

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU ABUTMENT TERHADAP
POLA RETAK DAN DAKTILITAS PADA JEMBATAN DALAM
MENAHAN BEBAN TUMBUKAN (COLLISION) AKIBAT GEMPA**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**EARLY ANDHARESHI
NIM. 155060100111019**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU ABUTMENT TERHADAP POLA RETAK DAN DAKTILITAS PADA JEMBATAN DALAM MENAHAN BEBAN TUMBUKAN (*COLLISION*) AKIBAT GEMPA

SKRIPSI TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FARLY ANDHARESHI

155060100111019

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 23 Desember 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc.
NIK. 201102 850221 2 001

Dr. Eng. Ming Narto W., ST., MT., M.Sc
NIK. 201102 840705 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng Indradi W., ST. M.Eng (Prac)
NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI :

STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU ABUTMENT TERHADAP POLA RETAK
DAN DAKTILITAS PADA JEMBATAN DALAM MENAHAN BEBAN TUMBUKAN
(*COLLISION*) AKIBAT GEMPA

Nama Mahasiswa : Farly Andhareshi

NIM : 155060100111019

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Ming Narto Wijaya, ST., MT., M.Sc.

Dosen Penguji 3 : Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT.

Tanggal Ujian : 9 Desember 2019

SK Penguji : 2521 /UN10.F07/KP/2019

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah hasil pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 23 Desember 2019

Mahasiswa,

Farly Andhareshi

NIM. 155060100111019



RIWAYAT HIDUP

Early Andhareshi, lahir di Lhokseumawe, 17 Juni 1997. Anak tunggal dari pasangan Bapak Dr. Ir. Wesli, MT dan Ibu Hindun Farah Fatini. Menjalani pendidikan sekolah dasar di SDS 1 Yapena Lhokseumawe pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN Arun Lhokseumawe pada tahun 2012, dan melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 10 Fajar Harapan Banda Aceh lalu lulus pada tahun 2015. Setelah itu melanjutkan pendidikan di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan lulus pada tahun 2019.

Selama menjalani kuliah di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang aktif mengikuti kegiatan organisasi dan akademis. Organisasi yang diikuti oleh penulis adalah Himpunan Mahasiswa Sipil Departemen Minat dan Bakat serta Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa. Pada tahun 2016/2017 penulis diberikan amanah sebagai anggota Divisi Kreatifitas Mahasiswa Departemen Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Sipil FT-UB, lalu pada tahun 2017/2018 diberikan amanah menjadi ketua Divisi Kreatifitas Mahasiswa Departemen Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Sipil, dan pada tahun 2018/2019 diberikan amanah sebagai Ketua Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Sipil FT-UB. Selain itu penulis pernah menjadi Asisten Tugas Besar Hidrologi.

Malang, 23 Desember 2019

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Beberapa tahun belakangan ini, Indonesia mengalami banyak sekali gempa dengan kekuatan besar. Beberapa diantaranya yaitu gempa di Lombok dengan kekuatan 6,2 SR, serta gempa bumi di Palu dan Donggala dengan kekuatan 7,4 SR. Bahkan menurut data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) terjadi peningkatan signifikan dari aktifitas gempa yang terjadi di Indonesia dibanding tahun-tahun sebelumnya. Tercatat sebanyak 11.577 kali gempa terjadi di tahun 2018, 4,468 kali lebih banyak daripada tahun 2017.

Fenomena alam gempa bumi memang bukan hal yang asing lagi di Indonesia yang merupakan salah satu negara dengan tingkat intensitas gempa bumi yang tinggi. Hal ini disebabkan karena Indonesia berada di wilayah Cincin Api Pasifik atau *Circum-Pacific belt*. Sekitar 90 persen gempa bumi di dunia dan 80 persen gempa bumi terbesar di dunia terjadi di sepanjang daerah Cincin Api Pasifik ini. Penyebab Indonesia rawan gempa dan banyak memiliki gunung api tidak hanya dari Cincin Api Pasifik. Masih ada Sabuk Alpide yang merupakan jalur gempa paling aktif nomor dua di dunia, yang turut menyumbang faktor rentan gempa bumi di Indonesia.

Gempa yang terus menerus terjadi ini menyebabkan banyak jembatan yang mengalami kerusakan bahkan keruntuhan. Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya keruntuhan jembatan ini adalah abutment jembatan yang tidak mampu menahan beban akibat terjadinya gempa. Padahal abutment sendiri merupakan struktur bawah jembatan yang berfungsi menahan struktur atas jembatan sehingga kerusakan pada abutment ini memberikan efek yang besar terhadap runtuhnya sebuah jembatan. Salah satu dampak kerusakan pada jembatan akibat kegagalan abutment yaitu terjadinya keretakan pada struktur jembatan terutama pada abutment yang nantinya akan menyebabkan keseluruhan jembatan rusak dan ambruk.

1.2 Identifikasi Masalah

Salah satu penyebab dari runtuhnya suatu jembatan adalah karena struktur bawah jembatan tidak mampu menahan beban yang terjadi ketika adanya gempa. Abutment memiliki pengaruh besar pada struktur bawah jembatan sebagai penyalur beban dari struktur atas jembatan ke bawah pondasi. Oleh karena itu perencanaan abutment harus direncanakan dengan baik dan matang. Identifikasi dari permasalahan tersebut digunakan untuk mengetahui pola retak struktur dan daktilitas yang terjadi pada abutment.

1.3 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana retak struktur dari abutmen jembatan dalam menahan beban tumbukan (*collision*) akibat gempa?
2. Bagaimana daktilitas dari abutmen jembatan dalam menahan beban tumbukan (*collision*) akibat gempa?

1.4 Batasan masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah ada, agar penelitian ini tidak terlalu melebar, maka perlu adanya batasan pada penelitian ini, diantaranya sebagai berikut.

1. Bagian abutment yang digunakan dalam analisis ini hanya bagian atas dari abutment atau yang disebut *parapet wall*
2. Pembebanan yang digunakan adalah beban dinamis yang dikonversi menjadi beban statis yang diberikan terus menerus hingga runtuh.
3. Mutu beton dari benda uji abutment menggunakan spesifikasi K-225.
4. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos ukuran $\varnothing 6$ mm untuk tulangan transversal atau geser dan ukuran $\varnothing 8$ mm untuk tulangan longitudinal atau tulangan utama dengan f_y 240 MPa

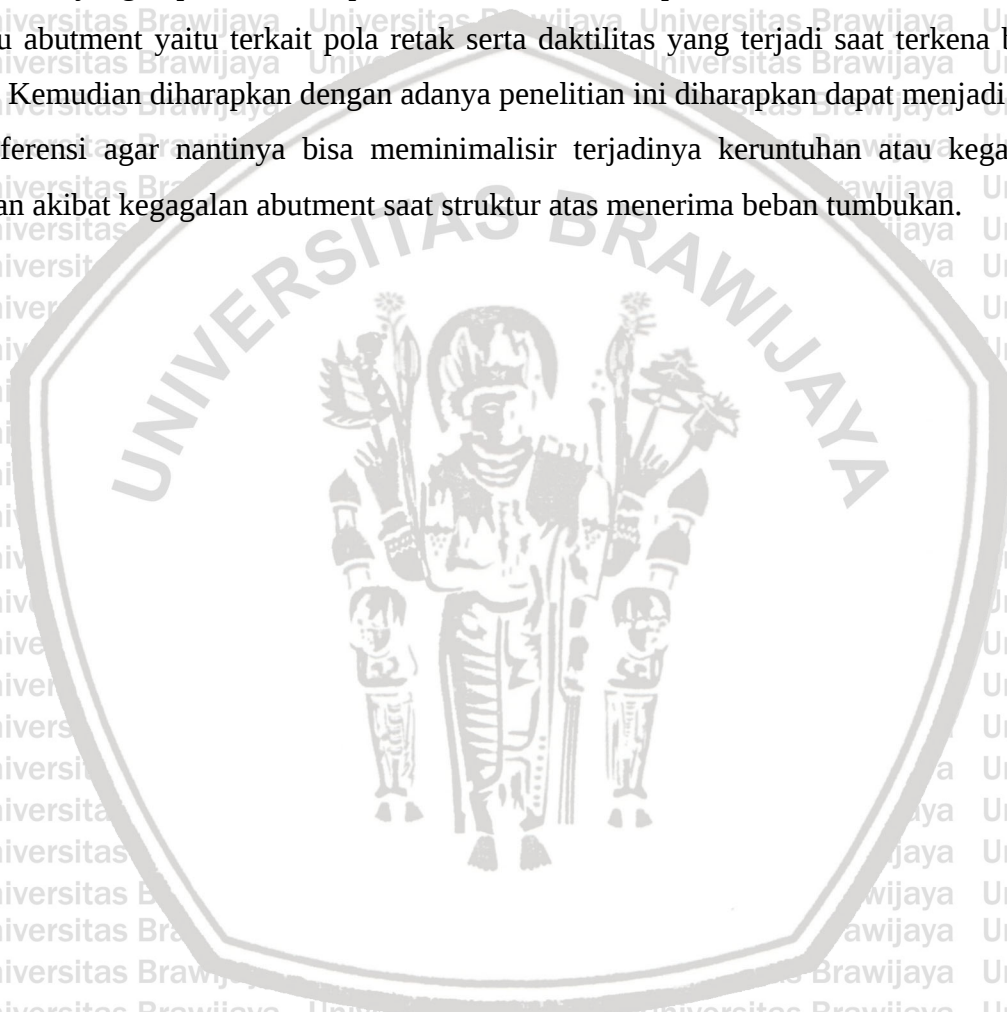
1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui retak struktur pada abutment dalam menahan beban tumbukan (*collision*) akibat gempa.
2. Untuk mengetahui daktilitas pada abutment dalam menahan beban tumbukan (*collision*) akibat gempa.

1.6 Manfaat kegiatan

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah dapat menambah wawasan terkait perilaku abutment yaitu terkait pola retak serta daktilitas yang terjadi saat terkena beban gempa. Kemudian diharapkan dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi agar nantinya bisa meminimalisir terjadinya keruntuhan atau kegagalan jembatan akibat kegagalan abutment saat struktur atas menerima beban tumbukan.





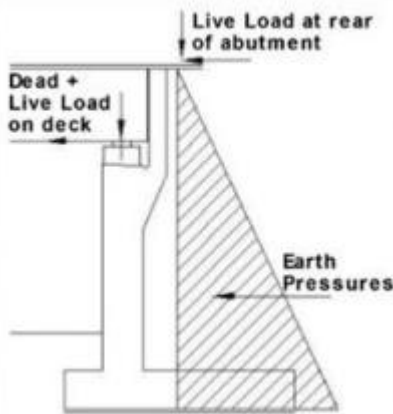
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

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”*. Abutment merupakan salah satu dari struktur bawah jembatan yang berfungsi menahan tanah untuk menopang struktur atas jembatan serta menyalurkan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan atas jembatan ke pondasi. Abutment adalah dukungan akhir dari superstruktur jembatan yang menarik kekuatan besar selama gempa bumi, terutama dalam arah longitudinal (Desy Setyowulan, 2014). Selain itu abutment juga memiliki fungsi untuk menghubungkan jembatan dengan jalan atau *slab* terdekat. Abutment sendiri memiliki beberapa tipe, penentuan tipe jembatan yang digunakan bergantung dengan keadaan sekitar dan perencanaan struktur atas jembatan, Tipe-tipe abutment di antaranya :

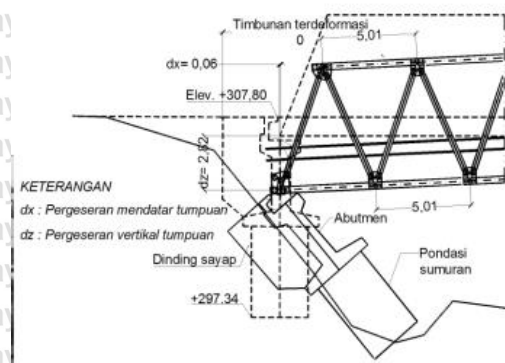
1. Abutment Gravity



Gambar 2.1 Tipe Abutment Gravity

Sumber : Shahidan, 2015

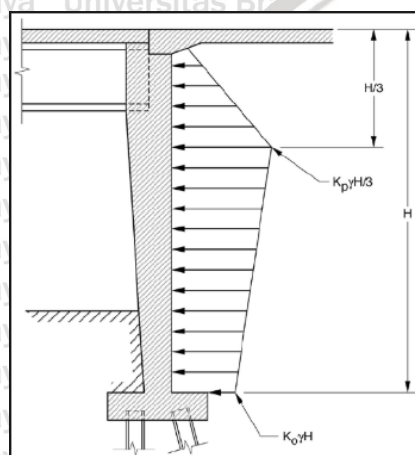
2. Cantilever Abutment



Gambar 2.2 Tipe Cantilever Abutment

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

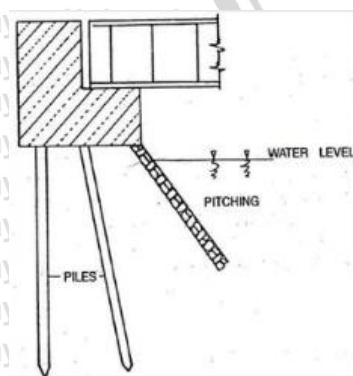
3. Full-Height Abutment



Gambar 2.3 Tipe Full-Height Abutment

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

4. Stub Abutment



Gambar 2.4 Tipe Stub Abutment

Sumber : Shahidan, 2015

5. *Semistub Abutment*

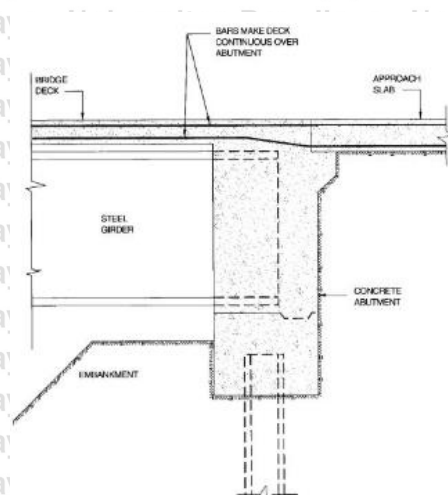
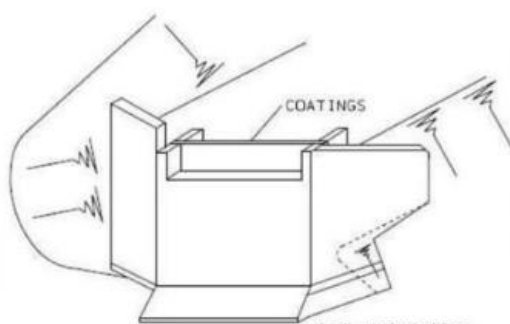


FIGURE 11.15 Details for an integral abutment.

Gambar 2.4 Tipe Semi Stub

Sumber : <http://www.civilengineeringx.com> (diakses pada tanggal 24 Maret 2019)

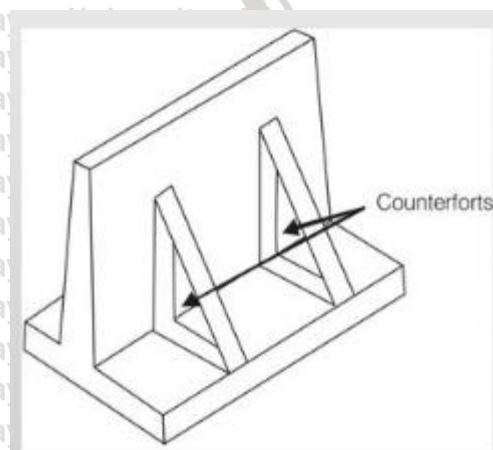
6. *U Abutment*



Gambar 2.6 Tipe U Abutment

Sumber : Shahidan, 2015

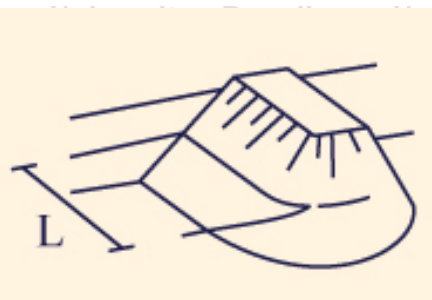
7. *Counterfort Abutment*



Gambar 2.7 Tipe Counterfort Abutment

Sumber : Shahidan, 2015

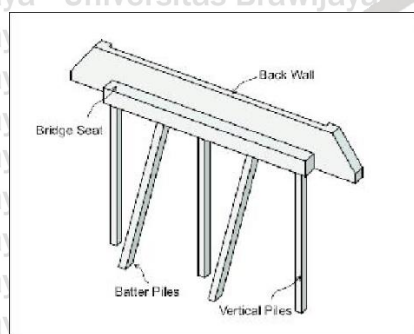
8. Spill-Trough Abutment



Gambar 2.8 Tipe Spill-Through Abutment

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

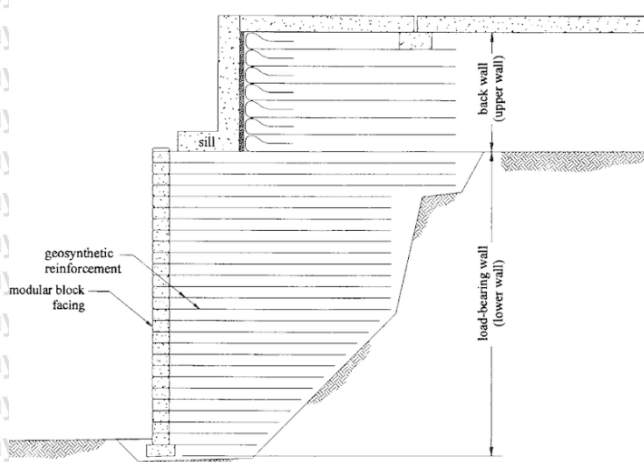
9. Pile Bent Abutment



Gambar 2.9 Tipe Pile Bent Abutment

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

10. Reinforced Earth System



Gambar 2.10 Tipe Reinforced Earth System Abutment

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

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 lajur “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 dibeberapa 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 Pola Retak

Retak terjadi disebabkan penurunan yang tidak seragam. Variasi pola retak setiap struktur mempunyai perbedaan satu sama lain. Hal tersebut diakibatkan perbedaan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh beban, momen, dan geser. Bagian retak pada daerah yang mengalami tarik umumnya memperlihatkan suatu fenomena retak pada permukaannya. Retak-retak yang terjadi pada beton bertulang harus bisa dikendalikan dan dibatasi serta diberikan toleransi hanya sampai retak rambut (Dipohusodo, 1996).

Retak dimulai dari retak permukaan yang tidak dapat terlihat secara kasat mata. Pembebanan secara terus menerus maka akan terjadi retak rambut yang merambat hingga pada akhirnya terjadi kegagalan atau keruntuhan pada struktur (Restian, 2008). Sehingga diperlukan tulangan transversal atau disebut juga tulangan geser untuk mencegah retak miring.

2.2.1 Jenis Retak Struktur Beton Bertulang

Retak yang diakibatkan jenis beban yang dipikul, antara lain.

1. Beban luar

Retak yang diakibatkan beban luar diawali dengan retak rambut yang merambat dan menjadi lebar seiring bertambah besarnya beban secara konstan. Retak akibat beban luar antara lain.

a. Retak Lentur (*flexural crack*)

Pola retakan yang terjadi tegak lurus dengan daerah yang memiliki momen lentur terbesar. Retak lentur terjadi pada daerah tarik dengan pola retakan yang tajam dan runcing.

b. Retak Geser (*shear crack*)

Retak geser mempunyai pola diagonal atau miring terjadi setelah adanya retak lentur. Retak merambat menuju garis netral beton dan kadang-kadang menuju daerah tekan (Jogi Silalahi, 2012).

2. Beban selain beban luar

Retak yang diakibatkan oleh selain beban luar karena adanya perubahan temperatur dan pengaruh susut pada beton. Faktor lain terjadinya retak akibat beban luar adalah kekeliruan pada saat proses pengerjaan. Retak akibat beban susut maupun temperatur harus dipertimbangkan supaya tidak mengurangi kapasitas momen dan lendutan pada struktur tersebut (Fitrayudin, 2013). Adapun retak dibedakan berdasarkan bentuk kerekatannya, sebagai berikut.

a. Retak Lentur (*flexural crack*)

Retak lentur mempunyai pola retak tegak lurus dengan daerah dengan momen lentur yang terbesar atau retak vertikal memanjang dari sisi tarik yang mengarah ke daerah sumbu netral. Penyebaran retak lentur pada bagian pertengahan lebih lebar dibandingkan pada bagian dasar.

b. Retak Geser Lentur (*flexural shear crack*)

Retak ini terjadi pada bagian yang pada saat sebelumnya sudah terjadi keretakan lentur. Dapat dikatakan retak tersebut merupakan perambatan diagonal dari retak lentur yang terjadi sebelumnya. Jenis retak ini terjadi pada penampang prategang maupun nonprategang.

c. Retak Geser Web (*web shear crack*)

Retak geser web terjadi pada garis netral. Hal ini terjadi saat gaya geser maksimum dan tegangan aksial yang terjadi sangat kecil.

d. Retak Puntir (*torsion crack*)

Retak Puntir merupakan keretakan yang diakibatkan oleh torsi murni, keretakan yang terjadi akan mengelilingi beton. Retak torsi pada umumnya terlihat pada permukaan beton yang mengalami penambahan torsi akibat terjadinya terganggan geser (Kharimatul Aqli, 2018).

e. Retak Lekatan

Tegangan lekatan antara beton dan tulangan menyebabkan pemisahan di sepanjang tulangan. Pemisahan inilah yang menyebabkan adanya retak lekatan pada suatu struktur beton (McCormac, 2003).

2.3 Beban Yang Bekerja Pada Abutment

Dalam perencanaan suatu abutment, perlu diketahui beban – beban yang bekerja pada abutment, antara lain sebagai berikut.

1. Beban Vertikal

Beban vertikal merupakan beban yang bekerja pada struktur atas bangunan jembatan yang menopang pada struktur bawah jembatan dan disalurkan oleh pondasi ke tanah. Adapun beberapa macam beban vertikal yang bekerja pada abutment antara lain.

a. Beban mati

Beban mati adalah beban sendiri dari struktur bangunan atas jembatan atau beban superstruktur. Selain itu, berat sendiri dari struktur abutment yang direncanakan termasuk juga beban mati.

b. Beban hidup

Beban hidup merupakan beban guna yang bekerja pada jembatan tersebut. Beban hidup pada struktur jembatan disebut juga beban lalu lintas yang merupakan beban dari orang dan kendaraan yang melintas jembatan tersebut. Beban pejalan kaki juga termasuk dalam beban hidup.

2. Beban Horizontal

Beban horizontal merupakan beban yang bekerja pada arah horizontal abutment. Beban horizontal pada abutment terdiri dari.

a. Beban 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.

b. Gaya rem

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

c. Beban angin

Beban angin yang bekerja pada abutment bergantung dengan kecepatan angin rencana.

d. 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.

2.4 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, maka struktur atas akan bergoyang dan dimodelkan sebagai beban horizontal terhadap struktur atas gedung atau bangunan kemudian diformulasikan sebagai beban gempa rencana.

Gempa dapat dikelompokkan berdasarkan akibat terjadinya yaitu, gempa tektonik akibat gerakan lempengan – lempengan kerak bumi. Gempa vulkanik merupakan gempa akibat aktivitas dari gunung berapi. Gempa tektonik diakibatkan pergerakan lempengan kerak 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 terletak dalam 2 dari 3 jalur tersebut, jalur trans asia dan jalur lingkaran pasifik. Oleh karena itu, dibutuhkan desain bangunan yang dapat menahan gempa yang akan terjadi. Adapun metode-metode untuk menganalisis pengaruh beban gempa terhadap struktur, antara lain.

2.4.1 Metode Analisis Statik

Metode analisis statik digunakan untuk perancangan struktur bangunan akibat beban gempa secara statis, metode ini mengasumsikan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada struktur akibat pergerakan tanah digantikan dengan gaya-gaya statis yang ekuivalen, besarnya ditentukan berdasarkan hasil perkalian antara suatu konstanta berat atau massa dari elemen-elemen struktur tersebut. Hal tersebut bertujuan untuk penyederhanaan dan kemudahan dalam perhitungan. Metode ini disebut Metode Gaya Lateral Ekuivalen (*Equivalent Lateral Force Method*).

2.4.2 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*).

2.4.2.1 Statik Ekuivalen

Metode ini didasarkan gaya horizontal yang bekerja pada struktur akibat pergerakan tanah diganti menjadi 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.

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t \quad (2-6)$$

keterangan:

V = gaya geser dasar nominal statik ekuivalen

C_1 = 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.

$$F_i = \frac{w_i \cdot z_i}{\sum w_i \cdot z_i} \times V \quad (2-7)$$

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.

2.4.2.2 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.

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2-8)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum w_i \cdot h_i^k} \quad (2-9)$$

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

2.4.2.3 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.

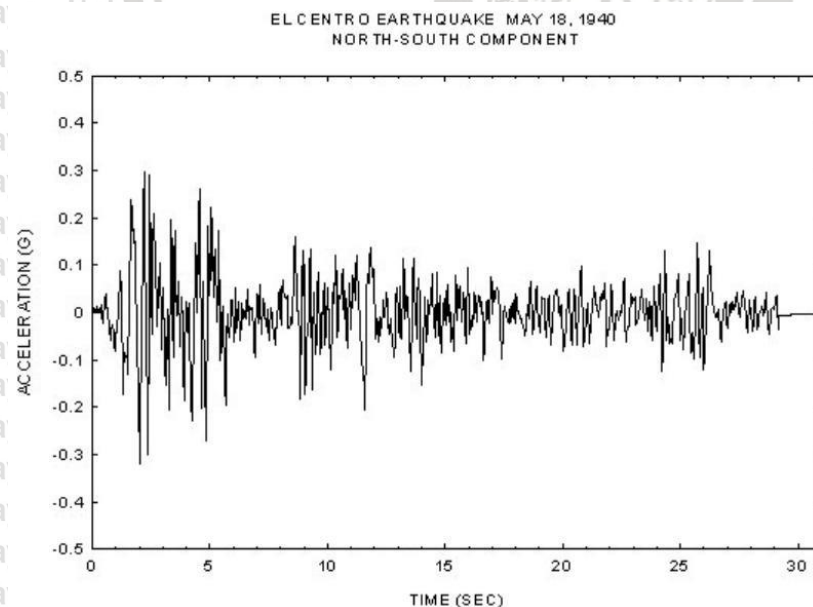
$$PGAM = F_{PGA} \cdot PGA \quad (2-10)$$

keterangan:

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

PGA = percepatan tanah puncak

F_{PGA} = koefisien situs.



Gambar 2.11 Rekaman Akselerogram Gempa El Centro, 18 Mei 1940

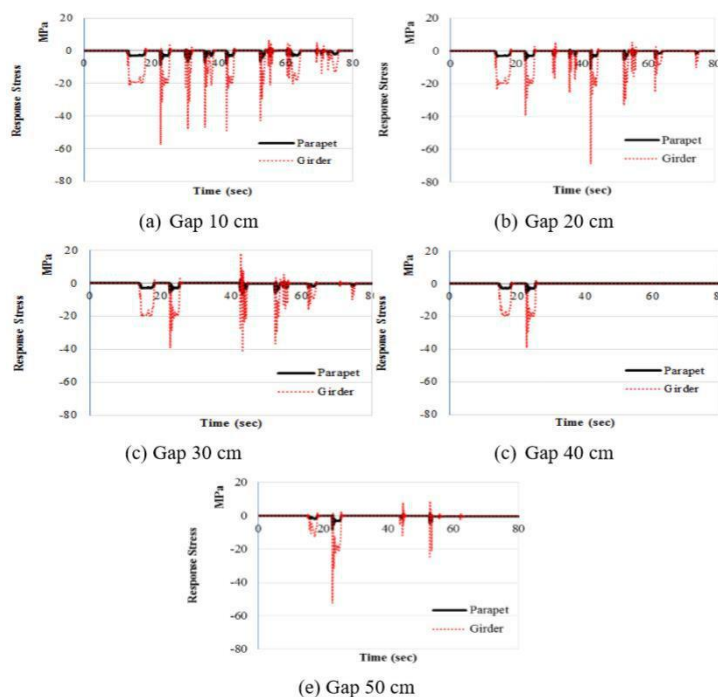
Sumber: <http://www.vibrationdata.com/elcentro.htm>.

2.5 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

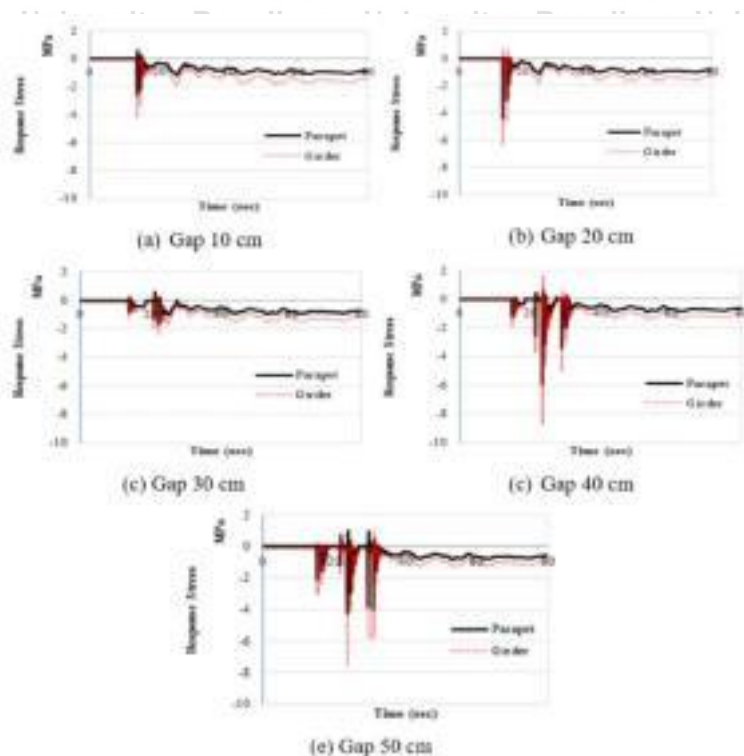
dengan struktur bangunan atas jembatan, yaitu struktur abutment dengan girder jembatan. Hal tersebut diakibatkan beban kendaraan yang melewati jembatan atau gempa dengan skala cukup tinggi. Beban tumbukan tersebut merupakan hasil dari resultan gaya reaksi horizontal tekanan tanah, inersia dari abutment, 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 2.13 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.

2.6 Daktilitas

Daktil adalah kemampuan suatu struktur dalam melakukan deformasi tanpa kehilangan kekuatan dari struktur itu sendiri. Daktil sendiri dapat diartikan sebagai kekuatan struktur dalam menahan deformasi yang telah terjadi meskipun beban yang lain tetap bekerja.

Struktur yang memiliki daktilitas tinggi adalah struktur yang mampu mengalami simpangan pasca elastis yang besar secara berulang kali akibat beban gempa, akan tetapi

dapat mempertahankan kekuatannya sendiri. Sehingga struktur tetap berdiri, meskipun berada diambang runtuh.

Faktor daktilitas gedung adalah rasio antara simpangan maksimum dengan simpangan terjadi pada pelelehan pertama. Untuk perumusannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$1 \leq \mu = \frac{\delta \text{ maksimum}}{\delta \text{ leleh}_1}$$

Daktilitas sendiri dibagi menjadi 2, yaitu :

- Struktur dengan daktilitas penuh, yaitu suatu struktur gedung yang memiliki tingkat daktilitas yang tinggi dengan tingkat faktor dari daktilitasnya lebih dari sama dengan 5,3.
- Struktur dengan daktilitas parsial, yaitu suatu struktur yang memiliki daktilitas normal dengan faktor dari daktilitasnya bernilai 1 hingga 5,29.

Daktilitas kolom menurut Paulay dan Priestly (1992), dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Daktilitas Aksial

Kemampuan dari pemilihan material untuk mendukung tekanan plastis tanpa tegangan reduksi yang signifikan. Secara umum persamaan daktilitas aksial :

$$\mu \varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_y} \dots (2-11)$$

ε = Regangan maksimum yang terjadi

ε_y = Regangan leleh baja

$\mu \varepsilon$ = Regangan daktilitas aksial

Gaya aksial yang diberikan tidak boleh melampaui kapasitas tekanan maksimum yang dapat ditahan (ε_m). Daktilitas aksial $\mu \varepsilon = \varepsilon / \varepsilon_y \geq 20$. Daktilitas terlihat nyata pada struktur kolom yang hanya dikenakan gaya aksial tidak elastis, selanjutnya lebih dikembangkan untuk kolom dengan berbagai ukuran panjang.

2. Daktilitas Aksial

Elemen yang daktil adalah elemen yang mampu mempertahankan sebagian besar momen kapasitas pada saat mencapai $\mu \phi$ yang direncanakan. Daktilitas elemen beton bertulang dinyatakan dengan daktilitas kurvatur :

$$\mu\phi = \frac{\phi m}{\phi y} \dots (2-12)$$

Nilai ϕy akan diperoleh pada saat kondisi regangan tulangan. Tarik pertama kali mencapai regangan leleh baja yang dipakai maka kondisi demikian disebut kurvatur leleh pertama (ϕy).

Parameter lain yang sering digunakan untuk mengevaluasi daktilitas pada struktur yang diakibatkan oleh gempa bumi ($\mu\Delta$) atau kapasitas struktur untuk meningkatkan daktilitas (μ) adalah dengan perpindahan (displacement), yang dirumuskan :

$$\mu\Delta = \frac{\Delta}{\Delta y} \quad \text{dimana } \Delta = \Delta y + \Delta p \quad \dots (2-13)$$

Δ = Perpindahan total yang terjadi

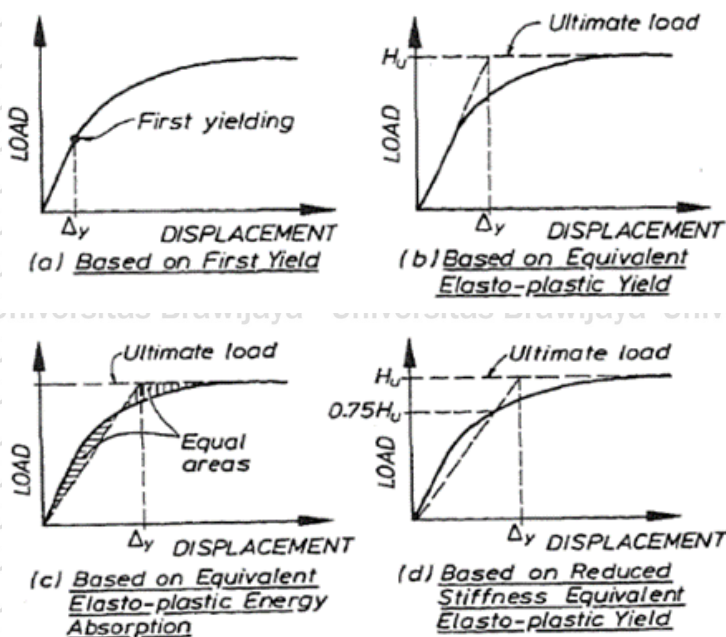
Δy = Perpindahan leleh

Δp = Defleksi ujung akibat gay lateral total

$\mu\Delta$ = Besarnya daktilitas perpindahan

2.6.1 Daktilitas Perpindahan

Daktilitas perpindahan dinyatakan dengan perbandingan deformasi *ultimate* dengan deformasi pada saat baja tulangan tarik leleh. Deformasi pada saat kondisi *ultimate* berada ketika elemen struktur menerima beban *ultimate*. Menurut Park (1988), deformasi pada saat kondisi leleh dapat diambil dari titik potong dimana beban diambil 75% dari beban *ultimate*.



Gambar 2.14 Alternatif Pengambilan Deformasi pada Titik Leleh (Sumber : Park, 1988)

Berikut merupakan rumus untuk mencari daktilitas perpindahan dari suatu bahan :

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y} \dots (2-14)$$

Dengan :

μ_{Δ} = Nilai daktilitas

Δu = Deformasi *ultimate* (mm)

Δy = Deformasi leleh (mm)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



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 Ø8 mm untuk tulangan longitudinal atau tulangan utama dan tulangan transversal atau sengkang ukuran Ø6 mm dengan f_y 240 MPa.

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 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.

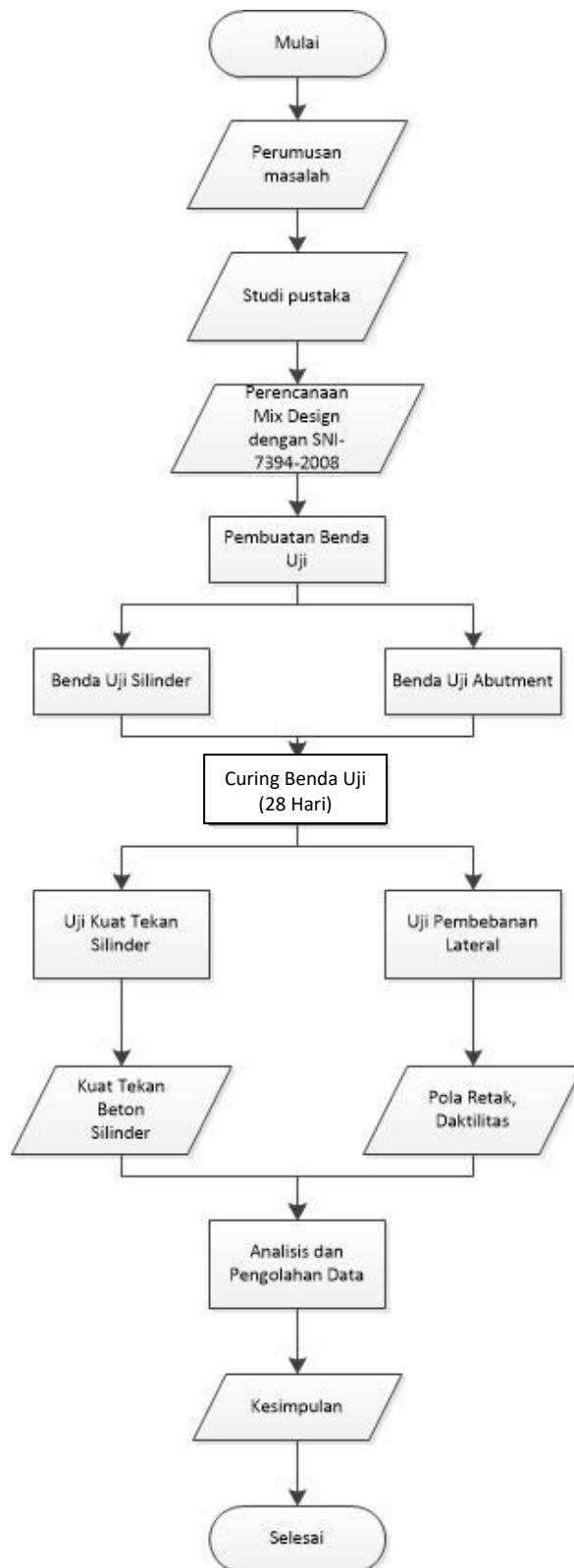
3.3.8 Satu Set Alat Uji Lentur

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 perpindahan yang terjadi. *Strain meter* digunakan untuk mendapatkan nilai regangan pada baja dan beton yang sudah terpasang *strain gauge*.

3.3.9 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



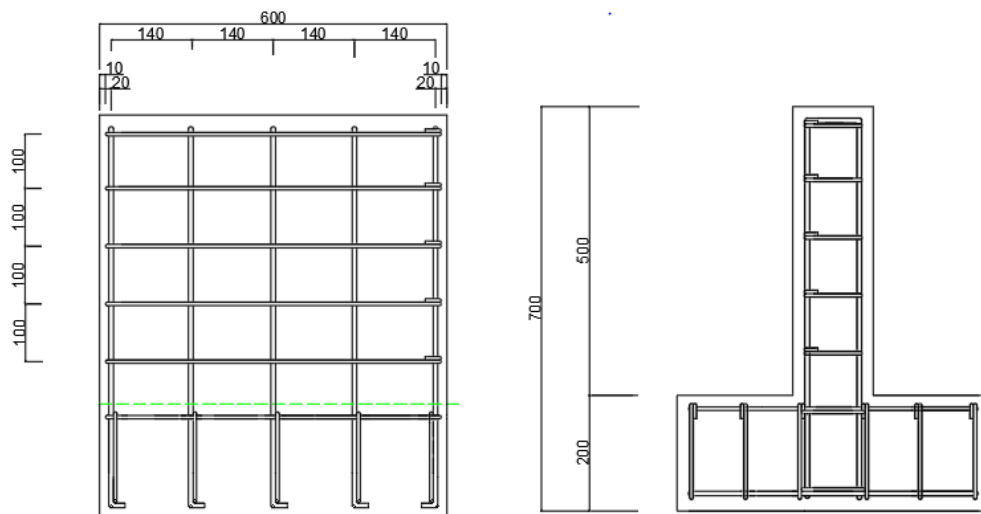
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.

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 700 mm x 540 mm yang mempunyai panjang 600 mm dengan tebal *parapet wall* 140 mm sedangkan tinggi *parapet wall* yaitu 500 mm dengan tinggi total 700 mm dengan skala 1:10 dari model abutment sesungguhnya.



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.

Tabel 3.1

Jumlah benda uji

No	Nama Benda Uji	Jumlah
1	Benda uji silinder	9 buah
2	Benda uji abutment tanpa wing wall	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
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
6. Mesin pengaduk beton *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 cetetakan 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°C – 28°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.

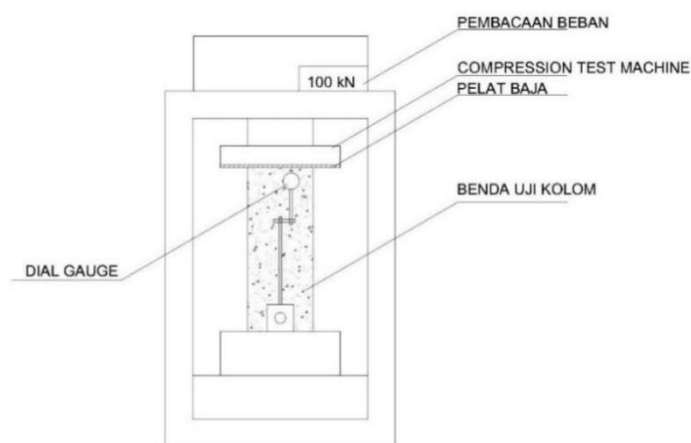
3.7.3 Pengujian Kuat Tekan Silinder

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.



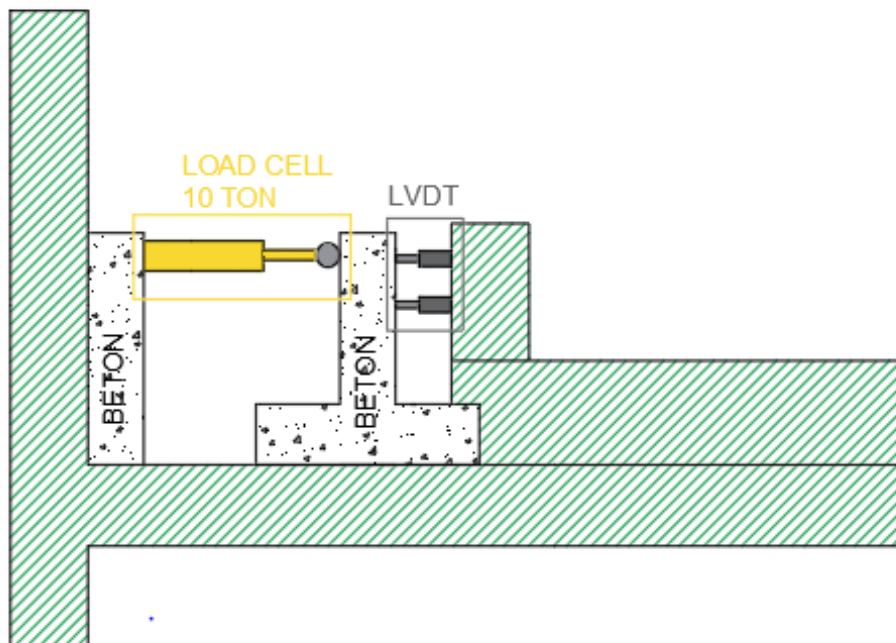
Gambar 3.3 Skema Pengujian Benda Uji Silinder.

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 Abutment.

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.

Tabel 3.2

Form data dari pengujian kuat tekan beton silinder untuk sampel abutment

Benda Uji	Sampel	Umur	Slump	Berat	Luas	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
		(Hari)	(cm)	(kg)	(mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

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 Ø8 mm untuk tulangan longitudinal dan Ø6 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)	(kg)	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
1	6	0,033	371,550	556,171	347,959	507,195
2	6	0,034	318,471	460,014		
3	6	0,033	353,857	495,400		

Sumber : Hasil Penelitian.

Tabel 4.2
Hasil Uji Tarik Tulangan Baja Ø8 mm

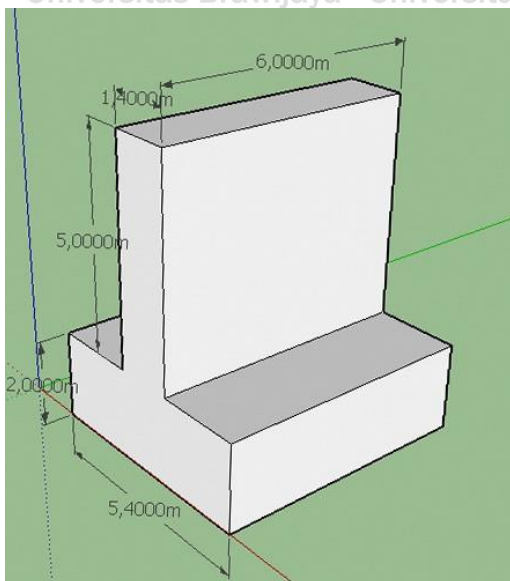
Benda Uji	Diameter	Berat	Tegangan Leleh (fy)	Tegangan Ultimit (fu)	Tegangan Leleh Rata-Rata	Tegangan Ultimit Rata-Rata
	(mm)	(kg)	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
1	8	0,063	398,089	597,134	398,089	595,807
2	8	0,063	398,089	593,153		
3	8	0,064	398,089	597,134		

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	36,63	Kg
2			PB	74,55	Kg
3			KR	111,82	Kg
4			Air	22,96	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	1,97	Kg
2			PB	3,70	Kg
3			KR	5,55	Kg
4			Air	1,14	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	54,07	Kg
2			PB	101,72	Kg
3			KR	152,58	Kg
4			Air	31,33	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 abrams. 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)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	A1	28	13	13,4	461	26,087	
2	A2	28	13	13,05	410	23,2	21,956
3	A3	28	13	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)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	B1	28	13	13,15	505	28,577	
2	B2	28	13	13,25	418	23,654	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)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	C1	28	14	13,3	594	33,613	
2	C2	28	14	13,1	478	27,049	31,387
3	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 :
 $P_{max} = 461 \text{ kN} = 461000 \text{ N}$

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

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

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

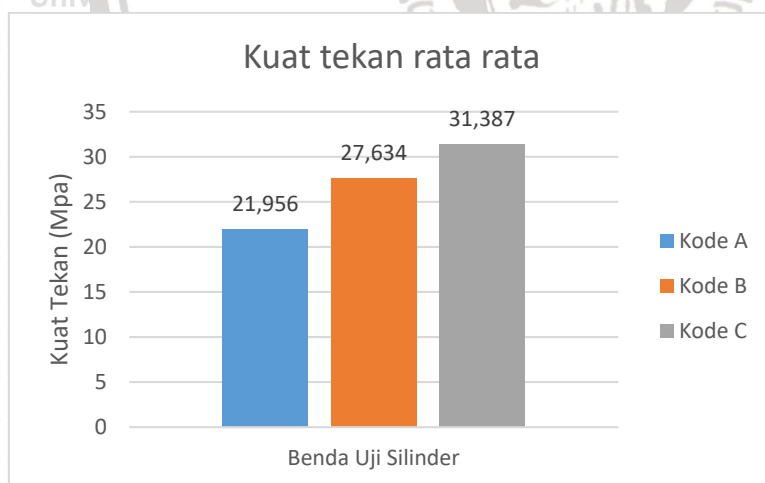
Ditanya : f'_c ?

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.

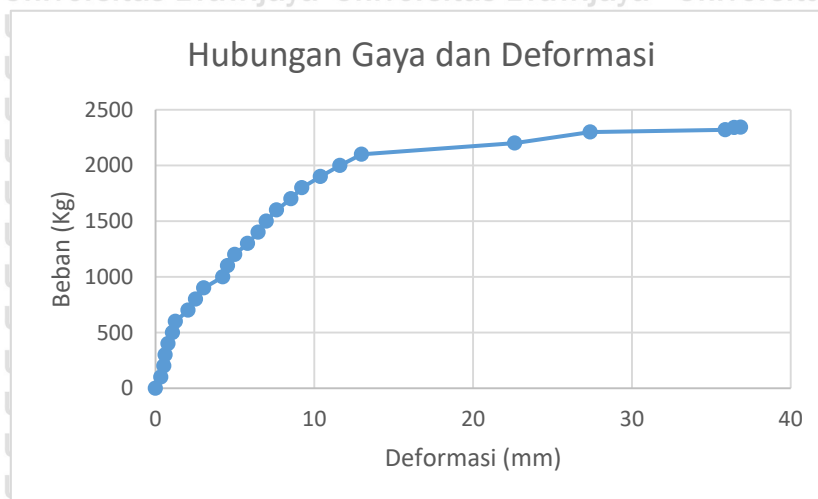
4.5 Hasil Pengujian Beban Lateral

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 seberapa 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 tabel dibawah ini.

Tabel 4.12
Hasil Pengujian Beban Lateral Benda Uji Abutment 1

BEBAN (kg)	LVDT (mm)
0	0
100	0,340
200	0,530
300	0,610
400	0,790
500	1,070
600	1,260
700	2,050
800	2,530
900	3,040
1000	4,240
1100	4,540
1200	4,990
1300	5,800
1400	6,470
1500	6,980

1600	7,620
1700	8,530
1800	9,220
1900	10,390
2000	11,620
2100	12,980
2200	22,620
2300	27,380
2102	27,440
2320	35,880
2286	35,900
2314	36,080
2302	36,090
2340	36,450
2342	36,850



Sumber : Hasil Penelitian.

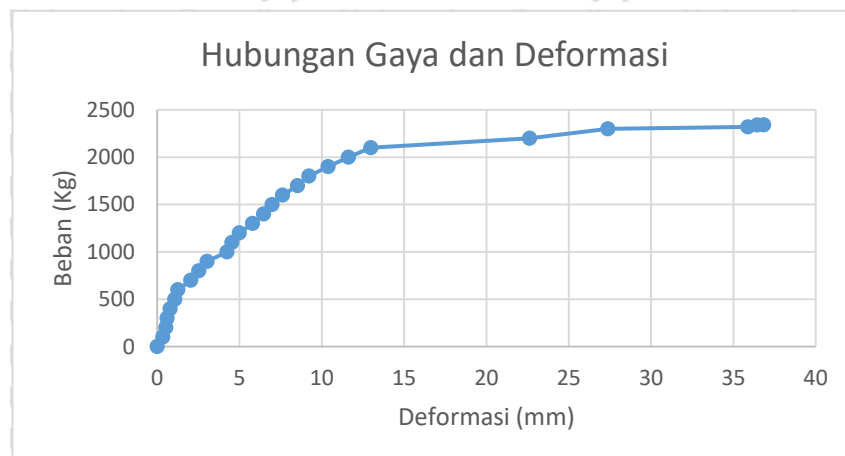
Pembebanan dilakukan dari beban 100 kg hingga benda uji mengalami keruntuhan. Dari hasil pengujian benda uji Abutment I mengalami keruntuhan atau beban yang tidak dapat naik lagi saat beban 2342 kg. Hal ini dibuktikan dengan beban yang terus menurun saat dicoba untuk dinaikkan lagi. Kemudian untuk deformasi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

Tabel 4.13

Hasil Pengujian Beban Lateral Benda Uji Abutment II

BEBAN (kg)	LVDT (mm)
0	0
100	0,440
200	0,570
300	0,840
400	1,200
500	1,680
600	2,140
700	2,990
800	3,850
900	4,720
1000	5,450
1100	6,080
1200	6,690
1300	7,230
1400	7,720
1500	8,270

1600	8,780
1700	9,640
1800	10,590
1900	11,320
1778	11,470
2000	12,500
1986	12,950
2100	13,680
1964	13,920
2200	15,740
2162	15,940
1402	16,960



Sumber : Hasil Penelitian.

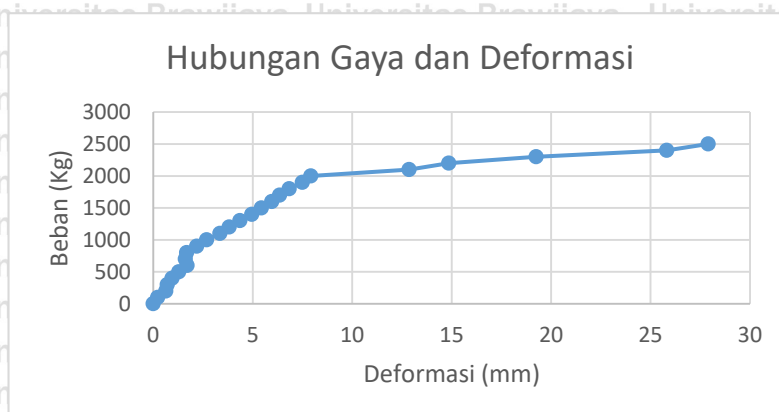
Dari hasil pengujian benda uji abutment II mengalami keruntuhan atau beban yang tidak dapat naik lagi saat beban 2200 kg. Hal ini dibuktikan dengan beban yang terus menurun saat dicoba untuk dinaikkan lagi. Kemudian untuk deformasi akhir didapat sebesar 16,96mm.

Tabel 4.14

Hasil Pengujian Beban Lateral Benda Uji Abutment III

BEBAN (kg)	LVDT (mm)
0	0
100	0,230
200	0,640
300	0,710
400	0,950
500	1,290
600	1,710
700	1,620
800	1,680
900	2,190
1000	2,690
1100	3,360
1200	3,820
1300	4,360
1400	4,960
1500	5,440
1600	5,960
1700	6,360
1800	6,840
1900	7,500

2000	7,930
1558	8,540
2100	12,870
2038	12,890
2200	14,860
2300	19,260
2224	19,280
2400	25,820
2332	25,870
2500	27,910



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 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.
3. Hasil mutu beton yang dihasilkan (f'_c rata-rata = 26,992 Mpa) jauh lebih tinggi dari perencanaan mix design yaitu 19,3 Mpa



Gambar 4.4 Frame yang bengkok karena tidak mampu menahan gaya pada benda uji



Gambar 4.5 benda uji dengan dimensi kurang sempurna yang terangkat akibat klem tidak mampu menahan gaya pada benda uji

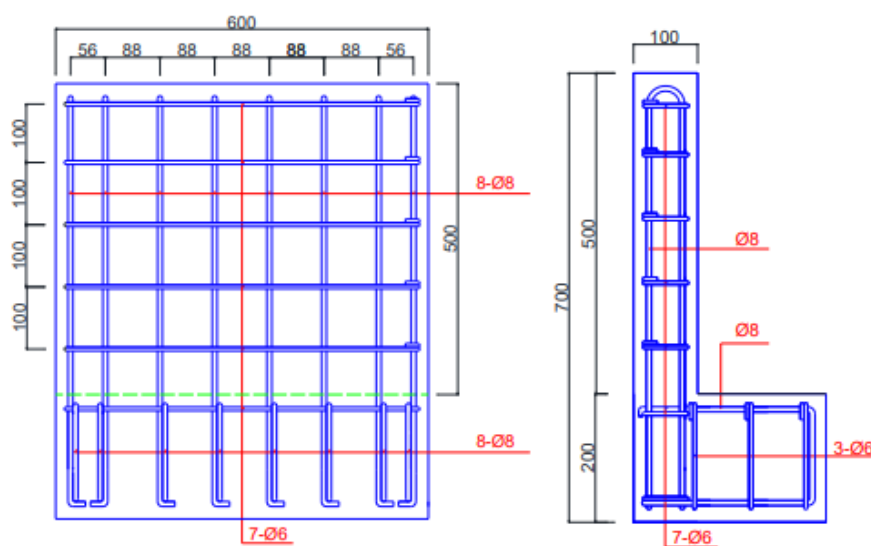


Gambar 4.6 pecah yang terjadi pada bagian tumpuan benda uji

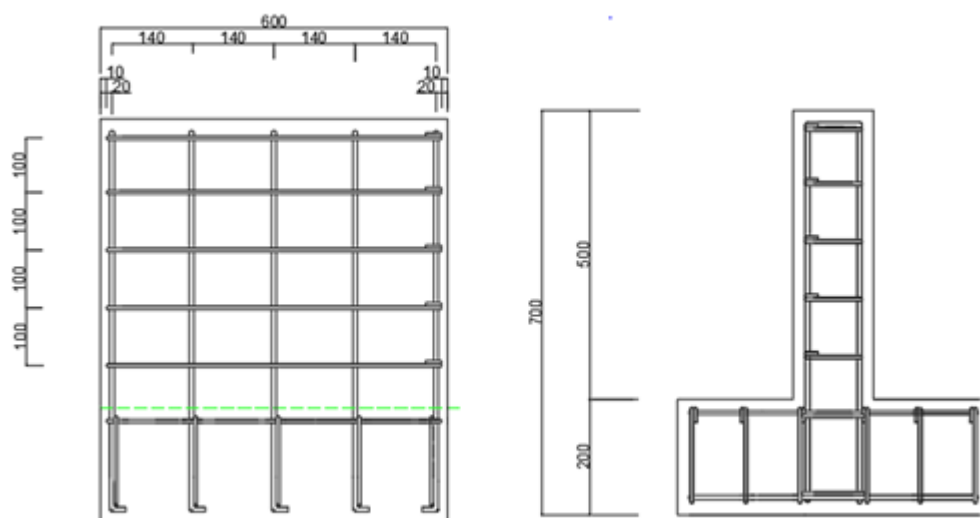
Kemudian pada penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono, 2018) didapatkan hasil yaitu benda uji abutment tanpa wing wall memiliki beban maksimum sekitar 2250 kg – 2300 kg dengan retak pertama terjadi di sekitar beban 700 kg. Kemudian defleksi maksimum yang terjadi yaitu 42,14 mm untuk benda uji kedua, dan 41,53 mm untuk benda uji ketiga.

4.5.2 Analisis Daktilitas Perpindahan

Dari kedua hasil penelitian yang ditinjau, terdapat perbedaan dari jarak tulangan yang digunakan dengan menggunakan tulangan yang sama. Dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :

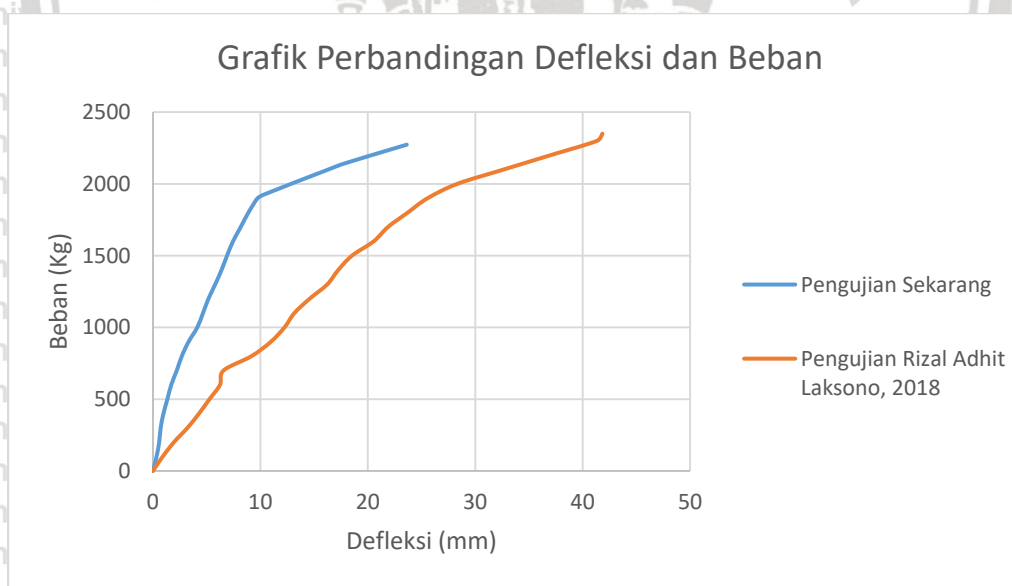


Gambar 4.7 konfigurasi tulangan penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono, 2018)



Gambar 4.8 konfigurasi tulangan benda uji abutment

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



Gambar 4.9 Grafik perbandingan defleksi dan beban dari kedua pengujian

Pada grafik nilai defleksi dari penelitian sekarang lebih kecil daripada penelitian sebelumnya, padahal jarak tulangan pada penelitian sekarang lebih renggang dibandingkan penelitian sebelumnya. Hal ini disebabkan perbedaan hasil mutu beton yang didapatkan yaitu sebesar 26,992 Mpa sedangkan pada penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono,

2018) didapatkan hasil sebesar 18,348 Mpa seperti yang tertera pada tabel 4.11 dan tabel 4.15.

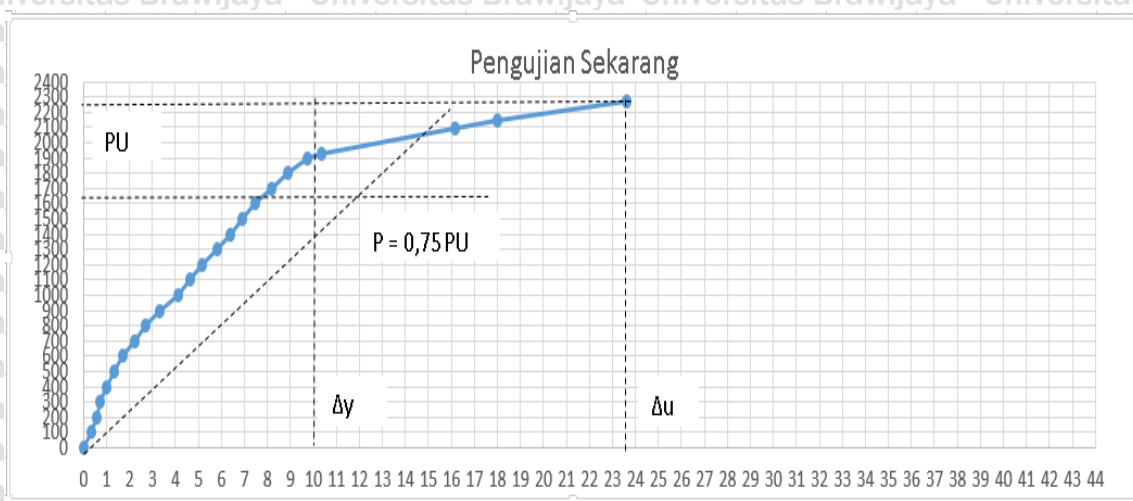
Tabel 4.15 Hasil Uji Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton (Sampel Benda Uji Rata-Rata)

Kode Benda Uji	Sampel	f'_c	Rata-Rata
		(MPa)	(MPa)
TW	TW1	14,126	18,348
	TW2	17,551	
	TW3	23,336	
W	W1	16,108	22,808
	W2	24,832	
	W3	27,485	

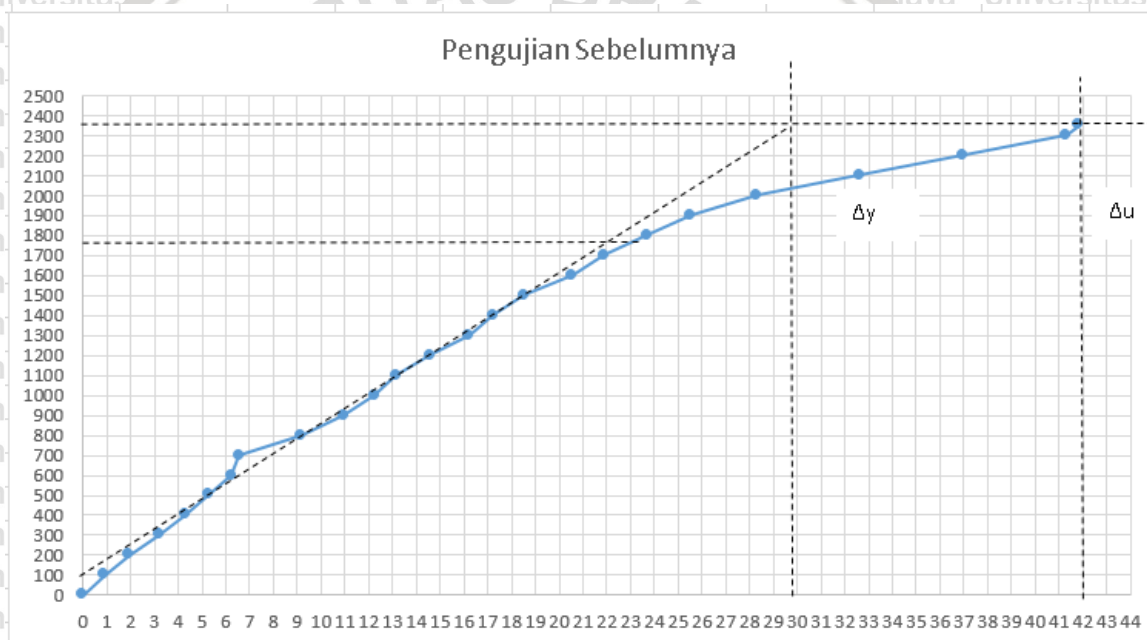
Sumber : Hasil penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono, 2018)

Dari grafik yang didapat, dilakukan analisis untuk daktilitas perpindahan yang terjadi pada masing-masing hasil percobaan. Namun pada penelitian ini abutment terangkat saat dilakukan pengujian beban lateral, sehingga memperngaruhi hasil dari perbandingan beban dan deformasi. Daktilitas perpindahan merupakan perbandingan antara nilai deformasi disaat kondisi *ultimate* dan deformasi disaat kondisi leleh. Deformasi saat kondisi *ultimate* yang digunakan pada perhitungan adalah deformasi dari data terakhir yang tercatat pada pengujian. Sedangkan nilai deformasi saat kondisi leleh ditentukan dengan cara menarik garis vertikal yang berasal dari titik potong garis yang memotong kondisi awal, saat beban maksimum, dan saat beban bernilai 75% dari beban maksimum. Berikut merupakan langkah-langkah menentukan nilai deformasi saat kondisi leleh :

1. Siapkan grafik perbandingan antara beban P dengan deformasi Δ .
2. Tarik garis horizontal yang sejajar dengan beban maksimum, P_u .
3. Tentukan nilai beban saat beban 0,75 dari beban maksimum, $P = 0,75P_u$.
4. Tarik garis diagonal dari titik awal (0,0) memotong titik $P = 0,75P_u$ hingga menyentuh garis horizontal dari beban maksimum P_u .
5. Dari titik yang menyentuh garis horizontal pada tahapan nomor 4, tarik garis vertikal ke bawah.
6. Nilai yang ditunjukkan pada tahapan nomor 5 merupakan deformasi leleh, Δ_y .



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Beban dan Deformasi Penelitian Sekarang



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Beban dan Deformasi Penelitian Sebelumnya

(Rizal Adhit Laksono, 2018)

Setelah didapatkan nilai deformasi *ultimate* dan deformasi leleh, maka perhitungan daktilitas dapat dilakukan dengan rumus :

$$\mu = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (4-1)$$

Dengan :

μ = Nilai daktilitas

Δu = Deformasi *ultimate* (mm)

Δy = Deformasi leleh (mm)

Pada penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono, 2018), didapatkan deformasi leleh sebesar 29,8 mm dan deformasi *ultimate* sebesar 42 mm dengan beban maksimum 2350 kg. Daktilitas yang didapat yaitu sebesar 1,4 sehingga termasuk pada struktur dengan daktilitas parsial karena nilai daktilitas berada pada nilai $1 \leq \mu < 5,3$.

Sedangkan pada penelitian sekarang didapatkan deformasi leleh sebesar 10,1 mm dan deformasi *ultimate* sebesar 26,3 mm dengan beban maksimum 2273.3 kg. Daktilitas yang didapat yaitu sebesar 2,6 sehingga termasuk oada struktur dengan daktilitas parsial karena daktilitas berada pada nilai $1 \leq \mu < 5,3$.

Setelah semua telah dilakukan analisis yang sama, maka didapatkan hasil perbandingan beban dan deformasi setiap benda uji pada tabel 4.16

Tabel 4.16

Hasil Analisis Grafik Perbandingan Beban dan Deformasi Benda Uji Abutment

Benda uji	P (kg)		Δ (mm)		$\Delta u/\Delta y$
	Ult	75% Ult	Ult	Yield	
Benda uji abutment penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono, 2018)	2350	1762,5	42	29,8	1,4
Benda uji abutment penelitian sekarang	2273,3	1704,975	26,3	10,1	2,6

Sumber : Hasil penelitian

Dari Tabel 4.16 bisa dilihat bahwa dengan semakin rapat jarak antar tulangan, maka kapasitas beban yang dapat ditahan semakin besar serta meningkatkan panjang deformasi ketika leleh. Kemudian dapat terlihat pula bahwa nilai daktilitas pada benda uji penelitian sekarang lebih besar dari nilai daktilitas pada benda uji penelitian sebelumnya. Akan tetapi kedua hasil daktilitasnya termasuk ke dalam daktilitas parsial, dimana sama-sama merupakan daktilitas normal.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

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 diketahui bahwa terkait pola retak pada abutment tidak didapat hasil yang sesuai dengan hipotesa, dikarenakan kurangnya kesempurnaan dalam pembuatan benda uji yang mempengaruhi dimensi asli dari perencanaan serta kurangnya kemampuan alat penunjang yang mengakibatkan pengujian tidak sesuai rencana serta retak yang terjadi tidak pada tempat yang diprediksi.
2. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa pada benda uji abutment penelitian sebelumnya (Rizal Adhit Laksono, 2018) dengan jarak tulangan yang lebih rapat memiliki nilai daktilitas yang lebih kecil dibandingkan benda uji abutment penelitian sekarang dengan jarak tulangan yang lebih renggang, dan kedua benda uji termasuk ke dalam daktilitas parsial karena berada dalam nilai $1 \leq \mu < 5,3$. Sedangkan abutment dengan jarak tulangan yang lebih rapat dapat menahan beban yang lebih besar yaitu sebesar 2350 kg.

5.2 Saran

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

1. Dalam pembuatan benda uji abutment, diperlukan jumlah orang yang memadai agar pada saat proses pengerjaan benda uji bisa lebih presisi dan lebih efektif.
2. Perlunya kontrol terhadap kualitas dan mutu dari material yang digunakan sebelum dilakukan pengecoran. Selain itu, pelaksanaan pengecoran pun perlu diperhatikan agar tidak terjadi kesalahan dalam proses penelitian.

3. Perlunya dilakukan persiapan dan pengecekan alat dengan teliti dan direncanakan dengan baik sejak awal, sehingga pada saat pelaksanaan pengujian setiap elemen alat yang berfungsi sebagai penunjang dapat berfungsi dengan baik.
4. Perlunya mencari alternatif klem yang kuat agar benda uji abutment tidak terangkat.
5. Dalam melakukan pengujian, perlu menyiapkan alat dokumentasi lebih dari satu agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan selama proses perekaman video, seperti memori alat dokumentasi penuh saat pengujian masih berjalan.
6. Perlunya penyesuaian frame baja agar rata dengan permukaan benda uji sehingga tidak ada celah yang membuat benda uji tidak dalam posisi rata yang mengakibatkan benda uji terangkat saat diberi beban.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Abutment	5
2.1.1 Beban Yang Bekerja Pada Abutment	9
2.2 Pola Retak	10
2.2.1 Jenis Retak Struktur Beton Bertulang	10
2.3 Beban Yang Bekerja Pada Abutment	12
2.4 Beban Gempa	13
2.4.1 Metode Analisis Statik	13
2.4.2 Metode Analisis Dinamis	13
2.5 Beban Tumbukan (<i>Collision</i>)	16
2.6 Daktilitas	18

2.6.1 Daktilitas Perpindahan.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2 Bahan Penelitian.....	23
3.2.1 Pozzolan Portland Cement	23
3.2.2 Agregat.....	23
3.2.3 Air.....	23
3.2.4 Tulangan Baja.....	23
3.3 Alat Penelitian.....	24
3.3.1 Saringan	24
3.3.2 Timbangan	24
3.3.3 Mesin Pengaduk Beton	24
3.3.4 Vibrator.....	24
3.3.5 Cetakan Benda Uji.....	24
3.3.6 Alat Uji Tekan (<i>Compression Machine Test</i>).....	24
3.3.7 Dial Gauge Digital.....	25
3.3.8 Satu Set Alat Uji Lentur.....	25
3.3.9 Alat Bantu Lainnya.....	25
3.4 Tahapan Penelitian	26
3.5 Rancangan Penelitian	27
3.6 Variabel Penelitian	28
3.7 Prosedur Penelitian.....	28
3.7.1 Pembuatan Benda Uji.....	28
3.7.2 Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	30
3.7.3 Pengujian Kuat Tekan Silinder	30
3.7.4 Pengujian Benda Uji Abutment	31

3.8 Rancangan Analisis Data.....	32
3.8.1 Pengumpulan Data.....	32
3.8.2 Pengolahan Data.....	33
3.9 Hipotesis.....	33
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Analisis Material Penyusun Benda Uji.....	35
4.1.1 Air.....	35
4.1.2 Agregat Kasar.....	35
4.1.3 Agregat Halus	35
4.1.4 Semen.....	35
4.1.5 Tulangan Baja	35
4.2 Pembuatan Benda Uji Abutment.....	36
4.3 Uji Slump Beton	38
4.4 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder	39
4.5 Hasil Pengujian Beban Lateral	42
4.5.1 Hasil Pola Retak.....	45
4.5.2 Analisis Daktilitas Perpindahan.....	47
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Zhen Y., Xiao X., Zhi L., Guobo W (2014). *Evaluation on Impact Interaction between Abutment and Steel Girder Subjected to Nonuniform Seismic Excitation. Shock and Vibration*.
- 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.
- Kawashima, K and Unjoh, S. (1996). *The damage of highway bridges in the 1995 hyogo-ken nanbu earthquake and its impact on Japanese seismic design*. Journal of Earthquake Engineering, 1(3), 505-541.
- Setyowulan, D., Hamamoto, T. and Yamao, T. (2016). *Investigation of seismic response on girder bridges: the effect of displacement restriction and wing wall types*. International Procedia - Social and Behavioral Sciences 218, 5(11), 104-117.
- Setyowulan, D., Hamamoto, T. and Yamao, T. (2014). *Elasto-plastic behavior of 3-dimensional reinforced concrete abutments considering the effect of the wing wall*. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 5(11), 97-113.
- Setyowulan, D., Yamamoto, K., Yamao, T. and Hamamoto, T. (2015). *Dynamic analysis of concrete girder bridges under strong earthquakes: the effect of collision, base- isolated pier and wing wall*. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 6(4), 79- 93.
- Wijaya, M.N., Susanti, L., Setyowulan, D. & Salim, A.A. (2017). *Effects of Using Lower Steel Grade on the Critical Members to the Seismic performance of Steel Truss Bridge Structures*. IJCIET. Vol. 8, No.10:948-955.
- Widodo. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Universitas Islam Indonesia Press.
- Wijaya, M.N., Susanti, L., Setyowulan, D. & Salim, A.A. (2017). *Effects of Using Lower Steel Grade on the Critical Members to the Seismic performance of Steel Truss Bridge Structures*. IJCIET. Vol. 8, No.10:948-955.
- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.

OGURA Yusuuke, UNJOH Shigeki (2003). *Response characteristics of bridge abutment subjected to collision of girder during an earthquake*. Journal of engineering.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 7394-2008. Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*.

Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

PPPJR. (1987). *Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya dan Brigde*.

Badan Standardisasi Nasional. (1991). *SNI 07-2529-1991. Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2005). *RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2016). *RSNI T-02-2005. Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Park, R. and Ruitong, D. 1988. *Ductility of Doubly Reinforced Concrete Beam Section*. ACI Structural Journal. Vol. 85, No. 2, March 1988, pp. 217-225.

SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

SNI 7394-2008. 2008. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*.

www.researchgate.com (24 Maret 2019)

<http://www.civilengineeringx.com> (24 Maret 2019)

<http://onlinecalc.sdsu.edu> (24 Maret 2019)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU ABUTMENT TERHADAP POLA RETAK DAN DAKTILITAS PADA JEMBATAN DALAM MENAHAN BEBAN GEMPA (COLLISION) AKIBAT GEMPA”** dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar **Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya**.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo., ST., MT.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
2. Ibu **Dr. Eng. Eva Arifi., ST., MT.**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
3. Bapak **Dr. Eng. Indradi W., ST, M.Eng (Prac).**, selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
4. Ibu **Dr. Eng. Desy Setyowulan., ST., M.Sc.**, selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Bapak **Dr. Eng. Ming Narto W., ST., MT., M.Sc.**, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Ibu **Dr. Eng. Lilya Susanti., ST., MT.**, yang juga membantu dan memberikan saran kepada saya dalam menyusun skripsi ini.
7. Bapak **Dr. Ir. Wisnumurti., MT.**, selaku KKJF Struktur.
8. **Keluarga Tercinta** (Papa, Mama, sepupu-sepupu, pakde, bude, om dan tante) yang telah mendoakan dan memberikan semangat kepada saya dalam menyelesaikan skripsi.
9. **Annisa Sophie Amalia** sebagai wanita yang sudah mendorong saya untuk menjadi lebih baik, tidak pernah menyerah, dan selalu memberi semangat dan doa selama menyelesaikan skripsi.
10. Kolega **HMS FT-UB dan DPA FT-UB Periode 2018/2019** (Akbar, Alif, Hanita, Badi, Rima, Icil, Mike, Fahmi, Alva, Dora, Kus, Toton, Iqbal, Elliana, Iqbaal, Nurmadinah, Yogi, Erika, Rizal, Dharmawan, Ilham, Rakha, Syaiful dan Donny). Mereka adalah para pejuang organisasi yang telah banyak memberikan pelajaran hingga pengalaman saat gagal dan merespon cepat untuk bangkit.

11. Teman-teman **RENUNGAN MALAM**, yang terdiri atas Pengurus inti Lembaga Angkatan 2015, yang menjadi teman seperjuangan dalam merintis karir di Kemahasiswaan Teknik Sipil UB.

12. **Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Universitas Brawijaya**, khususnya teman-teman Teknik Sipil 2015 dan Ketua Angkatan 2015 M. Alfian Ramadhani, teman-teman seperjuangan saya sejak Mahasiswa baru, yang memberikan dukungan serta semangat selama penelitian ini berlangsung.

13. **MAHASISA 2015**, para pejuang skripsi yang diberi kelebihan untuk bisa bertahan lebih lama dan memberikan kontribusi lebih untuk nantinya akan menjadi orang-orang hebat, Donny, Alva, Fahmi, Anna, Zaeri, Jonathan, Munir.

14. Dan semua pihak yang telah membantu kelancaran pengerjaan skripsi ini, yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Saya menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, November 2019

Farly Andhareshi

RINGKASAN

Farly Andhareshi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, November 2019, *Studi Eksperimental Perilaku Abutment Terhadap Pola Retak dan Daktilitas Pada Jembatan Dalam Menahan Beban Tumbukan (Collision) Akibat Gempa*, Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc. dan Dr. Eng. Ming Narto Wijaya, ST., MT., M.Sc.

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 Ø8 untuk tulangan utama dan ukuran Ø6 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 pengujian yang dilakukan didapatkan perbandingan beban lateral maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji abutment penelitian sekarang dengan penelitian sebelumnya yang memiliki perbedaan jarak tulangan 140 mm dan 88 mm, yaitu masing-masing 2350 kg dan 2273,3 kg. Sedangkan untuk nilai daktilitas struktur didapat dari perbandingan antara deformasi ultimit dengan deformasi leleh. Dari hasil pengolahan data didapatkan nilai daktilitas struktur dari benda uji abutment penelitian sekarang dan penelitian sebelumnya, yaitu masing-masing 2,6 dan 1,4. Pola retak yang terjadi pada ketiga benda uji abutment yang diuji tidak terjadi pada tempat yang diprediksi, melainkan pada tumpuan benda uji. 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, Daktilitas, Pola Retak, Jarak Tulangan



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

