alat penunjang yaitu dari frame, klem, serta ganjalan untuk benda uji abutment sehingga abutment menjadi terangkat.



Gambar 4.7 Frame yang bengkok karena tidak mampu menahan gaya pada benda uji



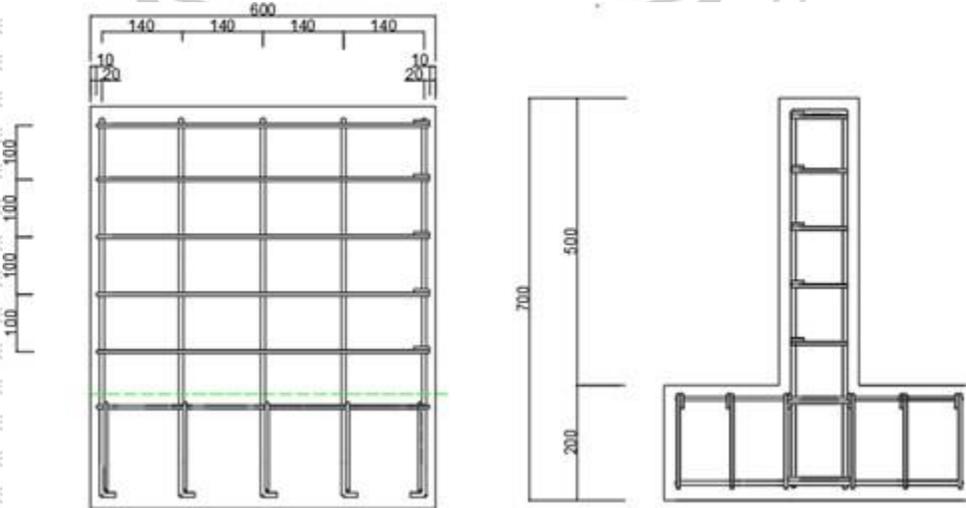
Gambar 4.8 benda uji dengan dimensi kurang sempurna yang terangkat akibat klem tidak mampu menahan gaya pada benda uji



Gambar 4.9 retak yang terjadi pada bagian tumpuan benda uji

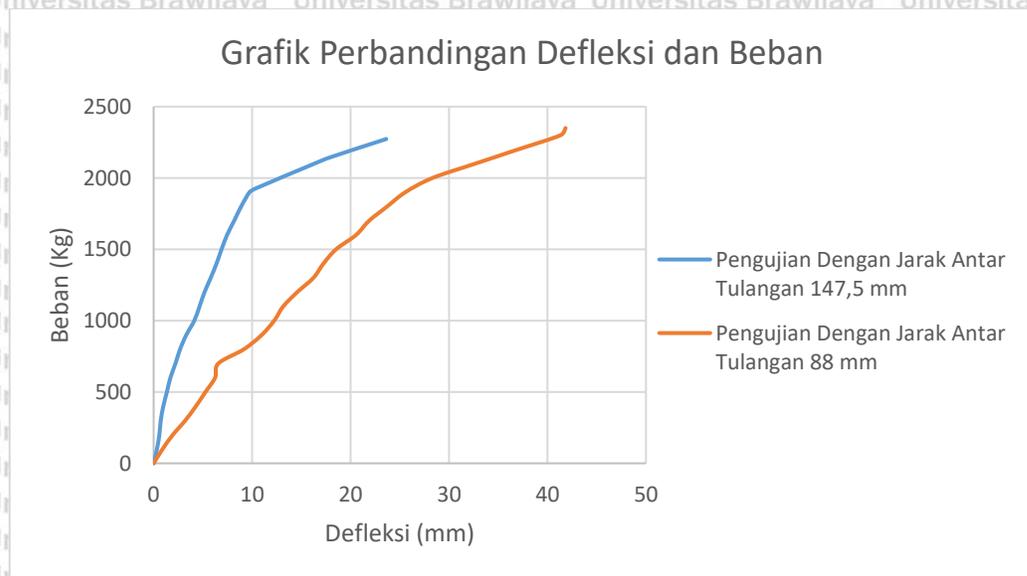
Pada penelitian sebelumnya mempunyai jarak antar tulangan yang berbeda dengan penelitian saat ini kemudian didapatkan hasil yaitu benda uji abutment tanpa wing wall memiliki beban maksimum sekitar 2250 kg – 2300 kg dengan retak pertama terjadi di sekitar beban 700 kg dan defleksi maksimum yang terjadi yaitu 42,14 mm untuk benda uji kedua, dan 41,53 mm untuk benda uji ketiga.

4.5.2 Defleksi



Gambar 4.10 Kofigurasi tulangan benda uji abutment

Kemudian dibuat grafik gabungan untuk melihat perbandingan hasil pembebanan dan deformasi dari kedua penelitian yang ditinjau sebagai berikut :



Gambar 4.11 Grafik perbandingan defleksi dan beban dari kedua pengujian

Pada grafik nilai defleksi dari pengujian dengan jarak 147,5 mm lebih kecil daripada pengujian jarak tulangan 88 mm, padahal jarak tulangan pada penelitian sekarang lebih renggang dibandingkan penelitian terdahulu. Hal ini disebabkan perbedaan hasil mutu beton yang didapatkan yaitu sebesar 26,992 Mpa sedangkan pada penelitian sebelumnya didapatkan hasil sebesar 18,348 Mpa

Pengujian Tegangan dan Regangan Baja Menggunakan *Strain Gauge*

Pada penelitian ini, untuk mencari nilai tegangan dan regangan digunakan strain gauge yang dipasang pada tulangan longitudinal ukuran $\varnothing 8$ mm, strain gauge yang sudah terpasang kemudian dihubungkan pada alat pembacaan regangan yaitu strain meter. Setelah semua terhubung, maka dilakukan pembebanan merata secara horizontal dengan memberi untuk mendistribusikan beban secara merata pada benda uji abutment. Sehingga dapat mengetahui nilai regangan tulangan baja yang diakibatkan oleh beban horizontal.



Gambar 4.12 Posisi Perletakan Strain Gauge pada Tulangan Baja Abutment

Tegangan (Mpa)	Regangan
0	0
100	0,000002
200	0,000001
300	0,000001
400	0,000001
500	0,000001
600	0,000002
700	0,000002
800	0,000003
900	0,000003
1000	0,000003
1100	0,000002
1200	0,000003
1300	0,000003
1400	0,000004
1500	0,000005
1600	0,000005
1700	0,000005
1800	0,000006
1900	0,000005
2000	0,000005
1558	0,000005
2100	0,000007
2038	0,000007
2200	0,000006
2300	0,000007
2224	0,000007
2400	0,000008
2332	0,000007

2500 0,000007

Dapat disimpulkan hasil pengujian tegangan regangan (lampiran 2) bahwa dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui benda uji tersebut benda uji abutment ke 3 yang memiliki nilai suatu tegangan yang paling kecil dari ketiga benda uji. Pada pengujian tegangan dan regangan juga terjadi kendala yang terjadi pada saat proses pengujian hal tersebut dikarenakan kemungkinan penyebabnya antara lain adalah faktor keterbatasan alat yang tersedia dan kurang handalnya penguji dalam setting alat benda uji yang mengakibatkan benda uji terangkat, sehingga mempengaruhi data pada pengujian. Maka data yang di peroleh dari hasil pengujian juga tidak bisa semaksimal yang kita seperti kami inginkan.

Pengujian Tegangan dan Regangan Beton Menggunakan Strain Gauge

Pada penelitian ini mencari nilai tegangan dan regangan menggunakan strain gauge yang dipasang pada bagian daerah tarik, yaitu 2 grid dari ujung kiri dan grid bagian tengah benda uji abutment, strain gauge yang terpasang dihubungkan pada alat pembacaan regangan yaitu strain meter. Setelah semua terhubung, maka dilakukan dilakukan pembebanan merata secara horizontal dengan memberi pelat sebagai pendistribusi beban merata pada benda uji abutment untuk mengetahui regangan tulangan beton yang diakibatkan oleh beban horizontal.



Gambar 4.13 Posisi Perletakan Strain Gauge Beton

Tegangan (Mpa)	Regangan
0	0
100	-0,000007

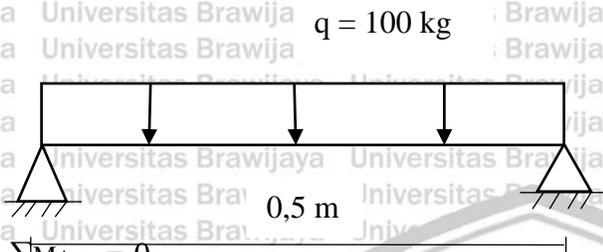
200	-0,000017
300	-0,00002
400	-0,00002
500	-0,00002
600	-0,00002
700	-0,00002
800	-0,000054
900	-0,000062
1000	-0,000069
1100	-0,000069
1200	-0,000069
1300	-0,000069
1400	-0,000069
1500	-0,000069
1600	-0,000069
1700	-0,000069
1800	-0,000134
1900	-0,00014
2000	-0,000127
1558	-0,000127
2100	-0,000129
2038	-0,000129
2200	-0,000127
2300	-0,000211
2224	-0,000211
2400	-0,000211
2332	-0,000211
2500	-0,00023

Dapat disimpulkan dari hasil pengujian (lampiran 3). Dari 3 hasil pengujian dapat dikatakan bahwa dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa benda uji abutment yang ketiga yang memiliki nilai regangan yang paling kecil diantara benda uji lainnya juga kita mengetahui berdasarkan dari pengujian dan tabel-tabel diatas bahwa semakin besar nilai tegangan, maka semakin kecil nilai dari suatu regangan yang terjadi pada benda tersebut. Dari pengujian tersebut juga terjadi kendala yang terjadi. Kemungkinan penyebabnya antara lain adalah faktor keterbatasan alat yang tersedia dan kurang handalnya penguji dalam setting alat benda uji yang mengakibatkan benda uji terangkat, sehingga mempengaruhi data pada pengujian.

4.6 Pengujian Momen Lentur



Pada saat pengujian menggunakan hydraulic jack di pasang sebuah plat kecil sehingga beban yang terjadi tersebar secara merata sehingga perhitungan momen lentur yang terjadi sebagai berikut

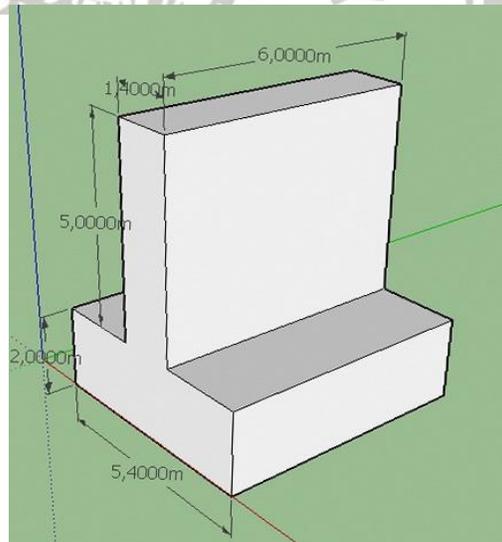
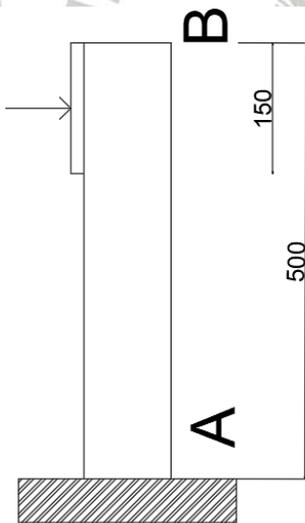


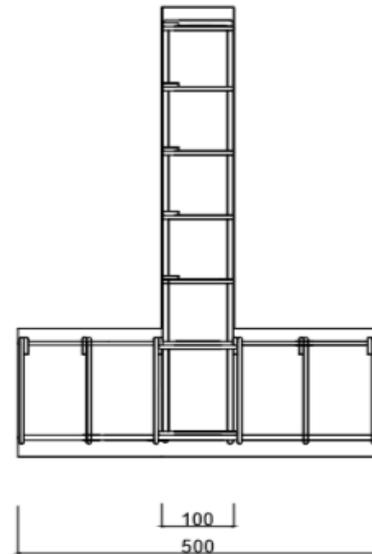
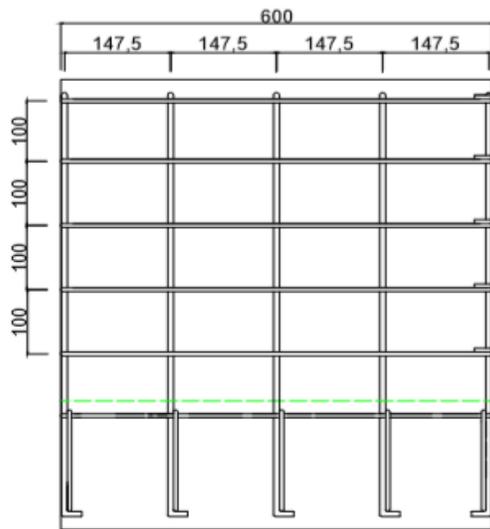
$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ &= -R_B \times 0,5 + 100 \times 0,5 \times 0,25 \\ &= 25 \text{ kgm} \uparrow \end{aligned}$$

$$\sum M_A = \sum M_B$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_A \cdot X - \frac{1}{2} q x^2 \\ &= 25 \cdot 0,25 - \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 0,625 \\ &= 3,125 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Teoritis Momen Kapasitas Abutment





Perhitungan momen kapasitas abutment

Luas tulangan Ø8 -8 (As) = 4,02 cm² = 402 mm

Tinggi efektif penampang (d) = 140 – 20 = 120mm

Gaya tarik tulangan (T) = As . Fy = 402 x 398,089 = 160031,778 N

Gaya tekan beton (Cc) = 0,85 . f'c . b . a = 0,85 x 19,3 x 600 x a = 9843 a

Keseimbangan gaya : C = T
9843 a = 160031,778

a = 16,258 mm

Letak garis netral (c) = a/β = 16,258/0,85 = 19,127 mm

Kontrol regangan tarik baja (εs) = $\frac{d-c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{120-19,127}{19,127} \cdot 0,003 = 0,0158$

Tegangan baja tarik (fs) = εs . Es = 0,0158 x 200000 = 3160 > 398,089 (Tulangan tarik sudah leleh)

Momen lentur nominal (Mn) = As . fy . (d-a/2) = 402 x 398,089 x (120 – 16,258/2) = 17902915,04 Nmm = 17,903 kNm

4.6.1 Hasil Pengujian Momen Lentur

Tabel 4.12 Momen kapasitas abutment dengan wing wall dari hasil pengujian

No	Kode	P kN	qbeban kN/m	q kN/m	L m	Muji kN.m
----	------	---------	----------------	-----------	--------	--------------

1	W 2	27,926	196,685	2,4	0,5	12,4962
2	W 3	30,674	224,584	2,4	0,5	12,9678

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa dimana berdasarkan hasil perhitungan teoritis yang didapatkan nilai momen lentur nimonal sebesar 17,903 kNm sedangkan berdasarkan pengujian momen lentur di dapatkan sebesar 12,4962 kNm dan 12,9678 kNm. Terdapat perbedaan nilai hasil antara perhitungan teoritis dan hasil pengujian dikarenakan alat yang kurang memadai pada saat pelaksanaan pengujian, sehingga mempengaruhi hasil dari pengujian tersebut.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian defleksi dan beban diketahui bahwa momen lentur yang terjadi pada abutment tidak sesuai dengan hipotesa (dugaan sementara) dikarenakan kurangnya alat yang memadai pada saat pengujian sehingga hasil yang di dapat tidak maksimal juga pembuatan benda uji yang mempengaruhi dimensi asli
2. Berdasarkan hasil pengujian yang kami lakukan diketahui hasil dari pengujian tegangan , regangan starain gauge baja dan beton menggunakan strainmeter disimpulkan benda uji abutment ketiga memiliki nilai tegangan dan regangan yang paling kecil.
3. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai defleksi yang didapat lebih kecil dari penelitian sebelumnya dikarenakan pada penelitian ini digunakan tulangan yang lebih rapat dari penelitian sebelumnya.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran dari penulis yang dapat dilakukan oleh penelitian selanjutnya guna memperbaiki kekurangan dari penelitian ini diantaranya :

1. Dalam pembuatan benda uji abutment, dibutuhkan jumlah orang yang cukup memadai agar proses pembuatan benda uji bisa lebih cepat
2. Untuk ukuran dimensi benda uji abutment sebaiknya diperkecil sehingga mempermudah pemindahan benda uji pada saat di uji
3. Diperlukan mencari alternatif klem agar waktu pengujian benda uji tidak terangkat
4. Pelaksanaan pengecoran harus hati-hati dan teliti sehingga meminimalkan kesalahan-kesalahan yang tidak perlu
5. Perlunya pengecekan alat dengan teliti sejak awal sehingga pada saat pengujian alat-alat yang sudah disiapkan dapat berfungsi dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

Setyowulan, D., Hamamoto, T. and Yamao, T. (2016). *Investigation of seismic response on girder bridges: the effect of displacement restriction and wing wall types*

Setyowulan, D., Yamamoto, K., Yamao, T. and Hamamoto, T. (2015). *Dynamic analysis of concrete girder bridges under strong earthquakes: the effect of collision, baseisolated pier and wing wall*

Setyowulan, D., Hamamoto, T. and Yamao, T. (2014). *Elasto-plastic behavior of 3dimensional reinforced concrete abutments considering the effect of the wing wall*

Gere, J.M., Timoshenko. 1997. *Mekanika Bahan – Terjemahan Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Chen, W. & Duan, L. (2000). *Bridge Engineering Handbook*. Boca Raton: CRC Press, 2000

Supriadi, Bambang., Agus Setyo Muntohar. (2007). *Jembatan. Cetakan Ke-4*. Yogyakarta: Beta Offset.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

