



**PENGARUH PEMAKAIAN KLEM SELANG TERHADAP BEBAN  
MAKSIMUM PADA SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON  
BERTULANGAN BAMBU**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**LUCKY YANUAR  
NIM. 135060101111005**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2017**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH PEMAKAIAN KLEM SELANG TERHADAP BEBAN  
MAKSIMUM PADA SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERTULANGAN**

**BAMBU**

**SKRIPSI**

**TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Lucky Yanuar**

**NIM. 135060101111005**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir Sri Murni Dewi, MS.

NIP. 19511211 198103 2 001

Dr. Eng. Devi Nuralinah., ST., MT.

NIP. 19761208 200604 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Dr. Eng. Indradi W, ST, M..Eng (Prac)

NIP. 19810220 200604 1 002





## HALAMAN IDENTITAS PENGUJI SKRIPSI

### JUDUL SKRIPSI:

Pengaruh Pemakaian Klem Selang terhadap Beban Maksimum pada Sambungan Balok-Kolom  
Beton Bertulangan Bambu

Nama Mahasiswa : Lucky Yanuar  
NIM : 135060101111005  
Program Studi : Teknik Sipil  
Minat : Struktur

### TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Prof. Dr. Ir Sri Murni Dewi, MS.  
Dosen Penguji II : Dr. Eng. Devi Nuralinah, ST., MT  
Dosen Penguji III : Dr. Eng. Ming Narto W., ST., MT., M.Sc

Tanggal Ujian : 28 Juli 2017  
SK Penguji : 962 /UN10.F07/PP/2017





## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan 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 asli dari 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 didalam 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,

Mahasiswa,

**Lucky Yanuar**

NIM. 135060101111005



## RIWAYAT HIDUP

Lucky Yanuar lahir di Nganjuk, 20 Januari 1995 anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Murjani dan Ibu Pipien Mardianti. Menjalani pendidikan dasar di SDN Banaran Kulon II Nganjuk lulus pada tahun 2007. Setelah itu menempuh pendidikan di SMP Negeri 1 Nganjuk hingga tahun 2010 dan dilanjutkan ke SMA Negeri 2 Nganjuk hingga tahun 2013. Kemudian melanjutkan pendidikan S1 Jurusan Teknik Sipil di Universitas Brawijaya Malang dan lulus pada tahun 2017.

Pada masa kuliah, aktif berorganisasi baik di Jurusan maupun Fakultas, Pada tahun 2016 Menjabat sebagai Ketua Departemen PSDM Himpunan Mahasiswa Sipil dan ikut berpartisipasi sebagai Asisten Tugas Besar Mekanika Bahan dan Asisten Tugas Besar Hidrologi pada tahun 2016. Selain Organisasi, berpartisipasi pula pada Kompetisi. Pada Tahun 2017 berhasil meraih juara 1 di Kompetisi Civil Tender Competition 2017 Tingkat Nasional.

Malang, Juli 2017

Penulis



## KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah Subhanahu wata'ala atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga memudahkan dalam penyelesaian tugas akhir dengan judul “Pengaruh Pemakaian Klem Selang terhadap Beban maksimum pada Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulangan Bambu” sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan lancar tanpa adanya doa, bimbingan, serta bantuan dari berbagai elemen. Oleh karena itu, tak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Murjani, Ibu Pipien Mardianti dan Adik Intan Dewi yang tidak pernah berhenti memberikan doa dan dukungan,
2. Ir. Sugeng P. Budio, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng. (Prac.), selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS dan Dr. Eng. Devi Nuralinah, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi.
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu mulai dari awal perkuliahan hingga saat ini.
6. Bapak Sugeng, Mas Dino, dan Pak Hadi selaku admin Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi.
7. Rekan seperjuangan skripsi Rahadian Dwi N dan Yopi Adi P. yang telah berjuang bersama demi selesainya penelitian dan tugas akhir ini.
8. Rekan Satu Atap di Gubuk persinggahan ( Aulia risky F, Adven jelian, Diaz M.J dan Irza Andys S) yang selalu menjadi tempat hiburan.
9. Keluarga Besar Veteran Baret Kuning 2016 yang sampai saat ini belum sevisi namun tetap solid dan konsisten.
10. Tim MDC, Tim GALUH, Arif Jaya Beton, Tim Porus dan Research team yang selalu menjadi tandem terbaik Direksi Keet selama menghuni gedung E.
11. Sahabat sekaligus keluarga MJS squad Fadel, Raka, kosim, Aceng, Roizan, Domba, Opik, Diaz, Aul, Zum, Adamor, Ogle, Jepris, Alang, kakek, adven, irza yang selalu mengisi hari-hari dengan minum kopi.
12. Segenap Keluarga Besar Sipil Angkatan 2013 dan Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Universitas Brawijaya yang telah membantu dan mendukung selama masa perkuliahan.
13. Tria Nesha S.Keb,bd. yang selalu setia menemani.



Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penelitian yang lainnya.

Dan terimakasih atas semua bantuan dan doanya, semoga Allah SWT membalas dengan kebaikan .

Malang, Juli 2017

Penulis

**DAFTAR ISI**

RINGKASAN.....	xv
SUMMARY .....	xvii
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Beton .....	5
2.1.1. Beton bertulang .....	5
2.2. Bambu .....	5
2.2.1. Bambu sebagai tulangan beton.....	5
2.2.2. Kuat tarik bambu .....	6
2.2.3. Sifat mekanis bambu sebagai tulangan .....	7
2.3. Klem selang.....	8
2.4. Beban siklik.....	9
2.5. Kapasitas lentur pada balok bertulang bambu.....	10
2.6. Perpindahan.....	11
2.7. Retak.....	13
2.7.1. Jenis retak.....	13
2.8. Penelitian mengenai bambu .....	14
2.9. Hipotesis penelitian .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>



3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2.	Variabel Penelitian.....	17
3.3.	Peralatan dan Bahan Penelitian.....	17
3.3.1.	Peralatan Penelitian.....	17
3.3.2.	Bahan Penelitian.....	18
3.4.	Analisa Bahan.....	18
3.4.1.	Semen.....	18
3.4.2.	Air.....	18
3.4.3.	Agregat.....	18
3.4.4.	Tulangan.....	19
3.4.5.	Beton.....	19
3.4.6.	Klem Selang.....	19
3.5.	Rancangan Penelitian.....	19
3.5.1.	Rancangan Benda Uji Tekan.....	19
3.5.2.	Rancangan Benda Uji Kuat Lentur Sambungan Balok-Kolom dengan beban Lateral Satu Arah.....	19
3.5.3.	Rancangan Benda Uji Kuat Lentur Sambungan Balok-Kolom dengan beban siklik.....	21
3.6.	Prosedur Penelitian.....	24
3.6.1.	Pabrikasi tulangan bambu.....	24
3.6.2.	Uji tekan beton silinder.....	24
3.6.3.	Pembuatan Benda Uji Sambungan Balok – Kolom.....	25
3.6.4.	Setting Up pengujian Kuat lentur dengan beban lateral satu arah.....	25
3.6.5.	Pengujian Kuat Lentur dengan Beban Lateral Satu Arah.....	25
3.6.6.	Perhitungan Teoritis beban rencana.....	26
3.6.7.	<i>Setting up</i> pengujian Kuat lentur dengan beban siklik.....	28
3.6.8.	Pengujian kuat lentur dengan beban siklik.....	29
3.7.	Data pengamatan.....	29
3.8.	Analisis hasil.....	30
3.9.	Uji Hipotesis.....	31
3.9.1.	Metode Anova Dua Arah.....	31
3.9.2.	Metode Analisis Regresi.....	34
3.10.	Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	35
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>		<b>37</b>



4.1.	Pengujian Bahan.....	37
4.1.1.	Analisis Agregat Halus dan Analisis Agregat Kasar .....	37
4.1.2.	Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton .....	38
4.2.	Pembuatan Benda Uji.....	39
4.3.	Pengujian Slump dan Uji Kuat Tekan Beton .....	42
4.3.1.	Pengujian Slump` .....	42
4.3.2.	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	43
4.4.	Perhitungan Beban Rencana (Prencana) dan Pengujian Beban Lateral Satu Arah.....	46
4.4.1.	Perhitungan Beban Rencana (P <sub>rencana</sub> ) .....	46
4.4.2.	Pengujian Benda Uji dengan Beban Lateral Satu Arah .....	49
4.5.	Pengujian Lentur Sambungan Balok-Kolom Bertulangan Bambu .....	50
4.5.1.	Pemodelan Pembebanan Sambungan Balok - Kolom.....	50
4.5.2.	Hasil Pengujian Siklik Sambungan Balok-Kolom Beton bertulangan Bambu.....	51
4.6.	Analisis Lentur Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulangan Bambu.....	62
4.6.1.	Teoritis .....	62
4.6.2.	Perbandingan Aktual dan Teoritis.....	64
4.7.	Analisis Lendutan Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulangan Bambu ....	66
4.7.1.	Teoritis .....	66
4.7.2.	Aktual.....	70
4.7.3.	Perbandingan Aktual dan Teoritis.....	71
4.8.	Pola Retak Balok Bertulangan Bambu.....	72
4.9.	Analisis Tegangan Tulangan Bambu .....	81
4.10.	Uji Hipotesis.....	82
4.10.1.	Metode Two-Way ANNOVA .....	83
4.10.2.	Metode Analisis Regresi .....	87
BAB V_PENUTUP .....		91
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....		93
LAMPIRAN .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Tegangan Tarik Bambu Oven .....	6
Tabel 2. 2 Kuat Batas dan Tegangan Ijin Bambu.....	7
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian .....	17
Tabel 3. 2 faktor benda uji kuat lentur.....	22
Tabel 3. 3 faktor benda uji kuat lentur.....	22
Tabel 3. 4 form data hasil pembebanan dan <i>deformasi</i> .....	26
Tabel 3. 5 Form Data Hasil Pembebanan Dan <i>Deformasi</i> .....	30
Tabel 3. 6 Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi .....	32
Tabel 3. 7 Tabulasi Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi .....	34
Tabel 4. 1. Hasil Analisis Agregat Halus (Pasir).....	37
Tabel 4. 2. Hasil Analisis Agregat Kasar (Kerikil) .....	37
Tabel 4. 3. Perhitungan <i>Mix Design</i> beton mutu 30 MPa .....	38
Tabel 4. 4. Pengujian Slump.....	43
Tabel 4. 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton .....	44
Tabel 4. 6 Beban maksimum pada sambungan balok-kolom.....	51
Tabel 4. 7 Lendutan maksimum pada benda uji sambungan balok-kolom .....	54
Tabel 4. 8 Lendutan Pada Beban 650 Kg. ....	61
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan beban maksimum teoritis. ....	64
Tabel 4. 10 Perbandingan Hasil Beban Aktual dan Teoritis .....	65
Tabel 4. 11 Lendutan Teoritis Balok .....	69
Tabel 4. 12 Lendutan aktual .....	70
Tabel 4. 13 Perbandingan Lendutan Aktual dan teoritis .....	71
Tabel 4. 14 Hasil pegamatan lebar dan panjang retak.....	73
Tabel 4. 15 Jumlah Retak .....	73
Tabel 4. 16 Tegangan leleh Benda uji .....	82
Tabel 4. 17 Beban maksimum Sambungan Balok-kolom. ....	84
Tabel 4. 18 Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi.....	84
Tabel 4. 19 Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi .....	86
Tabel 4. 20 Perhitungan analisis regresi.....	88





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan Tegangan-Regangan Bambu dan Baja .....	7
Gambar 2. 2 Perilaku bambu yang tidak dilapisi lapisan kedap air.....	8
Gambar 2. 3 Klem selang.....	9
Gambar 2. 4 Hysteresis Loop .....	9
Gambar 2. 5 Distribusi Tegangan dan Regangan pada Beton Bertulang Bambu .....	10
Gambar 2. 6 Komponen Perpindahan Total (a) Lentur (b) Geser (c) Penetrasi Leleh .....	12
Gambar 2. 7 Retak Lentur .....	13
Gambar 2. 8 Retak Geser .....	14
Gambar 3. 1 (a) Benda uji $a_2b_1$ (b) potongan balok dan kolom benda uji $a_2b_1$ .....	20
Gambar 3. 2 (a) Benda uji $a_2b_2$ (b) potongan balok dan kolom benda uji $a_2b_2$ .....	21
Gambar 3. 3 (a) Benda uji $a_1b_1$ (b) potongan balok dan kolom benda uji $a_1b_1$ .....	23
Gambar 3. 4 (a) Benda uji $a_1b_2$ (b) potongan balok dan kolom benda uji $a_1b_2$ .....	24
Gambar 3. 5 Skema Pengujian Kuat Lentur Beban Lateral Satu Arah.....	25
Gambar 3. 6 Hubungan beban (P) dengan <i>deformasi</i> ( $\Delta$ ).....	26
Gambar 3. 7 Definisi dari Distribusi Tegangan Balok Persegi Bertulang Bambu.....	27
Gambar 3. 8 (a) Tampak Depan Skema Pengujian Siklik (b) Tampak Atas Skema Pengujian Siklik.....	29
Gambar 3. 9 Hubungan beban (P) dengan <i>deformasi</i> ( $\Delta$ ).....	31
Gambar 3. 10 Tahapan Penelitian .....	36
Gambar 4. 1. Pembuatan Tulangan Bambu .....	39
Gambar 4. 2. Penulangan Sambungan Balok-Kolom $A_1B_1$ (terakit) .....	40
Gambar 4. 3. Penulangan Sambungan Balok-Kolom $A_1B_2$ (terakit) .....	40
Gambar 4. 4. Penulangan Sambungan Balok-Kolom $A_2B_1$ (terakit) .....	40
Gambar 4. 5. Penulangan Sambungan Balok-Kolom $A_2B_2$ (terakit) .....	41
Gambar 4. 6. Penimbangan Bahan untuk Pengecoran .....	41
Gambar 4. 7. Bekesting dan Peletakkan Tulangan yang Siap Cor.....	41
Gambar 4. 8. Hasil Cor Benda Uji Sambungan Balok-Kolom dan Silinder.....	42
Gambar 4. 9. Pengujian Slump pada saat Pengecoran .....	42
Gambar 4. 10. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	44
Gambar 4. 11. Grafik Hasil Uji Tekan Beton Benda Uji $A_1B_1$ & $A_1B_2$ .....	45
Gambar 4. 12. Grafik Hasil Uji Tekan Beton Benda Uji $A_2B_1$ & $A_2B_2$ .....	45



<i>Gambar 4. 14.</i> Skema Pembebanan Beban Lateral Satu Arah.....	46
<i>Gambar 4. 15</i> Pemodelan Pengujian Beban Lateral Satu Arah .....	49
<i>Gambar 4. 16</i> Grafik Hasil Pengujian Beban Lateral Satu Arah .....	50
<i>Gambar 4. 17.</i> Pemodelan Beban pada Benda Uji.....	51
<i>Gambar 4. 18</i> Beban maksimum pada Rasio tulangan 0.96 %.....	52
<i>Gambar 4. 19</i> Beban maksimum pada rasio tulangan 1.5%. .....	52
<i>Gambar 4. 20</i> Beban maksimum pada rasio tulangan 1.5%. .....	53
<i>Gambar 4. 21</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_1B_1 - 1$ .....	54
<i>Gambar 4. 22</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_1B_1 - 2$ .....	55
<i>Gambar 4. 23</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_1B_1 - 3$ .....	55
<i>Gambar 4. 24</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_1B_2 - 1$ .....	56
<i>Gambar 4. 25</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_1B_2 - 2$ .....	56
<i>Gambar 4. 26</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_1B_2 - 3$ .....	57
<i>Gambar 4. 27</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_2B_1 - 2$ .....	57
<i>Gambar 4. 28</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_2B_1 - 3$ .....	58
<i>Gambar 4. 29</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_2B_1 - 4$ .....	58
<i>Gambar 4. 30</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_2B_2 - 2$ .....	59
<i>Gambar 4. 31</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_2B_2 - 3$ .....	59
<i>Gambar 4. 32</i> Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji $A_2B_2 - 4$ .....	60
<i>Gambar 4. 33</i> Perbandingan lendutan Tanpa klem selang Pada rasio tulangan 0.96% .....	61
<i>Gambar 4. 34</i> Perbandingan lendutan Tanpa klem selang Pada rasio tulangan 1.5% .....	61
<i>Gambar 4. 35</i> Beban Maksimum Teoritis.....	64
<i>Gambar 4. 36</i> Perbandingan Beban Aktual dan Teoritis .....	65
<i>Gambar 4. 37</i> <i>Conjugate Beam</i> pada Balok kantilever Beton Bertulangan Bambu. ....	66
<i>Gambar 4. 38</i> lendutan teoritis .....	70
<i>Gambar 4. 39</i> lendutan actual elastis .....	71
<i>Gambar 4. 40</i> Perbandingan lendutan actual dan teoritis. ....	72
<i>Gambar 4. 41</i> Pola retak Pada beban maksimum $A_1B_1 - 1$ .....	74
<i>Gambar 4. 42</i> Pola retak Pada beban maksimum $A_1B_1 - 2$ .....	74
<i>Gambar 4. 43</i> Pola retak Pada beban maksimum $A_1B_1 - 3$ .....	75
<i>Gambar 4. 44</i> Pola retak Pada beban maksimum $A_1B_2 - 1$ .....	75
<i>Gambar 4. 45</i> Pola retak Pada beban maksimum $A_1B_2 - 2$ .....	76
<i>Gambar 4. 46.</i> Pola retak Pada beban maksimum $A_1B_2 - 3$ .....	76
<i>Gambar 4. 47.</i> Pola retak Pada beban maksimum $A_2B_1 - 2$ .....	77



*Gambar 4. 48.* Pola retak Pada beban maksimum  $A_2B_1 - 3$  ..... 77

*Gambar 4. 49.* Pola retak Pada beban maksimum  $A_2B_1 - 4$  ..... 78

*Gambar 4. 50.* Pola retak Pada beban maksimum  $A_2B_2 - 2$  ..... 78

*Gambar 4. 51.* Pola retak Pada beban maksimum  $A_2B_2 - 3$  ..... 79

*Gambar 4. 52* Pola retak Pada beban maksimum  $A_2B_2 - 4$  ..... 79

*Gambar 4. 53* lebar retak pada benda uji  $A_1B_1 - 3$  ..... 80

*Gambar 4. 54* Grafik Beban dan Rasio Tulangan untuk Jarak Kait Klem Selang yang Berbeda ..... 87

*Gambar 4. 55* pengaruh penggunaan klem selang ..... 89



**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran 1. Data Hasil Analisa Gradasi Agregat .....</b>	<b>95</b>
<b>Lampiran 2. Data Hasil Kadar Air, Berat Jenis, dan Penyerapan Agregat.....</b>	<b>101</b>
<b>Lampiran 3. Data Hasil Berat Isi Agregat .....</b>	<b>103</b>
<b>Lampiran 4. Data Hasil Mix Design .....</b>	<b>104</b>
<b>Lampiran 5. Data Pengecoran.....</b>	<b>105</b>
<b>Lampiran 6. Data Hasil Uji Tekan .....</b>	<b>106</b>
<b>Lampiran 7. Data Hasil Pengujian <i>Pull Out</i> .....</b>	<b>108</b>
<b>Lampiran 8. Perhitungan Kuat Lekat.....</b>	<b>166</b>
<b>Lampiran 9. Data Hasil Pengujian Beban Lateral Satu Arah .....</b>	<b>174</b>
<b>Lampiran 10. Data Hasil Pembebanan Siklik .....</b>	<b>177</b>
<b>Lampiran 11. Perhitungan Teoritis Maksimum.....</b>	<b>201</b>
<b>Lampiran 12. Perhitungan Tegangan Tulangan Bambu.....</b>	<b>205</b>
<b>Lampiran 13. Lebar Retak .....</b>	<b>208</b>
<b>Lampiran 14. Dokumentasi Pembuatan Benda Uji.....</b>	<b>212</b>



## RINGKASAN

**Lucky Yanuar**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2017, *Pengaruh pemakaian Kait Klem Selang terhadap Beban Maksimum pada Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulangan Bambu*, Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS dan Dr.Eng Devi Nuralinah, ST.,MT.

Bahan material beton masih digunakan dalam bidang konstruksi karena memiliki kuat tekan tinggi. Namun, beton memiliki kekurangan yaitu kuat tarik yang rendah sehingga sering dikombinasikan dengan tulangan. Tulangan bambu merupakan salah satu alternatif, karena bambu relative ekonomis, pertumbuhannya cepat dan kuat tarik bambu yang tinggi, tetapi bambu memiliki kekurangan yaitu kuat lekat yang rendah dengan beton. Maka perlu adanya upaya untuk mengatasi kelemahan bambu agar memenuhi syarat sebagai bahan konstruksi yang mampu mengganti tulangan baja. Dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh penggunaan klem selang terhadap beban maksimum pada sambungan balok-kolom. Sehingga dengan adanya penambahan kait berupa klem selang diharapkan mampu menambah tegangan lekat pada beton dan meningkatkan kapasitas beton bertulangan bambu.

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian pembebanan siklik untuk mengetahui kapasitas beban maksimum dengan pembuatan benda uji berupa balok bertulang bambu berdimensi 18 x 25 x 160 cm dan kolom berdimensi 18 x 25 x 75 cm serta jarak pemasangan kait klem selang 6 cm sebanyak 14 benda uji termasuk benda uji kontrol (tanpa kait). Besar beban maksimum yang dapat diterima benda uji rasio tulangan 0.76% (B<sub>1</sub>) tanpa kait klem selang (A<sub>1</sub>) rata-rata 928 kg dan benda uji rasio tulangan 0.76% (B<sub>1</sub>) dengan klem selang (A<sub>2</sub>) rata-rata 849 kg. Sedangkan benda uji tanpa klem selang (A<sub>1</sub>) pada rasio tulangan 1.21% (B<sub>2</sub>) rata-rata 1003 kg dan benda uji dengan klem selang (A<sub>2</sub>) pada rasio tulangan 1.21% (B<sub>2</sub>) rata-rata 1145.5 kg. Selain itu didapatkan lendutan pada beban 650 kg. Benda uji tanpa klem selang (A<sub>1</sub>) rasio tulangan 0.76% (B<sub>1</sub>) lendutan rata-rata 0.306 mm dan lendutan rata-rata benda uji dengan klem selang (A<sub>2</sub>) rasio tulangan 0.76% (B<sub>1</sub>) sebesar 0.387, Sedangkan Pada benda uji tanpa klem selang (A<sub>1</sub>) rasio tulangan 1.21% (B<sub>2</sub>) lendutan rata-rata sebesar 0.199 mm dan lendutan rata-rata benda uji klem selang (A<sub>2</sub>) rasio tulangan 1.21% (B<sub>2</sub>) sebesar 0.197.

Berdasarkan uji statistik metode *Two-Way ANNOVA* dan analisis regresi didapatkan belum adanya pengaruh dengan dipasangnya kait klem selang terhadap beban maksimum, hal ini dikarenakan jumlah benda uji sedikit dan koefisien variasi besar. Selain hasil kapasitas beban maksimum dan lendutan didapatkan juga hasil pola retak. Retak awal yang terjadi pada benda uji merupakan retak lentur. Pada benda uji tanpa klem selang (A<sub>1</sub>) jumlah retak lebih sedikit tetapi retakan tersebut lebih panjang dibandingkan dengan benda uji menggunakan klem selang (A<sub>2</sub>).

Kata kunci: sambungan balok-kolom bertulang bambu dengan kait, klem selang, beban maksimum, lendutan, pola retak.





## SUMMARY

**Lucky Yanuar**, *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2017, The Influence of Hose Clamps with The Maximum Load of Bamboo Reinforced Concrete Beam-Column's Connection*. Supervised by Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS and Dr. Eng Devi Nuralinah, ST., MT.

Concrete material is widely used in construction because it has compressive strength. However, on the other hand it also has shortcomings, such as poor tensile strength so in its making, concrete material often combined with reinforcement. Bamboo reinforcement is an alternative, due to its comparatively economical, bamboo's growth fast and high tensile strength, but it has poor adhesive strength towards concrete. So, there is need for efforts to overcome the weakness of bamboo in order to qualify as construction's material that's able to replace reinforcement of steel. This research examines the influence of hose clamps hook towards the maximum load of beam-column's connection. So, bamboo reinforced concrete with addition of hose clamps hooks are expected to increase adhesive strength onto the concrete and to increase capacity of bamboo reinforced concrete.

In this research, the examinations of bamboo reinforced beam using cyclic load are used to find out how large the acceptable load is with the specimens of 18 x 25 x 160 cm bamboo reinforced concrete, the column of 18 x 25 x 75 cm and 14 pieces hose clamps hook using variations of hook's distance 6 cm including the control specimen (without hooks). The largest load the beam 0.76% (B<sub>1</sub>) without hose clamps hook (A<sub>1</sub>) received are in the average of 928 kg and the beam 0.76% (B<sub>1</sub>) with hose clamps hook (A<sub>2</sub>) in the average of 849 kg. While on the beam with hose clamps hook (A<sub>1</sub>) at bamboo reinforced concrete 1.21% (B<sub>2</sub>) average of 1003 kg and the beam with hose clamps hook (A<sub>2</sub>) at bamboo reinforced concrete 1.21% (B<sub>2</sub>) average of 1145.5 kg. In other than, there was displacement at load 650 kg. The specimens without hose clamps hook (A<sub>1</sub>) reinforcement ratio 0.76% (B<sub>1</sub>) displacement average of 0.306 mm and displacement average of specimens with hose clamps hook (A<sub>2</sub>) reinforcement ratio 0.76% (B<sub>1</sub>) of 0.387. Even though the specimens without hose clamps hook (A<sub>1</sub>) reinforcement ratio 1.21% (B<sub>2</sub>) displacement average of 0.199 mm and displacement average of specimens with hose clamps hook (A<sub>2</sub>) reinforcement ratio 1.21% (B<sub>2</sub>) of 0.197.

Based on statistical tests with ANNOVA two-way methods and regression analysis obtained no influence by the application of hose clamps hook against the maximum load of beam-column's connection of bamboo reinforced concrete, its because the number of specimens is little and the coefficient of variation is large. Besides the result of maximum load capacity and displacement also obtained the result of crack pattern. Early cracks occurred on the beam is a flexural cracks. The specimens without hose clamps hook (A<sub>1</sub>) has less cracks, but the crack is longer than the specimen with hose clamps hook (A<sub>2</sub>).

**Keywords** : beam-column's connection of bamboo reinforced concrete with hook, hose clamps, maximum load, displacement, crack pattern





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan Infrastruktur di Indonesia yang terus meningkat, dengan ditandai banyaknya Pembangunan gedung pendidikan, perkantoran serta perumahan membuat para peneliti terus berupaya mencari solusi bahan pengganti pada bidang konstruksi. Disisi lain pertumbuhan penduduk Indonesia saat ini terus mengalami peningkatan, jika pertumbuhan penduduk semakin meningkat, maka kebutuhan penduduk akan semakin meningkat pula.

Pada proyek pembangunan perlu adanya perencanaan yang efektif dan efisien agar konstruksi dapat berdiri dengan kokoh. Bangunan dikatakan kokoh apabila bangunan tersebut dalam keadaan stabil, kestabilan bangunan terjadi jika gaya dalam vertikal dan horizontal yang bekerja pada bangunan saling menghilangkan atau sama dengan nol. Pada konstruksi bangunan, Sambungan balok-kolom adalah elemen yang sangat kritis. Hal itu dikarenakan sambungan balok-kolom memiliki keterbatasan kapasitas dalam menerima beban. jika beban yang bekerja pada sambungan melebihi kapasitas sambungan maka bagian sambungan tersebut akan tidak bekerja sesuai dengan fungsinya dimana untuk menahan beban lateral pada bangunan.

Pada umumnya konstruksi bangunan di Indonesia saat ini masih menggunakan teknologi beton. Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak digunakan pada bangunan, karena memiliki keunggulan diantaranya beton memiliki kuat tekan yang tinggi, namun beton memiliki kekurangan yaitu kuat tarik yang rendah hanya sekitar 10 % dari kuat tekan beton. Oleh sebab itu untuk menambah kekuatan tarik beton, perlu ditambahkan tulangan baja, karena baja memiliki kuat tarik yang tinggi. Baja sebagai sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui apabila terus digunakan dan tidak ada inovasi terhadap penggunaan baja, maka persediaan baja akan menipis dan habis. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif pengganti baja sebagai tulangan sangat dibutuhkan, dan bambu sebagai sumberdaya alam yang dapat diperbaharui dapat menjadi pilihan terbaik.

Bambu merupakan bahan yang relative murah dan dapat ditumbuh hampir di seluruh pelosok negeri ini. Disisi lain, bambu memiliki keunggulan yaitu kekuatan Tarik tinggi. Menurut penelitian Morisco (1999), kekuatan tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm<sup>2</sup>. Namun penggunaan bambu sebagai tulangan masih memiliki kekurangan. Pada penelitian Dewi (2005), didapatkan kuat lekat yang rendah dengan beton jika dibandingkan dengan

tulangan baja. Hal ini disebabkan karena sifat higroskopis pada bambu. Sifat Higroskopis adalah sifat bambu yang mudah menyerap ataupun melepas air sehingga dapat menyebabkan selip antara tulangan dan beton jika struktur beton tersebut diberikan beban.

Para peneliti terus melakukan inovasi untuk menjadikan bambu sebagai bahan konstruksi. Dikarenakan daya lekat antara bambu dan beton belum cukup kuat, pada penelitian yang dilakukan Lestari (2015), membuktikan bahwa penambahan kait pada tulangan bambu dapat meningkatkan kuat lekat bambu sampai 80.39 % dan meningkatkan kapasitas beban maksimum sampai 32,05 %. Penetapan jenis kait ternyata berpengaruh pada kekuatan beton bertulangan bambu, hal ini dibuktikan pada penelitian Theadeira (2016), Penggunaan jenis kait dengan bahan kayu kamper pada beton bertulangan bambu menghasilkan nilai kapasitas beban maksimum yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan kait berbahan dasar bambu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dalam penelitian ini, penulis akan melakukan perubahan penggunaan jenis kait, yakni dengan klem selang untuk menguji pengaruh penggunaan kait klem selang terhadap beban maksimum pada sambungan balok-kolom.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka identifikasi masalah adalah sebagai berikut:

1. Sifat bambu yang memiliki daya lekat kurang baik terhadap beton.
2. Pemberian kait pada bambu yang dapat meningkatkan kuat lekat pada beton dan meningkatkan kapasitas beban pada sambungan balok-kolom.

## **1.3. Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh penggunaan klem selang terhadap beban maksimum akibat beban siklik yang dihasilkan sambungan balok-kolom?
2. Bagaimana pengaruh klem selang terhadap lendutan maksimum akibat beban siklik yang dihasilkan sambungan balok-kolom?
3. Bagaimana pola retak yang terjadi akibat pengaruh dari klem selang pada sambungan balok-kolom?

#### 1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini nantinya tidak terlalu melebar, perlu adanya batasan pada penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Pengaruh lingkungan luar diabaikan;
2. Benda uji yang digunakan dalam penelitian adalah kolom berukuran 18 x 25 x 160 cm dan balok berukuran 18 x 25 x 75 cm;
3. Rasio tulangan bambu yang digunakan dalam penelitian ini dengan ukuran tulangan sebagai variabel pembeda adalah sebesar 1,2 x 1,2 cm dan 1,5 x 1,5 cm;
4. Jenis bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu petung;
5. Ukuran klem selang yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\varnothing$  11-20 mm dan  $\varnothing$  7/8;
6. Jarak pemasangan klem selang yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 6 cm dan 12 cm;
7. Pengencangan kait klem selang pada balok bertulangan bambu dengan ukuran  $\varnothing$  11-20 mm untuk dimensi tulangan 1,2 x 1,2 cm;
8. Pengencangan kait klem selang pada balok bertulangan bambu dengan ukuran  $\varnothing$  7/8 mm untuk dimensi tulangan 1,5 x 1,5 cm;
9. Jenis mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 Mpa;
10. Pemotongan klem selang setelah dieratkan adalah sebesar setengah lingkaran klem yang terpasang;
11. Benda uji yang digunakan sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan klem selang dan tanpa menggunakan klem selang;
12. Balok diasumsikan terjepit penuh pada bagian bawah dan ujung bebas (balok kantilever);
13. Pembebanan dalam penelitian ini dilakukan dengan pembebanan siklik;

#### 1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui beban maksimum akibat beban siklik pada sambungan balok-kolom karena pengaruh klem selang
2. Untuk mengetahui lendutan maksimum akibat beban siklik pada sambungan balok-kolom karena pengaruh klem selang



3. Untuk mengetahui pola retak yang terjadi akibat beban siklik pada sambungan balok-kolom karena pengaruh klem selang

### **1.6. Manfaat Penelitian**

Hasil yang akan dicapai dalam penelitian ini, diharapkan dapat bermanfaat Adapun manfaat sebagai berikut :

1. Bagi praktisi lapangan :
  - a. Sebagai pertimbangan pemilihan material konstruksi yang terjangkau tetapi memiliki mutu yang tinggi.
  - b. Sebagai referensi pemilihan maerial tulangan yang dapat menggantikan penggunaan tulangan baja tanpa mengurangi kuat lekat pada baja sendiri.
2. Bagi akademisi :
  - a. Sebagai informasi data kuat lekat beton bertulangan bambu dengan kait klem selang pada sambungan balok-kolom.
  - b. Mengembangkan penelitian terdahulu tentang kuat lekat tulangan bambu dengan menggunakan kait.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, Agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 03-2847-2002). Beton ini memiliki nilai daktilitas dan kuat tekan yang tinggi dibandingkan kuat tariknya.

##### 2.1.1. Beton bertulang

Beton bertulang merupakan kombinasi antara material yang memiliki kuat tekan yang tinggi dengan material yang memiliki kuat tarik yang tinggi. Menurut (Nawy, Edward G, 1998), Beton yang kuat terhadap gaya tekan dan lemah terhadap gaya tarik, maka diperlukan tulangan yang mampu menahan gaya-gaya yang disebabkan oleh beban-beban yang bekerja. Dengan adanya kombinasi tersebut beton bertulang diharapkan menjadi satu elemen yang saling melengkapi sebagai bahan penyusun dari struktur bangunan.

#### 2.2. Bambu

Bambu merupakan tanaman yang sangat mudah ditemukan di Indonesia, tanaman ini tergolong dalam keluarga rumput-rumputan(*gramineae*). Di Indonesia terdapat 60 jenis bambu, biasanya terdapat di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 mdpl, bambu ini memiliki sifat-sifat yang sangat baik untuk dimanfaatkan dalam bidang konstruksi, karena batang yang kuat, ulet, keras, mudah dibelah, ringan dan relative murah.

##### 2.2.1. Bambu sebagai tulangan beton

Bambu merupakan sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, maka dari itu bambu sudah sejak lama digunakan dalam membantu kebutuhan manusia, diantaranya sebagai bahan bangunan rumah dan perabot. Beberapa penelitian menjadikan bambu sebagai alternatif dalam bidang konstruksi, yakni digunakan sebagai tulangan beton. kuat tarik bambu yang tinggi, menjadikan Bambu sangat baik untuk dikombinasikan beton yang memiliki kuat tekan tinggi.

Terdapat banyak kelebihan bambu jika digunakan sebagai tulangan pada beton, diantaranya ;

1. Tulangan bambu jauh lebih murah apabila dibandingkan dengan baja
2. Bambu yang memiliki pertumbuhan sangat cepat
3. Material yang memiliki kuat tarik tinggi
4. Bambu dapat diperoleh dengan mudah
5. Bambu merupakan material konstruksi yang ringan

Disisi lain, bambu juga memiliki kelemahan jika digunakan sebagai tulangan pada beton diantaranya;

1. Mudah menyerap air
2. Mudah terbakar
3. Daya lekat yang kurang baik dengan beton

### 2.2.2. Kuat tarik bambu

Bambu memiliki serat yang rapat dan kuat sehingga bambu memiliki kuat tarik yang tinggi. Pemilihan bambu sebagai bahan bangunan didasarkan pada harga yang relatif rendah, pertumbuhan cepat, mudah ditanam, mudah dikerjakan, serta keunggulan spesifik yaitu memiliki kekuatan tarik yang yang tinggi Morisco (1999). Pengujian kuat tarik dilakukan peneliti untuk melihat kekuatan tarik pada berbagai jenis bambu.

Tabel 2. 1 Tegangan Tarik Bambu Oven

Jenis Bambu	Tegangan Tarik (MPa)	
	Tanpa Nodia	Dengan Nodia
Ori	291	128
Petung	190	116
Wulung	166	147
Tutul	216	74

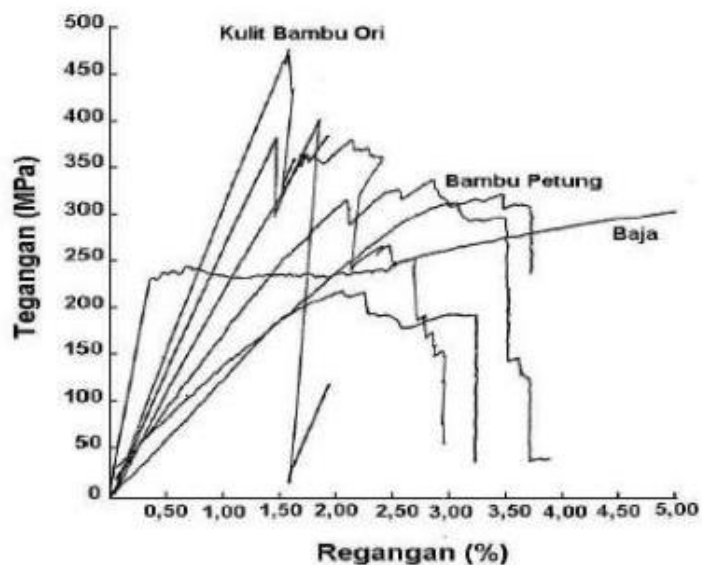
Sumber: Morisco (1999)



Tabel 2. 2 Kuat Batas dan Tegangan Ijin Bambu

Macam Tegangan	Kuat Batas (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Ijin (kg/cm <sup>2</sup> )
Tarik	981-3920	294,20
Lentur	686-2940	98,07
Tekan	245-981	78,45
E/Tarik	196,1x10 <sup>3</sup>	196,1x10 <sup>3</sup>

Sumber: Morisco (1999)



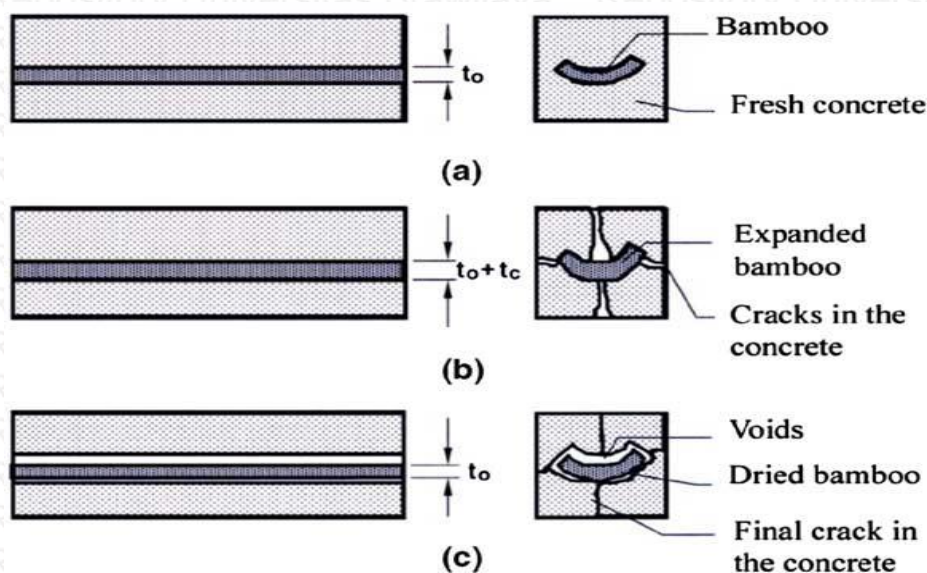
Gambar 2. 1 Hubungan Tegangan-Regangan Bambu dan Baja

Sumber: Morisco (1999)

### 2.2.3. Sifat mekanis bambu sebagai tulangan

Penelitian terkait bambu sebagai pengganti tulangan didalam beton bertulang telah dilakukan sejak tahun 1979 di Brazil dan Puerto rico, Ghavami (2005). Bambu merupakan bahan yang memiliki sifat higroskopis yang berarti memiliki afinitas terhadap air baik dalam bentuk uap maupun cair. Peningkatan kuat lekat atau adhesi antara tulangan dengan beton dapat mencegah terjadinya selip. Bambu akan mengembang ketika pori bambu menyerap air dan saat beton telah mengeras dan menyusut, bambu ikut menyusut dengan tingkat yang lebih besar dari beton. Oleh karena itu, tulangan bambu perlu diberikan

perlakuan khusus berupa pemberian lapisan kedap air dan kemudian dilumuri pasir. Sehingga permukaan bambu akan menjadi kasar dan daya lekat bambu terhadap beton menjadi tinggi. Namun ketika bambu digunakan sebagai tulangan, bambu akan memiliki perilaku yang berbeda pada saat proses pengerasan pada beton apabila tidak dilakukan pelapisan kedap air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



(a) bambu dalam beton segar

(b) bambu menyerap air dan mengembang pada masa perawatan mortar

(c) bambu mengerut setelah masa perawatan beton

Gambar 2. 2 Perilaku bambu yang tidak dilapisi lapisan kedap air.

Sumber : Khosrow Gavami (2005)

Bahan pelapis kedap air dapat berupa melamin, cat, sikadur ataupun vernis untuk mengurangi sifat higroskopis dari bambu tersebut, namun penggunaan sikadur sebagai pelapis tulangan masih terbilang relative mahal.

### 2.3. Klem selang

Klem selang merupakan material yang terbuat dari stainless steel, umumnya dipakai untuk mengencangkan selang kesuatu benda. Maka dari itu, klem selang dapat digunakan sebagai kait pada tulangan bambu untuk menambah daya lekat tulangan bambu ke beton. Nanda (2016) dalam penelitiannya mendapatkan permasalahan pada pemasangan kait, yakni pengeleman dan pemilihan jenis lem akan berpengaruh, maka dari itu klem selang yang mudah dipasangkan ini dapat digunakan sebagai alternatif.



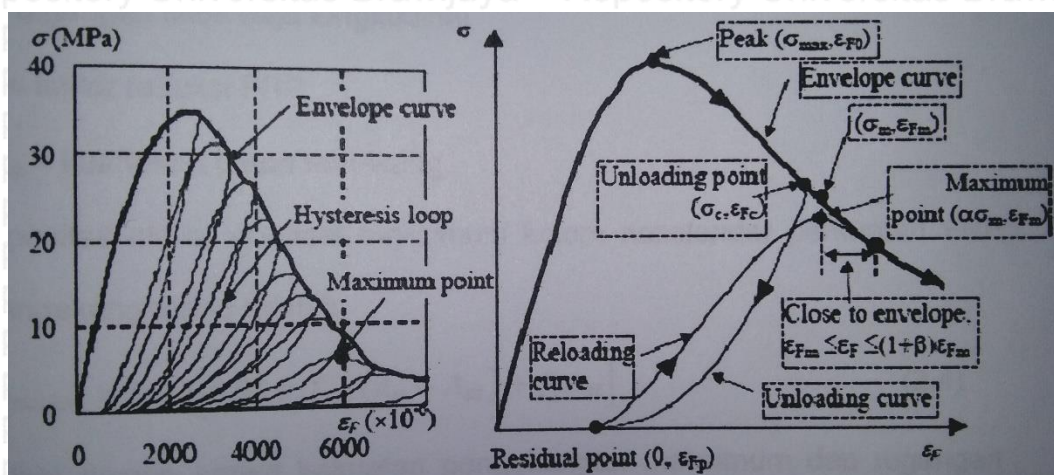
Gambar 2. 3 Klem selang

(Sumber : Jason-tools.com)

#### 2.4. Beban siklik

Beban siklik merupakan beban berulang yang diterima oleh struktur. Kegagalan struktur dapat disebabkan oleh beban siklik sendiri, meskipun desain awal struktur memiliki kekuatan yang memenuhi persyaratan yang ditentukan. Fenomena dimana beton pecah ketika mengalami beban berulang pada tegangan lebih kecil daripada kekuatan tekan maksimum merupakan Kegagalan *fatigue* dan kekuatan *fatigue* yang didefinisikan sebagai kekuatan yang dapat didukung untuk sejumlah siklus tertentu. Kekuatan *fatigue* dipengaruhi oleh berbagai pembebanan, tingkat pembebanan, *load history*, dan sifat material.

Pada struktur kolom, beban aksial merupakan representatif dari berat sendiri dan beban siklik merupakan beban luar yang terjadi berulang, misalkan beban gempa. Beban aksial dan siklik ini akan bekerja secara bersamaan pada struktur kolom.



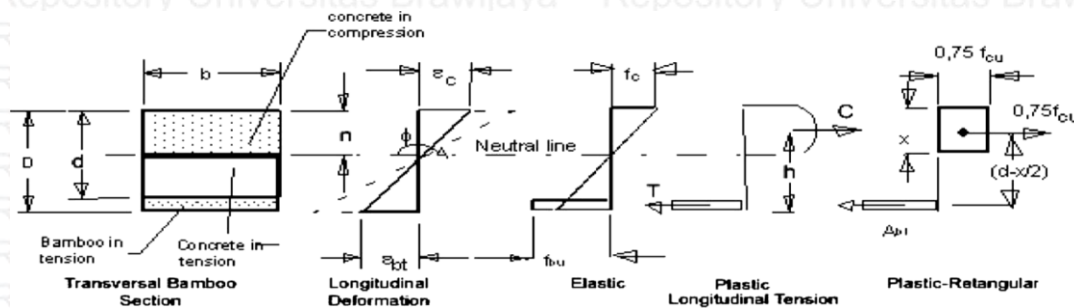
Gambar 2. 4 Hysteresis Loop

Sumber : Parmo, dkk. 2013

Dari Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa : *unloading point* adalah titik dimana *unloading* dimulai, *residual point* adalah titik ketika *unloading* penuh (tegangan mencapai nol), dan *maximum point* adalah persimpangan *unloading point* dengan *unloading curve*. (Al-Sulayfani & Al-Tae, 2008) Unloading curve ( $\sigma$ ,  $\epsilon_{Fu}$ ) adalah jika nilai  $\epsilon_F$  di wilayah pasca-puncak berkurang dengan tegangan ( $\sigma$ ) : antara *unloading point* ( $\sigma_c$ ,  $\epsilon_{Fc}$ ) dan *residual point* ( $0$ ,  $\epsilon_{Fp}$ ) (tegangan mencapai 0 kN). Setelah benar-benar *unloading* diturunkan sampai nol, tegangan dan regangan meningkat lagi dari *residual point*. Kemudian, pendekatan ke *maximum point* ( $\alpha\sigma_m$ ,  $\epsilon_{Fm}$ ) yang disebut *reloading curve* ( $\sigma - \epsilon_{Fr}$ ). Titik akhir dari *reloading curve* dan titik awal *unloading curve* disebut *envelope curve*. (Watanabe at. All).

## 2.5. Kapasitas lentur pada balok bertulang bambu

Distribusi tegangan dan regangan pada balok bertulangan bambu dapat dilihat pada Gambar 2.5 . Analisa balok bertulangan bambu menggunakan prinsip keseimbangan antara gaya tekan pada beton (C) dan pada tulangan bambu (T). Gaya tarik pada tulangan bambu (T) diperoleh dari hasil perkalian tegangan lekatan (*pull-out*) dengan luas geser. Hal ini berdasarkan keruntuhan yang terjadi pada balok beton bertulangan bambu diakibatkan oleh hilangnya lekatan antara tulangan bambu dengan beton.



Gambar 2. 5 Distribusi Tegangan dan Regangan pada Beton Bertulang Bambu

(Sumber : Ghavami,2005)

As geser = Jumlah Tulangan x L x Luas Bidang Geser

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

Gaya Tarik = Gaya Tekan

$T = Cc$

As geser x  $\mu = 0,85 \times f'c \times b \times a$

$$a = \frac{As \text{ geser} \times \mu}{0,85 \times f'c \times b} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan :

$\mu$  : Tegangan lekat tulangan bambu

$f'c$  : Tegangan tekan hancur beton

$b$  : Lebar penampang balok beton

$a$  : Kedalaman blok tekan prsegi ekivalen

Letak garis netral,

$$c = \frac{a}{\beta_1} \dots \dots \dots (2-2)$$

Dengan nilai  $\beta_1$  untuk  $f'c \leq 30$  MPa adalah 0,85 dan untuk  $f'c > 30$  MPa adalah  $\left\{0,85 - \left(\frac{0,05}{7}\right) (f'c - 30)\right\} \geq 0,65$ .

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

Momen nominal,

$$Mn = T x \left(d - \frac{a}{2}\right) \dots \dots \dots (2-3)$$

Momen ultimate,

$$Mu = \phi x Mn \dots \dots \dots (2-4)$$

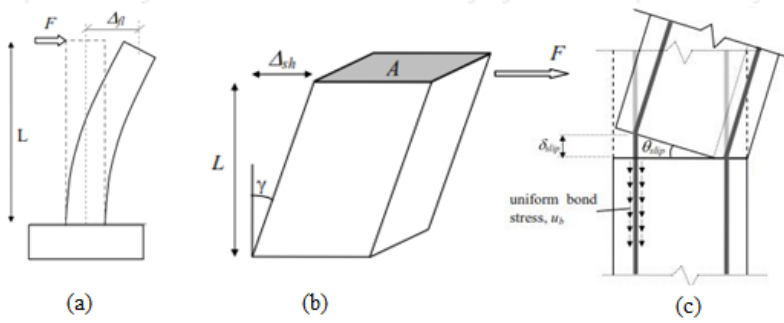
Momen teoritis:  $Mmaks = P (680)$

$$Mu = P (680)$$

$$P = \frac{1}{680 P} (Mu)$$

## 2.6. Perpindahan

Terdapat 3 komponen perpindahan pada balok yaitu perpindahan lentur, perpindahan geser, dan perpindahan saat leleh. Untuk balok dengan pemberian beban aksial yang rendah umumnya akan muncul perilaku lentur karena perpindahan yang dominan adalah perpindahan lentur. Sedangkan untuk kolom dengan pemberian beban aksial yang besar akan muncul perilaku geser dan lentur.



Gambar 2. 6 Komponen Perpindahan Total (a) Lentur (b) Geser (c) Penetrasi Leleh

Sumber: Wibowo, 2012

Perpindahan lentur biasanya dianalisis menggunakan momen-kurvatur atau juga dapat menggunakan rumus pendekatan sebagaimana yang tertera di bawah ini.

$$\Delta = \frac{P}{k} \quad (2-6)$$

Keterangan:

$\Delta$  = Perpindahan

$P$  = Beban Lateral

$k$  = Kekakuan

Untuk rumus dari kekakuan disesuaikan dengan tipe struktur yang digunakan jika terjepit bebas maka digunakan rumus kekakuan sebagaimana di bawah ini.

$$k = \frac{3EI}{l^3} \quad (2-7)$$

Rumus perpindahan di atas hanya dapat digunakan untuk kondisi elastis suatu struktur saja. Untuk mencapai nilai sampai beban maksimum bisa digunakan rumus pendekatan dengan mengganti nilai momen inersia gross dengan momen inersia efektif yang digunakan setelah terjadi retak.

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \quad (2-8)$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad (2-9)$$

$$f_r = 0.6\sqrt{f'c} \quad (2-10)$$

$$M_u = 0,85 \cdot f'c \cdot ab \left(d - \frac{a}{2}\right) + A's \cdot f's(d - d') \quad (2-11)$$

Keterangan:

$M_u$  = Momen maksimum

$I_{cr}$  = Momen inersia crack

$I_g$  = Momen inersia gross

## 2.7. Retak

Retak diakibatkan penurunan yang tidak seragam, susut, beban bertukar arah, perbedaan unsur kimia dan perbedaan suhu. Pada kondisi di lapangan, variasi pola retak berbeda satu dengan lainnya. Hal tersebut dikarenakan perbedaan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh beban, momen dan geser. Retak dimulai dari retak permukaan yang tidak dapat terlihat secara kasat mata. Apabila pembebanan diberikan secara terus menerus maka akan mengakibatkan retak rambut yang merambat hingga pada akhirnya terjadi kegagalan atau keruntuhan pada struktur (Restian,2008).

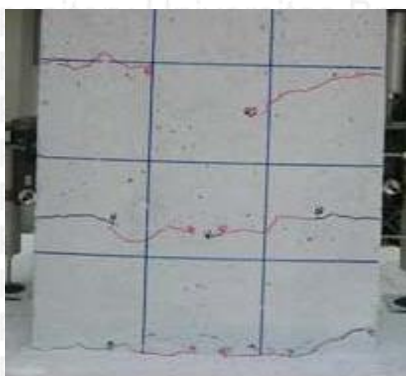
Retak struktural terjadi akibat pembebanan yang mengakibatkan munculnya tegangan lentur, geser dan tarik. Retak struktural terdiri dari, retak lentur yang berupa garis lurus sejajar dengan arah gaya yang bekerja, retak geser lentur berupa retak miring lanjutan dari retak lentur sebelumnya, dan retak geser berupa retak diagonal membentuk sudut  $45^0$  terhadap gaya yang bekerja pada komponen tersebut.

### 2.7.1. Jenis retak

Berbagai jenis reatak yang sering terjadi pada elemen struktur , diantaranya ;

#### 1. Retak lentur

Retak dengan pola horizontal atau datar biasanya disebut retak lentur, disebabkan oleh tekanan yang berlebihan pada balok. Seperti halnya retak geser, retak lentur perlu ditangani dengan cermat.



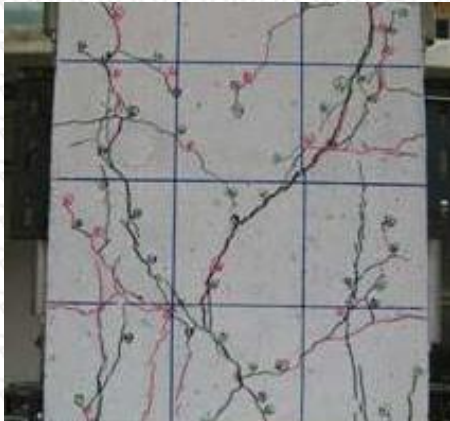
Gambar 2. 7 Retak Lentur

Sumber : Wibowo (2012 : 105)

#### 2. Retak geser

Retak dengan pola diagonal atau miring pada balok biasanya disebut retak geser, yang disebabkan oleh gaya pada arah horizontal atau datar. Retak geser seperti ini cukup

membahayakan bila tidak segera di tangani, karena bisa menyebabkan kolom roboh dan tidak mampu menopang bangunan.



*Gambar 2. 8 Retak Geser*

Sumber : Wibowo (2012 : 105)

### 3. Selimut beton terkelupas

Selimut beton pada kolom terkelupas, dapat disebabkan oleh rendahnya kualitas atau mutu beton yang digunakan, sehingga kekuatan beton terhadap tekanan berkurang dan selimut beton mudah pecah. Kontrol terhadap tahapan pembangunan sangat diperlukan untuk mencegah penurunan kualitas beton.

### 4. Retak rambut dengan pola tidak beraturan

Saat usia bangunan masih muda, retak-retak rambut sudah bisa dideteksi. Sekalipun retak rambut tidak membahayakan, namun cukup mengganggu pemandangan. Retak-retak kecil ini banyak disebabkan oleh pengaruh lingkungan, yaitu perubahan suhu panas dan dingin yang drastis. Misalnya rumah dibangun pada musim panas, setelah selesai terpapar hujan terus menerus.

## 2.8. Penelitian mengenai bambu

Berbagai macam penelitian ilmiah maupun empiris mengenai bambu telah dilakukan. Dalam penelitian tersebut membuktikan bahwa tulangan bambu memiliki kekuatan yang cocok sebagai bahan pengganti tulangan baja pada beton bertulang. Penelitian – penelitian tersebut antara lain:

1. Theadeira Chiquita (2016) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Jenis Kait Terhadap Kuat Lentur Balok Bertulangan Bambu dengan Pengait”. Dalam penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji pull out 30 x 15 x 25 cm dengan



variasi jenis kait. Jenis kait yang digunakan adalah bambu petung dan kayu kamper. Dan menyatakan bahwa penggunaan variasi jenis kait belum memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tegangan kuat lekat tulangan bambu dengan beton.

2. Agustin Dita Lestari (2015) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Kait pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu”. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi tulangan bambu untuk meningkatkan kuat lekat bambu pada beton dengan cara memberikan kait pada tulangan bambu dengan jenis kait berupa bambu petung. Dan menyatakan nilai kuat lekat antara tulangan bambu dan beton mengalami peningkatan karena adanya penambahan kait pada tulangan bambu
3. Nanda Kartika Putri (2016) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Jarak Kait Terhadap Kuat Lentur Balok Betulang Banbu dengan Kait. Pada penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji pull out 30 x 15 x 25 cm dengan variasi jarak kait 6 cm dan 12 cm. Dan menyatakan bahwa jarak kait belum berpengaruh secara signifikan terhadap kuat lekat antara bambu dengan beton.
4. Khosrow Gavami (2005) menyatakan bahwa tulangan bambu dapat menggantikan tulangan baja dan telah diterapkan di dalam beberapa konstruksi bangunan sederhana.
5. Agus Setiya Budi dan Sugiyarto (2013) melakukan penelitian yang berjudul “Kuat Tulangan Bambu Wulung dan Petung Takikan pada Beton Normal”. Dan menyatakan nilai kuat rata-rata beton dengan tulangan bambu petung takikan sejajar sebesar 0,004818 Mpa dan takikan tidak sejajar sebesar 0,007076 Mpa, nilai kuat lekat antara beton normal dengan tulangan bambu petung takikan tidak sejajar lebih besar 1,61 kali dari nilai tulangan bambu petung takikan sejajar.

## 2.9. Hipotesis penelitian

Dari tinjauan pustaka yang telah dibahas didapat hipotesis untuk penelitian ini sebagai berikut :

1. Beban maksimum yang dipikul benda uji sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan menggunakan kait klem selang lebih besar dibandingkan dengan tidak menggunakan kait klem selang.
2. Lendutan maksimum yang dihasilkan benda uji sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan menggunakan kait klem selang lebih besar dibandingkan dengan tidak menggunakan kait klem selang.

3. Terdapat perbedaan pola retak Benda uji sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan menggunakan kait klem selang dengan tidak menggunakan kait klem selang.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian *eksperimental* ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian yang dilakukan adalah pada semester genap tahun ajaran 2017-2018..

#### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang dipakai dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (*Independent variable*) yaitu variabel yang perubahannya bebas dilakukan peneliti dan variabel terikat (*Dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel dalam penelitian disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

<b>Pengujian</b>	Pengujian beban Siklik
<b>Varibel Bebas</b>	Penggunaan kait klem selang dan tidak menggunakan klem selang
<b>Variabel Terikat</b>	Beban maksimum, lendutan maksimum, pola retak

#### 3.3. Peralatan dan Bahan Penelitian

##### 3.3.1. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Vibrator*
- Loading frame*
- Load cell* dan *Load transduce* untuk pemberian beban
- Linear Variable Differential Transfomer (LVDT)*
- Hydraulic jack*
- Mesin uji tekan beton
- Timbangan dengan kapasitas 150 kg dengan ketelitian 100 gr dan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr.
- Satu set ayakan untuk analisa agregat
- Mesin pencampur beton (*concrete mixer*)
- Satu set alat uji slump beton

- k. Mistar pengukur dan jangka sorong
- l. Sendok semen
- m. Bekisting beton dengan ukuran yang sudah ditentukan
- n. Alat tulis
- o. Cetakan beton silinder

### 3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

- a. Semen Portland (PC) tipe I
- b. Agregat halus berupa pasir
- c. Agregat kasar berupa batu pecah atau kerikil
- d. Tulangan bambu petung
- e. Air PDAM kota Malang
- f. Klem selang
- g. Kawat bendrat
- h. Cat kayu
- i. Sikadur

## 3.4. Analisa Bahan

### 3.4.1. Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan pada campuran beton adalah semen portland tipe 1. Dalam penelitian ini semen tidak dilakukan pengujian secara khusus. Apabila semua semen tidak dalam keadaan menggumpal atau mengeras maka semen tersebut dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan.

### 3.4.2. Air

Air yang digunakan tidak dilakukan pengujian khusus dikarenakan berasal dari air bersih PDAM Kota Malang.

### 3.4.3. Agregat

Agregat yang digunakan diusahakan dalam keadaan mendekati keadaan sebenarnya di lapangan dan dalam keadaan *Saturated Surface Dry* (SSD). Pengujian agregat meliputi berat jenis, analisa ayakan dan penyerapan berdasarkan standar ASTM C-33.

#### 3.4.4. Tulangan

Tulangan utama menggunakan bambu petung yang berasal dari Kota Malang. Sebelum digunakan, tulangan bambu dilapisi cat, sikadur dan pasir.

#### 3.4.5. Beton

Dalam penelitian ini digunakan Mutu beton sebesar  $f'c = 30$  MPa.

#### 3.4.6. Klem Selang

Klem selang yang digunakan sebagai bahan pengait tulangan berukuran  $\varnothing \frac{7}{8}$  mm dan  $\varnothing 11-20$  mm.

### 3.5. Rancangan Penelitian

Sambungan balok-kolom tulangan bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolom dengan dimensi 18 cm x 25 cm x 160 cm dan balok dengan dimensi 25 cm x 18 cm x 75 cm, dengan mutu beton 30 Mpa.

- Faktor A = jarak Kait Klem selang 6 cm dan tanpa kait klem selang.
- Faktor B = Ukuran tulangan 1,2 x 1,2 cm dan 1,5 x 1,5 cm.

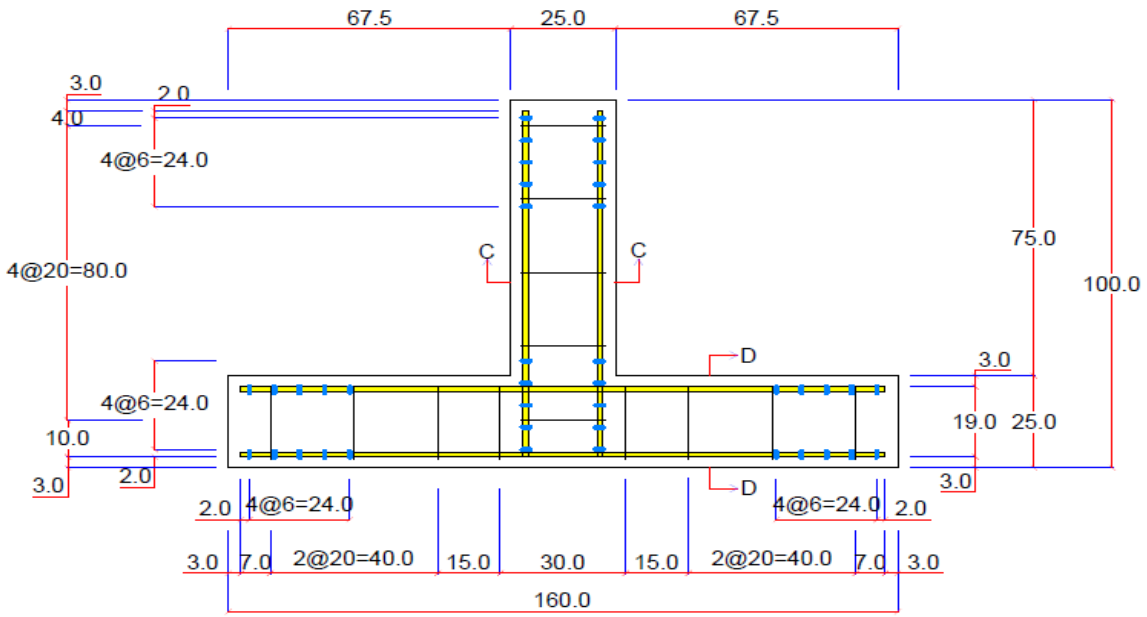
#### 3.5.1. Rancangan Benda Uji Tekan

Rancangan benda uji tekan menggunakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan menggunakan beton mutu 30 MPa. Benda uji tekan ini dibutuhkan untuk mengetahui mutu beton apakah sudah sesuai dengan perencanaan atau belum.

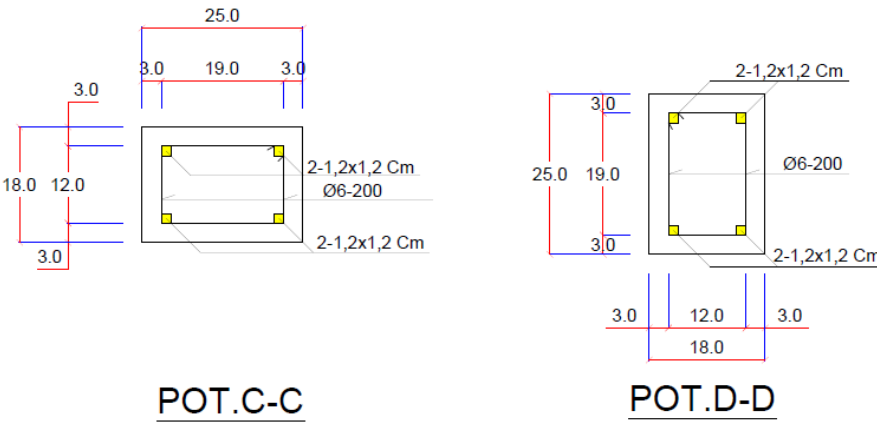
#### 3.5.2. Rancangan Benda Uji Kuat Lentur Sambungan Balok-Kolom dengan beban Lateral Satu Arah

Untuk mengetahui  $P_{maks}$  dan grafik keruntuhan dari benda uji, maka dibutuhkan pengujian kuat lentur dengan menggunakan beban lateral satu arah. Adapun benda uji yang digunakan dalam pengujian ini diantaranya

1. Benda uji sambungan balok-kolom  $a_2b_1$  1 dengan dimensi tulangan 1,2 X 1,2 cm dengan jarak kait kelem selang 6 cm;
2. Benda uji sambungan balok-kolom  $a_2b_2$  1 dengan dimensi tulangan 1,5 X 1,5 cm dengan jarak kait klem selang 6 cm;

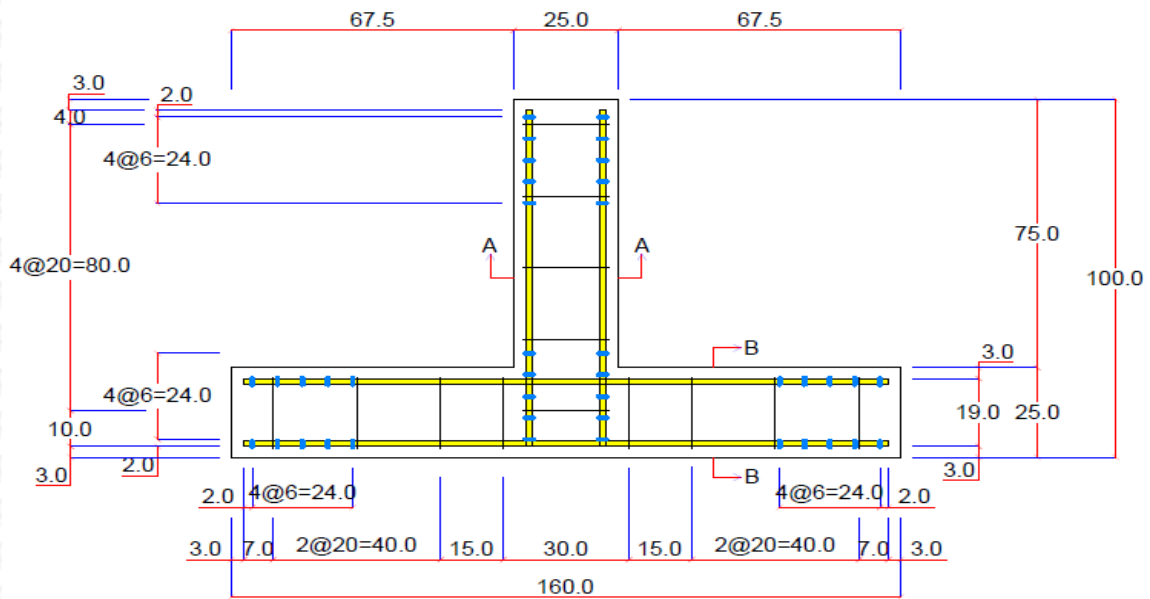


(a)

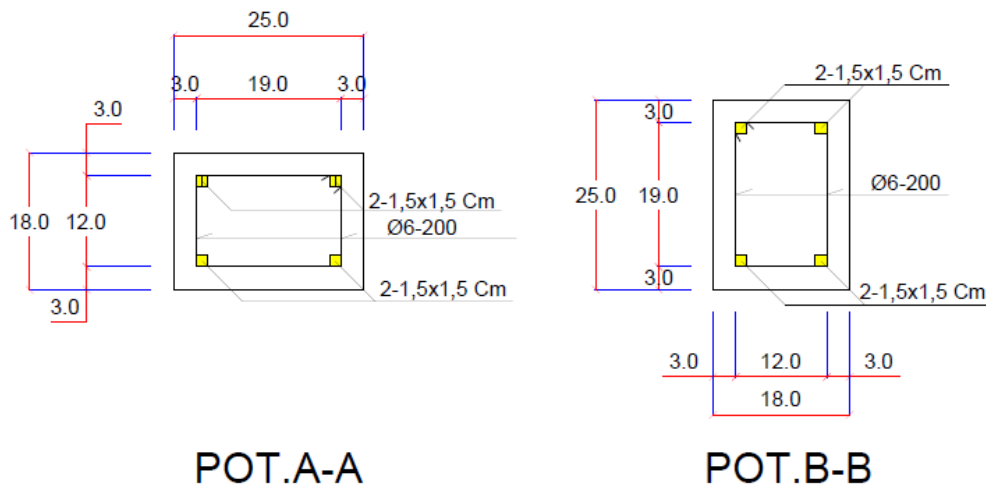


(b)

Gambar 3. 1 (a) Benda uji a<sub>2</sub>b<sub>1</sub> (b) potongan balok dan kolom benda uji a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>



(a)



(b)

Gambar 3. 2 (a) Benda uji  $a_2b_2$  (b) potongan balok dan kolom benda uji  $a_2b_2$

### 3.5.3. Rancangan Benda Uji Kuat Lentur Sambungan Balok-Kolom dengan beban siklik

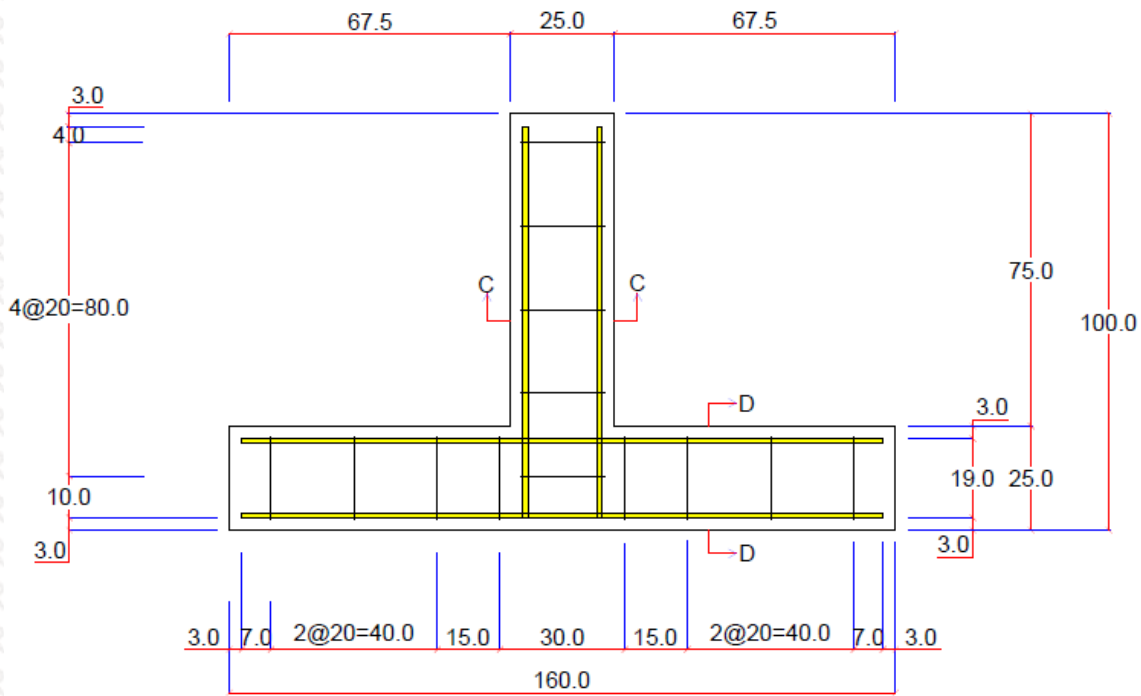
Dalam penelitian ini terdapat ragam yang akan digunakan, ragam tersebut melibatkan dua faktor, yaitu faktor A dan faktor B. Faktor-faktor tersebut yang digunakan pada uji kuat lentur dengan siklik terdapat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 faktor benda uji kuat lentur

Faktor	Taraf/Level	Keterangan
A (Jarak Klem Selang)	a <sub>1</sub>	Tanpa klem selang
	a <sub>2</sub>	6 cm
B (Ukuran Tulangan)	b <sub>1</sub>	1,2 x 1,2 cm
	b <sub>2</sub>	1,5 x 1,5 cm

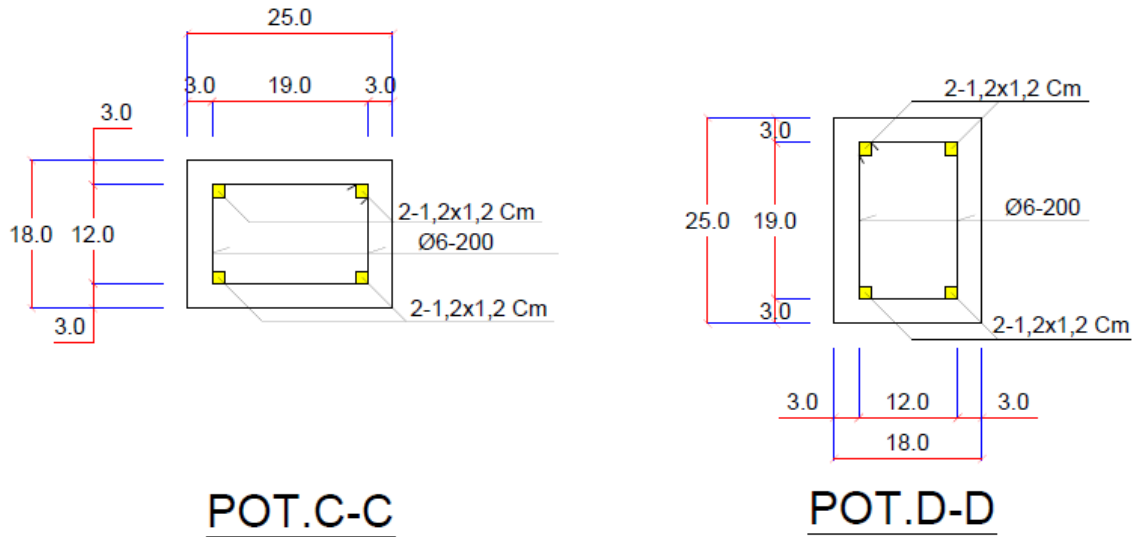
Tabel 3. 3 faktor benda uji kuat lentur

a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>



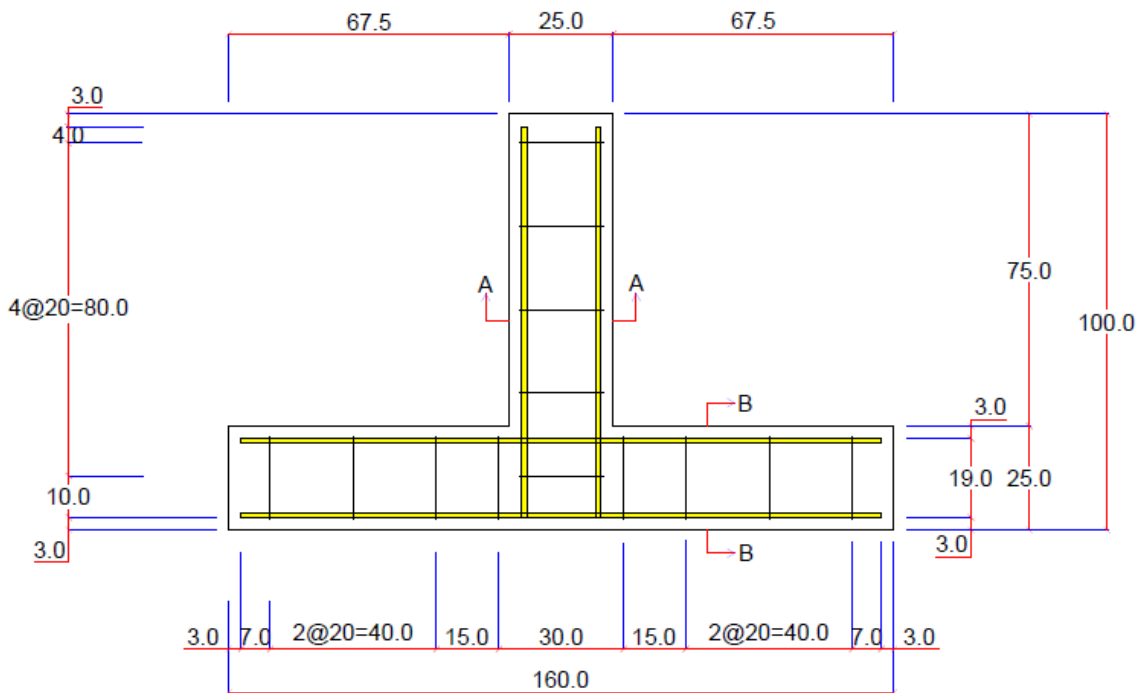
(a)



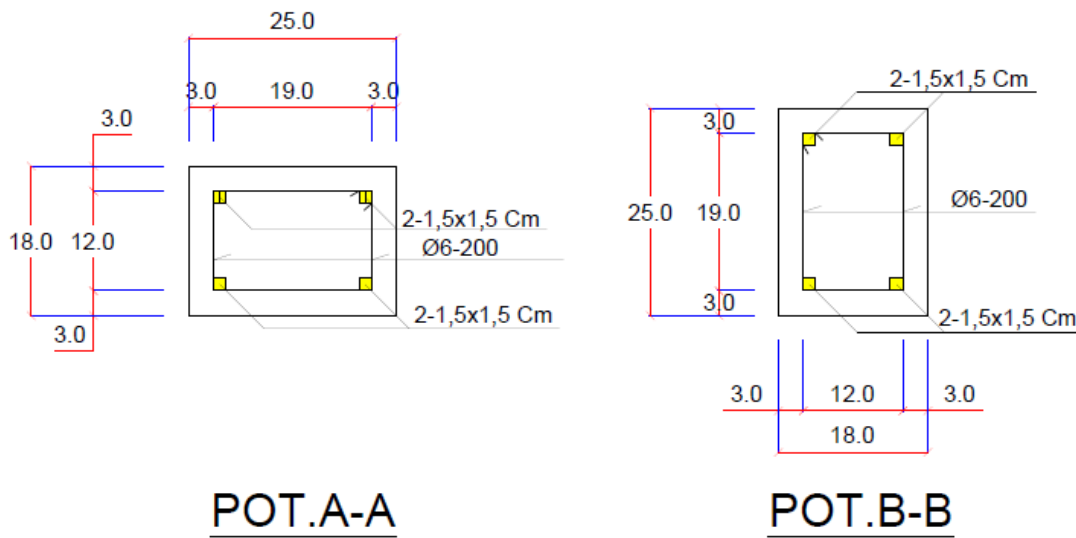


(b)

Gambar 3. 3 (a) Benda uji a<sub>1</sub>b<sub>1</sub> (b) potongan balok dan kolom benda uji a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>



(a)



(b)

Gambar 3. 4 (a) Benda uji a<sub>1</sub>b<sub>2</sub> (b) potongan balok dan kolom benda uji a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>

Untuk gambar detail benda uji a<sub>2</sub>b<sub>1</sub> dan a<sub>2</sub>b<sub>2</sub> sama seperti pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.

### 3.6. Prosedur Penelitian

#### 3.6.1. Pabrikasi tulangan bambu

Adapun langkah-langkah dalam pabrikasi tulangan bambu adalah :

1. Bambu petung dengan dimensi 1,2 x 1,2 x 124 cm dan 1,5 x 1,5 x 124 cm. Sebelum melakukan pemotongan bambu, terlebih dahulu melakukan pengukuran dengan jangka sorong dan *roll meter*.
2. Bambu yang sudah sesuai dengan dimensi, selanjutnya dilakukan pelapisan dengan cat dan pasir pada permukaan bambu.
3. Bambu yang sudah dilapisi cat dan pasir, dikeringkan terlebih dahulu.
4. Pengukuran jarak klem selang sebesar 6 cm menggunakan mistar pengukur.
5. Melakukan pemasangan Klem selang berukuran Ø11-20 mm dan  $\phi$  7/8" sesuai dengan jarak yang telah ditentukan.

#### 3.6.2. Uji tekan beton silinder

Dalam pengujian kuat tekan beton, digunakan cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk masing-masing benda uji, diambil sampel 1 silinder. Cetakan silinder dibuka setelah beton berusia 1 hari, untuk kemudian direndam dalam air. Sebelum proses

pengujian, benda uji yang direndam sebelumnya kemudian diangkat agar kondisi beton dalam keadaan kering.

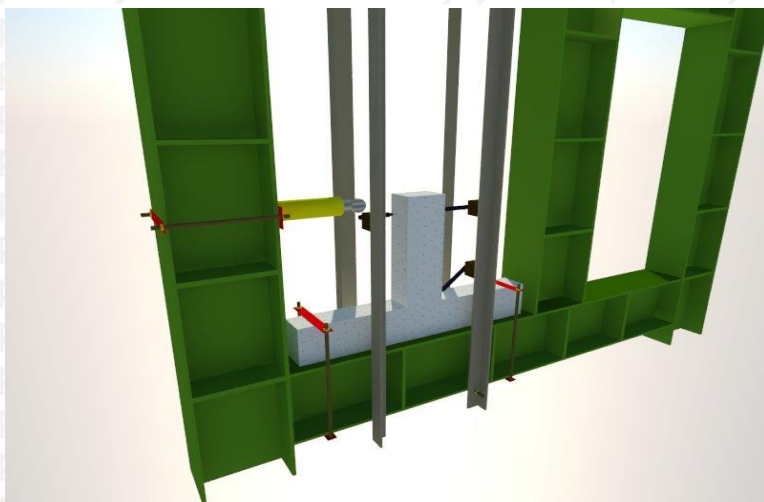
### 3.6.3. Pembuatan Benda Uji Sambungan Balok – Kolom

Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam pembuatan benda uji sambungan balok-kolom adalah :

1. Menyiapkan material dan peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji
2. Menyiapkan bekisting
3. Melakukan pemasangan tulangan bambu seperti pada gambar 3.2, gambar 3.3, gambar 3.4 dan gambar 3.5
4. Melakukan pencampuran agregat dengan menggunakan *mixer*
5. Pengujian slump
6. Penengangan campuran agregat beton kedalam cetakan yang telah disiapkan.

### 3.6.4. Setting Up pengujian Kuat lentur dengan beban lateral satu arah

Pelaksanaan pengujian dengan menggunakan *loading frame* sebagai penempatan benda uji, peralatan yang digunakan antara lain *load cell*, *hydraulic jack*, dan 3 *LVDT*. 3 buah *LVDT* digunakan untuk mengetahui *displacement*.



Gambar 3. 5 Skema Pengujian Kuat Lentur Beban Lateral Satu Arah

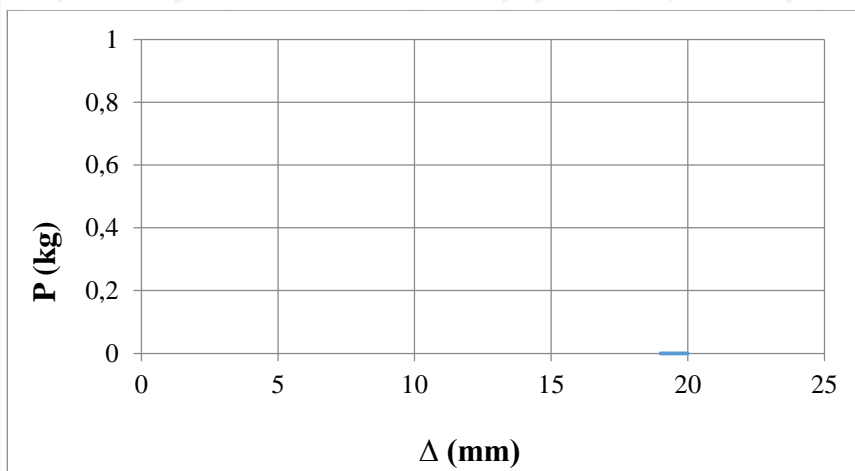
### 3.6.5. Pengujian Kuat Lentur dengan Beban Lateral Satu Arah

Setelah benda uji berusia lebih dari 28 hari, maka dilakukan pengujian Kuat lentur beban lateral satu arah. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan beban lateral

maksimum ( $P_{maks}$ ) dan *deformasi*. Pengujian ini menggunakan beban rencana ( $P_{rencana}$ ) yang didapat dari perhitungan teoritis dengan pelaksanaan pengujian *deformasi* dicatat berdasarkan  $1/10 P_{rencana}$  dan dihentikan jika sambungan sudah mengalami retak. Dalam pengujian ini digunakan form untuk mencatat *deformasi* dan grafik antara beban – *deformasi* seperti terlampir pada Tabel 3.4 dan Gambar 3.6

Tabel 3. 4 form data hasil pembebanan dan *deformasi*.

Benda uji :			
BEBAN (Kg)	DEFORMASI		
	LENTUR		GESER
	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
1/10 $P_{rencana}$			
2/10 $P_{rencana}$			
3/10 $P_{rencana}$			
4/10 $P_{rencana}$			
5/10 $P_{rencana}$			
6/10 $P_{rencana}$			
7/10 $P_{rencana}$			
8/10 $P_{rencana}$			
9/10 $P_{rencana}$			
$P_{rencana}$			

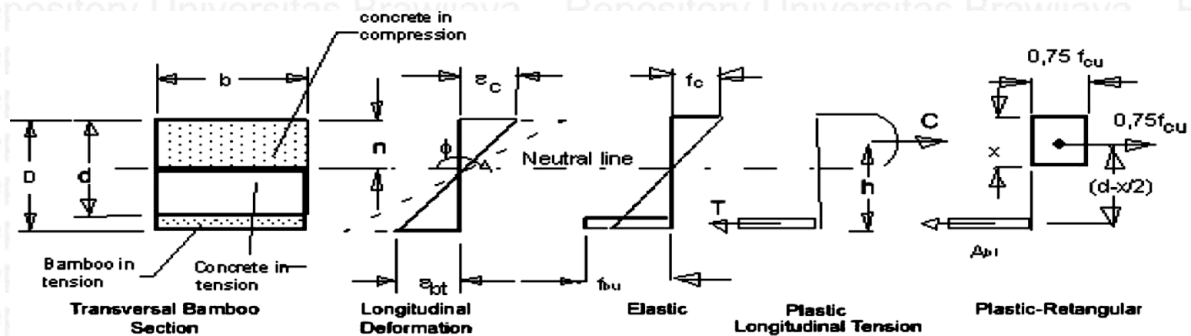


Gambar 3. 6 Hubungan beban (P) dengan *deformasi* ( $\Delta$ )

### 3.6.6. Perhitungan Teoritis beban rencana

Penelitian ini didasari pada analisis Ghavani (2005) , yang membahas mengenai analisis lentur balok bertulangan bambu dengan kait, dimana analisis ini harus memenuhi prinsip keseimbangan antara gaya tekan beton (C) terhadap gaya tarik tulangan bambu (T). Gaya tarik tulangan bambu ini didapat dari hasil perkalian antara tegangan lekat dengan

luas geser tulangan bambu. Nilai  $P$  maksimum teoritis digunakan untuk mengetahui besarnya beban maksimum teoritis yang mampu ditahan oleh suatu balok.



Gambar 3. 7 Definisi dari Distribusi Tegangan Balok Persegi Bertulangan Bambu. (Ghavami:2005)

As geser = Jumlah Tulangan x L x Luas Bidang Geser

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

Gaya Tarik = Gaya Tekan

$T = C_c$

$As geser \times \mu = 0,85 \times f'c \times b \times a$

$$a = \frac{As geser \times \mu}{0,85 \times f'c \times b} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan :

$\mu$  : Tegangan lekat tulangan bambu

$f'c$  : Tegangan tekan hancur beton

$b$  : Lebar penampang balok beton

$a$  : Kedalaman blok tekan persegi ekuivalen

Letak garis netral,

$$c = \frac{a}{\beta_1} \dots \dots \dots (2-2)$$

Dengan nilai  $\beta_1$  untuk  $f'c \leq 30$  MPa adalah 0,85 dan untuk  $f'c > 30$  MPa adalah

$$\left\{ 0,85 - \left( \frac{0,05}{7} \right) (f'c - 30) \right\} \geq 0,65.$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan

momen ultimate sebagai berikut:

Momen nominal,

$$Mn = T \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (2-3)$$

Momen ultimate,

$$Mu = \phi \times Mn \dots\dots\dots(2-4)$$

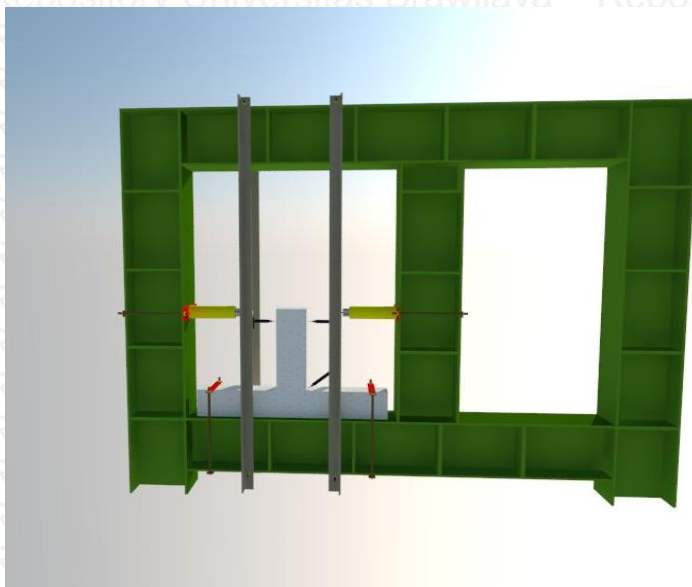
Momen teoritis:  $M_{maks} = P (680)$

$$Mu = P (680)$$

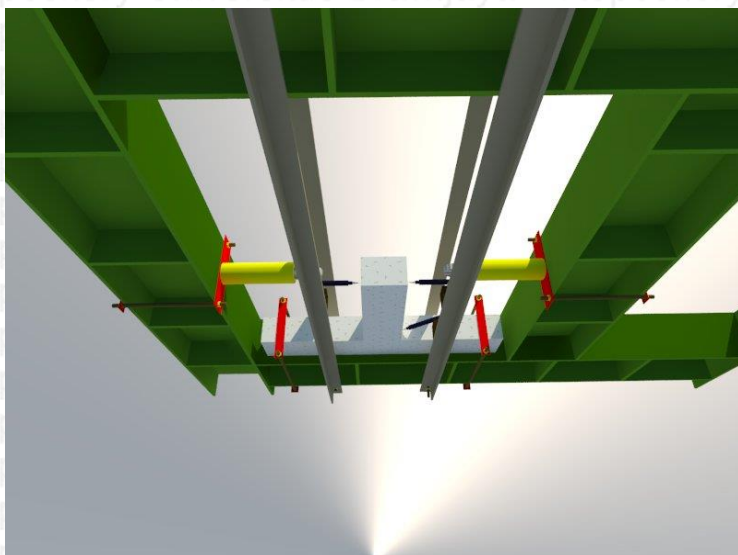
$$P = \frac{1}{680} (Mu)$$

### 3.6.7. Setting up pengujian Kuat lentur dengan beban siklik

Dengan menggunakan loading frame, benda uji sambungan balok-kolom diletakan dengan posisi berdiri tegak. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini diantaranya *Hydraulic jack*, *load cell* dan *LVDT*. Pada pengujian ini digunakan dua buah load cell, dimana masing-masing load cell tersebut diletakan di samping kiri dan kanan benda uji sebagai pembaca beban siklik dan lateral. Untuk memperoleh data displacement pada pengujian ini digunakan tiga buah LVDT yang masing-masing digunakan untuk menghitung perpindahan lentur dan perpindahan geser.



(a)



(b)

Gambar 3. 8 (a) Tampak Depan Skema Pengujian Siklik (b) Tampak Atas Skema Pengujian Siklik

### 3.6.8. Pengujian kuat lentur dengan beban siklik.

Pengujian kuat lentur dengan beban siklik ini dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya ;

1. Penyiapan alat dan setting up alat pembebanan
2. Beban rencana diperoleh dari pengujian kuat lentur dengan beban lateral satu arah yaitu beban lateral maksimum ( $P_{maks}$ )
3. Tahapan dalam pembebanan yaitu dengan pola  $1/3 P_{maks}$ ,  $- 1/3 P_{maks}$ ,  $2/3 P_{maks}$ ,  $- 2/3 P_{maks}$  dan  $P_{maks}$
4. Untuk setiap pemberian beban dilakukan pembacaan deformasi

### 3.7. Data pengamatan

Pembacaan data pada penelitian ini meliputi kuat lekat bambu, kuat tekan beton silinder, dan data beban *displacement*, selain itu pada penelitian ini juga melakukan pengamatan perambatan retak, baik mengenai retak awal, lokasi, ukuran dan *spalling* yang terjadi.

1. Data Kuat Lekat Bambu

Didapat dari pengujian pull out saat benda uji pull out berumur lebih dari 28 hari

2. Data kuat tekan beton

Dari pengujian kuat tekan beton silinder yang berumur 28 hari akan diperoleh data kuat tekan beton.

### 3. Data *lateral load displacement*

Pengujian sambungan balok-kolom yang dilakukan di *frame* akan didapatkan hasil pembacaan beban lateral dan perpindahan yang terjadi, dimana perpindahan diperoleh dari LVDT dan *dial gauge* sedangkan data beban diperoleh dari *load cell*.

### 4. Data pengamatan pola retak

Data ini dapat diperoleh dengan melakukan pencatatan beban retak awal, dan lokasi serta pengambilan foto di setiap pembebanan. Dengan membagi permukaan balok menjadi grid dengan ukuran 50 mm x 50 mm, maka pola retak balok dapat digambarkan.

## 3.8. Analisis hasil

Hasil yang ingin dicapai dalam penelitian ini diantaranya ;

### 1. Kuat Tekan Beton

Dengan menentukan standar deviasi dan membagi beban maksimum terhadap luas penampang silinder beton maka kuat tekan beton dapat dicari.

### 2. Beban lateral, perpindahan dan pola retak.

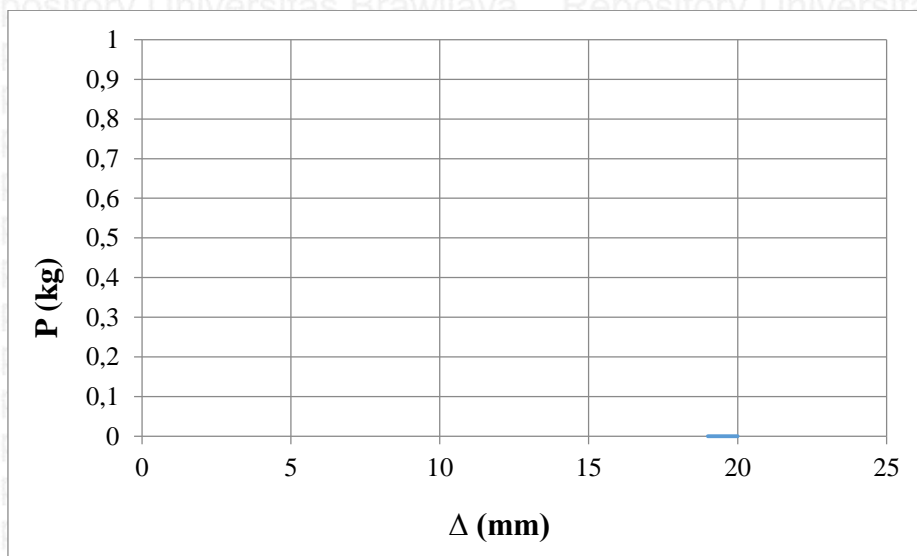
Pencatatan beban lateral dan perpindahan sambungan balok-kolom, diperlukan agar dapat disajikan dalam grafik antara beban-perpindahan, sedangkan untuk mengetahui keruntuhan yang mendominasi pada kegagalan suatu benda uji diperlukan pengamatan pola retak yang meliputi letak, lebar dan panjang pola retakan.

Tabel 3. 5 Form Data Hasil Pembebanan Dan Deformasi

Benda uji :			
BEBAN	DEFORMASI		
	LENTUR		GESER
	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
(Kg)	(mm)	(mm)	(mm)
1/3 P <sub>maks</sub>			
0			
-1/3 P <sub>maks</sub>			
0			
1/3 P <sub>maks</sub>			



$2/3 P_{maks}$			
0			
$-1/3 P_{maks}$			
$-2/3 P_{maks}$			
0			
$1/3 P_{maks}$			
$2/3 P_{maks}$			
$P_{maks}$			



Gambar 3. 9 Hubungan beban ( $P$ ) dengan *deformasi* ( $\Delta$ )

### 3.9. Uji Hipotesis

#### 3.9.1. Metode Anova Dua Arah

Pada penelitian ini digunakan annova dua arah dengan interaksi. Pengujian klasifikasi dua arah dengan interaksi merupakan pengujian beda tiga rata-rata atau lebih dengan dua faktor yang berpengaruh dan pengaruh kedua faktor tersebut diperhitungkan (Hasan, 2003)

Rancangan penelitian pengujian *siklik sambungan balok-kolom* beton bertulang bambu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.5 menggunakan analisis ragam klasifikasi dua arah dengan interaksi

Tabel 3.5 Ragam Benda Uji Siklik Beton Bertulangan Bambu

	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> - 1	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> - 1
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> - 2	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> - 2
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> - 3	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> - 3
b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> - 1	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> - 1
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> - 2	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> - 2
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> - 3	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> - 3

### Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk menentukan apakah keragaman disebabkan oleh perbedaan antar baris, antar kolom atau adanya interaksi. Dalam hal ini perbedaan antar baris adalah pengaruh ukuran tulangan, antar kolom adalah pengaruh penggunaan klem selang.

Ho' : belum ada pengaruh yang signifikan variasi rasio tulangan pada beban lateral maksimum sambungan balok - kolom beton bertulangan bambu.

Ho'' : belum ada pengaruh yang signifikan penggunaan klem selang pada beban lateral maksimum sambungan balok - kolom beton bertulangan bambu.

Ho''' : belum ada interaksi antara variasi ukuran tulangan dan penggunaan klem selang pada beban lateral maksimum sambungan balok - kolom beton bertulangan bambu.

Pada analisis ini didapatkan tiga hipotesis, namun dalam penelitian ini diperhatikan variasi penggunaan klem terhadap beban lateral maksimum sambungan saja. Sehingga yang diperhatikan adalah Ho'' (pengujian hipotesis nol antar baris).

Tabel 3. 6 Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi

	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	Total	Rata-rata
b <sub>1</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>21</sub>	T <sub>-1</sub>	$\bar{x}_{-1}$
b <sub>2</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>22</sub>	T <sub>-2</sub>	$\bar{x}_{-2}$
Total	T <sub>1-</sub>	T <sub>2-</sub>	T	
Rata-rata	$\bar{x}_{1-}$	$\bar{x}_{2-}$		$\bar{x}$

$$T_{11} = (a_1 b_1 - 1) + (a_1 b_1 - 2) + (a_1 b_1 - 3)$$

Dari Tabel 3.6 didapatkan bahwa:

$$r \text{ (Banyaknya baris)} = 2$$

$$c \text{ (Banyaknya kolom)} = 2$$

$$n \text{ (Banyaknya data)} = 2$$

#### Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - \frac{T^2}{rcn} \dots\dots\dots(3-1) \\ &= (\{a_1 b_{1-1}\}^2 + \{a_1 b_{1-2}\}^2 + \{a_1 b_{1-3}\}^2 + \dots + \{a_2 b_{2-3}\}^2) - \frac{T^2}{rcn} \end{aligned}$$

#### Jumlah Kuadrat Rata-rata Baris (JKB)

$$\begin{aligned} JKB &= \frac{\sum_{i=1}^r T_{i-}^2}{cn} - \frac{T^2}{rcn} \dots\dots\dots(3-2) \\ &= \frac{T_{-1}^2 + T_{-2}^2}{cn} - \frac{T^2}{rcn} \end{aligned}$$

#### Jumlah Kuadrat Rata-rata Kolom (JKK)

$$\begin{aligned} JKK &= \frac{\sum_{j=1}^c T_{-j}^2}{rn} - \frac{T^2}{rcn} \dots\dots\dots(3-3) \\ &= \frac{T_{0-}^2 + T_{1-}^2 + T_{2-}^2}{rn} - \frac{T^2}{rcn} \end{aligned}$$

#### JKB(K)

$$\begin{aligned} JKB(K) &= \frac{\sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^c T_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{j=1}^c T_{-j}^2}{rn} + \frac{T^2}{rcn} \dots\dots\dots(3-4) \\ &= \frac{T_{11}^2 + T_{12}^2 + T_{21}^2 + T_{22}^2}{rn} - \frac{T_{1-}^2 + T_{2-}^2}{rn} + \frac{T^2}{rcn} \end{aligned}$$

#### Jumlah Kuadrat Galat

$$JKG = JKT - JKB - JKK + JKB(K) \dots\dots\dots(3-5)$$

Tabel 3. 7 Tabulasi Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Ragam	F Rasio
Antar Baris	JKB	$(r - 1)$	$s_1^2 = \frac{JKB}{(r - 1)}$	$F_1 = \frac{s_1^2}{s_4^2}$
Antar Kolom	JKK	$(c - 1)$	$s_2^2 = \frac{JKK}{(c - 1)}$	$F_2 = \frac{s_2^2}{s_4^2}$
Interaksi	JKB(K)	$(r-1)(c-1)$	$s_3^2 = \frac{JKB(K)}{(r - 1)(c - 1)}$	$F_3 = \frac{s_3^2}{s_4^2}$
Galat	JKG	$rc(n - 1)$	$s_4^2 = \frac{JKG}{rc(n - 1)}$	
Total	JKT = JKB + JKK + JKB(K) + JKG	$rcn - 1$		

Level significance ( $\alpha$ ) = 0,05

Pengujian hipotesis nol  $H_0$  didasarkan atas pengaruh dari baris yang semuanya sama dengan menghitung rasio F. Bila pengujian hipotesis nol  $H_0$  benar, uji hipotesis pada taraf nyata  $\alpha$  dengan penerimaan  $F_1 < F_\alpha [(r-1): rc(n-1)]$ . Pengujian hipotesis  $H_0$  dinyatakan benar jika uji pada taraf nyata  $\alpha$  dengan penerimaan  $F_2 < F_\alpha [(c-1): rc(n-1)]$ . Sedangkan pengujian hipotesis nol  $H_0$  benar jika pengaruh interaksi baris dan kolom semuanya sama dengan nol.

### 3.9.2. Metode Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan teknik analisis yang mencoba menjelaskan bentuk hubungan antara dua peubah atau lebih khususnya hubungan antara peubah-peubah yang mengandung sebab akibat. Dalam penelitian digunakan metode regresi linear dengan nilai peubah X dan Y. Peubah Y merupakan peubah Pmaks/faktor akibat dan peubah X adalah peubah rasio tulangan/faktor penyebab. Metode ini digunakan dalam prediksi yang berhubungan dengan karakteristik kualitas dan kuantitas.

Metode kuadrat terkecil dipilih dalam penelitian ini. Metode ini memilih suatu garis regresi yang membuat jumlah kuadrat jarak vertical dari titik-titik yang dilalui garis lurus sekecil mungkin. Persamaan garis regresinya adalah

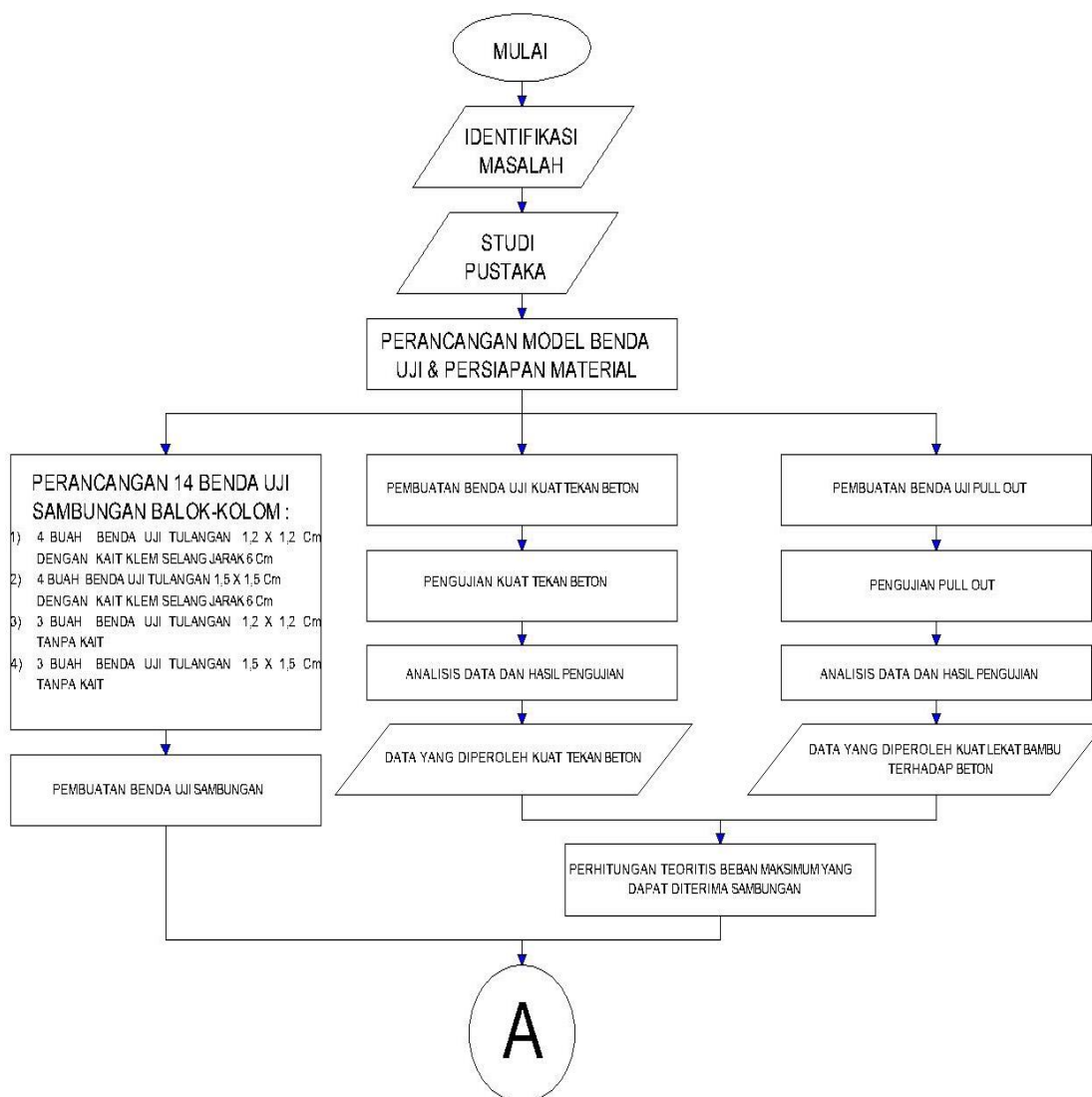
$$Y = a + bx, \dots\dots\dots(3-6)$$

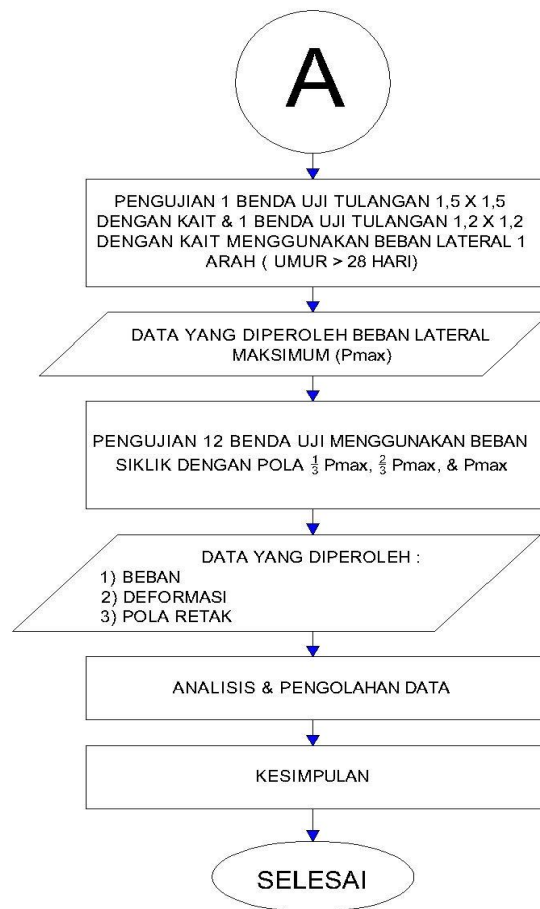
dimana

$$a = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots(3-7)$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots(3-8)$$

### 3.10. Diagram Alir Tahapan Penelitian





Gambar 3.10 Tahapan Penelitian

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengujian Bahan

Perlu adanya dilakukan pengujian bahan untuk memperoleh kekuatan tertentu dari suatu beton. Bahan yang diuji meliputi analisis agregat halus (pasir), analisis agregat kasar (kerikil) dan perencanaan campuran beton.

##### 4.1.1. Analisis Agregat Halus dan Analisis Agregat Kasar

Pada pengujian bahan analisis agregat halus dan kasar terdapat beberapa pemeriksaan diantaranya, pemeriksaan gradasi agregat yang menghasilkan nilai modulus kehalusan (*fineness modulus*), kadar air, berat jenis jenuh kering permukaan (*bulk specific gravity saturated surface dry/SSD*), penyerapan air (*absorption*) dan berat isi agregat. Hasil analisis agregat halus ditampilkan pada Tabel 4.1 dan hasil analisis agregat kasar ditampilkan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1. Hasil Analisis Agregat Halus (Pasir)

Material	Analisis	Nilai	Satuan
Agregat Halus	Modulus kehalusan	3.071	%
	Gradasi	Zona 1	
	Kadar air	0.47	%
	Berat jenis jenuh kering permukaan	2.690	
	Penyerapan air	2.669	%
	Berat isi ( <i>Rodded</i> )	1732.5	gr/cc
	Berat isi ( <i>Shoveled</i> )	1548.8	gr/cc

Tabel 4. 2. Hasil Analisis Agregat Kasar (Kerikil)

Material	Analisis	Nilai	Satuan
Agregat Kasar	Modulus kehalusan	8.96	%
	Gradasi	Zona 3	
	Kadar air	5.70	%
	Berat jenis jenuh kering permukaan	3.127	
	Penyerapan air	1.053	%
	Berat isi ( <i>Rodded</i> )	1653.75	gr/cc
	Berat isi ( <i>Shoveled</i> )	1496.25	gr/cc

#### 4.1.2. Perhitungan *Mix Design* Beton

Dalam penelitian kali ini mutu beton yang direncanakan sebesar 30 MPa. Setelah melakukan pengujian bahan kita dapat menghitung komposisi *mix design* untuk beton dengan mutu 30 MPa yang ditampilkan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Perhitungan *Mix Design* beton mutu 30 MPa

No	Uraian	Tabel/Grafik	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (2 HR, 5%)	Ditetapkan	30	MPa
2	Deviasi standar	Diketahui	-	MPa
3	Nilai Tambah (Margin)	( $K=1,64$ ) $1,64*(2)$	12	MPa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	42	MPa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Normal (Tipe I)	-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah	-
7	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir	-
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 1/2	0,45	-
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,60	-
9	Slump	Ditetapkan	60 - 180	mm
10	Ukuran Agregat Kasar Maksimum	Ditetapkan	20	mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225	kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	(11) : (7)	500,00	kg/m <sup>3</sup>
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-	kg/m <sup>3</sup>
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275	kg/m <sup>3</sup>
15	FAS yg disesuaikan	-	-	-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	Zona 1	-
17	Persen agregat halus	Grafik 13 - 15	44%	-
18	Berat jenis relatif agregat halus (SSD)	Diketahui	2,69	kg/m <sup>3</sup>
19	Berat isi beton	Grafik 16	2525	kg/m <sup>3</sup>
20	Kadar agregat gabungan	(19) - (11) - (12)	1800,00	kg/m <sup>3</sup>
21	Kadar agregat halus	(17) * (20)	792,00	kg/m <sup>3</sup>
22	Kadar agregat kasar	(20) - (21)	1008,00	kg/m <sup>3</sup>

Banyaknya Bahan (Teoritis)	Semen ( kg )	Air ( kg/m <sup>3</sup> )	Ag. Halus ( kg )	Ag. Kasar ( kg )
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	500,00	225,00	792,00	1008,00
Tiap campuran benda uji 0,111051 m	55,53	24,99	87,95	111,94
Proporsi (Teoritis) (1/3)	1,00	0,45	1,58	2,02

Dari Tabel 4.3 didapatkan hasil bahwa campuran untuk satu balok dan satu silinder terdiri dari semen sebesar 55.53 kg, air sebanyak 24.99 kg/m<sup>3</sup>, pasir sebesar 87.95 kg dan kerikil sebesar 111.94 kg. Tabel dan grafik yang digunakan dalam perencanaan campuran beton normal dapat dilihat pada lampiran.



#### 4.2. Pembuatan Benda Uji

Sebelum melakukan pengujian pada penelitian kali ini tentunya kami harus membuat benda uji, mekanisme pembuatan benda uji meliputi:

1. Pembuatan tulangan bambu;
2. Perakitan tulangan sambungan balok-kolom;
3. Pembuatan Bekesting;
4. Penyiapan bahan untuk pengecoran;
5. Menuangkan pada bekesting yang sudah siap.



a)



b)



c)

Gambar 4. 1. Pembuatan Tulangan Bambu

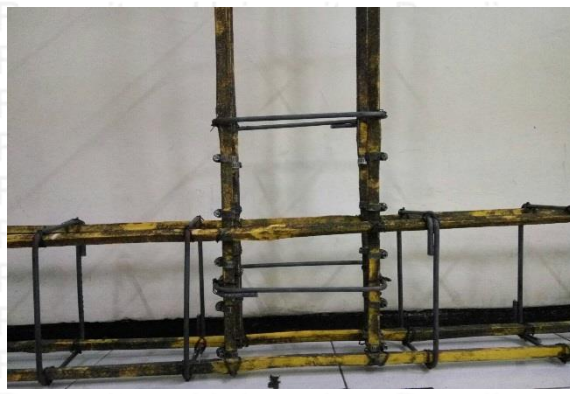
- (a) Tulangan bambu setelah dipotong sesuai ukuran yang ditentukan.
- (b) Pengecatan tuangan bambu dan pemasangan klem selang
- (c) Pelapisan tulangan dengan sikadur dan pasir



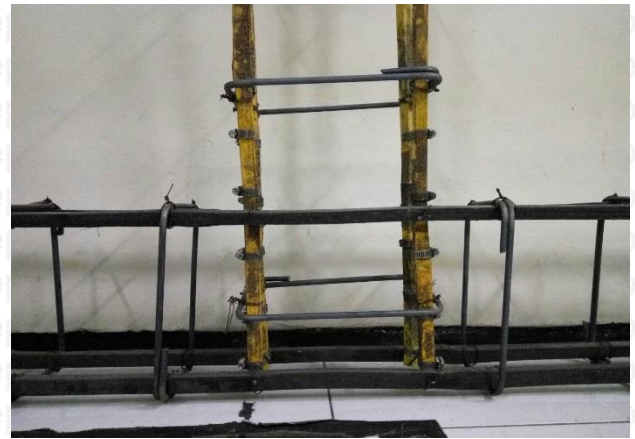
Gambar 4. 2. Penulangan Sambungan Balok-Kolom A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>



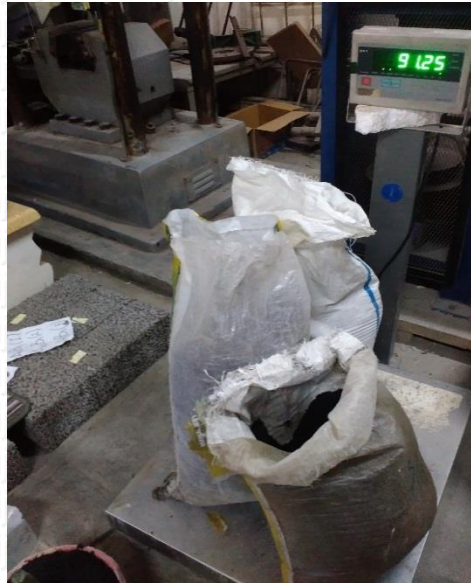
Gambar 4. 3. Penulangan Sambungan Balok-Kolom A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>



Gambar 4. 4. Penulangan Sambungan Balok-Kolom A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>



Gambar 4. 5. Penulangan Sambungan Balok-Kolom A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>



Gambar 4. 6. Penimbangan Bahan untuk Pengecoran



Gambar 4. 7. Bekisting dan Peletakan Tulangan yang Siap Cor



Gambar 4. 8. Hasil Cor Benda Uji Sambungan Balok-Kolom dan Silinder

### 4.3. Pengujian Slump dan Uji Kuat Tekan Beton

#### 4.3.1. Pengujian Slump`

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur secara langsung kelecakan (*workability*) beton segar. Slump dilakukan setiap kali pengecoran. Berdasarkan perencanaan campuran beton normal didapatkan nilai slump antara 60 sampai dengan 180 mm.



Gambar 4. 9. Pengujian Slump pada saat Pengecoran

Tabel 4. 4. Pengujian Slump

No	Tanggal Pengecoran	Slump cm	Balok	Tanggal Uji Silinder
1	06 April 2017	12	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	04 Mei 2017
2	07 April 2017	15	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	05 Mei 2017
3	12 April 2017	16	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	10 Mei 2017
4	17 April 2017	17	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	15 Mei 2017
5	17 April 2017	15	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	15 Mei 2017
6	17 April 2017	15,5	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	15 Mei 2017
7	12 April 2017	18	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 1	10 Mei 2017
8	26 April 2017	15	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	24 Mei 2017
9	28 April 2017	14	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	26 Mei 2017
10	28 April 2017	15,5	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	26 Mei 2017
11	12 April 2017	12	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 1	10 Mei 2017
12	26 April 2017	12,5	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	24 Mei 2017
13	26 April 2017	16	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	24 Mei 2017
14	28 April 2017	15	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	26 Mei 2017

Terlihat pada Tabel 4.4 terdapat keragaman nilai slump pada setiap benda uji, hal ini dipengaruhi oleh kandungan air yang berbeda dan tipe agregat serta gradasinya. Namun kondisi tersebut tidak menjadi masalah karena slump di desain menggunakan nilai (60-180) mm.

#### 4.3.2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pembuatan benda uji kuat tekan beton diambil 1 benda uji kuat tekan setiap sambungan balok-kolom, hal ini ditujukan untuk mengukur kuat tekan ( $f'_c$ ) dari setiap benda uji sambungan. Benda uji silinder ini memiliki dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

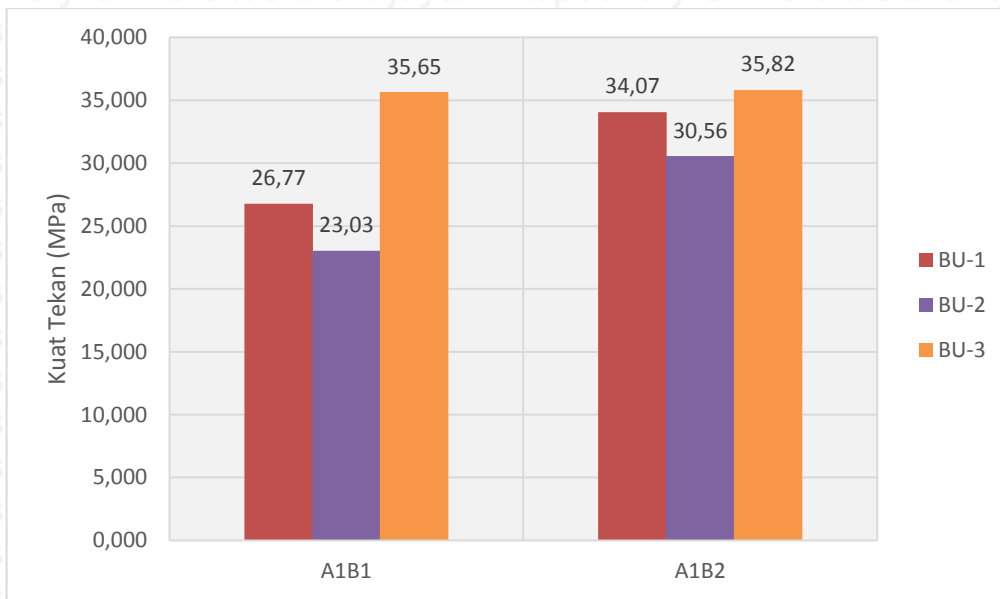
Proses perawatan atau *curing* benda uji silinder ini dilakukan dengan direndam selama 7 hari setelah 1 hari dilepas dari bekistingnya. Proses perawatan atau *curing* ini bertujuan untuk menghindari rangkakan dan susut pada beton. Setelah proses perawatan atau *curing* benda uji silinder diangkat dan didiamkan hingga mencapai umur beton 28 hari. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan. Gambar pengujian kuat tekan beton silinder ditampilkan pada Gambar 4.10, sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 4.5



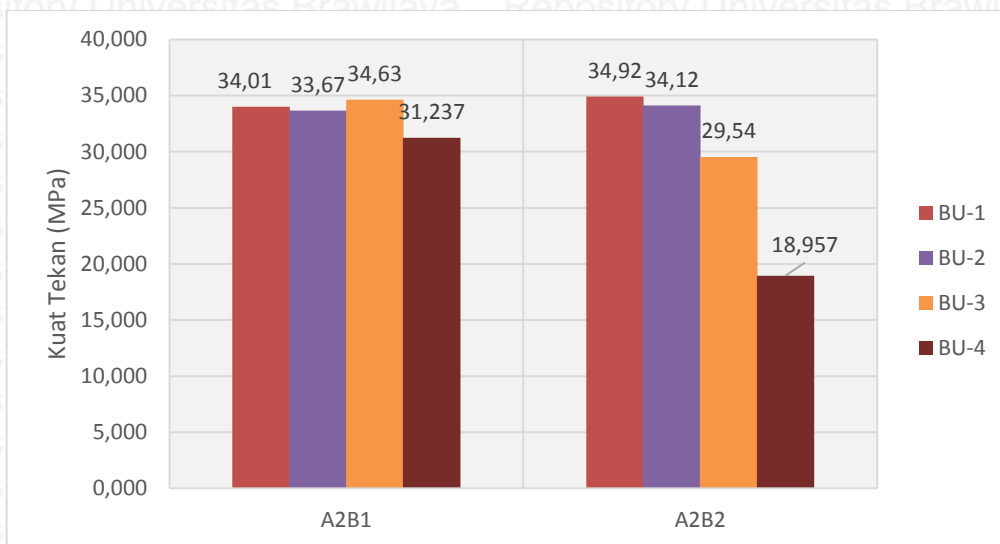
Gambar 4. 10. Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 4. 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No.	Balok	f'c (Mpa)	f'c Rata-rata MPa
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	26,766	28,483
2	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	23,031	
3	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	35,651	
4	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	34,066	33,481
5	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	30,558	
6	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	35,820	
7	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 1	34,010	33,387
8	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	33,670	
9	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	34,632	
10	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	31,237	
11	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 1	34,915	29,384
12	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	34,123	
13	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	29,539	
14	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	18,957	
<b>RATA-RATA KUAT TEKAN BETON (Mpa)</b>			<b>31,213</b>



Gambar 4. 11. Grafik Hasil Uji Tekan Beton Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> & A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>



Gambar 4. 12. Grafik Hasil Uji Tekan Beton Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> & A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>

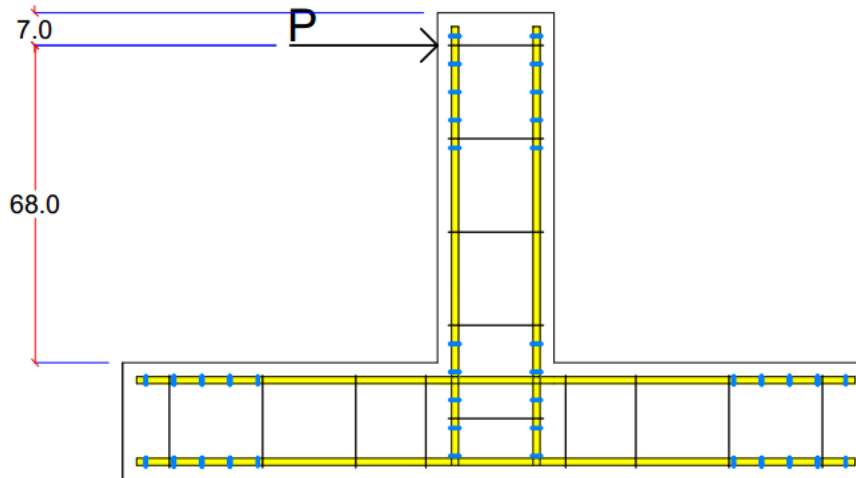
Dari hasil pengujian kuat tekan beton tersebut didapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,213 MPa, sedangkan mutu beton yang direncanakan pada perencanaan *mix design* sebesar 30 MPa. Terlihat di gambar 4. 13. pada benda uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> -4 nilai kuat tekan beton sangat rendah dibandingkan dengan benda uji yang lain, perbedaan nilai kuat tekan beton ini dikarenakan pada saat pengecoran, benda uji silinder tidak sepenuhnya terisi oleh campuran beton sehingga benda uji terjadi keropos. Hasil ini menunjukkan bahwa beton yang digunakan mendekati dengan perencanaan *mix design*.

#### 4.4. Perhitungan Beban Rencana (Prencana) dan Pengujian Beban Lateral Satu

##### Arah

##### 4.4.1. Perhitungan Beban Rencana ( $P_{rencana}$ )

Perhitungan beban rencana menggunakan perhitungan kuat lentur balok bertulang bambu. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk memperkirakan pada beban berapa balok akan mengalami keruntuhan selain itu juga dapat dikira kira untuk menggunakan penambahan beban sebesar berapa.



Gambar 4. 14. Skema Pembebanan Beban Lateral Satu Arah

##### 1. $P_{maks}$ Teoritis Balok $A_2B_1 - 1$

Perhitungan  $P_{maks}$  teoritis berdasarkan nilai kuat lekat yang didapatkan dari hasil uji *Pull Out* (pada lampiran) dengan besarnya mutu beton tergantung dari hasil uji tekan silinder.

$$b \text{ (lebar penampang balok)} = 180 \text{ mm}$$

$$d = 250 - 30 - \frac{1}{2}(12) - 6 = 208 \text{ mm}$$

$$\text{As geser (Jumlah Tulangan} \times L \times \text{Luas Bidang Geser)} = 2 \times 940 \text{ mm} (2 \times (12 + 12 \text{ mm})) = 90240 \text{ mm}^2$$

$$f_c \text{ (Tegangan tekan hancur beton)} = 34,01 \text{ MPa}$$

$$\mu \text{ (Tegangan lekat tulangan bambu)} = 0.126 \text{ MPa}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :



$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Tarik} &= \text{Gaya Tekan} \\
 T &= Cc \\
 \text{As geser } \times \mu &= 0,85 \times f'c \times b \times a \\
 90240 \text{ mm}^2 \times 0.126 \text{ N/mm}^2 &= 0,85 \times 34,01 \text{ N/mm}^2 \times 180 \text{ mm} \times a \\
 11374,9882 \text{ N} &= 5203,48 \text{ N/mm} (a) \\
 a = \frac{11374,9882}{5203,48} &= 2,186 \text{ mm} \\
 \text{Letak garis netral, } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{2,186}{(0.85 - 0,008 \times (34,01 - 30))} &= 2,673 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Momen nominal, } Mn &= T \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 11374,9882 \text{ N} \times \left( 208 \text{ mm} - \frac{2,186}{2} \right) \\
 &= 2353564,48 \text{ Nmm} \\
 \text{Momen ultimate, } Mu &= \phi \times Mn \\
 &= 0.8 \times 2353564,48 \text{ Nmm} \\
 &= 1882851,59 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Momen teoritis, } M_{maks} = P (680)$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= P (680) \\
 P &= \frac{1}{680} (Mu) \\
 &= (1882851,59 \text{ Nmm}) / 680 \\
 &= 2768,8994 \text{ N} \\
 &= 276,88994 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka,  $P_{maks}$  teoritis untuk balok A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> adalah sebesar 276,88994 Kg

## 2. $P_{maks}$ Teoritis Balok A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 1

Perhitungan  $P_{maks}$  teoritis berdasarkan nilai kuat lekat yang didapatkan dari hasil uji *Pull Out* (pada lampiran) dengan besarnya mutu beton tergantung dari hasil uji tekan silinder.

$$\begin{aligned}
 b \text{ (lebar penampang balok)} &= 180 \text{ mm} \\
 d &= 250 - 30 - \frac{1}{2} (15) - 6 \\
 &= 206,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As geser (Jumlah Tulangan } \times L \times \text{Luas Bidang Geser)} &= 2 \times 940 \text{ mm} (2 \times (15 + 15 \text{ mm})) \\
 &= 112800 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$f_c \text{ (Tegangan tekan hancur beton)} = 34,915 \text{ MPa}$$

$$\mu \text{ (Tegangan lekat tulangan bambu)} = 0.3362 \text{ MPa}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = C_c$$

$$\text{As geser} \times \mu = 0,85 \times f_c \times b \times a$$

$$112800 \text{ mm}^2 \times 0.3362 \text{ N/mm}^2 = 0,85 \times 34,915 \text{ N/mm}^2 \times 180 \text{ mm} \times a$$

$$37926,3889 \text{ N} = 5342 \text{ N/mm} (a)$$

$$a = \frac{37926,3889}{5342} = 7,0997 \text{ mm}$$

$$\text{Letak garis netral, } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7,0997}{(0,85 - 0,008 \times (34,915 - 30))} = 8,7576 \text{ mm}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Momen nominal, } M_n &= T \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 37926,3889 \text{ N} \times \left( 206,5 \text{ mm} - \frac{7,0997}{2} \right) \\ &= 7697167,15 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen ultimate, } M_u &= \phi \times M_n \\ &= 0.8 \times 7697167,15 \text{ Nmm} \\ &= 6157733,72 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\text{Momen teoritis, } M_{maks} = P (680)$$

$$M_u = P (680)$$

$$P = \frac{1}{680} (M_u)$$

$$= (6157733,72 \text{ Nmm}) / 680$$

$$= 9055,5 \text{ N}$$

$$= 905,55 \text{ kg}$$

Maka, Pmaks teoritus untuk balok A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> adalah sebesar 905,55 Kg

Dari perhitungan beban rencana kedua benda uji didapat hasil yang tidak begitu besar sehingga pada pengujian menggunakan penambahan beban sebesar 50 Kg untuk masing masing benda uji.

#### 4.4.2. Pengujian Benda Uji dengan Beban Lateral Satu Arah

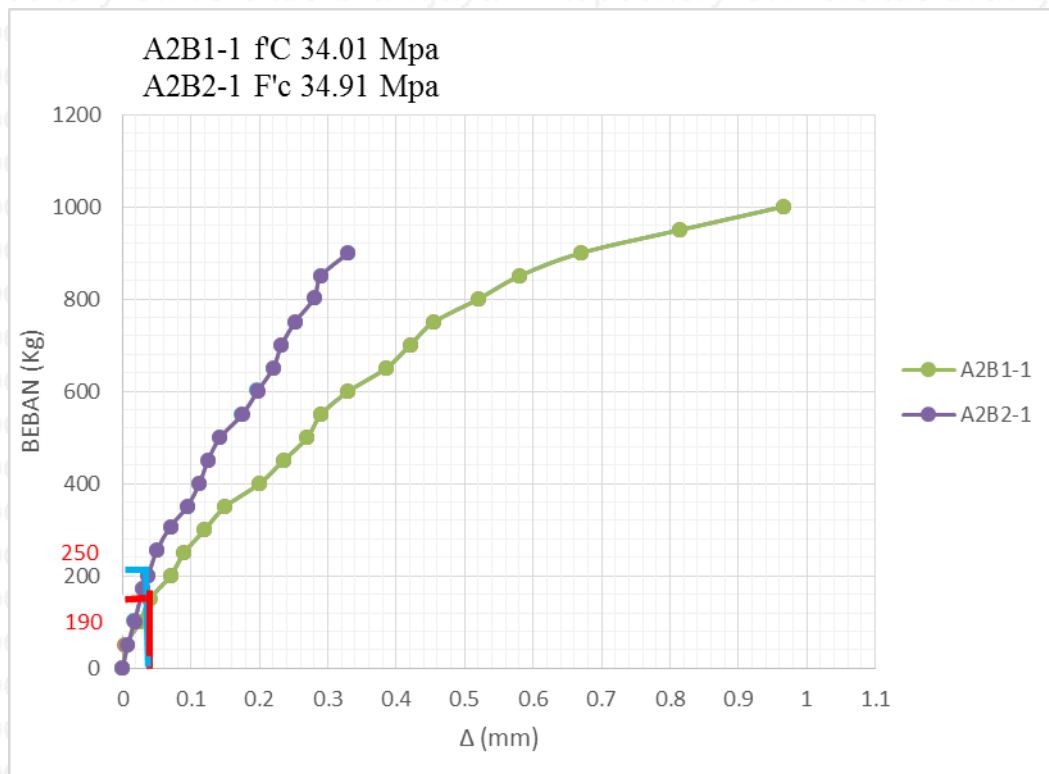
Pengujian dengan beban lateral satu arah ini menggunakan benda uji  $A_2B_1 - 1$  dan  $A_2B_2 - 1$  pengujian ini ditujukan untuk mengetahui batas elastis dari masing masing benda uji untuk dapat menentukan pembebanan pada pengujian dengan respon siklik.



Gambar 4. 15 Pemodelan Pengujian Beban Lateral Satu Arah

Seperti Pada Gambar 4.14 terlihat ada satu buah load cell dan tiga LVDT yang telah di *setting* untuk pengujian beban lateral satu arah, agar tidak dapat bergerak sambungan balok-kolom dijepit pada kedua sisinya, pembebanan dilakukan dari kiri kekanan dengan format pembebanan sesuai pada Tabel 4.6.

Setelah melakukan pengujian didapatkan data pengujian seperti pada lampiran dan setelah itu di plot kan ke grafik hubungan antar  $P$ (beban) dan  $\Delta$ . Setelah di plotkan dapat ketahu zona elastis pada beban ke berapa dari masing masing benda uji dan dapat di tentukan pembebanan yang digunakan untuk pengujian siklik.



Gambar 4. 16 Grafik Hasil Pengujian Beban Lateral Satu Arah

Dari hasil pengujian didapatkan beban pada batas elastis dari masing masing benda uji pada benda uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 1 didapatkan beban sebesar 190 Kg dan pada benda uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 1 didapatkan beban sebesar 250 Kg. Dari beban yang didapatkan antara benda uji yang memiliki tulangan kecil dan tulangan besar tidak begitu jauh, sehingga diambil beban 200 Kg sebagai batas elastis.

Pembebanan yang digunakan pada pengujian siklik adalah 200 Kg, - 200 Kg, 400 Kg, -400 Kg, dan Pmaks dengan pembacaan per interval 50 Kg seperti pada tabel form pengujian siklik dibawah ini.

#### 4.5. Pengujian Lentur Sambungan Balok-Kolom Bertulangan Bambu

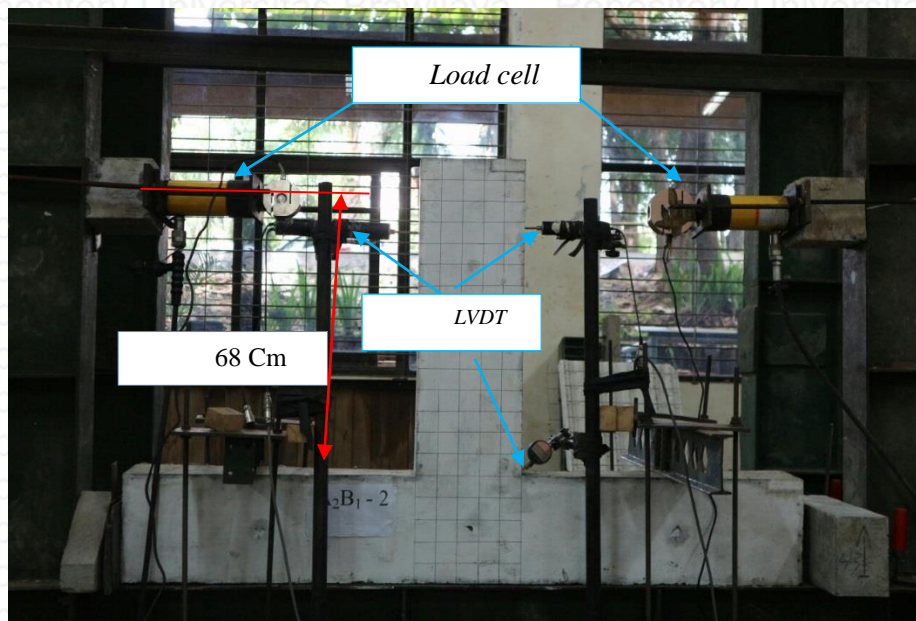
Pengujian kuat lentur sambungan balok - kolom bertulangan bambu bertujuan untuk mengetahui kapasitas sambungan balok - kolom dalam menerima beban siklik dan mengetahui pengaruh variasi penggunaan klem selang dan rasio tulangan terhadap kuat lentur balok beton bertulangan bambu.

##### 4.5.1. Pemodelan Pembebanan Sambungan Balok - Kolom

Sambungan balok - kolom diuji sebagai balok kantilever, dimana kolom dijepit pada frame dan balok dimodelkan terjepit pada kolom dengan ujung bebas. Sambungan balok –

kolom bertulangan bambu yang diuji dengan pembebanan siklik berjumlah 12 buah .

Pemodelan pembebanan pada struktur balok ditunjukkan pada Gambar 4.16.



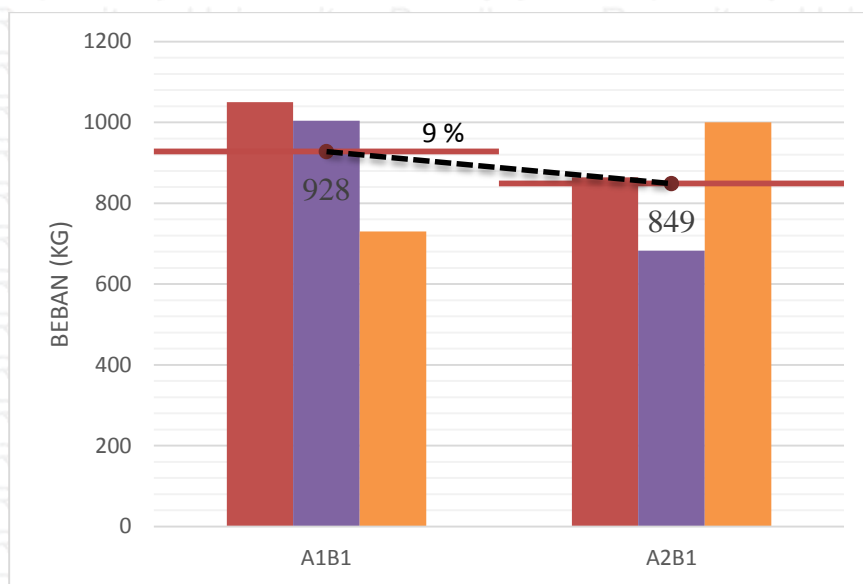
Gambar 4. 17. Pemodelan Beban pada Benda Uji

#### 4.5.2. Hasil Pengujian Siklik Sambungan Balok-Kolom Beton bertulangan Bambu

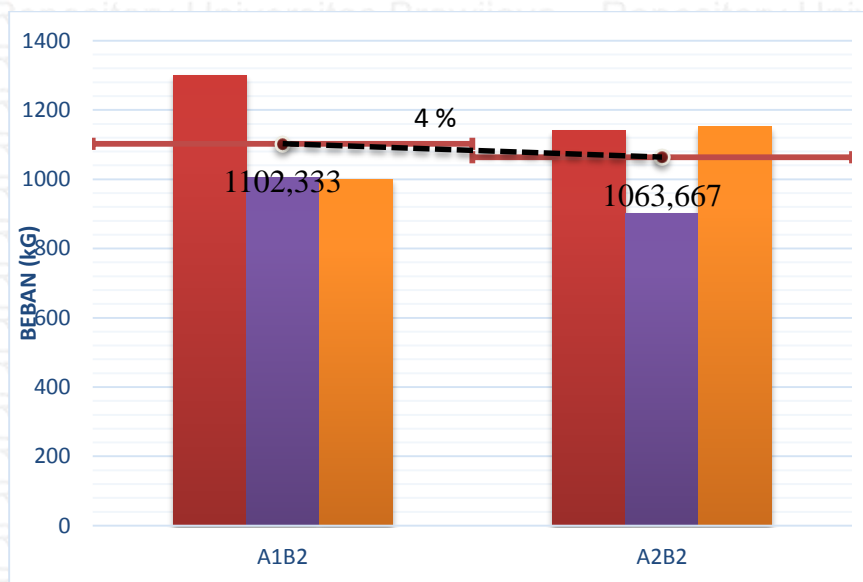
Hasil dari pengujian siklik sambungan balok-kolom ini salah satunya adalah berapa besar nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan berbagai variasi yang sudah direncanakan. Pada penelitian ini didapatkan beban maksimum dari masing masing benda uji yang dapat dilihat dalam Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Beban maksimum pada sambungan balok-kolom.

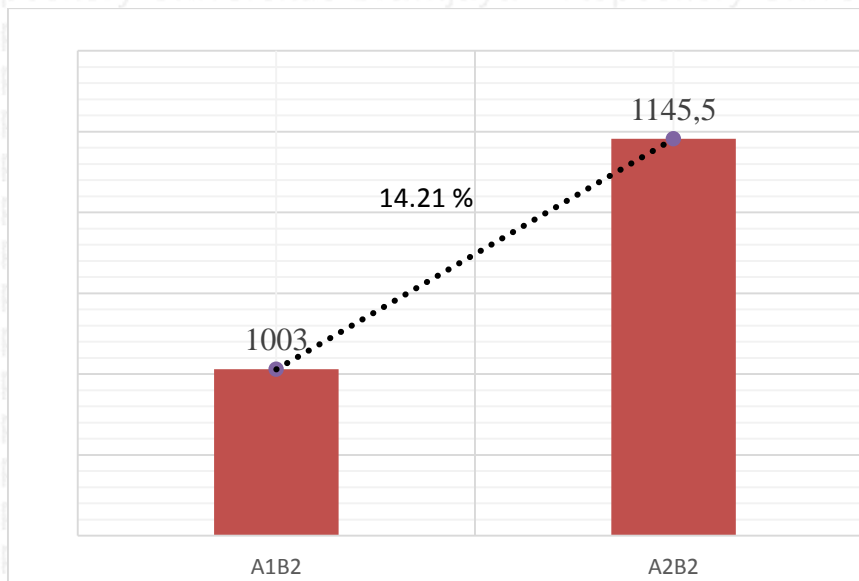
BENDA UJI	Pmaks (Kg)	Rata- Rata Pmaks (Kg)	Standar Deviasi	Koefisien Variasi
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	1050			
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	1004	928.000	173.009	19%
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	730			
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	1301			
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	1005	1102.333	172.062	16%
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	1001			
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	864			
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	683	849.000	159.031	19%
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	1000			
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	1140			
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	900	1063.667	141.846	13%
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	1151			



Gambar 4. 18 Beban maksimum pada Rasio tulangan 0.76 %.



Gambar 4. 19 Beban maksimum pada rasio tulangan 1.21%.



Gambar 4. 20 Beban maksimum pada rasio tulangan 1.21%.

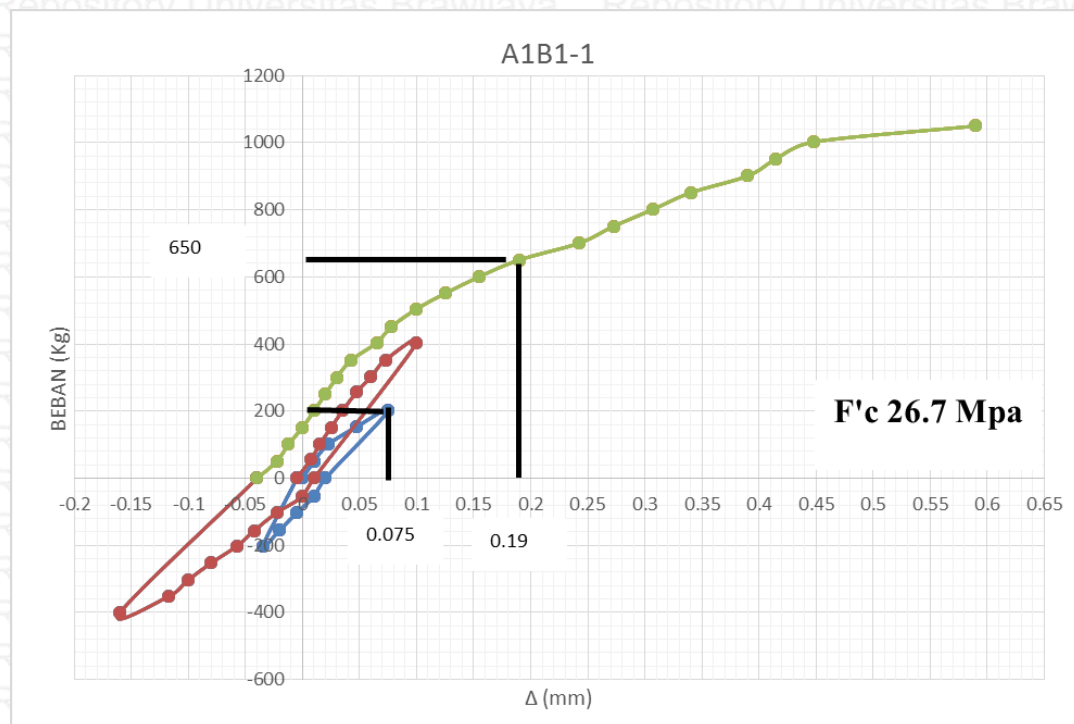
Dapat dilihat pada Gambar 4.18 bahwa pemberian variasi penggunaan klem selang pada rasio tulangan 0.76% belum berpengaruh terhadap beban maksimum, benda uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> yang tidak menggunakan kait klem selang mengalami penurunan sebesar 9 % di bandingkan dengan benda uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>. hal ini dikarenakan kait klem selang yang digunakan pada rasio 0.76% tidak mampu bekerja maksimal. Rasio 0.76% belum membutuhkan penggunaan klem selang karena gaya yang bekerja kecil sehingga belum sampai terjadinya selip, akibatnya pemberian klem selang pada tulangan mengakibatkan kerusakan pada tulangan. Pada Gambar 4. 19 terjadi penurunan beban maksimum sebesar 4%, hal ini dikarenakan terdapat data yang melenceng, yaitu benda uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>-1 mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan benda uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>-2 dan A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>-3, dan pada benda uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-3 mengalami penurunan yang cukup signifikan di bandingkan dengan benda uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-2 dan A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-4. apabila data tersebut di masing-masing benda uji tidak digunakan maka penggunaan kait klem selang pada rasio tulangan 1.21% meningkatkan beban maksimum. Dapat dilihat Pada Gambar 4. 20 penggunaan variasi klem selang pada rasio tulangan 1.21% berpengaruh terhadap peningkatan beban maksimum mencapai 14.21% hal ini dapat dilihat pada benda uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> dan A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>. Peningkatan kapasitas beban ini dikarenakan gaya yang bekerja pada rasio tulangan 1.21% cukup besar dan dapat mengakibatkan selip, sehingga dibutuhkan penggunaan klem selang untuk menahan selip.

Hasil yang lain yang didapatkan dalam pengujian siklik adalah nilai lendutan yang terjadi, dimana lendutan dicatat pada setiap penambahan beban hingga sambungan balok-kolom tidak dapat menahan beban atau mengalami keruntuhan. Hasil lendutan maksimum

pada masing-masing benda uji sambungan balok-kolom ditampilkan pada Tabel 4.7. dan grafik hubungan beban dan lendutan ditampilkan pada Gambar 4.21 sampai Gambar 4.32

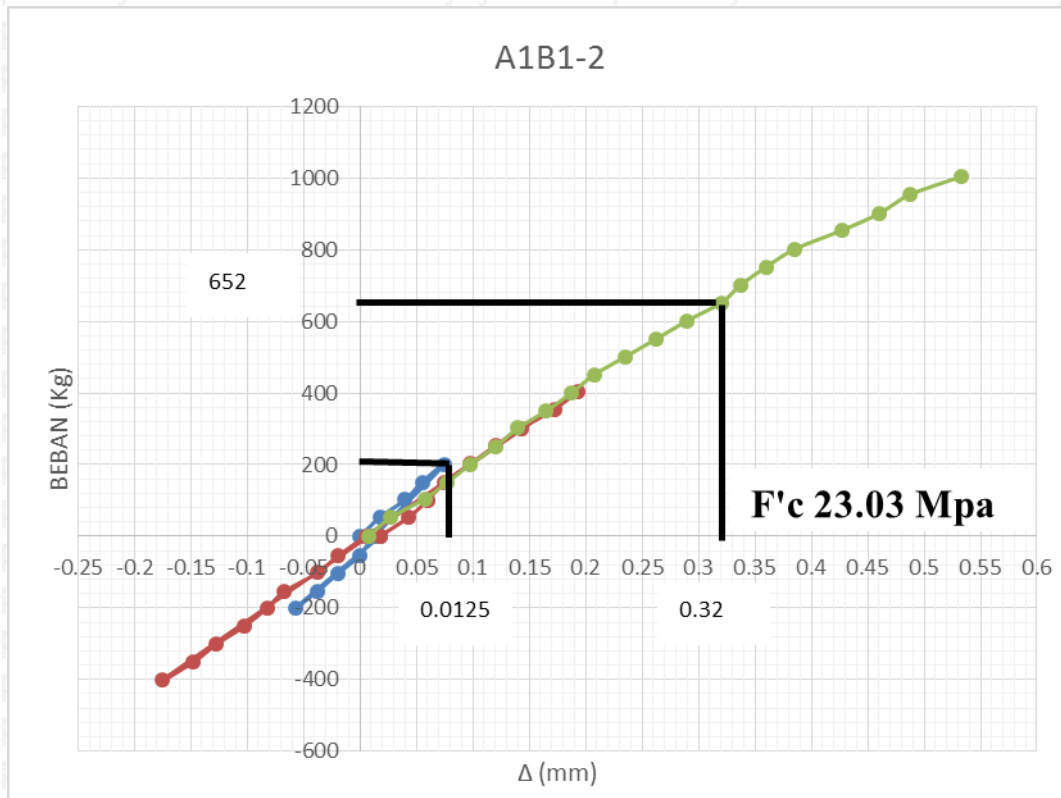
Tabel 4. 7 Lendutan maksimum pada benda uji sambungan balok-kolom

BENDA UJI	Pmaks(KG)	$\Delta$ LENTUR		$\Delta$ LENTUR RATA- RATA (mm)	$\Delta$ LENTUR RATA-RATA (mm)
		$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	1050	0.660	0.520	0.590	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	1004	0.650	0.415	0.533	0.575
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	730	0.625	0.580	0.603	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	1301	0.460	0.380	0.420	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	1005	0.410	0.450	0.430	0.383
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	1001	0.365	0.230	0.298	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	864	0.895	0.870	0.883	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	683	0.740	0.500	0.620	0.690
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	1000	0.620	0.515	0.568	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	1140	0.500	0.270	0.385	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	900	0.550	0.530	0.540	0.477
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	1151	0.470	0.540	0.505	

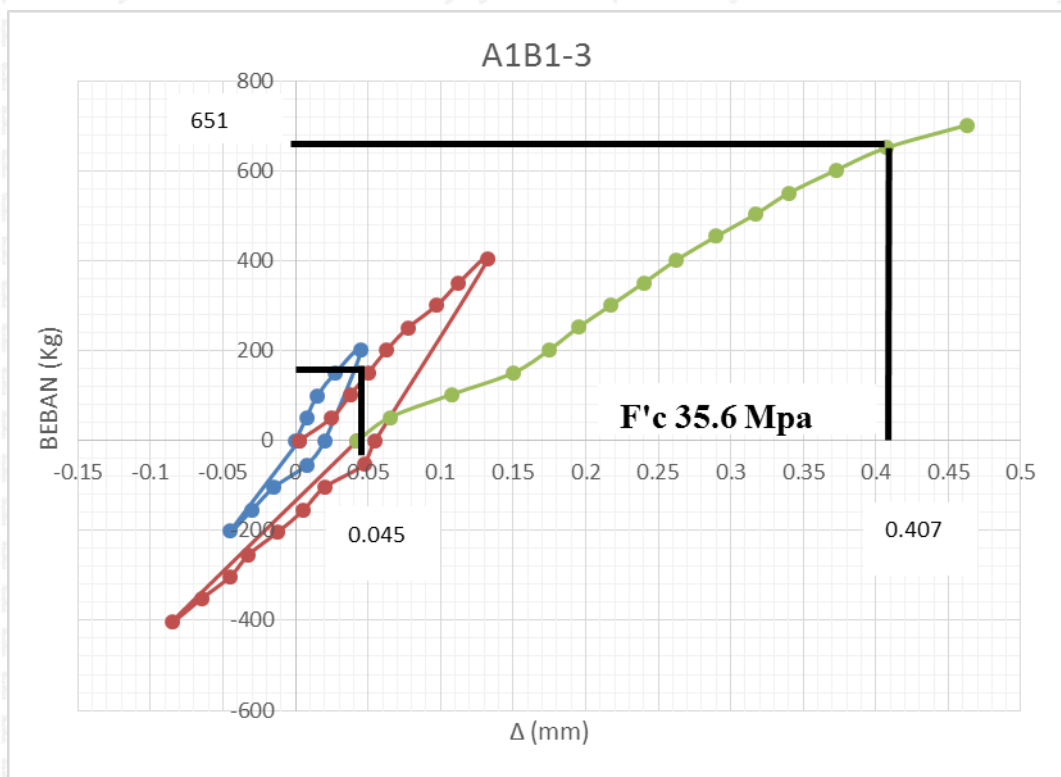


Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 1

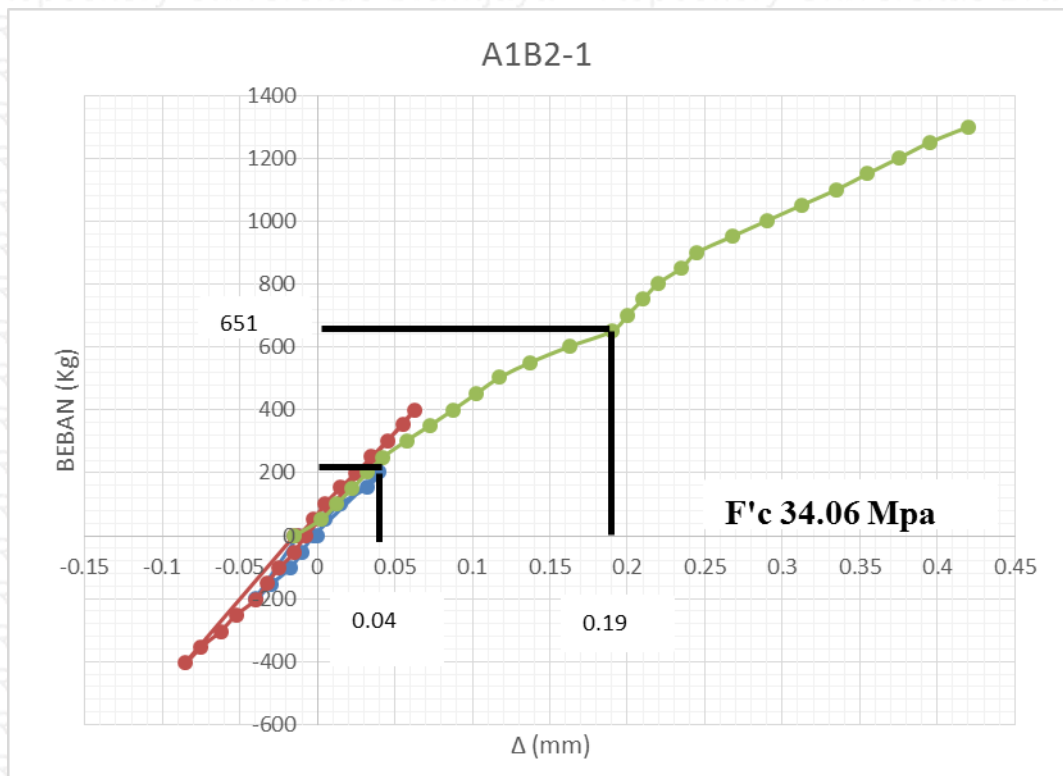




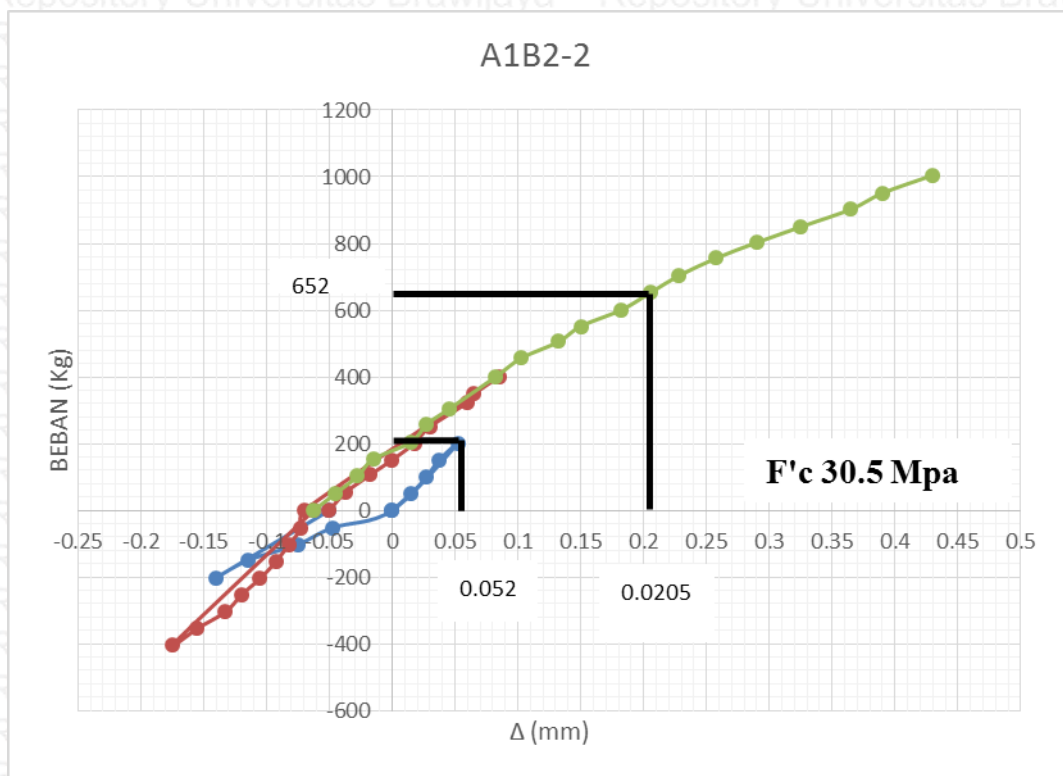
Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Beban dan Lentutan Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 2



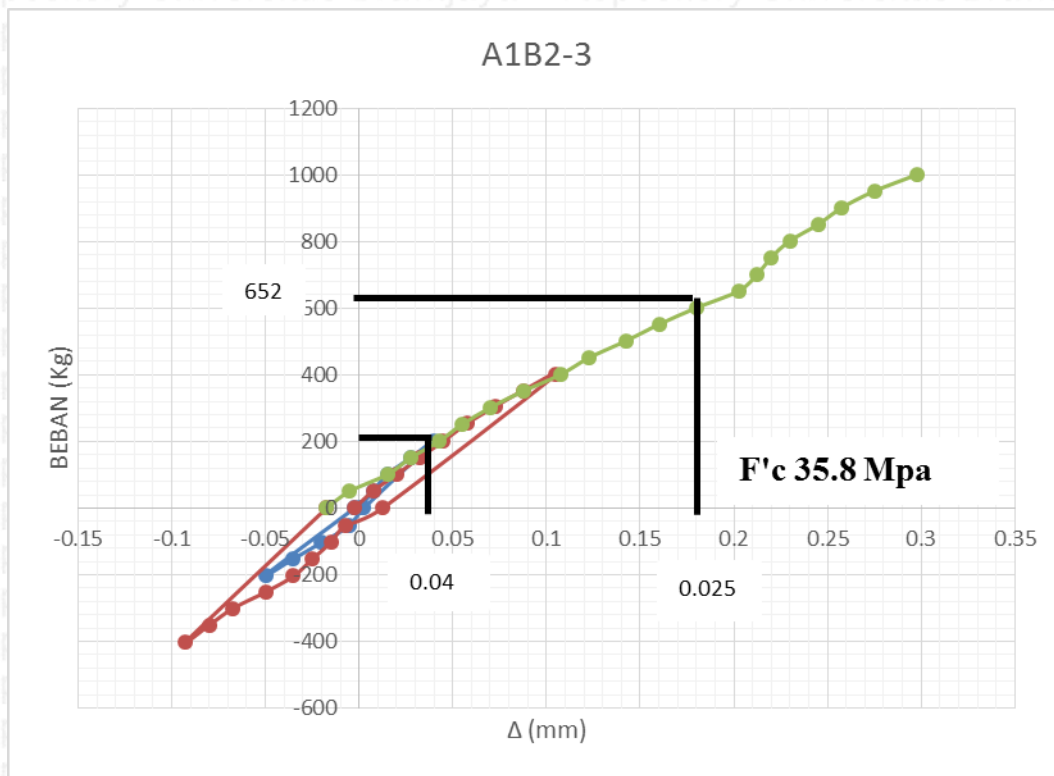
Gambar 4. 23 Grafik Hubungan Beban dan Lentutan Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 3



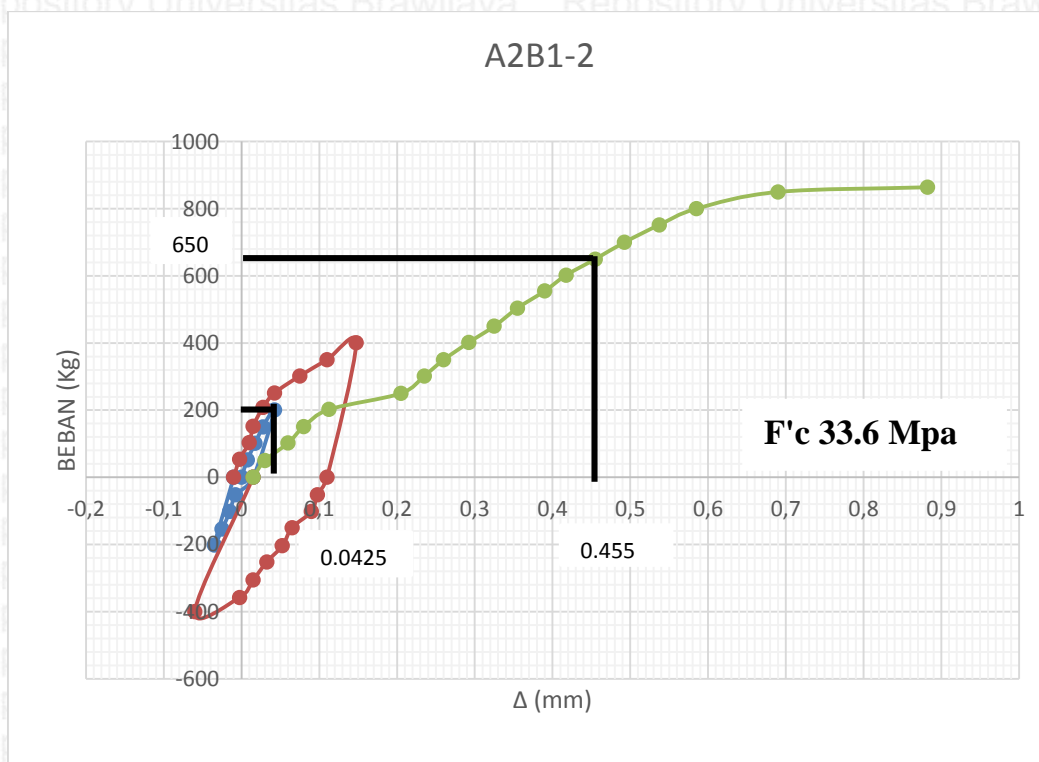
Gambar 4. 24 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 1



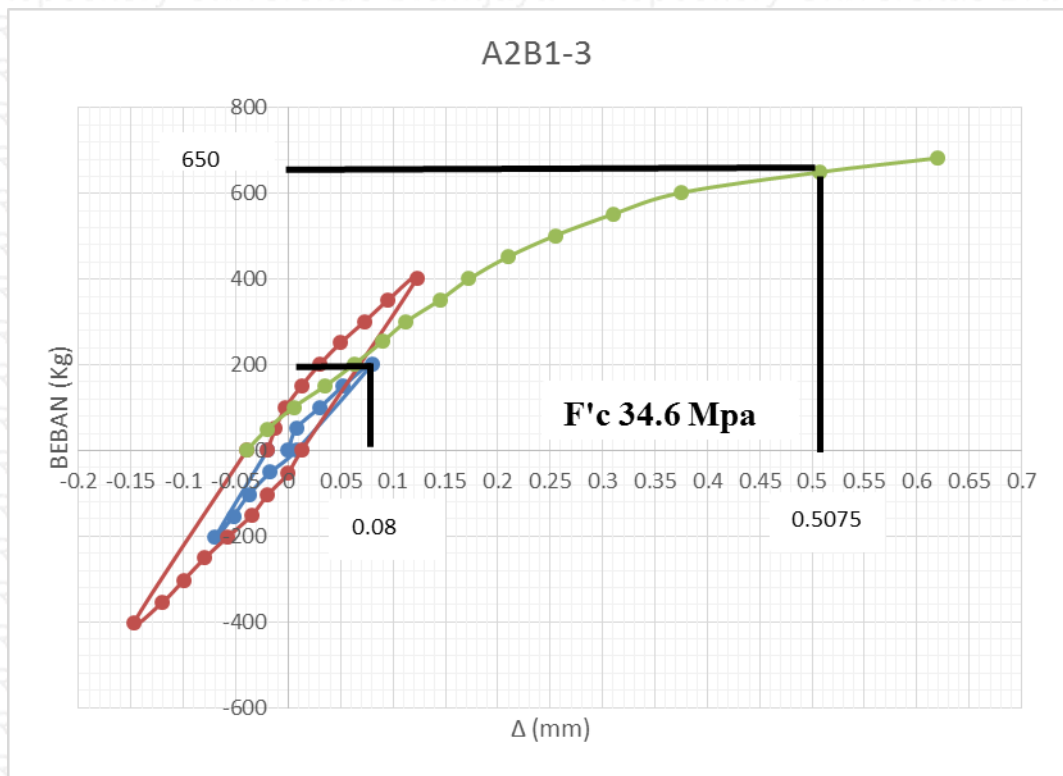
Gambar 4. 25 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 2



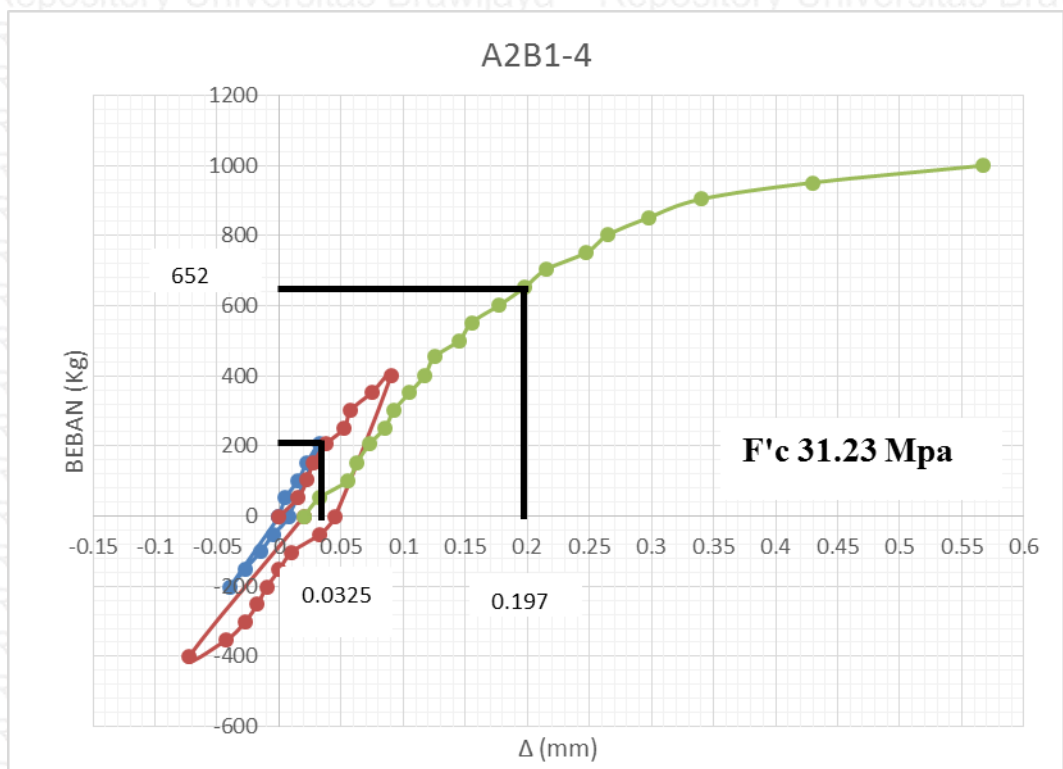
Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 3



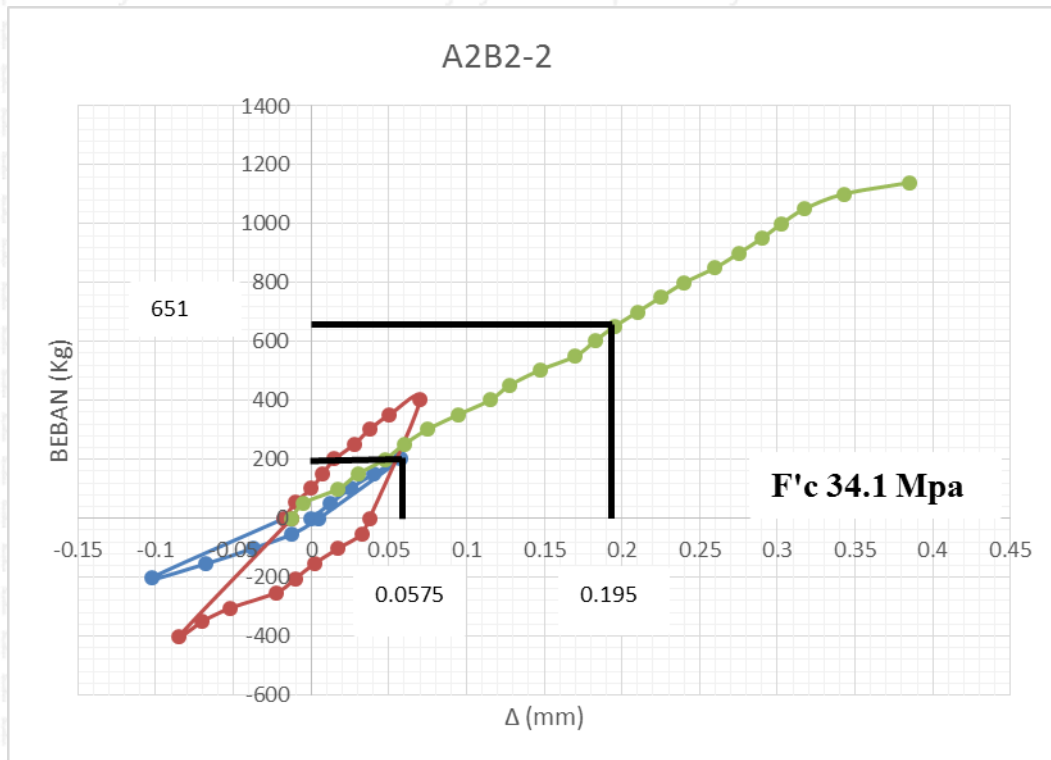
Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 2



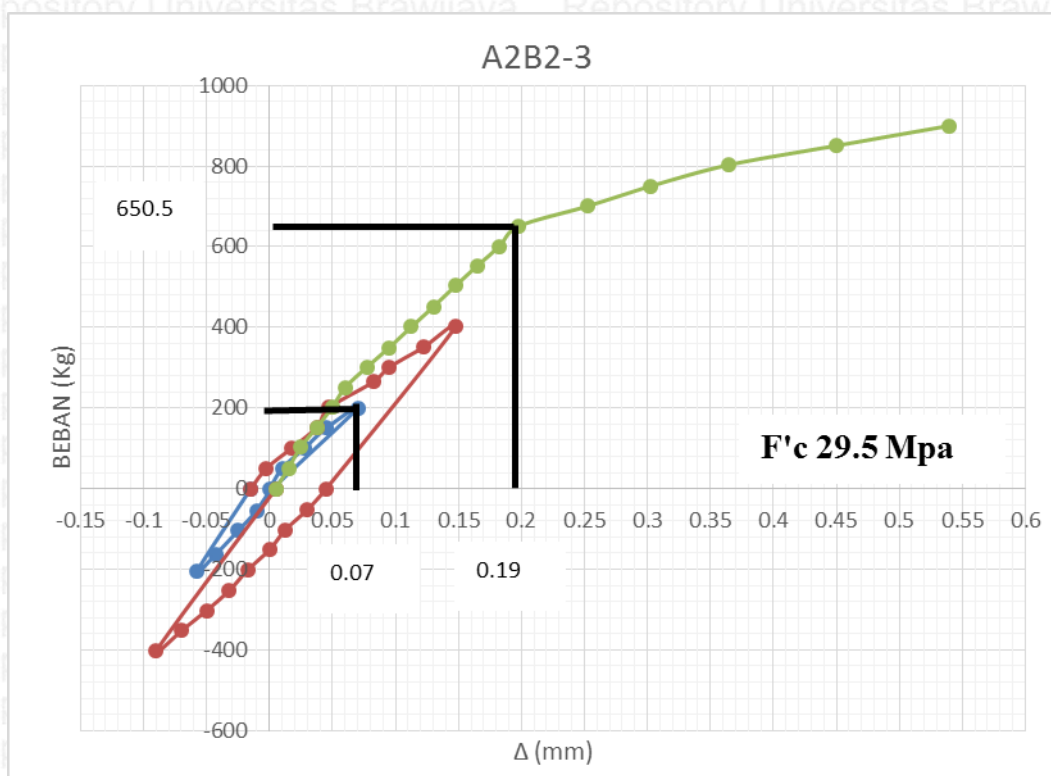
Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 3



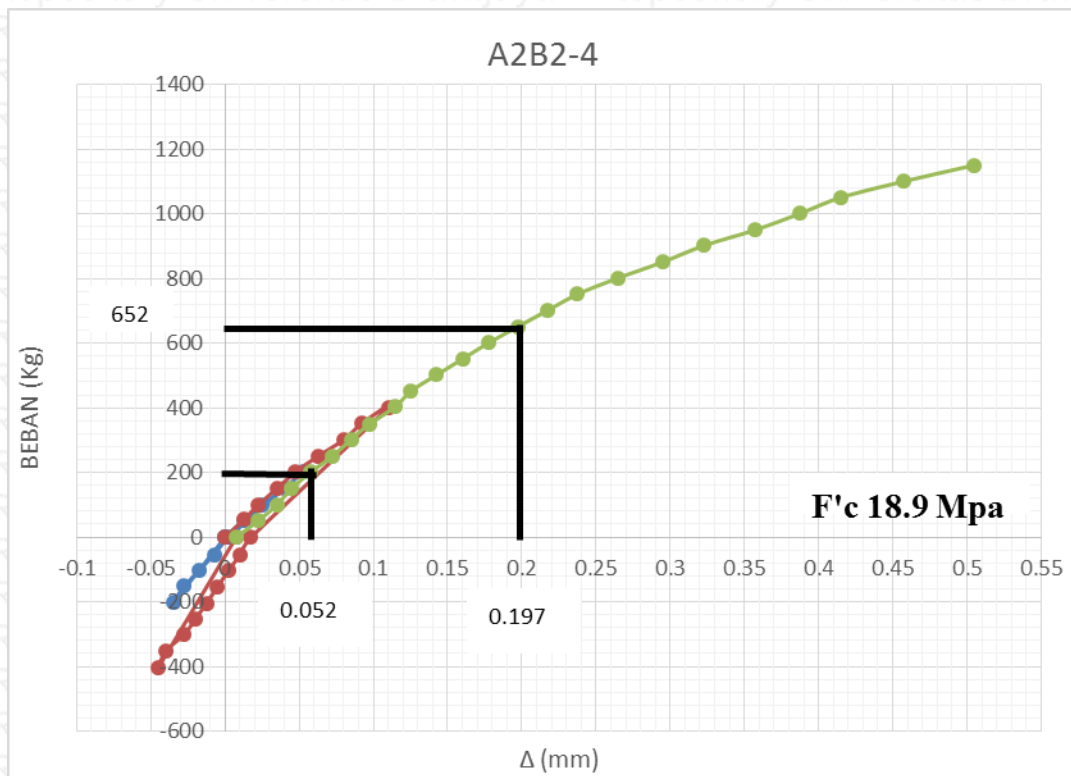
Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 4



Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Beban dan Lentutan Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 2



Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Beban dan Lentutan Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 3



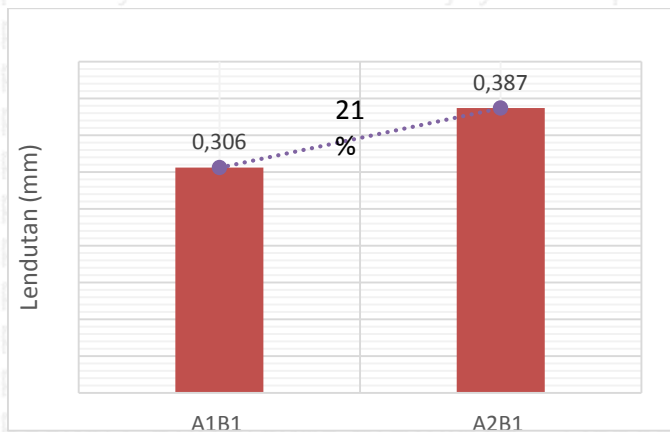
Gambar 4. 32 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 4

Gambar 4.21 sampai dengan Gambar 4.32 menunjukkan grafik lendutan maksimum yang terjadi pada setiap benda uji sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu. Penggambaran grafik dilakukan dengan melihat besarnya lendutan dari arah depan benda uji. Dalam pemodelan pembebanan menggunakan tumpuan jepit-bebas atau batang kantilever dimana letak pembebanan terdapat pada batang kantilever yaitu jarak 68 cm dari tumpuan jepit dan menggunakan 2 titik pengamatan berjarak 65 cm yakni disebelah kanan sebagai  $\Delta_1$  dan sebelah kiri sebagai  $\Delta_2$ . Pada Tabel 4.9. kecenderungan lendutan terbesar terjadi pada titik  $\Delta_1$ , hal ini dikarenakan karena pembebanan siklik pada saat  $P_{maks}$  berada pada titik  $\Delta_1$ , sehingga keruntuhan sambungan balok-kolom lebih besar dapat terjadi pada titik tersebut.

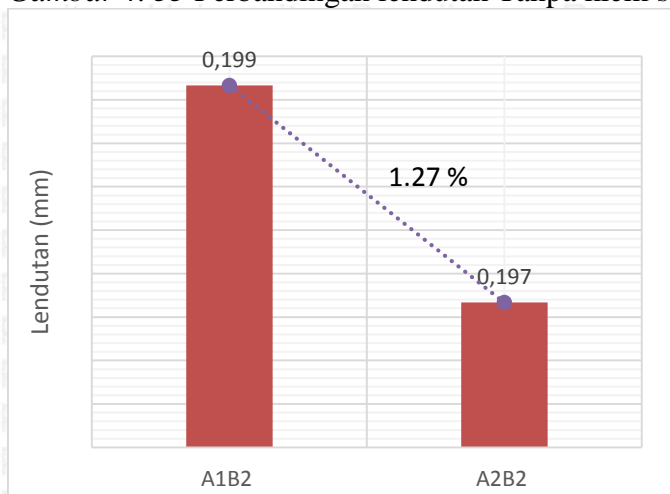
Grafik lendutan yang terjadi pada setiap benda uji relatif seragam namun memiliki nilai lendutan bervariasi, hal ini dikarenakan beban maksimum setiap benda memiliki nilai yang berbeda-beda. Oleh karena itu untuk melihat pengaruh penggunaan klem selang terhadap lendutan yang mampu dipikul oleh benda uji digunakan beban pada siklus ketiga yaitu sebesar 650 Kg, dengan menggunakan beban tersebut dapat dilihat lendutan pada masing-masing benda uji. Hasil lendutan benda uji pada beban 650 kg dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Lendutan Pada Beban 650 Kg.

BENDA UJI	Pmaks(KG)	Rata- Rata Pmaks (Kg)	$\Delta$ LENTUR		$\Delta$ LENTUR RATA-RATA (mm)	$\Delta$ LENTUR RATA-RATA (mm)
			$\Delta$ 1 (mm)	$\Delta$ 2 (mm)		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	1050		0.280	0.100	0.190	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	1004	928	0.410	0.230	0.320	0.306
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	730		0.475	0.340	0.408	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	1301		0.170	0.210	0.190	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	1005	1102.333	0.210	0.200	0.205	0.199
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	1001		0.205	0.200	0.203	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	864		0.470	0.440	0.455	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	683	849	0.540	0.475	0.508	0.387
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	1000		0.210	0.185	0.198	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	1140		0.250	0.140	0.195	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	900	1063.667	0.195	0.200	0.198	0.197
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	1151		0.195	0.200	0.198	



Gambar 4. 33 Perbandingan lendutan Tanpa klem selang Pada rasio tulangan 0.76%



Gambar 4. 34 Perbandingan lendutan Tanpa klem selang Pada rasio tulangan 1.21%

. Berdasarkan Gambar 4.33 dan Gambar 4.34 terdapat perbedaan hubungan lendutan dengan beban penggunaan kait klem selang dengan variasi tulangan bambu. Dimana, Pada benda uji  $A_1B_1$  mengalami lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan  $A_2B_1$ . Sedangkan pada benda uji  $A_1B_2$  memiliki lendutan yang lebih besar dibandingkan dengan  $A_2B_2$ . Nilai lendutan pada benda uji sambungan balok-kolom di pengaruhi oleh penggunaan klem selang dan rasio tulangan yang digunakan. Benda uji yang tidak menggunakan kait klem selang pada rasio tulangan 0.76% ( $A_1B_1$ ) memiliki lendutan yang lebih kecil di bandingkan dengan benda uji yang menggunakan kait klem selang pada rasio tulangan 0.76% ( $A_2B_1$ ), hal ini dikarenakan kait klem selang yang dipasangkan pada tulangan kecil belum bekerja secara maksimum, kait klem selang belum melekat secara sempurna dan gaya yang bekerja pada tulangan kecil relative masih kecil sehingga belum membutuhkan penggunaan kait klem selang. Sedangkan penggunaan kait klem selang pada rasio tulangan 1.21% berpengaruh terhadap lendutan yang terjadi, hal ini dikarenakan klem selang melekat secara sempurna dengan tulangan bambu, kait klem selang pada beton mampu menahan lendutan secara perlahan dengan melepaskan ikatan klem selang dengan beton tanpa merusak ikatan beton dengan tulangan bambu dan gaya yang bekerja pada tulangan relative besar sehingga membutuhkan penggunaan kait klem selang untuk menahan gaya yang terjadi.

#### 4.6. Analisis Lentur Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulangan Bambu

Analisis lentur yang terjadi pada balok dihitung dan dilihat berdasarkan regangan yang terjadi pada balok. Nilai regangan yang terjadi mengikuti regangan pada benda uji pullout.

##### 4.6.1. Teoritis

Perhitungan kekuatan lentur balok bertulangan bambu secara teoritis bertujuan untuk mencari nilai beban yang mampu di tahan oleh suatu balok. Perhitungan beban (P) untuk benda uji balok sesuai dengan perhitungan pada Bab III. Berikut ini contoh perhitungan P Teoritis Balok  $A_1B_1$

Perhitungan P teoritis berdasarkan nilai kuat lekat yang didapatkan dari hasil uji *Pull Out* dengan besarnya mutu beton tergantung dari hasil uji tekan silinder.

$$b \text{ (lebar penampang balok)} = 180 \text{ mm}$$

$$d \text{ (tinggi efektif balok)} = 250 - 30 - \frac{1}{2} (12) - 6$$



$$\begin{aligned}
 &= 208 \text{ mm} \\
 \text{As geser (Jumlah Tulangan} \times L \times \text{Luas Bidang Geser)} &= 2 \times 940 \text{ mm} (2 \times (12 + 12 \text{ mm})) \\
 &= 90240 \text{ mm}^2 \\
 f'c \text{ (Tegangan tekan hancur beton)} &= 26.766 \text{ MPa} \\
 \mu \text{ (Tegangan lekat tulangan bambu)} &= 0.146 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = Cc$$

$$\text{As geser} \times \mu = 0,85 \times f'c \times b \times a$$

$$90240 \text{ mm}^2 \times 0.126 \text{ N/mm}^2 = 0,85 \times 26.766 \text{ N/mm}^2 \times 180 \text{ mm} \times a$$

$$62134.7 \text{ N} = 4073.21 \text{ N/mm} (a)$$

$$a = \frac{90240 \times 0.146}{0.85 \times 26.766 \times 180} = 3.209 \text{ mm}$$

$$\text{Letak garis netral, } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{3.209}{0.85} = 3.664 \text{ mm}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Momen nominal, } Mn &= T x \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 90240 \times 0.146 \text{ N} x \left( 208 \text{ mm} - \frac{3.209}{2} \right) \\
 &= 2713127.468 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen ultimate, } Mu &= \phi \times Mn \\
 &= 0.8 \times 2713127.468 \text{ Nmm} \\
 &= 2170501.974 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Momen teoritis, } Mmaks = P (680)$$

$$Mu = P (680)$$

$$P = \frac{1}{680} Mu$$

$$= (2170501.974 \text{ Nmm}) / 680$$

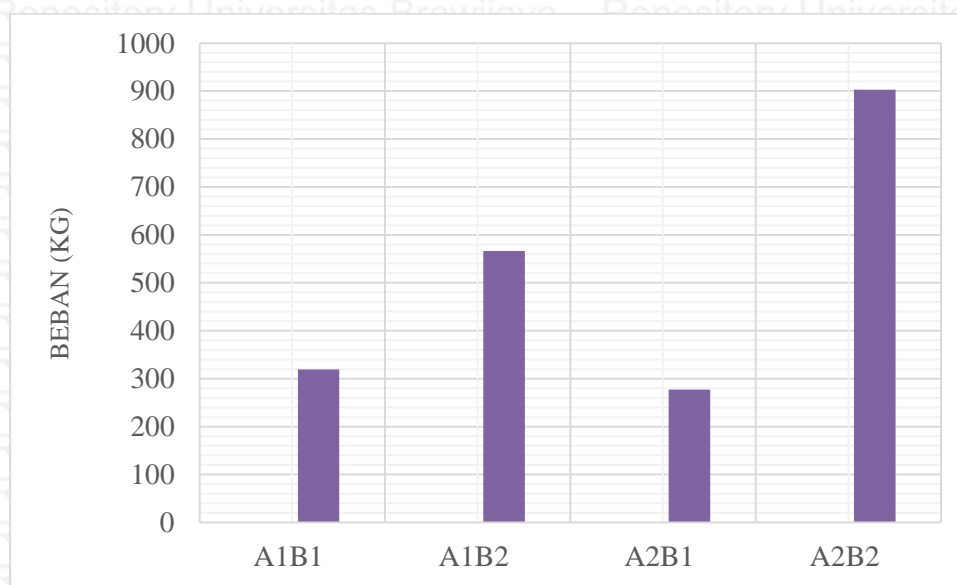
$$= 3191.914668 \text{ N}$$

$$= 319.191 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan didapat beban teoritis untuk balok A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>-1 dengan mutu beton 26.766 MPa sebesar 319.191 kg. Dengan cara yang sama, dapat dicari beban teoritis untuk benda uji lainnya. Hasil perhitungan beban maksimum teoritis balok ditunjukkan pada tabel 4.9

Tabel 4. 9 Hasil perhitungan beban maksimum teoritis.

No.	Balok	Kuat Lekat Mpa	f <sub>c</sub> Rata-rata MPa	Pmaks rata-rata kg
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0.1457	28.483	319.341
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0.2090	33.481	566.379
3	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0.1261	33.387	276.863
5	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	0.3362	29.384	902.567



Gambar 4. 35 Beban Maksimum Teoritis.

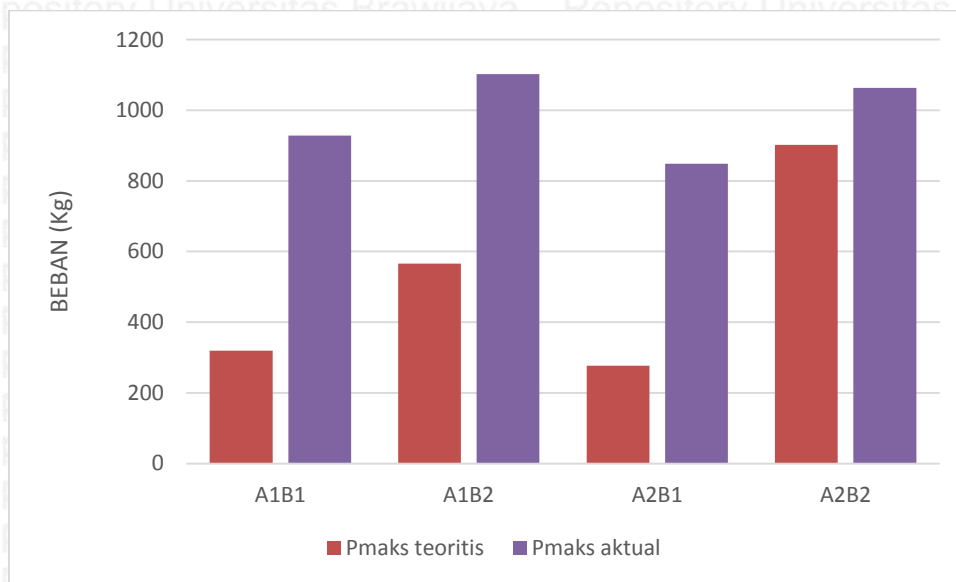
Berdasarkan Gambar 4.35 dan Tabel Tabel 4.9. dapat dilihat bahwa benda uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> dan A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> menghasilkan beban teoritis besar dibandingkan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> dan A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> peningkatan kapasitas beban maksimum pada perhitungan teoritis disebabkan adanya perbedaan nilai dari kuat lekat yang dapat mempengaruhi gaya tarik.

#### 4.6.2. Perbandingan Aktual dan Teoritis

Hasil analisis beban secara teoritis yang didapatkan dari nilai regangan dan tegangan lekat dari *Pull-Out* dibandingkan terhadap beban secara actual *eksperimen*. Perbandingan hasil beban aktual dan teoritis ditunjukkan pada *Tabel 4.10* dan *Gambar 4.36*.

Tabel 4. 10 Perbandingan Hasil Beban Aktual dan Teoritis

BENDA UJI	$f_c$ Rata-rata MPa	Pmaks teoritis kg	Pmaks aktual kg
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	28.483	319.341	928.000
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	33.481	566.379	1102.333
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	33.387	276.863	849.000
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	29.384	902.567	1063.667



Gambar 4. 36 Perbandingan Beban Aktual dan Teoritis

Berdasarkan perbandingan beban lateral maksimum pada Gambar 4.36 dan Tabel 4.10 terlihat bahwa semua benda uji balok menghasilkan nilai P aktual yang lebih besar dibandingkan P teoritis. Pada perhitungan teoritis dapat dilihat bahwa benda uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> memiliki beban maksimum yang lebih besar dibandingkan dengan A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> sedangkan pada benda uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> memiliki beban maksimum yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, maka dapat dikatakan bahwa penggunaan kait klem selang belum berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas beban maksimum pada rasio tulangan 0.76%. Namun pada *eksperimen* terjadi kegagalan data pada benda uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> dan A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>. Dimana pada benda uji tersebut terdapat perbedaan nilai yang sangat signifikan dari dua data lainnya, dapat dilihat pada gambar 4.20 jika kedua data tersebut tidak digunakan maka hasil eksperimen benda uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> dan A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> hampir sama dengan hasil teoritis. Benda uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> memiliki beban

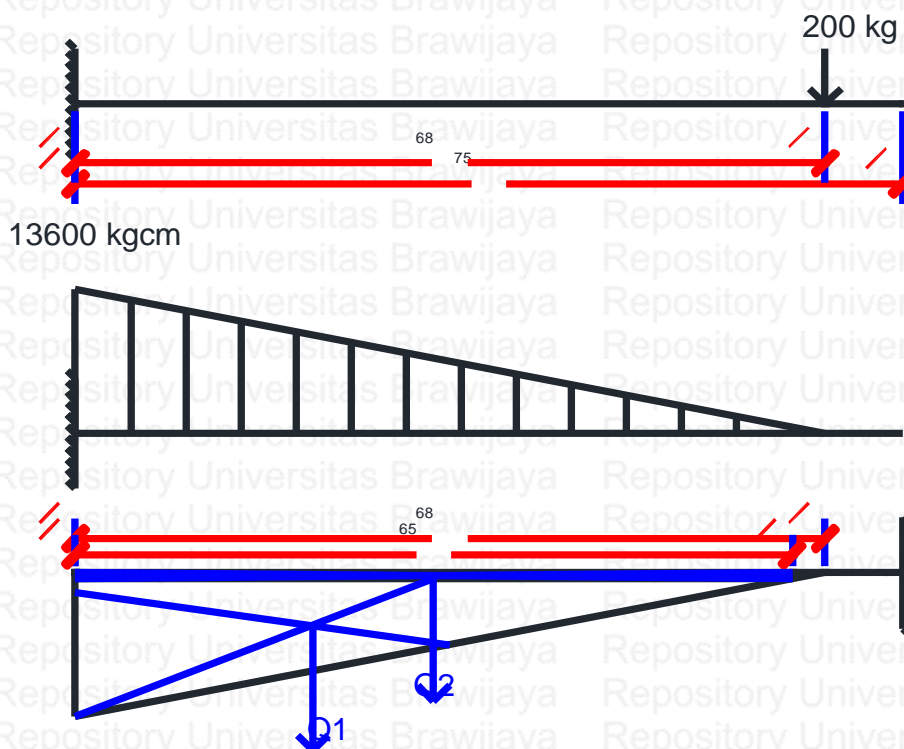
maksimum yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji  $A_1B_2$ . Sedangkan pada benda uji  $A_2B_2$  memiliki beban maksimum yang lebih besar di bandingkan  $A_1B_2$ , maka dapat dikatakan penggunaan klem selang berpengaruh terhadap peningkatan beban maksimum pada rasio tulangan 1.21%.

Namun pada kenyataannya perhitungan teoritis dan aktual berbeda. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya rongga udara dalam beton yang dapat mempengaruhi besarnya nilai modulus elastis actual balok tersebut. Oleh karena itu, perhitungan teoritis hanyalah sebagai perhitungan pendekatan dari perencanaan yang ada di lapangan.

#### 4.7. Analisis Lendutan Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulangan Bambu

Data lain yang didapatkan saat pengujian beban siklik adalah nilai lendutan aktual. Analisis lendutan ini didapat pada saat kondisi elastis. Sehingga pada saat teoritis penggunaan besaran  $P$  yang digunakan sebesar 200 Kg.

##### 4.7.1. Teoritis



Gambar 4. 37 *Conjugate Beam* pada Balok kantilever Beton Bertulangan Bambu.

$$Q_1 = \frac{(13600-60) \times 65}{2} = 440050 \text{ kgcm}^2$$

$$Q_2 = 60 \times 65 = 3900 \text{ kgcm}^2$$

Momen Pada Titik jarak 65 akibat beban 200 kg :

$$M = Q_1 x \frac{(2)}{3} x 65 + Q_2 \frac{(65)}{2}$$

$$M = 440050 x \frac{(2)}{3} x 65 + 3900 \frac{(65)}{2} = 19195583.333 \text{ kgcm}$$

Berikut perhitungan lendutan teoritis untuk balok A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>

$$b = 18 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$f'_c = 28.483 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 18 x 25^3 = 23437,5 \text{ cm}^4$$

$$E_{beton} = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \sqrt{28,483}$$

$$= 25083.649 \text{ MPa}$$

$$= 250836.494 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta_E = \frac{M_E'}{EI}$$

$$= \frac{440050 x \frac{(2)}{3} x 65 + 3900 \frac{(65)}{2}}{EI}$$

$$= \frac{440050 x \frac{(2)}{3} x 65 + 3900 \frac{(65)}{2}}{250836.494 x 23437,5}$$

$$= 0.00326 \text{ cm}$$

$$= 0,0326 \text{ mm}$$

Berikut perhitungan lendutan teoritis untuk balok A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>

$$b = 18 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$f'_c = 33.481 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 18 x 25^3 = 23437,5 \text{ cm}^4$$

$$E_{beton} = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \sqrt{33.481}$$

$$= 27195.501 \text{ MPa}$$

$$= 271955,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}\Delta_E &= \frac{M_E'}{EI} \\ &= \frac{Q1 \times \frac{(2)}{3} \times 65 + Q2 \frac{(65)}{2}}{EI} \\ &= \frac{440050 \times \frac{(2)}{3} \times 65 + 3900 \frac{(65)}{2}}{271955.01 \times 23437,5} \\ &= 0.00301 \text{ cm} \\ &= 0,0301 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berikut perhitungan lendutan teoritis untuk balok A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>

$$\begin{aligned}b &= 18 \text{ cm} \\ h &= 25 \text{ cm} \\ f'c &= 33.387 \text{ MPa} \\ I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 18 \times 25^3 = 23437,5 \text{ cm}^4 \\ E_{beton} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{33.387} \\ &= 27157.297 \text{ MPa} \\ &= 271572.97 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_E &= \frac{M_E'}{EI} \\ &= \frac{Q1 \times \frac{(2)}{3} \times 65 + Q2 \frac{(65)}{2}}{EI} \\ &= \frac{440050 \times \frac{(2)}{3} \times 65 + 3900 \frac{(65)}{2}}{271572.97 \times 23437,5} \\ &= 0.00301 \text{ cm} \\ &= 0,0301 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berikut perhitungan lendutan teoritis untuk balok A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>

$$\begin{aligned}b &= 18 \text{ cm} \\ h &= 25 \text{ cm} \\ f'c &= 29.384 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$I = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 18 x 25^3 = 23437,5 \text{ cm}^4$$

$$E_{\text{beton}} = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \sqrt{29.384}$$

$$= 25477.294 \text{ MPa}$$

$$= 254772.94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta_E = \frac{M_E'}{EI}$$

$$= \frac{Q_1 x \frac{(2)}{3} x 65 + Q_2 \frac{(65)}{2}}{EI}$$

$$= \frac{4440050 x \frac{(2)}{3} x 65 + 3900 \frac{(65)}{2}}{254772.949 x 23437,5}$$

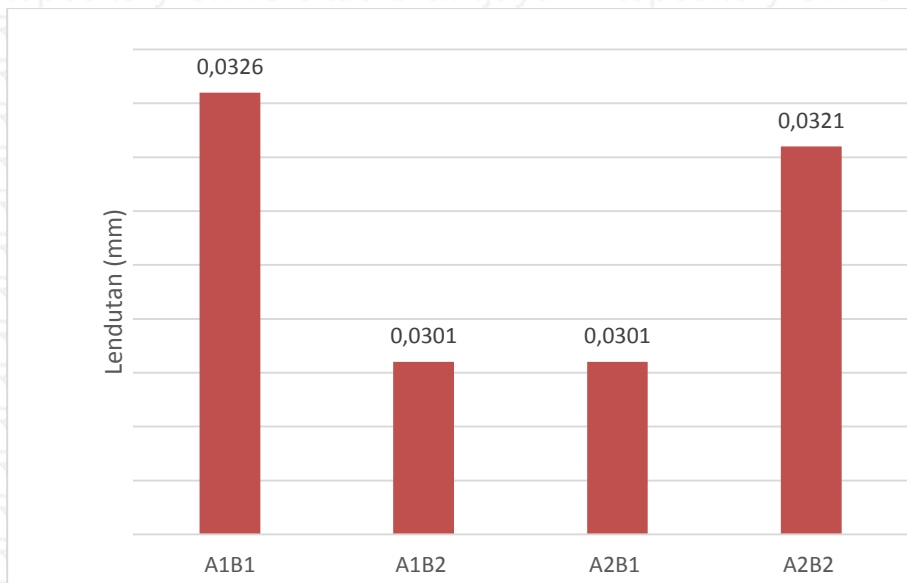
$$= 0.00321 \text{ cm}$$

$$= 0,0321 \text{ mm}$$

Berdasarkan data lendutan teoritis pada saat benda uji dalam keadaan elastis ditunjukkan pada Tabel 4.11. klem penggunaan kait klem selang belum berpengaruh terhadap lendutan ketika dalam kondisi elastis. Kuat tekan beton ( $f'c$ ) mempengaruhi lendutan pada saat kondisi elastis.

Tabel 4. 11 Lendutan Teoritis Balok

BENDA UJI	f'c Rata-rata MPa	Lendutan Teoritis (mm)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	28.483	0.0326
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	33.481	0.0301
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	33.387	0.0301
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	29.384	0.0321



Gambar 4. 38 lendutan teoritis

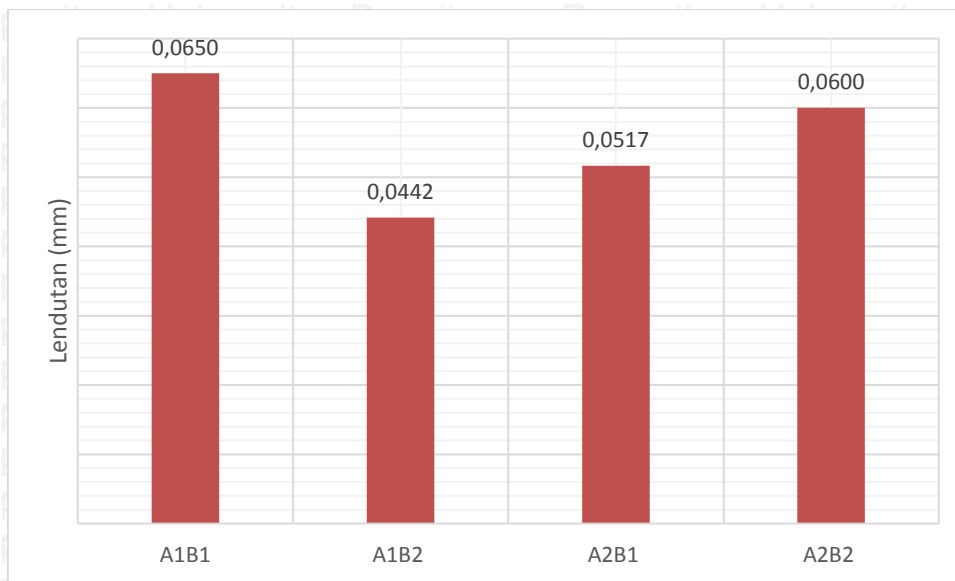
#### 4.7.2. Aktual

Lendutan aktual didapatkan dari hasil pengujian lendutan pada beban 200 kg. Hasil pengujian lendutan aktual dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Lendutan aktual

BENDA UJI	f'c Rata-rata Mpa	Lendutan aktual (mm)	Lendutan rata-rata (mm)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	28.483	0.075	0.0650
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2		0.075	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3		0.045	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	33.481	0.040	0.0442
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2		0.053	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3		0.040	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	33.387	0.043	0.0517
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3		0.080	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4		0.033	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	29.384	0.058	0.0600
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3		0.070	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4		0.053	





Gambar 4. 39 lendutan aktual elastis

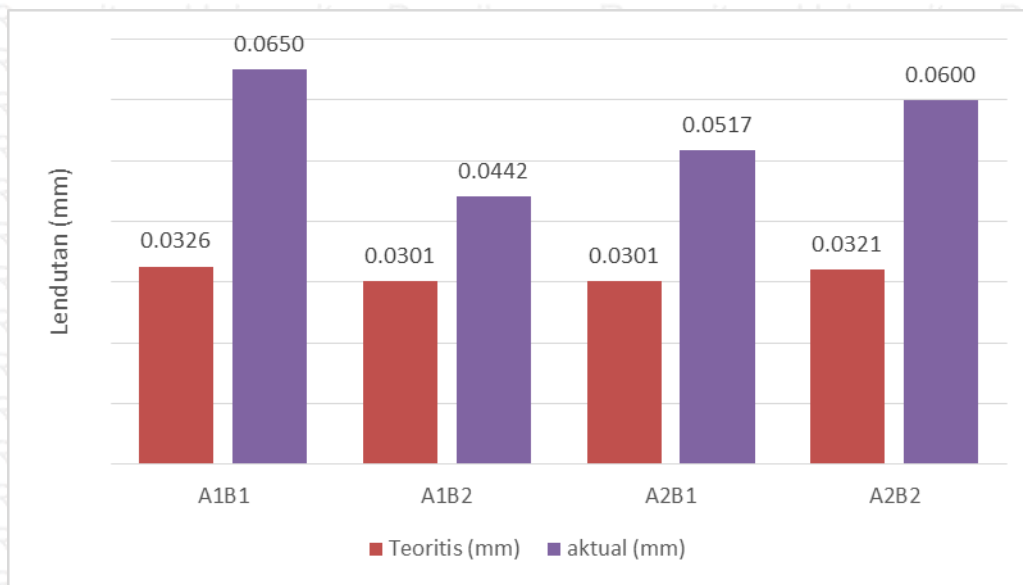
Berdasarkan data lendutan actual pada saat benda uji dalam keadaan elastis ditunjukkan pada Tabel 4.12. Dari hasil *eksperimen* penggunaan kait klem selang belum berpengaruh terhadap lendutan ketika dalam kondisi elastis. Kuat tekan beton ( $f_c$ ) mempengaruhi lendutan pada saat kondisi elastis.

#### 4.7.3. Perbandingan Aktual dan Teoritis

Hasil analisis lendutan dalam kondisi elastis secara teoritis yang didapatkan dari perhitungan secara *Conjugate Beam* dibandingkan terhadap lendutan actual hasil eksperimen. Perbandingan hasil lendutan ditunjukkan pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.40.

Tabel 4. 13 Perbandingan Lendutan Aktual dan teoritis

BENDA UJI	$f_c$ Rata-rata MPa	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan aktual (mm)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	28.483	0.0326	0.0650
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	33.481	0.0301	0.0442
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	33.387	0.0301	0.0517
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	29.384	0.0321	0.0600



Gambar 4. 40 Perbandingan lendutan actual dan teoritis.

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Gambar 4.40 terdapat perbedaan hasil lendutan yang terjadi antara hasil teoritis dengan hasil eksperimen. Lendutan teoritis terbesar senilai 0.00332 sedangkan lendutan actual terbesar senilai 0.0650 mm pada benda uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>. Perbedaan besar lendutan yang terlampaui jauh dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti ketidaksesuaian modulus elastisitas pada perhitungan dan actual serta dapat disebabkan pula oleh keberagaman ukuran dimensi balok. Dimensi balok yang tidak seragam atau prisma mempengaruhi perbedaan hasil teoritis dengan eksperimen.

#### 4.8. Pola Retak Balok Bertulangan Bambu

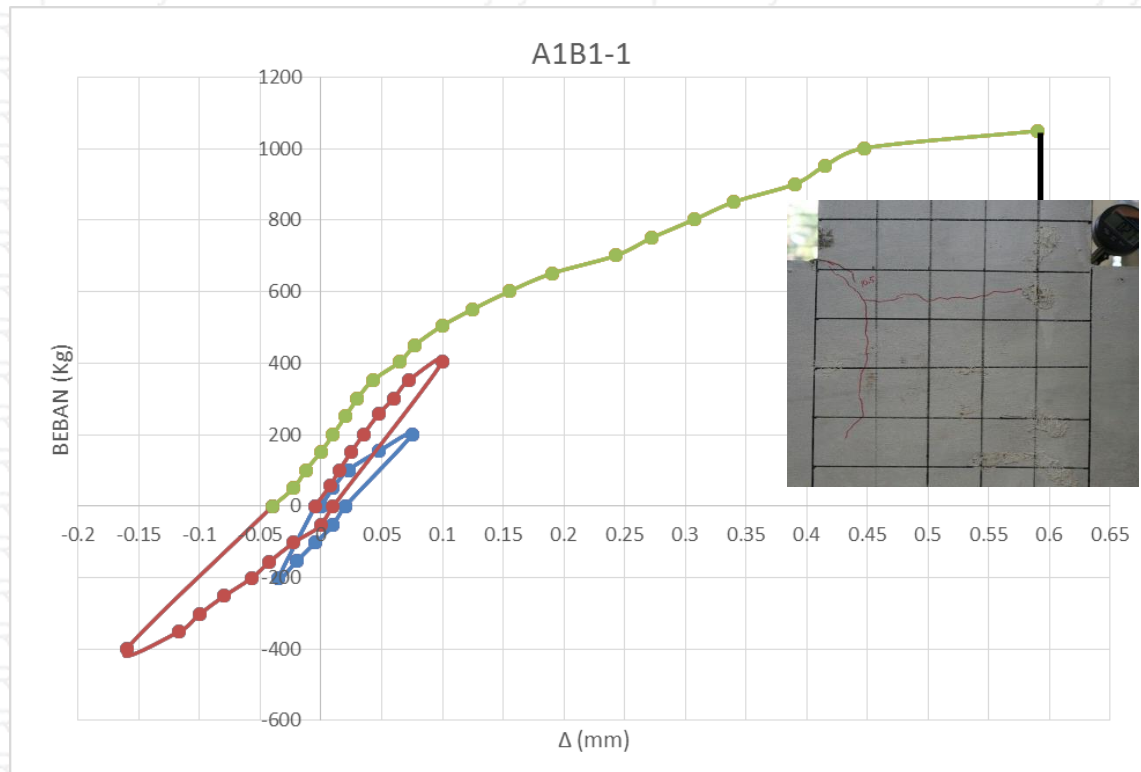
Pengamatan pola retak dilakukan untuk mengetahui korelasi antara pola retak dengan beban maksimum yang dapat dipikul oleh sambungan balok-kolom. Korelasi pola retak dilakukan dengan mengelompokkan hasil pola retak seluruh benda uji sesuai dengan ada tidaknya klem selang dan besarnya rasio tulangan. Saat pengujian berlangsung, dilakukan pengamatan retak pada setiap peningkatan beban. Benda uji sambungan balok kolom terlebih dahulu diberikan *grid* sukuran 5cm x 5cm untuk mempermudah pengamatan. Setiap terjadinya retak pada balok dilakukan panandaan dengan spidol serta dilakukan penomoran sesuai dengan beban yang tertera. Setelah dilakukan penomoran dilakukan pengambilan gambar dan dilanjutkan dengan pembebanan selanjutnya. Dari hasil penggambaran pola retak maka dapat diidentifikasi jenis retak dan pola keruntuhan yang terjadi pada masing-masing benda uji.

Tabel 4. 14 Hasil pengamatan lebar dan panjang retak

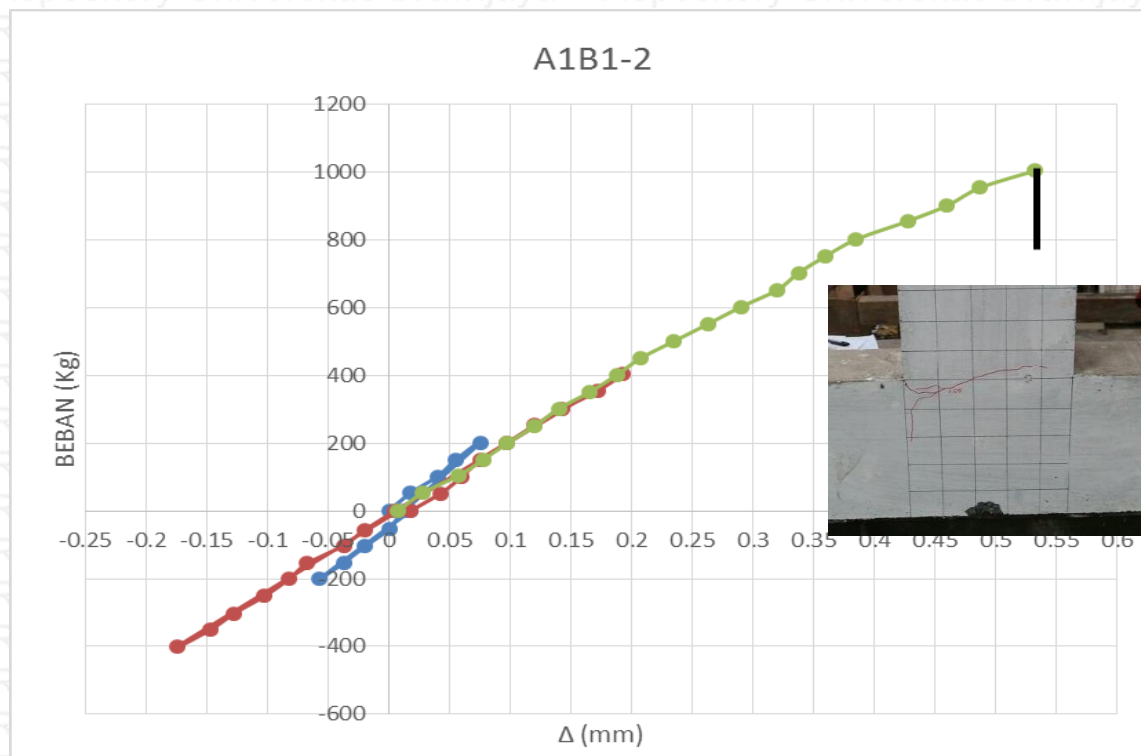
BENDA UJI	Lebar retak (mm)			Panjang (cm)	Rata-rata(cm)
	Depan	Belakang	Samping		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	0.108	0.703	0.353	58.5	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	0.633	0.468	0.413	57.4	57.533
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	1.566	0.48	0.414	56.7	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	0.732	1.128	0.749	62.4	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	0.324	0.613	0.399	67.2	65.767
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.389	0.558	0.456	67.7	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	1.031	1.431	1.282	60	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	0.316	0.503	1.45	48.5	56.867
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	1.581	0.975	1.877	62.1	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	0.457	0.449	0.282	62.2	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	0.525	0.839	0.404	60.5	62.200
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	1.089	0.665	0.606	63.9	

Tabel 4. 15 Jumlah Retak

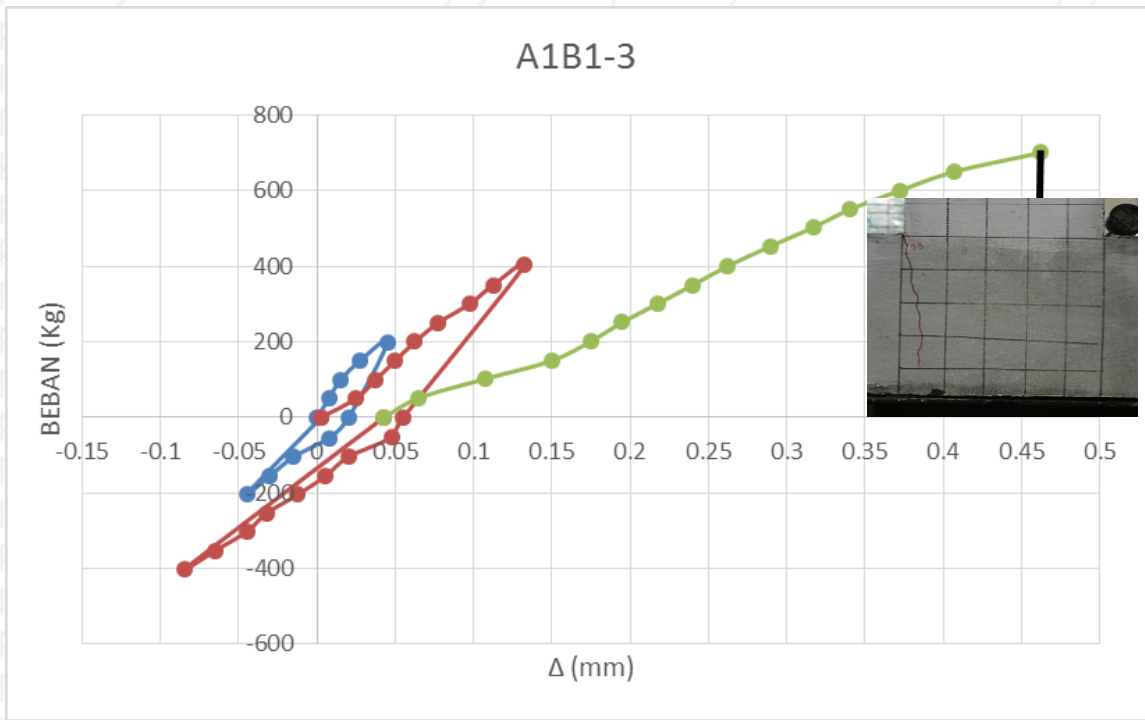
BENDA UJI	Pmaks(KG)	Pretak (Kg)		Jumlah retak		
		P	Rata-rata	Depan	Belakang	Samping
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	1050	1050		3	3	1
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	1004	1004	928	3	1	1
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	730	730		2	3	1
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	1301	1301		2	2	1
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	1005	1005	1102.333	3	2	1
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	1001	1001		1	1	1
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	864	864		5	3	3
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	683	683	849	4	2	2
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	1000	1000		5	2	2
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	1140	1140		2	1	1
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	900	900	1063.667	5	3	1
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	1151	1151		3	2	2



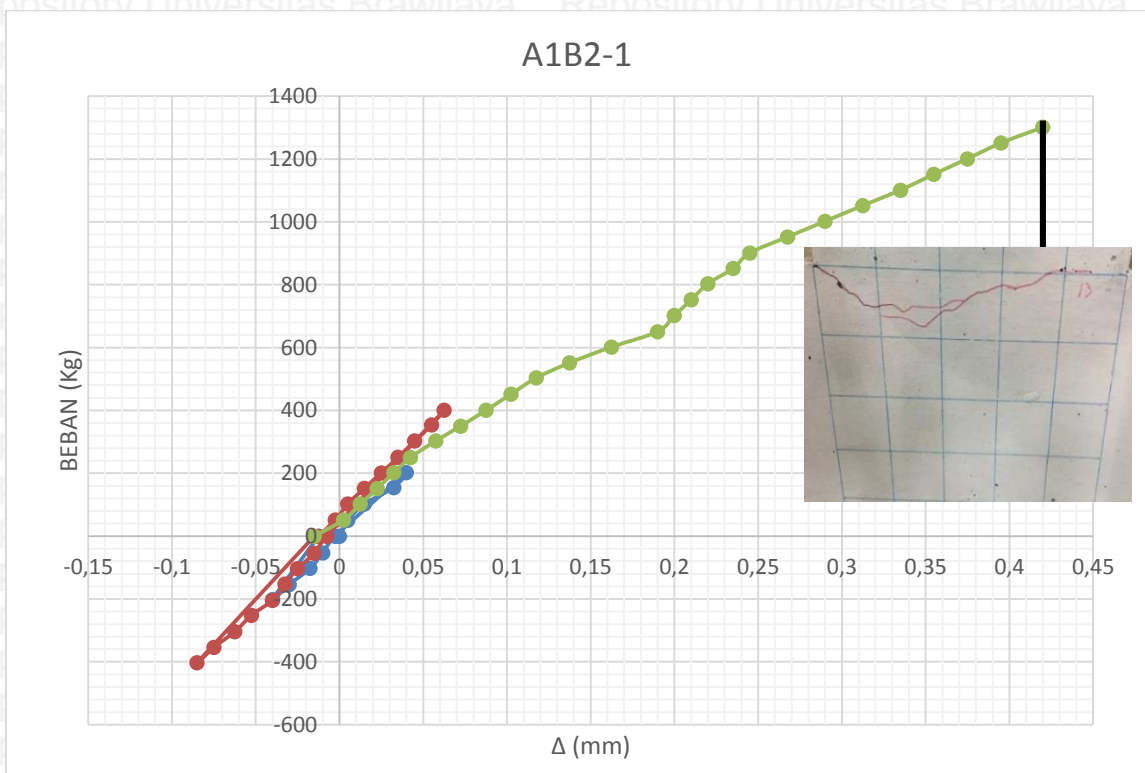
Gambar 4. 41 Pola retak Pada beban maksimum A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 1



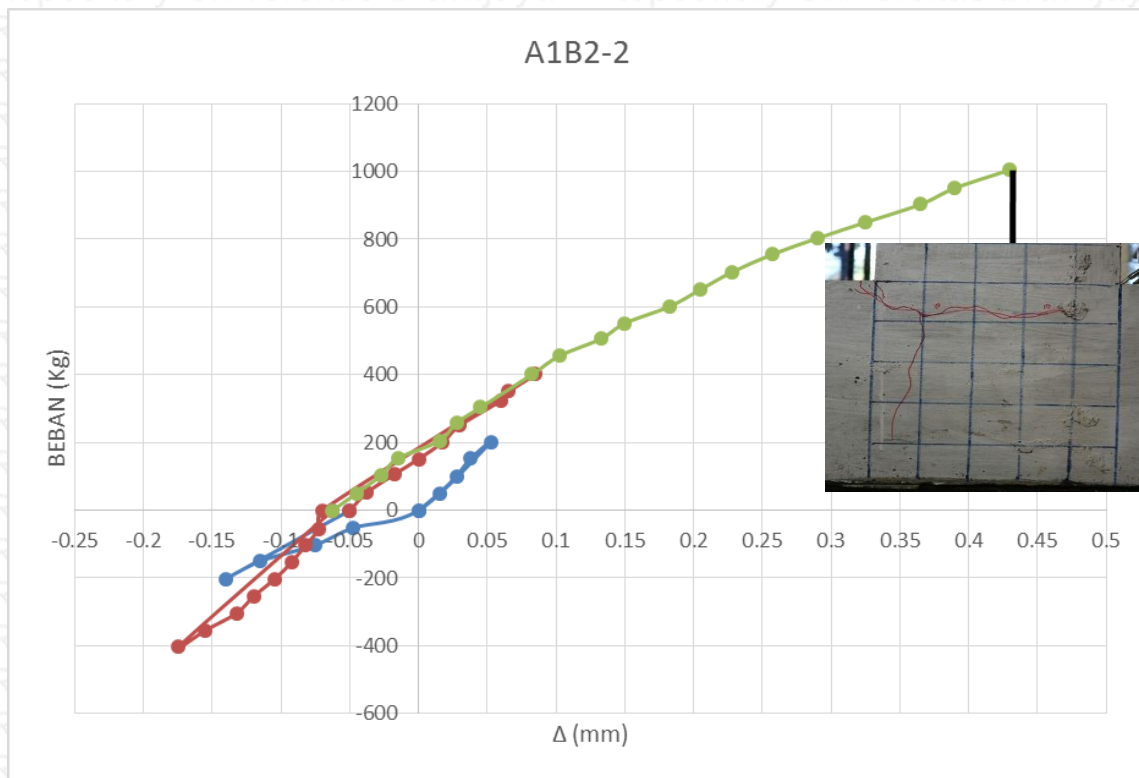
Gambar 4. 42 Pola retak Pada beban maksimum A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 2



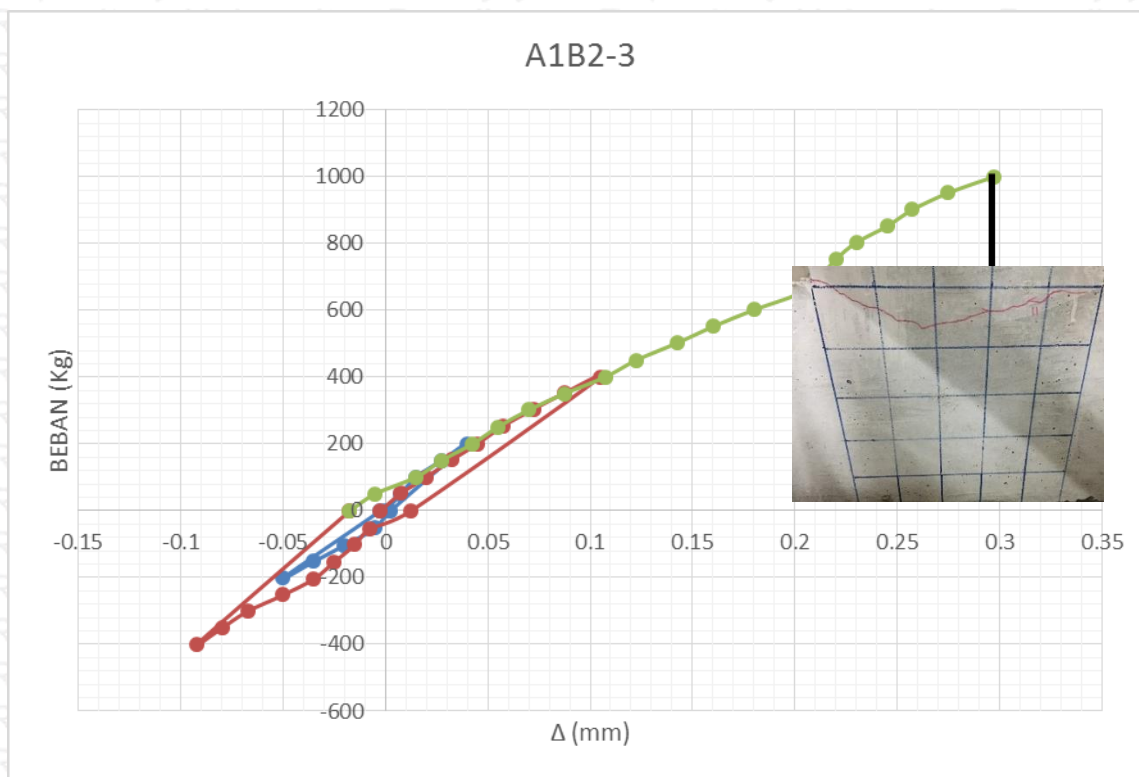
Gambar 4. 43 Pola retak Pada beban maksimum A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 3



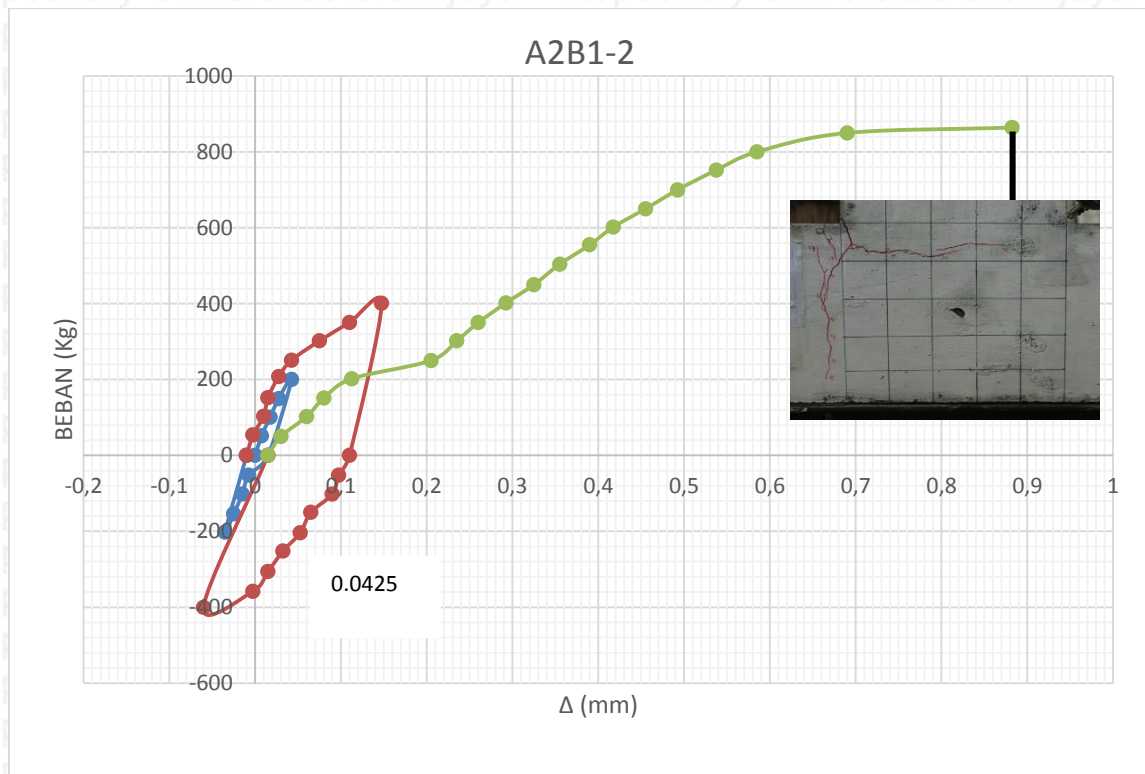
Gambar 4. 44 Pola retak Pada beban maksimum A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> - 1



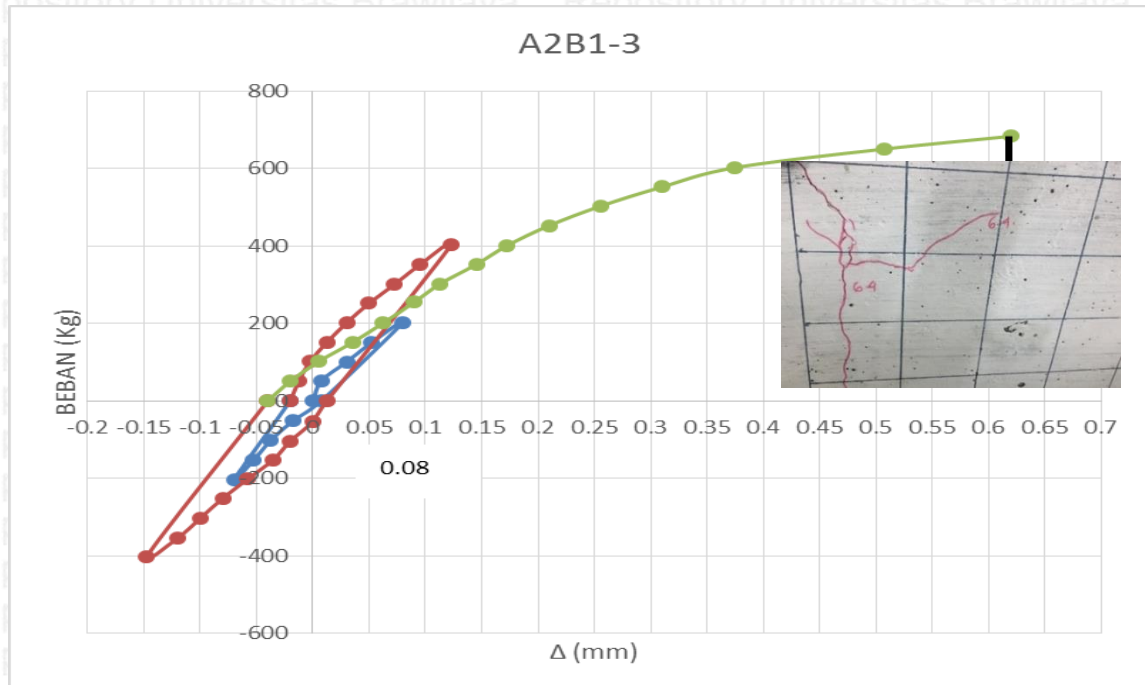
**Gambar 4. 45** Pola retak Pada beban maksimum A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> - 2



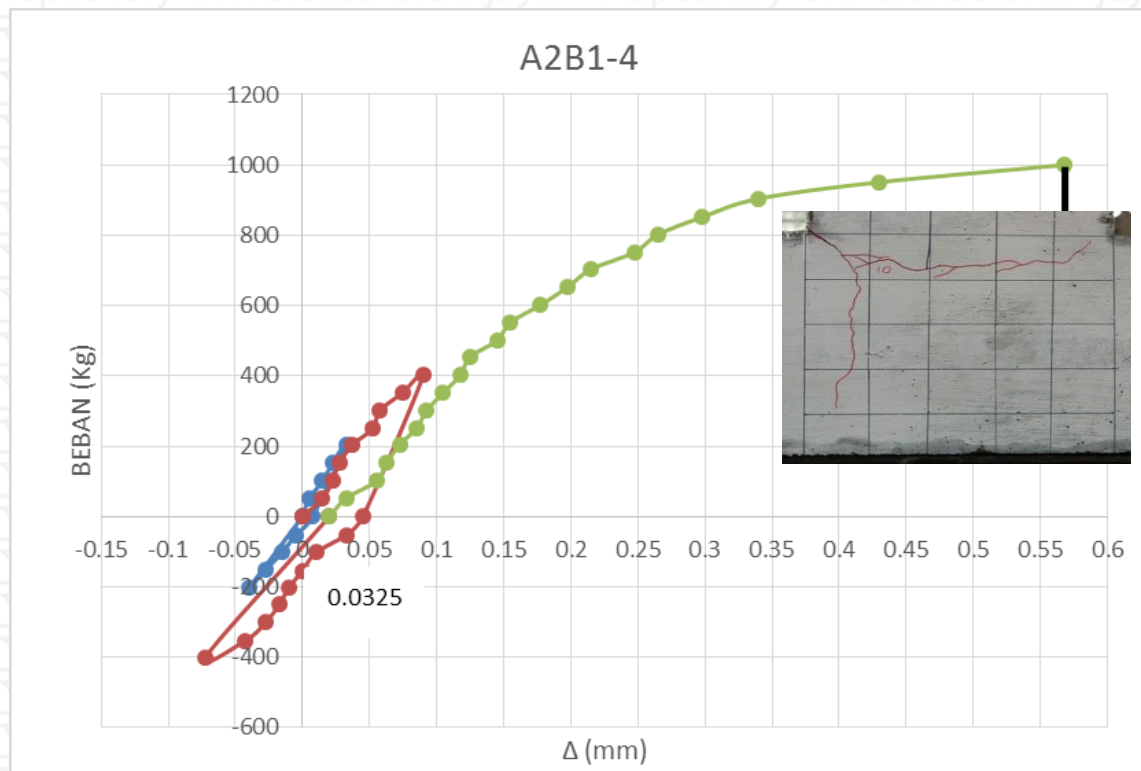
**Gambar 4. 46.** Pola retak Pada beban maksimum A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> - 3



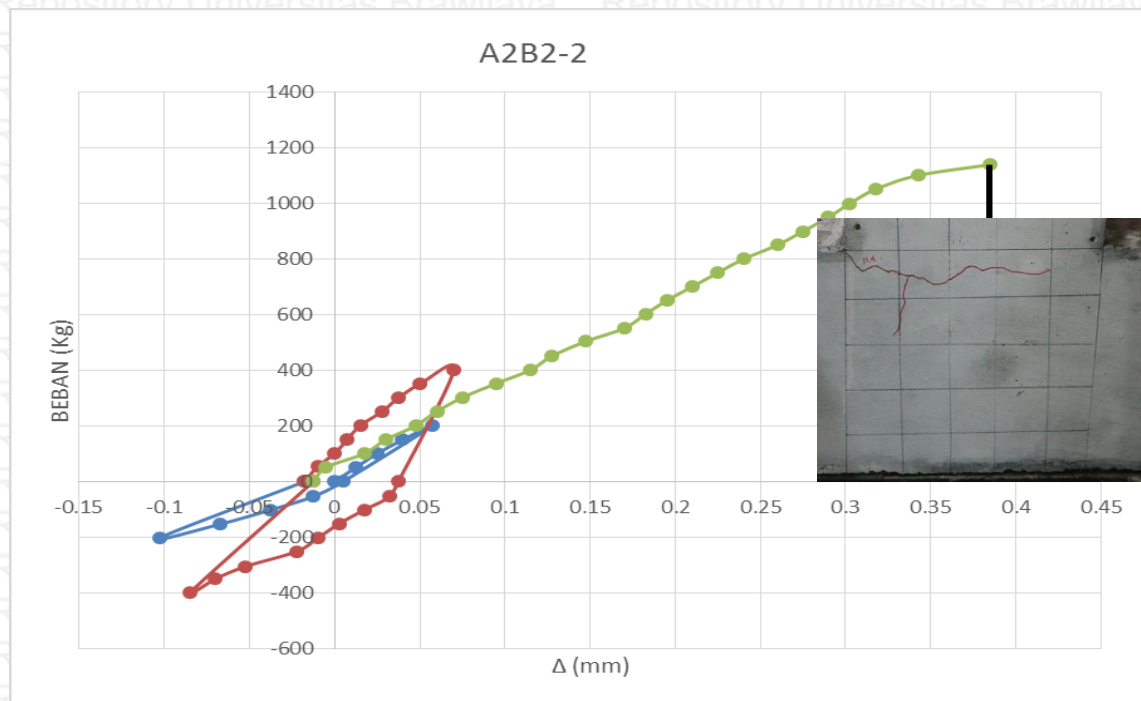
Gambar 4. 47. Pola retak Pada beban maksimum A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 2



Gambar 4. 48. Pola retak Pada beban maksimum A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 3

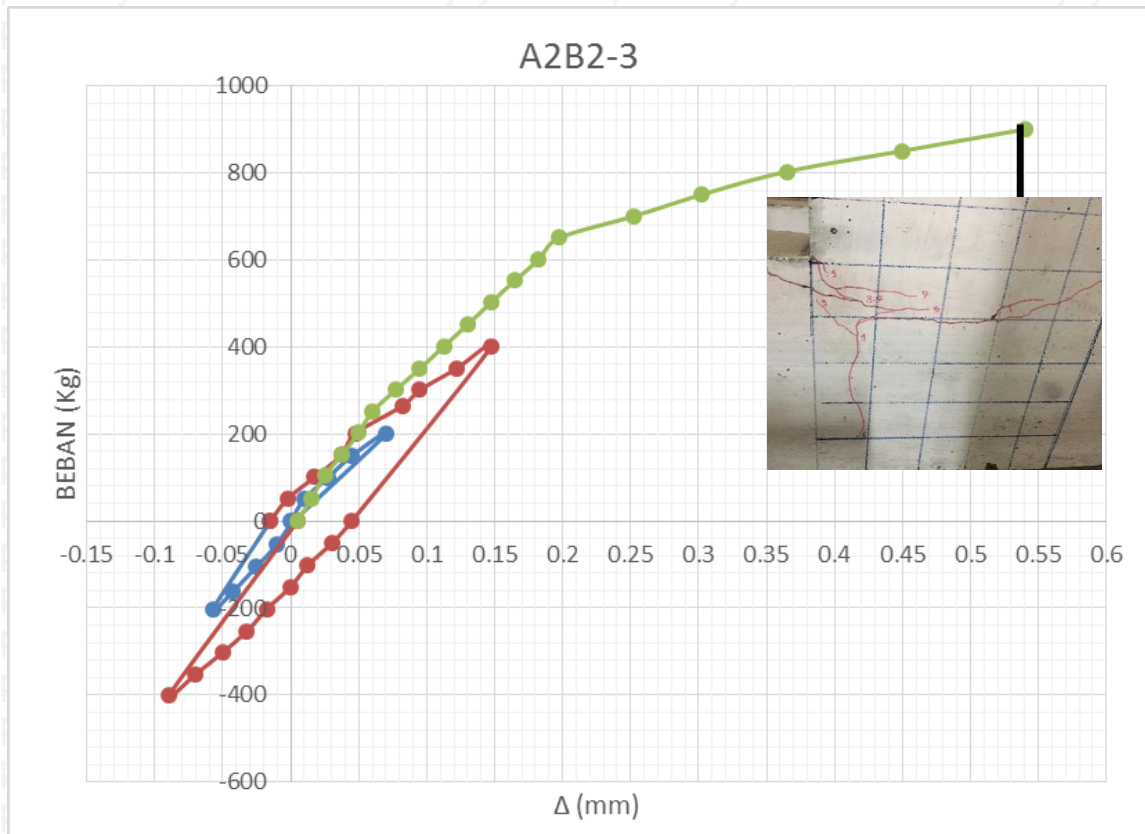


Gambar 4. 49. Pola retak Pada beban maksimum A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 4

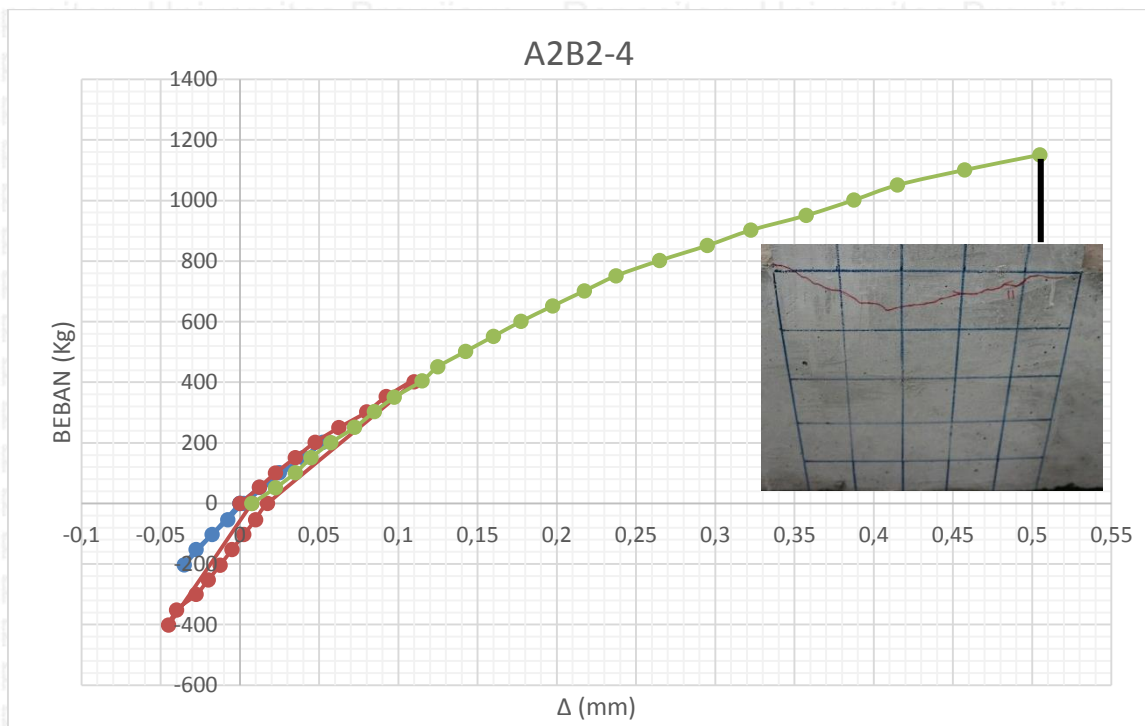


Gambar 4. 50. Pola retak Pada beban maksimum A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 2

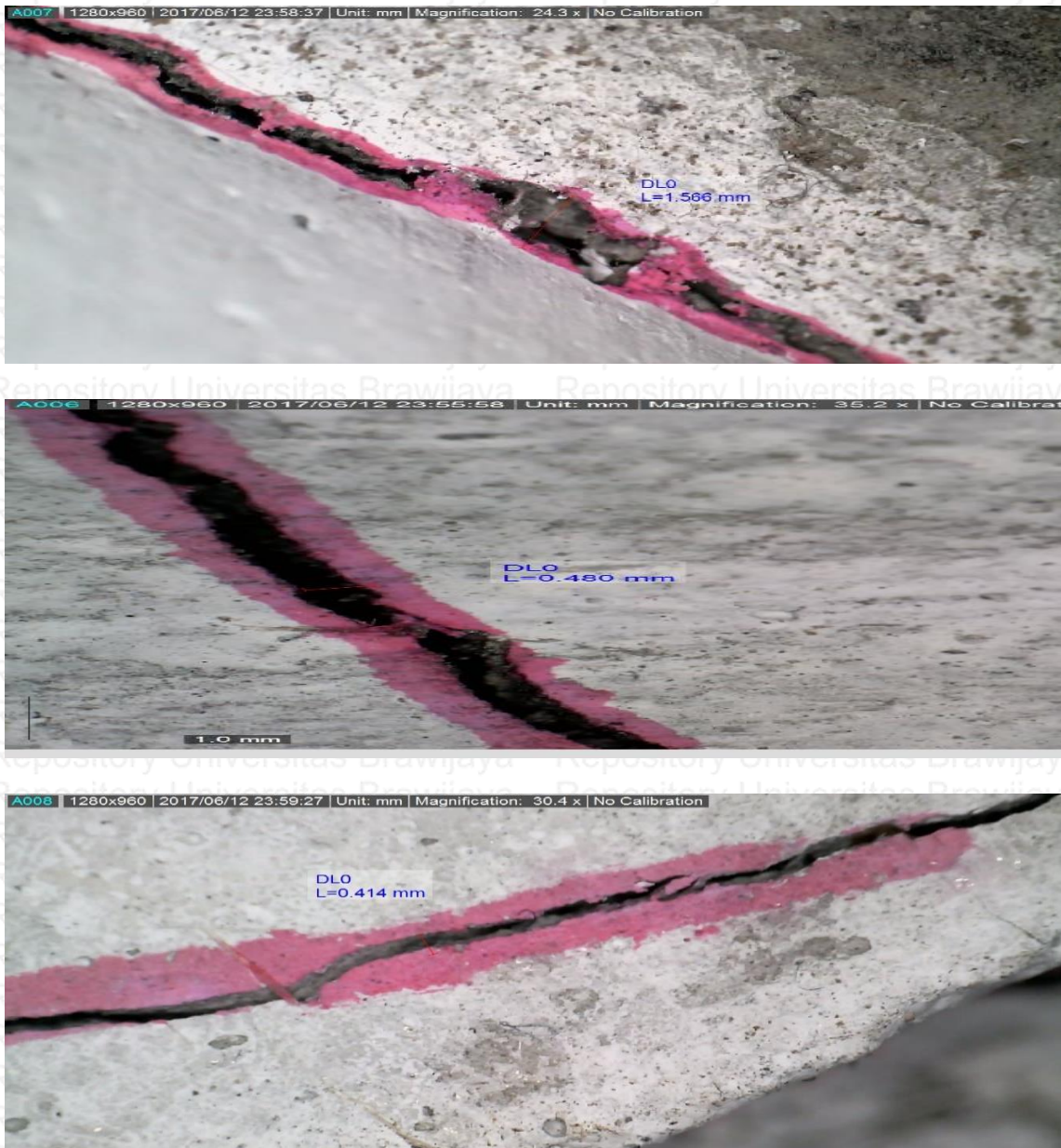




Gambar 4. 51. Pola retak Pada beban maksimum A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 3



Gambar 4. 52 Pola retak Pada beban maksimum A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 4



Gambar 4. 53 lebar retak pada benda uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 3

Dari Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa penggunaan variasi klem selang berpengaruh terhadap jumlah retak dan panjang retak yang dihasilkan pada setiap benda uji. Benda uji yang menggunakan kait klem selang memiliki panjang retak yang lebih pendek dibandingkan dengan benda uji tanpa klem selang, namun jumlah retak yang dihasilkan lebih banyak. Sedangkan benda uji tanpa klem selang memiliki panjang retak yang lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji menggunakan klem selang, namun jumlah retak yang dihasilkan lebih sedikit. Benda uji yang memiliki jumlah retak yang banyak akan lebih baik dibandingkan dengan benda uji yang memiliki jumlah retak yang sedikit. Hal ini dipengaruhi oleh klem selang yang bekerja maksimal. Dapat dilihat pada gambar

Gambar 4.41 .sampai Gambar 4.52. perilaku retak benda uji dapat diamati secara kasat mata hanya pada saat pembebanan maksimum, hal ini dikarenakan selama mengalami pembebanan yang diberikan secara bertahap, retak beton terjadi di dalam beton. Pola retak yang dimiliki oleh sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan (A2) atau tanpa klem selang (A1) diawali dengan adanya retak lentur. Retak lentur merambat ke daerah lain dan membentuk retak lentur geser.

#### 4.9. Analisis Tegangan Tulangan Bambu

Penelitian yang dilakukan tidak mencakup penelitian mengenai tegangan leleh pada beton. Sehingga digunakan nilai tegangan leleh yang dimiliki oleh bambu petung dari penelitian yang dilakukan oleh Morisco sebesar 190 MPa. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil teoritis tegangan leleh dari tulangan bambu dengan hasil tegangan leleh tulangan dari penelitian terdahulu. Bila hasil perhitungan teoritis tegangan leleh lebih kecil maka balok beton bertulangan bambu mengalami keruntuhan lekatan (akibat selip/gelincir tulangan dengan beton). Hasil perhitungan teoritis tegangan leleh pada benda uji sambungan Balok-kolom dapat dilihat pada Tabel 4.18.

- Perhitungan Teoritis Tegangan Leleh pada Benda Uji Balok

Contoh perhitungan pada benda uji Balok A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>

$$\begin{aligned} P &= 928 \text{ kg} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= P (68\text{cm}) / 0.80 \\ &= (928\text{kg}) 68 \text{ cm} / 0.80 \\ &= 78880\text{kgcm} \\ &= 7888000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = T x \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$8628341.857 = T x \left( 208 - \frac{a}{2} \right)$$

$$T = \frac{7888000}{\left( 208 - \frac{a}{2} \right)}$$

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = C_c$$

$$\frac{7888000}{\left(208 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 f'c(b) a$$

$$\frac{7888000}{\left(208 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 (28.483)(180)(a)$$

$$a^2 - 416a + 3620.113 = 0$$

Dari akar persamaan diatas, didapatkan nilai a sebesar 8.892 mm. kemudian nilai a dimasukkan pada persamaan T.

$$T = \frac{7888000}{\left(208 - \frac{8.892}{2}\right)} = 38751.413N$$

Besarnya nilai tegangan dihitung dengan beban yang berasal dari nilai T.

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{38751.413N}{(12 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 2)} = 134.5535 \text{ Nmm (MPa)}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai tegangan yang lebih kecil dari nilai tegangan leleh bambu pada penelitian terdahulu (190 MPa). Dengan melihat Tabel 4.16 diketahui bahwa benda uji tidak ada satupun yang melebihi nilai tegangan leleh penelitian sebelumnya. Dapat dipastikan bahwa keruntuhan balok bertulangan bambu diakibatkan oleh kehilangan lekatan antara tulangan dengan beton dan tulangan bambu belum mengalami leleh.

Tabel 4. 16 Tegangan leleh Benda uji

BENDA UJI	Rata- Rata Pmaks (Kg)	$\sigma$ (MPa)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	928.000	134.5535
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	1102.333	161.0825
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	849.000	122.5016
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	1063.667	155.7885

#### 4.10. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dalam penelitian ini ditunjukkan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh penggunaan klem selang dan interaksinya dengan rasio tulangan terhadap kuat lentur sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu.

#### 4.10.1. Metode Two-Way ANNOVA

Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan analisis ragam klasifikasi dua arah dengan interaksi. Pengambilan analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan klem selang dan rasio tulangan serta mengetahui apakah ada interaksi diantara pengaruh-pengaruh tersebut.

Untuk menentukan apakah ada atau tidaknya pengaruh maupun interaksi perlu dilakukan uji hipotesis nol. Level of significance ( $\alpha$ ) yang digunakan adalah senilai 0.05.

Pengaruh Rasio Tulangan (Antar Baris)

$H_0'$  : Belum ada pengaruh yang signifikan variasi rasio tulangan pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan klem selang.

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_r = 0$$

$H_1'$  : Ada pengaruh yang signifikan variasi rasio tulangan pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bamboo.

Sekurang-kurangnya satu  $\alpha_i \neq 0$

Pengaruh penggunaan Klem Selang (Antar Kolom)

$H_0''$  : Tidak ada pengaruh yang signifikan variasi penggunaan klem selang pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu.

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_c = 0$$

$H_1''$  : Ada pengaruh yang signifikan variasi penggunaan klem selang pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bamboo.

Sekurang-kurangnya satu  $\beta_i \neq 0$

Interaksi

$H_0'''$  : Tidak ada interaksi antara variasi rasio tulangan dan penggunaan klem selang pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu.

$$(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = (\alpha\beta)_{13} = \dots = (\alpha\beta)_{rc} = 0$$

$H_1'''$  : Ada interaksi antara variasi rasio tulangan dan penggunaan klem selang pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu.

Sekurang-kurangnya satu  $\alpha\beta_{ij} \neq 0$

Tabel 4. 17 Beban maksimum Sambungan Balok-kolom.

RASIO TULANGAN	JARAK KLEM SELANG	
	A1	A2
	1050	864
B1	1004	683
	730	1000
B2	1301	1140
	1005	900
	1001	1151
<b>JUMLAH TOTAL</b>		11829

Dari data pada Tabel 4.17 diketahui bahwa banyaknya jumlah baris (r) adalah sebanyak 2 buah, jumlah kolom (c) adalah sebanyak 2 dan banyaknya data (n) adalah 3 buah.

Tabel 4. 18 Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi.

	A1	A2	Total
<b>B1</b>	2784.0000	2547.0000	5331.0000
<b>B2</b>	3307.0000	3191.0000	6498.0000
	6091.0000	5738.0000	11829.0000

**Jumlah Kuadrat Total (JKT)**

$$\begin{aligned}
 JKT &= (864^2 + 1054^2 + 683^2 + \dots + 1050^2) - \frac{11829^2}{2(2)(3)} \\
 &= 11995429 - 11660436.75 \\
 &= 334992.250
 \end{aligned}$$

**Jumlah Kuadrat Rata-rata Baris (JKB)**

$$\begin{aligned}
 JKB &= \frac{(5331^2 + 6498^2)}{2(3)} - \frac{11829^2}{2(2)(3)} \\
 &= 11773927.5 - 11660436.75 \\
 &= 113490.75
 \end{aligned}$$

**Jumlah Kuadrat Rata-rata Kolom (JKK)**

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{(6091^2 + 5738^2)}{2(3)} - \frac{11829^2}{2(3)(3)} \\
 &= 11670820.8333 - 11660436.75 \\
 &= 10284.083
 \end{aligned}$$

**JKB(K)**

$$\begin{aligned}
 JKB(K) &= \frac{(2547^2 + \dots + 2784^2)}{3} - \frac{(5331^2 + 6498^2)}{2(3)} + \frac{(6091^2 + 5738^2)}{2(3)} \\
 &= 11785531.667 - 11773927.5 + 11670820.8333 \\
 &= 1220.0833
 \end{aligned}$$

**Jumlah Kuadrat Galat**

$$\begin{aligned}
 JKG &= 11995429 - 11785531.667 \\
 &= 209897.333
 \end{aligned}$$

$H_0'$  :  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_r = 0$  (Pengaruh baris nol)

$H_1'$  : Sekurang-kurangnya satu  $\alpha_i \neq 0$

$H_0''$  :  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_c = 0$

$H_1''$  : Sekurang-kurangnya satu  $\beta_i \neq 0$

$H_0'''$  :  $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = (\alpha\beta)_{13} = \dots = (\alpha\beta)_{rc} = 0$

$H_1'''$  : Sekurang-kurangnya satu  $\alpha\beta_{ij} \neq 0$

Taraf nyata  $\alpha = 0.05$

$$\left. \begin{array}{l} r = 2, c = 2, n = 3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} df_1 = r - 1 = 1 \\ df_2 = c - 1 = 1 \\ df_3 = (r - 1)(c - 1) = 1 \\ df_4 = rc(n - 1) = 8 \end{array}$$

$$F_{\alpha} [(r-1): rc(n-1)] = F_{0.05} [1: 8] = 5.32$$

$$F_{\alpha} [(c-1): rc(n-1)] = F_{0.05} [1: 8] = 5.32$$

$$F_{\alpha} [(r-1)(c-1): rc(n-1)] = F_{0.05} [1: 8] = 5.32$$

Daerah kritik :  $F_1 > 5.32$   $F_2 > 5.32$   $F_3 > 5.32$

Pengujian Statistik :

Tabel 4. 19 Analisis Ragam Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi

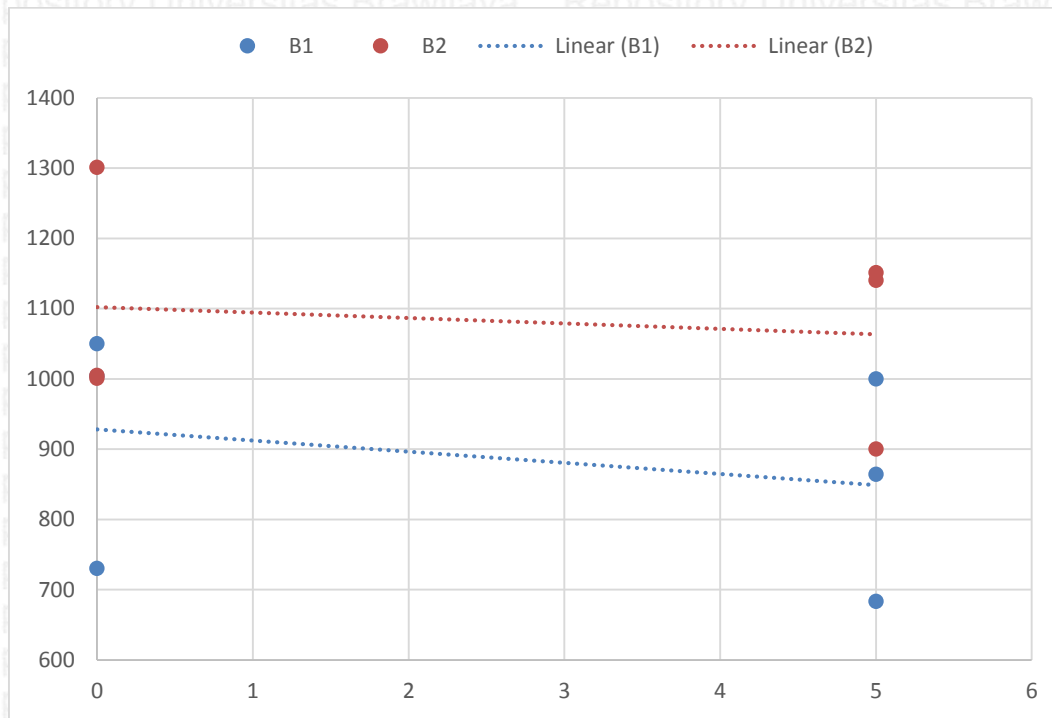
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Ragam	F Rasio	Prob-value
Antar Baris	JKB 113490.75	(r - 1) 1	$\frac{s_1^2 = \frac{JKB}{(r-1)}}{113490.75}$	$F_1 = \frac{s_1^2}{s_4^2}$ 4.33	7.11%
Antar Kolom	JKK 10384.08	(c-1) 1	$\frac{s_2^2 = \frac{JKK}{(c-1)}}{10384.08333}$	$F_2 = \frac{s_2^2}{s_4^2}$	
Interaksi	JKB (K) 1220.08	(r-1)(c-1) 1	$\frac{s_3^2 = \frac{JKB(K)}{(r-1)(c-1)}}{1220.083333}$	0.40 $F_3 = \frac{s_3^2}{s_4^2}$	54.68%
Galat	JKG 209897.33	rc (n-1) 8	$\frac{s_4^2 = \frac{JKG}{rc(n-1)}}{26237.16667}$	0.05	83.47%

• Kesimpulan :

- Karena  $F_1 = 4.33 < 5.32$  maka  $H_0'$  diterima dan disimpulkan bahwa belum ada pengaruh yang signifikan variasi rasio tulangan pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan klem selang.
- Karena  $F_2 = 0.40 > 5.32$  maka  $H_0''$  diterima dan disimpulkan bahwa belum ada pengaruh yang signifikan penggunaan klem selang pada beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan klem selang.



- Karena  $F_3 = 0.05 > 5.32$  maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa belum ada interaksi antara variasi rasio tulangan dan penggunaan klem selang pada sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan klem selang.



Gambar 4. 54 Grafik Beban dan Rasio Tulangan untuk Jarak Kait Klem Selang yang Berbeda.

Pada Gambar 4.54 dapat dilihat bahwa belum adanya interaksi antara jarak pemasangan kait dengan rasio tulangan pada beton bertulangan bambu dikarenakan belum terdapat garis yang saling bersinggungan antara garis  $B_1$  dan  $B_2$ .

#### 4.10.2. Metode Analisis Regresi

Regresi Linear adalah suatu metode statistic yang mempelajari pola dan mengukur hubungan statistik antara dua atau lebih variabel. Tabel 4.20 akan menguji seberapa jauh hubungan sebab akibat antara variabel X (rasio tulangan) terhadap variabel Y (kuat lentur balok dengan satuan kg).

Tabel 4. 20 Perhitungan analisis regresi

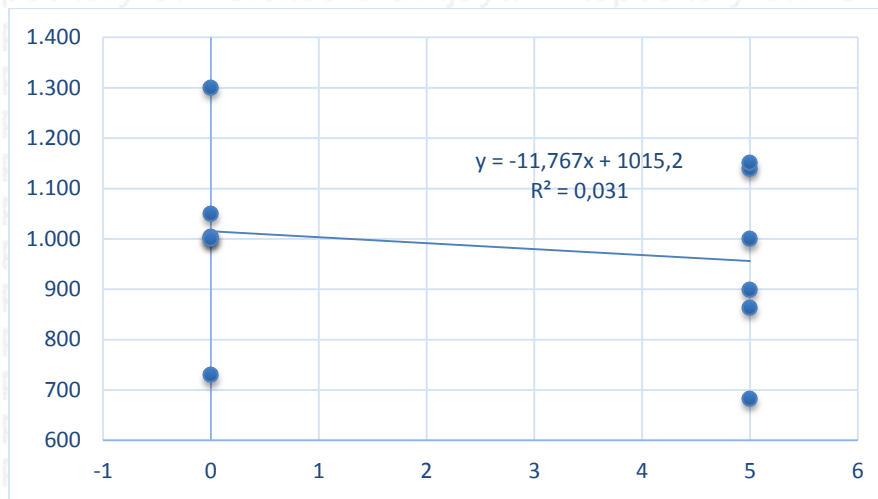
	Benda Uji	Klem selang	P Maks (Y)	X2	Y2	XY
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	0	1,050.00	0	1102500.00	-
2	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	0	1,004.00	0	1008016.00	-
3	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	0	730.00	0	532900.00	-
4	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	0	1,301.00	0	1692601.00	-
5	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	0	1,005.00	0	1010025.00	-
6	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	0	1,001.00	0	1002001.00	-
7	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	5	864.00	25	746496.00	4,320.00
8	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	5	683.00	25	466489.00	3,415.00
9	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	5	1,000.00	25	1000000.00	5,000.00
10	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	5	1,140.00	25	1299600.00	5,700.00
11	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	5	900.00	25	810000.00	4,500.00
12	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	5	1,151.00	25	1324801.00	5,755.00
		30	11,829.00	150	11995429.00	28690.00

#### Perhitungan Persamaan Regresi Linear

$$a = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = \frac{11829(150) - 30(28690)}{12(150) - 30^2} = 1015.17$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = \frac{12(28690) - 30(11829)}{12(150) - 30^2} = -11.767$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai a (konstanta) dan b (koefisien regresi) maka didapatkan rumus persamaan regresi  $Y = -11.767 X + 1015.17$  untuk pengaruh penggunaan klem selang (B). Dimana nilai X adalah penggunaan klem selang dan Y adalah besarnya maksimum. Garis regresi akibat pengaruh rasio tulangan dapat dilihat pada Gambar 4.55.



Gambar 4. 55 pengaruh penggunaan klem selang

Pada Gambar 4.55 dapat dilihat terdapat garis yang menurun dan nilai negative pada koefisien regresi, hal ini berarti belum ada pengaruh penggunaan klem selang terhadap beban maksimum sambungan balok-kolom beton bertulang bambu.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu tanpa klem selang (A1) pada rasio tulangan 0.76% (B1) rata-rata sebesar 928 kg dan kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan sambungan balok-kolom dengan klem selang (A2) pada rasio tulangan 0.76% (B1) rata-rata sebesar 849 kg. Sedangkan Kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu tanpa klem selang (A1) pada rasio tulangan 1.21% (B2) rata-rata sebesar 1003 kg dan kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan sambungan balok-kolom dengan klem selang (A2) pada rasio tulangan 1.21% (B2) rata-rata sebesar 1145.5 kg, maka Penggunaan klem selang (A2) pada rasio tulangan 1.21% (B2) mengalami peningkatan kapasitas sebesar 14.21 % . Namun, berdasarkan uji statistik dengan metode *Two-Way ANNOVA* dan analisis regresi didapatkan belum adanya pengaruh yang signifikan dengan dipasangnya kait klem selang terhadap beban maksimum sambungan balok-kolom bertulangan bambu, hal ini dikarenakan benda uji yang di gunakan jumlahnya sedikit dan koefisien variasi pada benda uji cenderung besar.
2. Penggunaan klem saat beban 650 kg belum berpengaruh terhadap lendutan yang mampu dipikul benda uji sambungan balok-kolom bertulangan bambu. Pada benda uji tanpa klem selang (A1) rasio tulangan 0.76% (B1) lendutan rata-rata sebesar 0.306 mm dan lendutan rata-rata benda uji klem selang (A2) rasio tulangan 0.76% (B1) sebesar 0.387, Sedangkan Penggunaan klem selang (A2) pada rasio tulangan 1.21% (B2) berpengaruh terhadap lendutan yang mampu dipikul namun tidak signifikan yakni Pada benda uji tanpa klem selang (A1) rasio tulangan 1.21% (B2) lendutan rata-rata sebesar 0.199 mm dan lendutan rata-rata benda uji klem selang (A2) rasio tulangan 1.21% (B2) sebesar 0.197.

3. Pola retak yang dimiliki oleh sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu dengan (A2) atau tanpa klem selang (A1) diawali dengan adanya retak lentur. Retak lentur merambat ke daerah lain dan membentuk retak lentur geser. Pada benda uji tanpa klem selang (A1) jumlah retak lebih sedikit tetapi retakan tersebut lebih panjang dibandingkan dengan benda uji menggunakan klem selang (A2). Benda uji menggunakan klem selang (A2) memiliki jumlah retak yang banyak namun cenderung pendek.

## 5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih memiliki keterbatasan, diantaranya adalah jumlah benda uji balok yang sedikit. Maka dari itu, untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa memperbaiki keterbatasan-keterbatasan pada penelitian ini agar dapat memperkecil peluang terjadinya data-data yang menyimpang (*outlier*). Selain itu, dalam pembuatan benda uji pemasangan tulangan sambungan balok-kolom harus diperhatikan dengan tidak memaksakan sambungan tulangan dan seharusnya memperbesar dimensi kolom agar tulangan balok dapat terikat dengan tulangan kolom sehingga sambungan dapat bekerja secara maksimal. Dalam pengujian sikik ini harus di perhatikan prosedur kerja dan kinerja karena pembebanan dilakukan secara berulang memungkinkan benda uji mengalami penurunan kekuatan apabila terjadi kesalahan pemasangan alat maupun prosedur kerja. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan kait pada sambungan balok-kolom beton bertulangan bambu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, S. M. (2005). Perilaku Pelat Lapis Komposit Bambu Spesi pada Beban In-plane dan Beban Lentur. *Disertasi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Chiquita, Theadeira. (2016). Pengaruh Jenis Kait Terhadap Kuat Lentur Balok Bertulangan Bambu dengan Pengait. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Ghavami, K., (2005). *Bamboo As Reinforcement Instructural Concrete Elements*. J. Cement & Concrete Composites, Elsevier, 27, pp. 637-649.
- Lestari, A. D. (2015). Pengaruh Penambahan Kait Pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu. *Jurnal Rekayasa Sipil./Volume 9*.
- Morisco. (1999). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Nanda, K. P. (2016). Pengaruh Jarak Kait Terhadap Balok Beton Bertulangan Bambu dengan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil./Volume 1 Nomor 2*.
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Al-Sulayfani,B & Al-Taee, H. (2008). *Modeling of Stress-Strain Relationship for Fibrous Concrete Under Cyclic Loads*. Eng. Tech. Vol.26, No.1, pp. 45-53.
- Dini,Restian. 2008. *Analisis Pengaruh Dimensi Balok dan Kolom Portal Terhdap Lebar Retak Pada Bangunan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Setya Budi, A. s., & Sugiarto., (2013). *Model Balok Beton Bertulangan Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Baja*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013, S245-S252.
- Badan Standardisasi Nasional ( BSN ). (2002). *SNI 03 – 2847 – 2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional ( BSN ). (2002). *SNI 03 – 1726 – 2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Bargie Media Press





## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data Hasil Analisa Gradasi Agregat

➤ **Agregat Halus**

Lubang Saringan		Pasir			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76.2	-	-	-	-
2.5"	63.5	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-
1.5"	38.1	-	-	-	-
1"	25.4	-	-	-	-
3/4"	19.1	-	-	-	-
1/2"	12.7	-	-	-	-
3/8"	9.5	-	-	-	10
		18.	1.8	-	98.
4	4.76	41	62	1.862	138
		76.	7.7	-	90.
8	2.38	84	73	9.635	365
		22	22.	-	67.
16	1.19	3.22	580	32.215	785
		44	45.	-	22.
20	0.59	4.9	004	77.220	780
		11	11.	-	10.
50	0.297	8.03	939	89.159	841
		77.	7.8	-	2.9
100	0.149	87	77	97.036	64
		22.	2.2	-	0.7
200	0.075	06	32	99.268	32
		7.2	0.7	-	-
Pan		4	32	-	-
Σ =		98	10	406.395	
		8.57	0		

$$\text{Modulus kehalusan pasir} = \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan no.3/8" sampai no.100}}{100} = 3,071$$

Dari grafik, zona gradasi = Zona 1

Contoh perhitungan ayakan No. 8

$$\% \text{ tertinggal saringan no 8} = \frac{\text{berat tertinggal saringan no 8 (gram)}}{\text{jumlah berat tertinggal seluruhnya (gram)}} \times 100\%$$

$$= \frac{76.84}{988.57} \times 100\%$$

$$= 7.773 \%$$

% tertinggal kumulatif no 8 = % tertinggal no 4 + % tertinggal no 8

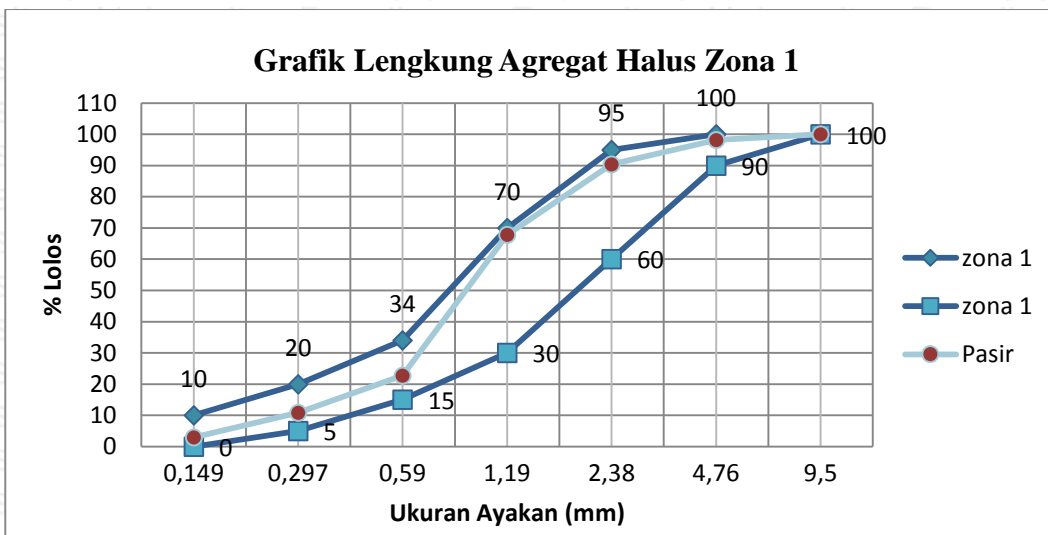
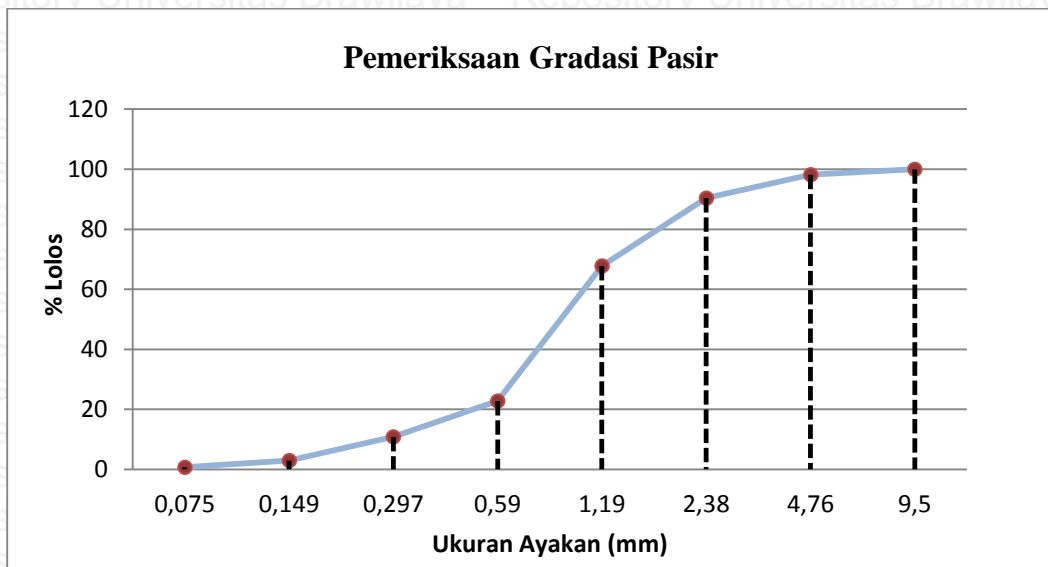
$$= 1.862 \% + 7.773 \%$$

$$= 9.635 \%$$

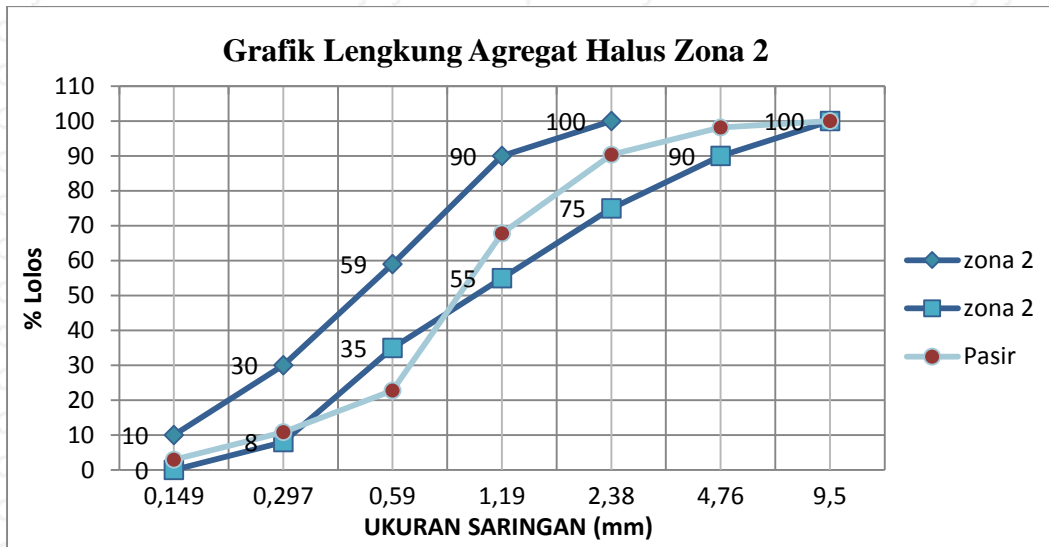
% kumulatif lolos no 8 = 100% - % tertinggal kumulatif no 8

$$= 100\% - 9.635 \%$$

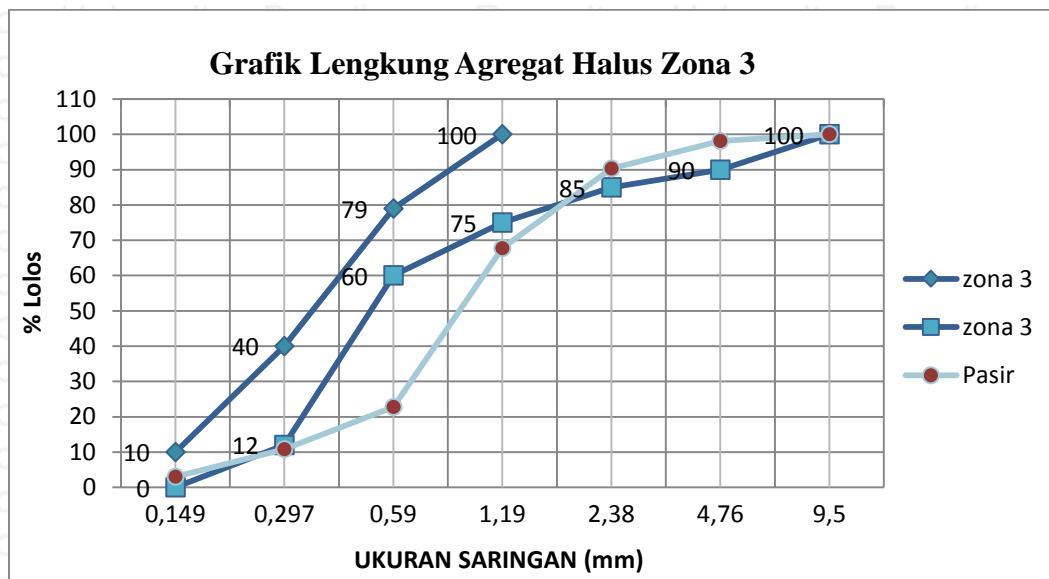
$$= 90.365 \%$$

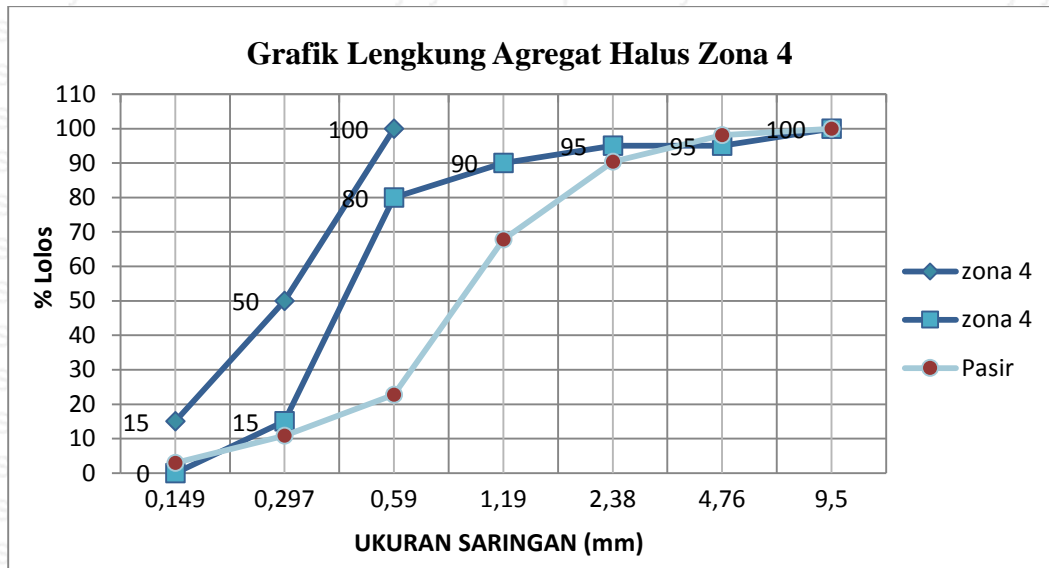


**Grafik Lengkung Agregat Halus Zona 2**



**Grafik Lengkung Agregat Halus Zona 3**





➤ **Agregat Kasar**

Lubang Saringan		Pasir			
		Tertinggal		%Kumulatif	
No	mm	gram	%	Tertinggal	L olos
3"	76.2	-	-	-	100
2.5"	63.5	-	-	-	100
2"	50.8	-	-	-	100
1.5"	38.1	-	-	-	100
1"	25.4	272.3	2.74	2.74	97.26

0.75"	19.1	2134.11	2	1.44	24.17	75.83
0.5"	12.7	2864.95	2	8.78	52.95	47.05
0.375"	9.5	2095.4	2	1.05	74.00	26.00
4	4.76	2359.8	2	3.70	97.70	2.30
8	2.38	228.93	2	30	100.00	-
16	1.19	-	-	-	100.00	-
20	0.85	-	-	-	100.00	-
50	0.297	-	-	-	100.00	-
100	0.149	-	-	-	100.00	-
200	0.075	-	-	-	100.00	-
Pan		-	-	-	100.00	-
$\Sigma =$		9955.51	1	00	951.554	

Modulus kehalusan kerikil =

$$\frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/4 \text{ " + no. } 3/8 \text{ " sampai no. } 200}{100}$$

$$= 8,96$$

Dari grafik, zona gradasi = 40 mm

Dengan pertimbangan selimut beton 30 mm pada benda uji balok maka agregat kasar yang digunakan maks. 20 mm.

Contoh perhitungan ayakan no. 3/4" (0,75")

% tertinggal saringan no. 3/4" =

$$\frac{\text{berat tertinggal saringan no } 3/4 \text{ "}}{\text{jumlah berat tertinggal seluruhnya (gram)}} \times 100\%$$

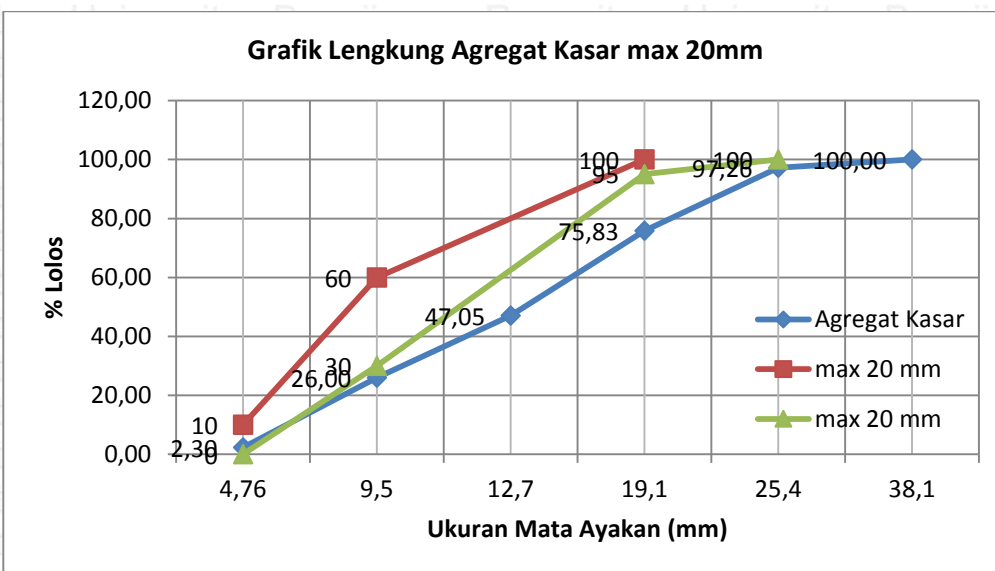
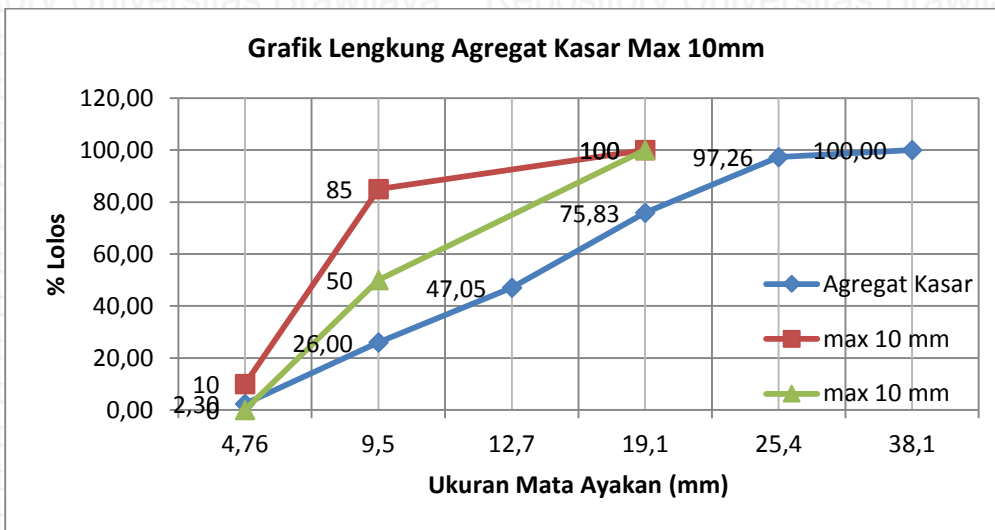
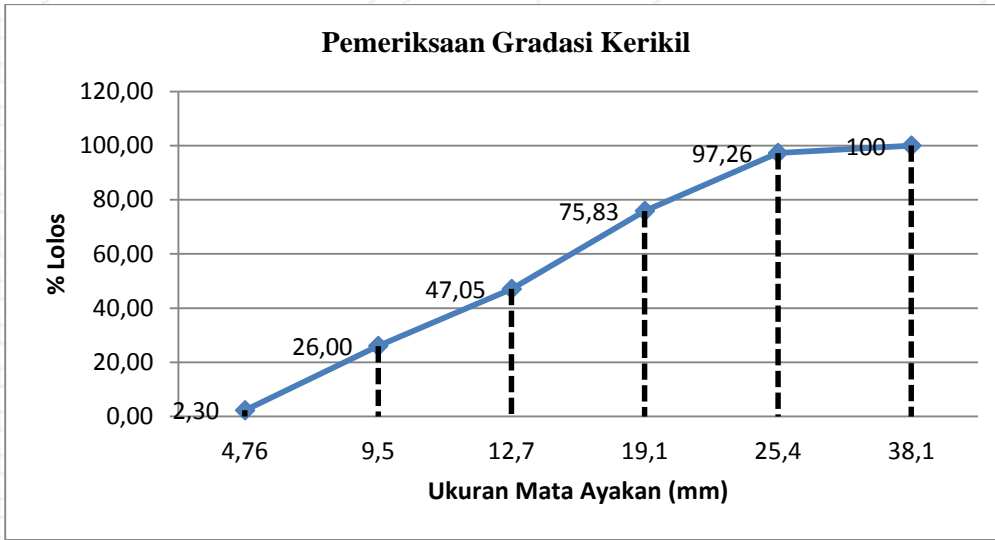
$$= \frac{2134.11}{9955.51} \times 100\% = 21.44 \%$$

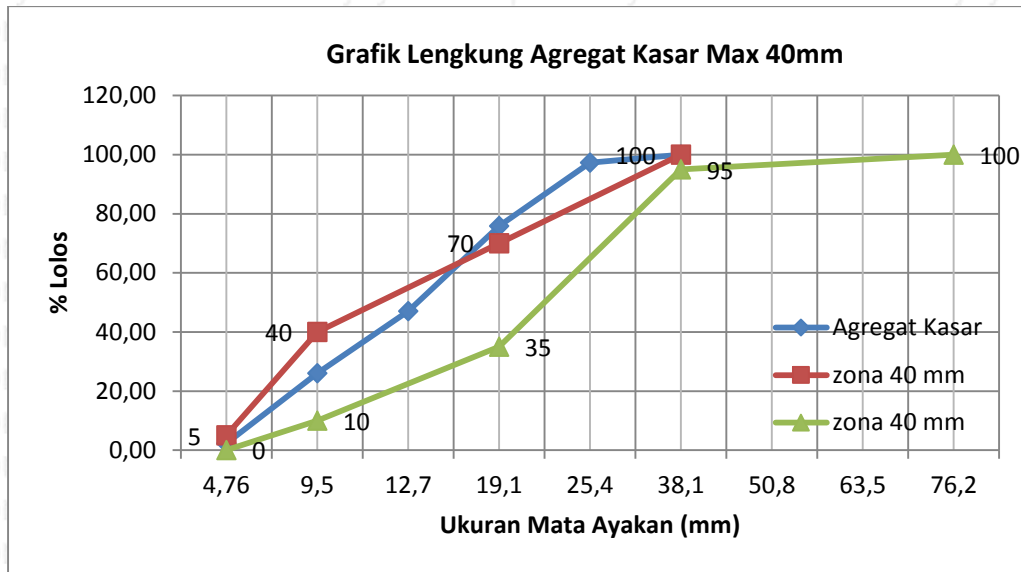
% tertinggal kumulatif no. 3/4" = % tertinggal no 1" + % tertinggal no 3/4"

$$= 2.74\% + 21.44 \% = 24.17\%$$

% kumulatif lolos no. 3/4" = 100 % - % kumulatif tertinggal no

$$\frac{3/4 \text{ "}}{3/4 \text{ "}} = 100 \% - 24.17 \% = 75.83 \%$$





## Lampiran 2. Data Hasil Kadar Air, Berat Jenis, dan Penyerapan Agregat

### ➤ Agregat Halus

Nomor Contoh			1	
Nomor Talam			A	B
Berat Talam + Contoh basah	( gr)	1	22.3	13.3
Berat Talam + Contoh kering	( gr)	1	21.3	13.2
Berat Air = (1)-(2)	( gr)	1	1	0.
Berat Talam	( gr)	4	1	4.
Berat Contoh Kering = (2)-(4)	( gr)	1	17.3	09.1
Kadar Air = (3)/(5)	( %)	0.	85	09
Kadar Air rata-rata	( %)			0.47

NOMOR CONTOH			A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500	( gr)	500
Berat benda uji kering oven	Bk	( gr)	487
Berat piknometer + air (pada suhu kamar)	B	( gr)	638.1
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (pd suhu kamar)	Bt	( gr)	952.2

NOMOR CONTOH		B
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(B+500-Bt)$	2.620
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$500/(B+500-Bt)$	2.690
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	$Bk/(B+Bk-Bt)$	2.817
Penyerapan (%) (Absorption)	$(500-Bk)/Bk \times 100\%$	2.669



➤ **Agregat Kasar**

Nomor Contoh		1	
Nomor Talam		A	B
Berat Talam + Contoh basah	(g r)	96.2	99.2
Berat Talam + Contoh kering	(g r)	91.3	94
Berat Air = (1)-(2)	(g r)	4.9	5.2
Berat Talam	(g r)	4.1	4.2
Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(g r)	87.2	89.8
Kadar Air = (3)/(5)	( %)	5.62	5.8
Kadar Air rata-rata	( %)	5.70	

Nomor Contoh		A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	j (gr)	480 0
Berat benda uji kering oven	k (gr)	475 0
Berat benda uji dalam air	a (gr)	326 5

Nomor Contoh		B
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	3.0 94
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	3.1 27
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	3.1 99
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%	1.0 53

### Lampiran 3. Data Hasil Berat Isi Agregat

#### ➤ Agregat Halus

Berat takaran	(gr)	1050	1050
Berat takaran + air	(gr)	3050	3050
Berat air = (2)-(1)	(gr)	2000	2000
Volume air = (3)/(1)	(cc)	1.905	1.905
<b>CARA</b>		<b>RODDE D</b>	<b>SHOVE LED</b>
Berat Takaran	(gr)	1050	1050
Berat takaran + benda uji	(gr)	4350	4000
Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	3300	2950
Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/ cc)	1732.5	1548.8
Berat isi agregat halus rata-rata	(gr/ cc)	1640.625	

#### ➤ Agregat Kasar

Berat takaran	(gr)	1050	1050
Berat takaran + air	(gr)	3050	3050
Berat air = (2)-(1)	(gr)	2000	2000
Volume air = (3)/(1)	(cc)	1.905	1.905
<b>CARA</b>		<b>RODDE D</b>	<b>SHOVE LED</b>
Berat Takaran	(gr)	1050	1050

Berat takaran + benda uji	(gr)	4200	3900
Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	3150	2850
Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/ cc)	1653.750	1496.250
Berat isi agregat kasar rata-rata	(gr/ cc)	1575.00	

#### Lampiran 4. Data Hasil Mix Design

No	Uraian	Tabel/Grafik	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (2 HR, 5%)	Ditetapkan	30	MPa
2	Deviasi standar	Diketahui	-	MPa
3	Nilai Tambah (Margin)	(K=1,64) 1,64*(2)	12	MPa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	42	MPa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Normal (Tipe I)	-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah	-
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir	-
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 1/2	0,45	-
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,60	-
9	Slump	Ditetapkan	60 - 180	mm
10	Ukuran Agregat Kasar Maksimum	Ditetapkan	20	mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225	kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	(11) : (7)	500,00	kg/m <sup>3</sup>
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-	kg/m <sup>3</sup>
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275	kg/m <sup>3</sup>
15	FAS yg disesuaikan	-	-	-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	Zona 1	-
17	Persen agregat halus	Grafik 13 - 15	44%	-

18	Berat jenis relatif agregat halus (SSD)	Diketahui	2,69	kg/m <sup>3</sup>
19	Berat isi beton	Grafik 16	2525	kg/m <sup>3</sup>
20	Kadar agregat gabungan	(19) - (11) - (12)	1800,00	kg/m <sup>3</sup>
21	Kadar agregat halus	(17) * (20)	792,00	kg/m <sup>3</sup>
22	Kadar agregat kasar	(20) - (21)	1008,00	kg/m <sup>3</sup>

Banyaknya Bahan (Teoritis)	Semen ( kg )	Air ( kg/m <sup>3</sup> )	Ag. Halus ( kg )	Ag. Kasar ( kg )
Tiap m <sup>3</sup> dg ketelitian 5kg (Teoritis)	500,00	225,00	792,00	1008,00
Tiap campuran benda uji 0,111051 m	55,53	24,99	87,95	111,94
Proporsi (Teoritis) (1/3)	1,00	0,45	1,58	2,02

### Lampiran 5. Data Pengecoran

No.	Tanggal Pengecoran	Slup cm	Balok	Tanggal Uji Silinder
1	06 April 2017	12	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	04 Mei 2017
2	07 April 2017	15	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	05 Mei 2017
3	12 April 2017	16	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	10 Mei 2017
4	17 April 2017	17	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> -	15 Mei 2017

	2017			1	
5	17	April		$A_1B_2$ -	
	2017		15	2	15 Mei 2017
6	17	April	15,	$A_1B_2$ -	
	2017		5	3	15 Mei 2017
7	12	April		$A_2B_1$ -	
	2017		18	1	10 Mei 2017
8	26	April		$A_2B_1$ -	
	2017		15	2	24 Mei 2017
9	28	April		$A_2B_1$ -	
	2017		14	3	26 Mei 2017
0	28	April	15,	$A_2B_1$ -	
	2017		6	4	26 Mei 2017
1	12	April		$A_2B_2$ -	
	2017		12	1	10 Mei 2017
1	26	April	12,	$A_2B_2$ -	
	2017		5	2	24 Mei 2017
1	26	April		$A_2B_2$ -	
	2017		16	3	24 Mei 2017
1	28	April		$A_2B_2$ -	
	2017		15	4	26 Mei 2017



### Lampiran 6. Data Hasil Uji Tekan

Benda Uji	Berat	Tinggi	Luas Penampang	Volume	Berat Isi	Beban Maksimum	Kuat Tekan 28 hari (fci)
No.	kg	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	12,8	30	176,7146	5301,4376	0,0024144	47300	267,6632
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	12,65	30	176,7146	5301,4376	0,0023861	40700	230,3149
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	12,55	30	176,7146	5301,4376	0,0023673	63000	356,5071
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	12,75	30	176,7146	5301,4376	0,002405	60200	340,6623
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	12,95	30	176,7146	5301,4376	0,0024427	54000	305,5775
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	13	30	176,7146	5301,4376	0,0024522	63300	358,2047
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 1	12,7	30	176,7146	5301,4376	0,0023956	60100	340,0964
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 2	12,9	30	176,7146	5301,4376	0,002	59500	336,7011

				4376	4333		
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 3	12,85	30	176,7146	5301, 4376	0,002 4239	61200	346,3212
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> - 4	12,9	30	176,7146	5301, 4376	0,002 4333	55200	312,3681
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 1	12,95	30	176,7146	5301, 4376	0,002 4427	61700	349,1506
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	12,9	30	176,7146	5301, 4376	0,002 4333	60300	341,2282
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	12,8	30	176,7146	5301, 4376	0,002 4144	52200	295,3916
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 4	12,9	30	176,7146	5301, 4376	0,002 4333	33500	189,5712
						<b>jumlah</b>	<b>4369,7581</b>

fc <sub>m</sub>	(f <sub>ci</sub> -f <sub>cm</sub> ) <sup>2</sup>	S	f' <sub>c</sub>	Syarat 1	Syarat 2
kg/c	kg/cm <sup>3</sup>	kg/c	kg/c	0,85* f' <sub>c</sub>	f' <sub>c</sub> +(0.82*S)
				255	287,7600226

m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
336, 1352	4688,4139	58,99 4167	239,3 8481	Memenuhi	Tidak Memenuhi
	11197,9472			Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
	415,0116			Memenuhi	Memenuhi
	20,4944			Memenuhi	Memenuhi
	933,7760			Memenuhi	Memenuhi
	487,0622			Memenuhi	Memenuhi
	15,6910			Memenuhi	Memenuhi
	0,3202			Memenuhi	Memenuhi
	103,7529			Memenuhi	Memenuhi
	564,8769			Memenuhi	Memenuhi
	169,3990			Memenuhi	Memenuhi
	25,9382			Memenuhi	Memenuhi
	1660,0463			Memenuhi	Memenuhi
	21481,0116			Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
41763,7413					

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





**Lampiran 7. Data Hasil Pengujian Pull Out**

**1. Benda Uji A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> – 1**

Tanggal Pembuatan = 16 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 20 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 24,179 MPa



Gambar Benda Uji Pull Out A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> – 1

o.	Tahap Beban	Be ban	Perpind ahan
	kg	kg	mm
	50	50	-0.61
	50	10	-0.73
	50	0	-1.63
	50	20	-2
	50	0	-2.15
	50	30	-2.25
	50	35	-2.35
	50	40	-2.43
	50	45	-2.53
0	50	50	-2.61

1	50	550	-2.7
2	50	600	-2.78
3	50	650	-2.86
4	50	700	-2.94
5	50	750	-3
6	50	800	-3.07
7	50	850	-3.14
8	50	900	-3.21
<b>o.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Be ban</b>	<b>Perpind ahan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
9	50	950	-3.28
0	50	1000	-3.34
1	50	1050	-3.395
2	50	1100	-3.46
3	50	1150	-3.53
4	50	1200	-3.59
5	50	1250	-3.66
6	50	1300	-3.74
7	50	1350	-3.8
8	50	1400	-3.87
9	50	1450	-3.95
0	50	1500	-4.01
1	50	1550	-4.09
2	50	1600	-4.16
3	50	1650	-4.245

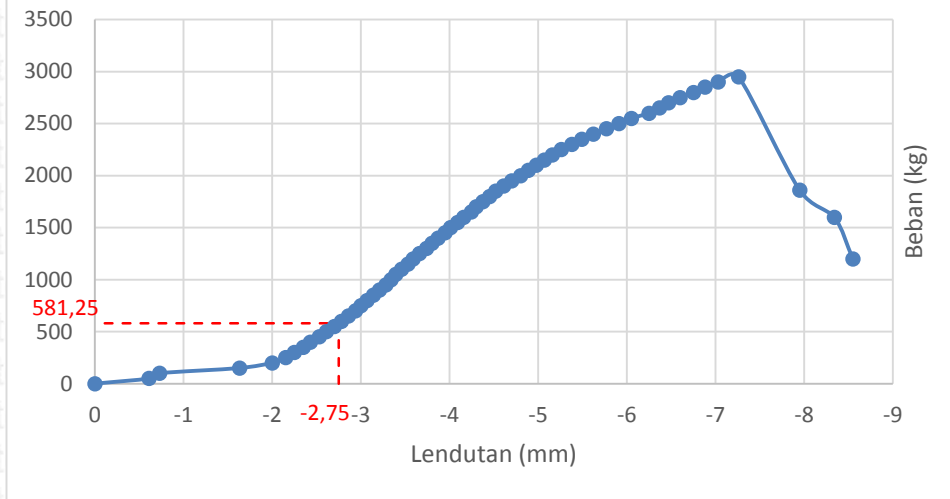


4	50	17 00	-4.3
5	50	17 50	-4.375
6	50	18 00	-4.45
7	50	18 50	-4.52
8	50	19 00	-4.61
9	50	19 50	-4.7
0	50	20 00	-4.8
1	50	20 50	-4.89
2	50	21 00	-4.98
3	50	21 50	-5.07
4	50	22 00	-5.16
5	50	22 50	-5.26
6	50	23 00	-5.38
7	50	23 50	-5.49
8	50	24 00	-5.62
9	50	24 50	-5.77
0	50	25 00	-5.91
1	50	25 50	-6.05
2	50	26 00	-6.25
3	50	26 50	-6.37
4	50	27 00	-6.47
5	50	27 50	-6.6
6	50	28 00	-6.75
7	50	28 50	-6.88
	50	29	-7.03



o.	Tahap Beban kg	Be ban kg	Perpind ahan mm
8		00	
9	50	29	-7.26
0	-1090	1860	-7.95
1	-260	1600	-8.34

**Grafik Beban dan Lendutan A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> - 1**





Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> – 1

## 2. Benda Uji A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> – 2

Tanggal Pembuatan = 17 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 20 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 33,31 MPa



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> - 2

No.	Tahap Beban	Beban	Lendutan
-----	-------------	-------	----------

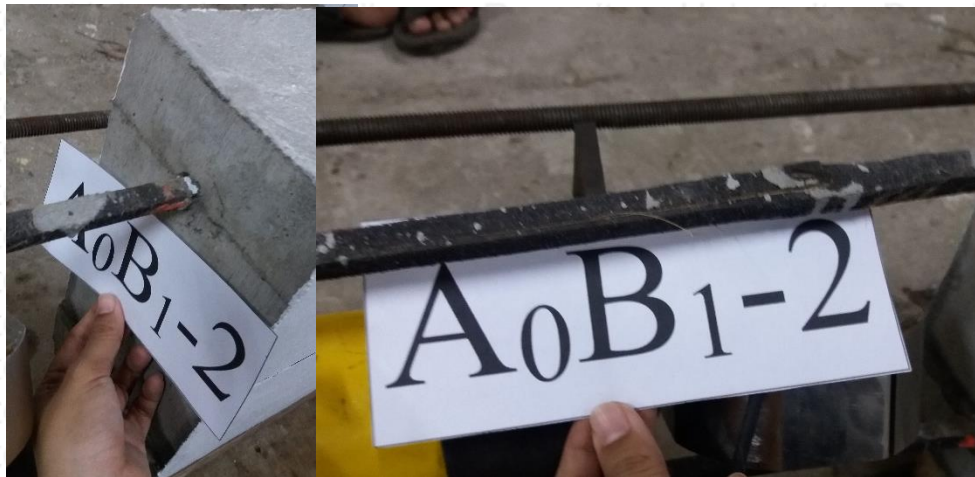
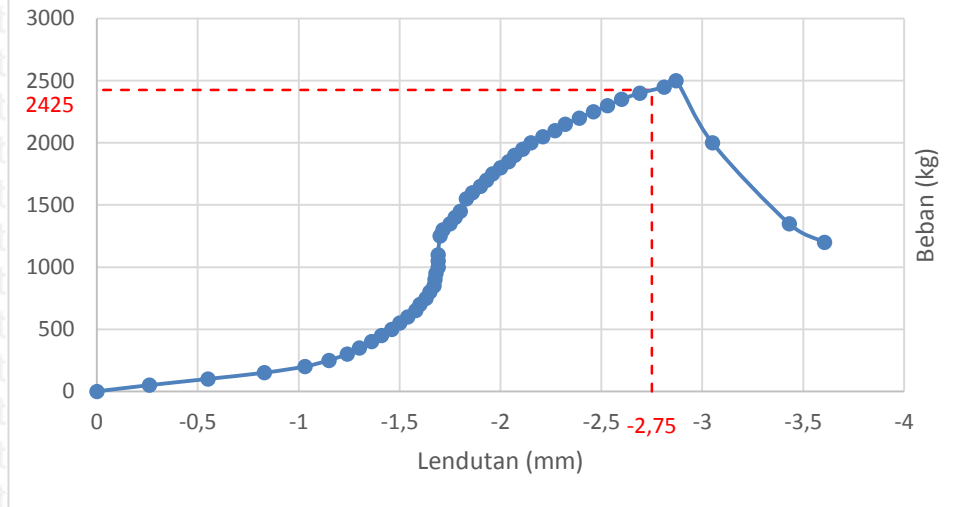
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.26
2	50	100	-0.55
3	50	150	-0.83
4	50	200	-1.03
5	50	250	-1.15
6	50	300	-1.24
7	50	350	-1.3
8	50	400	-1.36
9	50	450	-1.41
10	50	500	-1.46
11	50	550	-1.5
12	50	600	-1.54
13	50	650	-1.58
14	50	700	-1.6
15	50	750	-1.63
16	50	800	-1.65
17	50	850	-1.67
18	50	900	-1.675
19	50	950	-1.68
20	50	1000	-1.69
21	50	1050	-1.69
N o.	Tahap Beban	Beban	Lendutan
	kg	kg	mm
22	50	1100	-1.69
23	150	1250	-1.7
24	50	1300	-1.715
25	50	1350	-1.75
26	50	1400	-1.775



6		0	
2		145	
7	50	0	-1.8
2		155	
8	100	0	-1.83
2		160	
9	50	0	-1.86
3		165	
0	50	0	-1.9
3		170	
1	50	0	-1.93
3		175	
2	50	0	-1.96
3		180	
3	50	0	-2
3		185	
4	50	0	-2.04
3		190	
5	50	0	-2.07
3		195	
6	50	0	-2.11
3		200	
7	50	0	-2.15
3		205	
8	50	0	-2.21
3		210	
9	50	0	-2.27
4		215	
0	50	0	-2.32
4		220	
1	50	0	-2.39
4		225	
2	50	0	-2.46
4		230	
3	50	0	-2.53
4		235	
4	50	0	-2.6
4		240	
5	50	0	-2.69
4		245	
6	50	0	-2.81
4		250	
7	50	0	-2.87
4		200	
8	-500	0	-3.05
4		135	
9	-650	0	-3.43
5		120	
0	-150	0	-3.605



**Grafik Beban dan Lendutan  $A_0B_1 - 2$**



**Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out*  $A_0B_1 - 2$**



### 3. Benda Uji A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> – 3

Tanggal Pembuatan = 17 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 17 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 22,378 MPa



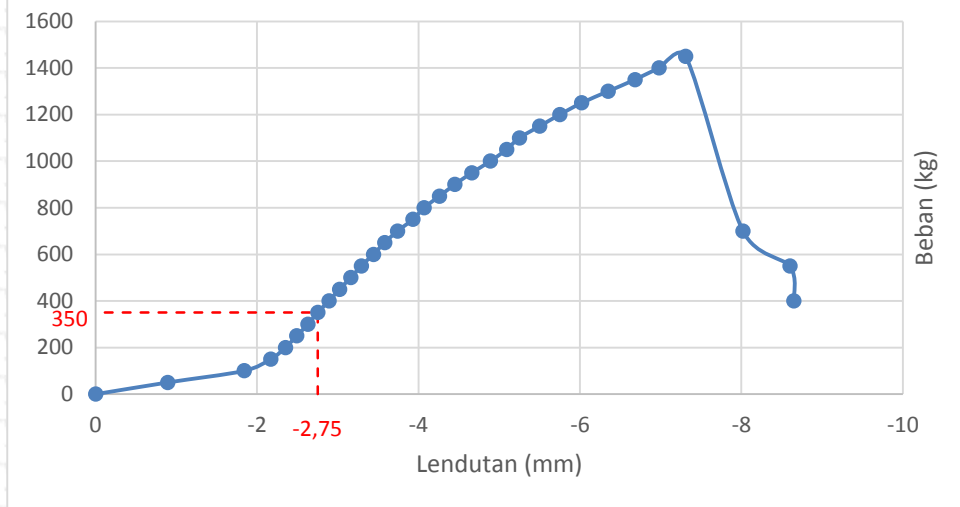
Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> - 3

No.	Tahap	Beban	Perpindahan
	Beban	kg	mm
1	50	50	-0.89
2	50	100	-1.84
3	50	150	-2.17
4	50	200	-2.35
5	50	250	-2.49
6	50	300	-2.63
7	50	350	-2.75
8	50	400	-2.89
9	50	450	-3.02
10	50	500	-3.16
11	50	550	-3.29
12	50	600	-3.44
13	50	650	-3.58
14	50	700	-3.74
15	50	750	-3.93

5			
6	1	50	800
7	1	50	850
8	1	50	900
9	1	50	950
0	2	50	1000
1	2	50	1050
<b>No.</b>	<b>Tahap</b>	<b>Beban</b>	<b>Perpindahan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
2	2	50	1100
3	2	50	1150
4	2	50	1200
5	2	50	1250
6	2	50	1300
7	2	50	1350
8	2	50	1400
9	2	50	1450
0	3	-750	700
1	3	-150	550
2	3	-150	400



**Grafik Beban dan Lendutan A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> - 3**



**Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>1</sub> – 3**

#### **4. Benda Uji A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> – 1**

Tanggal Pembuatan = 20 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 21 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 30,802 MPa

Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> - 1

No.	N	Tahap	Beban	Lendutan
		Beban	kg	mm
	1	50	50	-0.05
	2	50	100	-0.1
	3	50	150	-0.16
	4	50	200	-0.21
	5	50	250	-0.26
	6	50	300	-0.31
	7	50	350	-0.36
	8	50	400	-0.41
	9	50	450	-0.45
	10	50	500	-0.5
	11	50	550	-0.55
	12	50	600	-0.6
	13	50	650	-0.66
	14	50	700	-0.7
	15	50	750	-0.76
	16	50	800	-0.81
	17	50	850	-0.86
	18	50	900	-0.92
	19	50	950	-0.99
	20	50	1000	-1.03
	21	50	1050	-1.09

1		0	
2		110	
2	50	0	-1.15

N o.	Tahap Beban	Beban kg	Lendutan mm
2		115	
3	50	0	-1.21
4	50	120	-1.27
5	50	125	-1.33
6	50	130	-1.4
7	50	135	-1.47
8	50	140	-1.53
9	50	145	-1.6
0	50	150	-1.68
1	50	155	-1.75
2	50	160	-1.82
3	50	165	-1.91
4	50	170	-1.98
5	50	175	-2.08
6	50	180	-2.15
7	50	185	-2.24
8	50	190	-2.32
9	50	195	-2.41
0	50	200	-2.5
1	50	205	-2.6
2	50	210	-2.7
3	50	215	-2.79

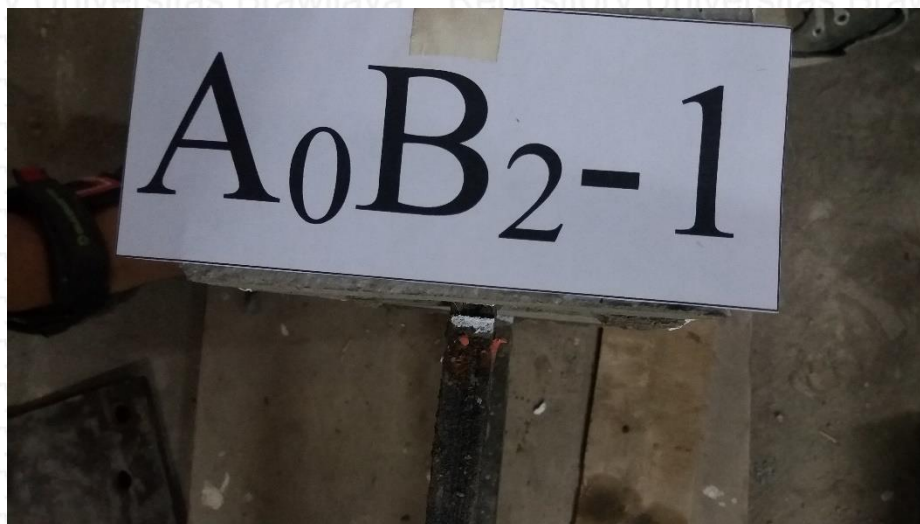
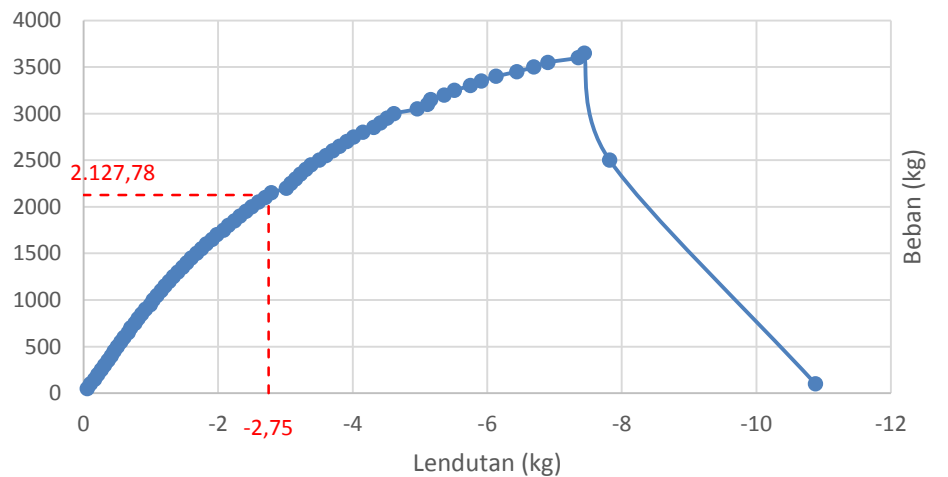


4	4	220	-3.01
5	50	0	-3.08
6	4	230	-3.15
7	50	0	-3.22
8	4	240	-3.3
9	50	0	-3.38
10	5	250	-3.5
11	50	0	-3.6
12	5	260	-3.7
13	50	0	-3.8
14	5	270	-3.91
15	50	0	-4.01
16	5	280	-4.15
17	50	0	-4.31
18	5	290	-4.41
19	50	0	-4.51
20	6	300	-4.61
21	50	0	-4.96
22	6	310	-5.11
23	50	0	-5.16
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
24	6	320	-5.36
25	50	0	-5.51
26	6	330	-5.75
27	50	0	-5.75



6			335	
7	50		0	-5.91
6			340	
8	50		0	-6.13
6			345	
9	50		0	-6.44
7			350	
0	50		0	-6.69
7			355	
1	50		0	-6.9
7			360	
2	50		0	-7.35
7			365	
3	50		0	-7.44
7			250	
4	-1150		0	-7.82
7				
5	-2400		100	-10.88

**Grafik Beban dan Lendutan A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> - 1**



Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> – 1**5. Benda Uji A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> – 2**

Tanggal Pembuatan = 20 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 20 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 36,01 MPa

Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> – 2

No.	Tahap	Beban	Lendutan
	Beban		
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.5
2	50	100	-0.95
3	50	150	-1.45
4	50	200	-1.8
5	50	250	-1.87
6	50	300	-1.94
7	50	350	-2
8	50	400	-2.06
9	50	450	-2.11
10	50	500	-2.15
11	50	550	-2.2
12	50	600	-2.25
13	50	650	-2.29
14	50	700	-2.33



1	50	750	-2.38
5	50	800	-2.42
6	50	850	-2.47
7	50	900	-2.52
8	50	950	-2.57
9	50	1000	-2.63
0	50	1000	-2.63
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lend utan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
1	50	1050	-2.69
2	50	1100	-2.74
3	50	1150	-2.8
4	50	1200	-2.85
5	50	1250	-2.91
6	50	1300	-2.97
7	50	1350	-3.04
8	50	1400	-3.09
9	50	1450	-3.15
0	50	1500	-3.2
1	50	1550	-3.24
2	50	1600	-3.3
3	50	1650	-3.35
4	50	1700	-3.41
5	50	1750	-3.47
6	50	1800	-3.53
7	50	1850	-3.6



3	8	50	1900	-3.67
3	9	50	1950	-3.68
4	0	50	2000	-3.69
4	1	50	2050	-3.87
4	2	50	2100	-3.93
4	3	50	2150	-4
4	4	50	2200	-4.06
4	5	50	2250	-4.14
4	6	50	2300	-4.21
4	7	50	2350	-4.27
4	8	50	2400	-4.33
4	9	50	2450	-4.4
5	0	50	2500	-4.44
5	1	50	2550	-4.56
5	2	50	2600	-4.62
5	3	50	2650	-4.68
5	4	50	2700	-4.75
5	5	50	2750	-4.81
5	6	50	2800	-4.89
5	7	50	2850	-4.99
5	8	50	2900	-5.08
5	9	50	2950	-5.15
6	0	50	3000	-5.23
6	1	50	3050	-5.32
<b>N</b>	<b>Tahap</b>	<b>Beban</b>	<b>Lend</b>	



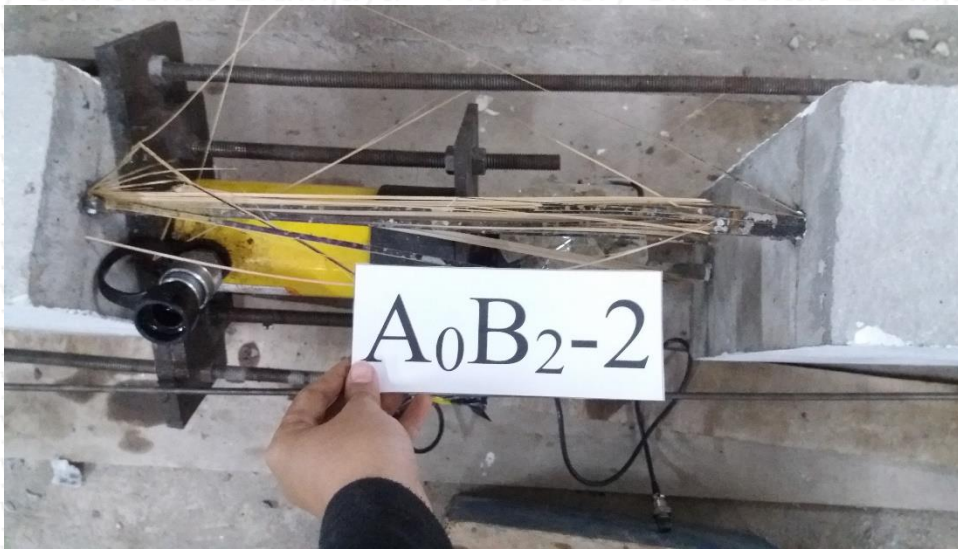
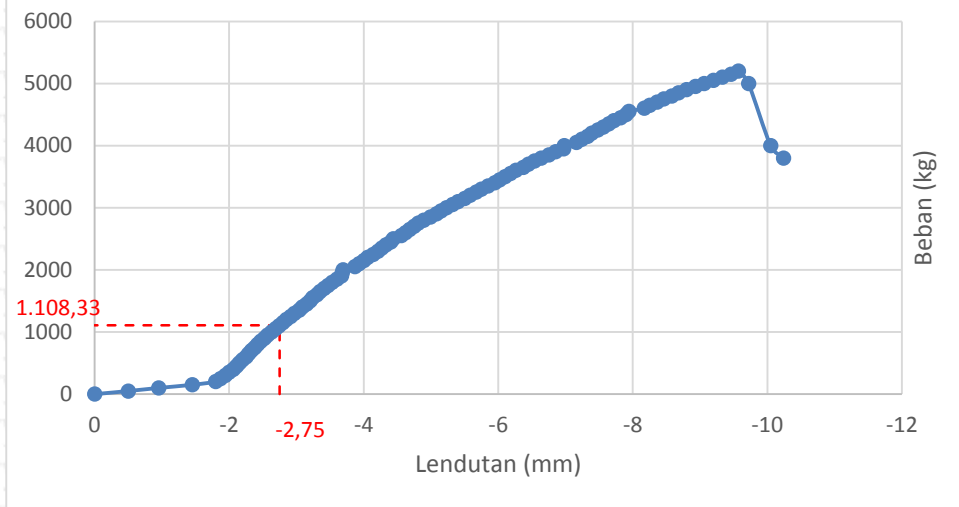
<b>o.</b>	<b>Beban</b>	<b>utan</b>	
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
2 <sup>6</sup>	50	3100	-5.4
3 <sup>6</sup>	50	3150	-5.5
4 <sup>6</sup>	50	3200	-5.58
5 <sup>6</sup>	50	3250	-5.67
6 <sup>6</sup>	50	3300	-5.75
7 <sup>6</sup>	50	3350	-5.85
8 <sup>6</sup>	50	3400	-5.95
9 <sup>6</sup>	50	3450	-6.02
0 <sup>7</sup>	50	3500	-6.1
1 <sup>7</sup>	50	3550	-6.18
2 <sup>7</sup>	50	3600	-6.26
3 <sup>7</sup>	50	3650	-6.37
4 <sup>7</sup>	50	3700	-6.45
5 <sup>7</sup>	50	3750	-6.54
6 <sup>7</sup>	50	3800	-6.64
7 <sup>7</sup>	50	3850	-6.75
8 <sup>7</sup>	50	3900	-6.85
9 <sup>7</sup>	50	3950	-6.97
0 <sup>8</sup>	50	4000	-6.98
1 <sup>8</sup>	50	4050	-7.16
2 <sup>8</sup>	50	4100	-7.24
3 <sup>8</sup>	50	4150	-7.33
4 <sup>8</sup>	50	4200	-7.39
8 <sup>8</sup>	50	4250	-7.48



5			
6	50	4300	-7.56
7	50	4350	-7.64
8	50	4400	-7.72
9	50	4450	-7.82
0	50	4500	-7.9
1	50	4550	-7.94
2	50	4600	-8.17
3	50	4650	-8.25
4	50	4700	-8.36
5	50	4750	-8.46
6	50	4800	-8.58
7	50	4850	-8.68
8	50	4900	-8.8
9	50	4950	-8.93
00	50	5000	-9.06
01	50	5050	-9.2
02	50	5100	-9.33
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
03	50	5150	-9.46
04	50	5200	-9.57
05	-200	5000	-9.72
06	-1000	4000	-10.05
07	-200	3800	-10.24



**Grafik Beban dan Lendutan  $A_0B_2 - 2$**



**Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out*  $A_0B_2 - 2$**

### 6. Benda Uji $A_0B_2 - 3$

Tanggal Pembuatan = 24 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 29 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 37,49 MPa

Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> – 3

No.	Tahap	Beban	Lendutan
		kg	mm
1		50	-0.01
2		50	-0.05
3		50	-0.08
4		50	-0.12
5		50	-0.155
6		50	-0.19
7		50	-0.215
8		50	-0.25
9		50	-0.28
10		50	-0.305
11		50	-0.32
12		50	-0.35
13		50	-0.37
14		50	-0.39
15		50	-0.41
16		50	-0.44
17		50	-0.45
18		50	-0.46
19		50	-0.47

9			
---	--	--	--

No.	N	Tahap	Beban	Lendutan
		Beban	an	utan
		kg	kg	mm
0	2	50	100	-0.49
1	2	50	105	-0.51
2	2	50	110	-0.55
3	2	50	115	-0.57
4	2	50	120	-0.6
5	2	50	125	-0.61
6	2	50	130	-0.64
7	2	50	135	-0.81
8	2	50	140	-0.86
9	2	50	145	-0.91
0	3	50	150	-0.95
1	3	50	155	-0.99
2	3	50	160	-1.09
3	3	50	165	-1.13
4	3	50	170	-1.16
5	3	50	175	-1.25
6	3	50	180	-1.3
7	3	50	185	-1.39
8	3	50	190	-1.42
9	3	50	195	-1.49
0	4	50	200	-1.54
1	4	50	205	-1.62



2	4	50	210	0	-1.71
3	4	50	215	0	-1.78
4	4	50	220	0	-1.85
5	4	50	225	0	-1.93
6	4	50	230	0	-2.01
7	4	50	235	0	-2.09
8	4	50	240	0	-2.16
9	4	50	245	0	-2.35
0	5	50	250	0	-2.41
1	5	50	255	0	-2.47
2	5	50	260	0	-2.55
3	5	50	265	0	-2.6
4	5	50	270	0	-2.65
5	5	50	275	0	-2.71
6	5	50	280	0	-2.77
7	5	50	285	0	-2.84
8	5	50	290	0	-2.91
9	5	50	295	0	-3.01
0	6	50	300	0	-3.07
<b>No.</b>	<b>Tahap</b>	<b>Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>	
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>		
1	6	50	305	0	-3.14
2	6	50	310	0	-3.18
3	6	50	315	0	-3.23
4	6	50	320	0	-3.3

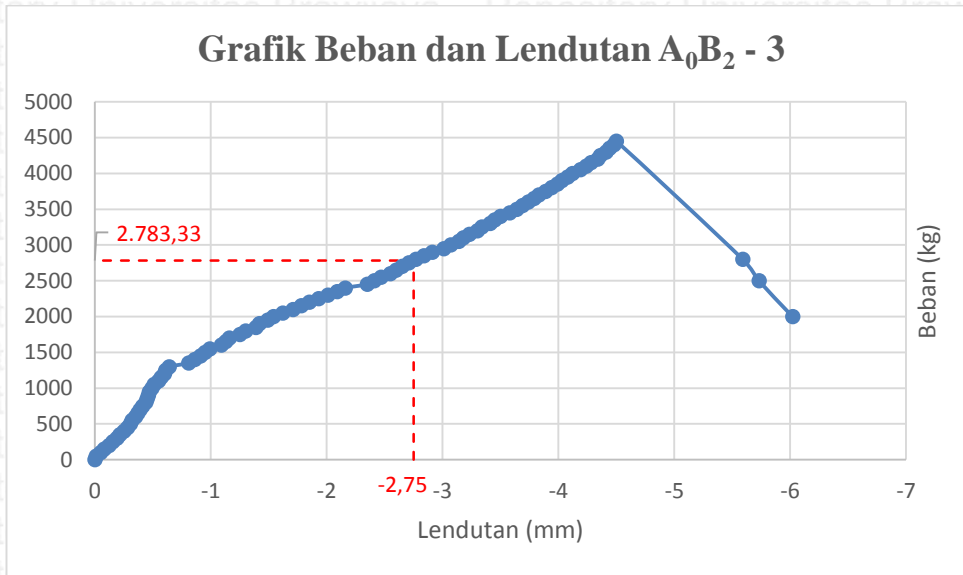




6		325	
5	50	0	-3.34
6		330	
6	50	0	-3.41
6		335	
7	50	0	-3.45
6		340	
8	50	0	-3.5
6		345	
9	50	0	-3.58
7		350	
0	50	0	-3.64
7		355	
1	50	0	-3.69
7		360	
2	50	0	-3.74
7		365	
3	50	0	-3.79
7		370	
4	50	0	-3.83
7		375	
5	50	0	-3.89
7		380	
6	50	0	-3.94
7		385	
7	50	0	-3.99
7		390	
8	50	0	-4.03
7		395	
9	50	0	-4.08
8		400	
0	50	0	-4.12
8		405	
1	50	0	-4.19
8		410	
2	50	0	-4.24
8		415	
3	50	0	-4.28
8		420	
4	50	0	-4.34
8		425	
5	50	0	-4.36
8		430	
6	50	0	-4.41
8		435	
7	50	0	-4.44
8		440	
8	50	0	-4.48
8	50	445	-4.5



9	0	280	-5.59
0	-1650	0	-5.59
9	-300	250	-5.73
2	-500	200	-6.02



### Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>2</sub> – 3

#### 7. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 1

Tanggal Pembuatan = 13 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 15 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 22,893 MPa

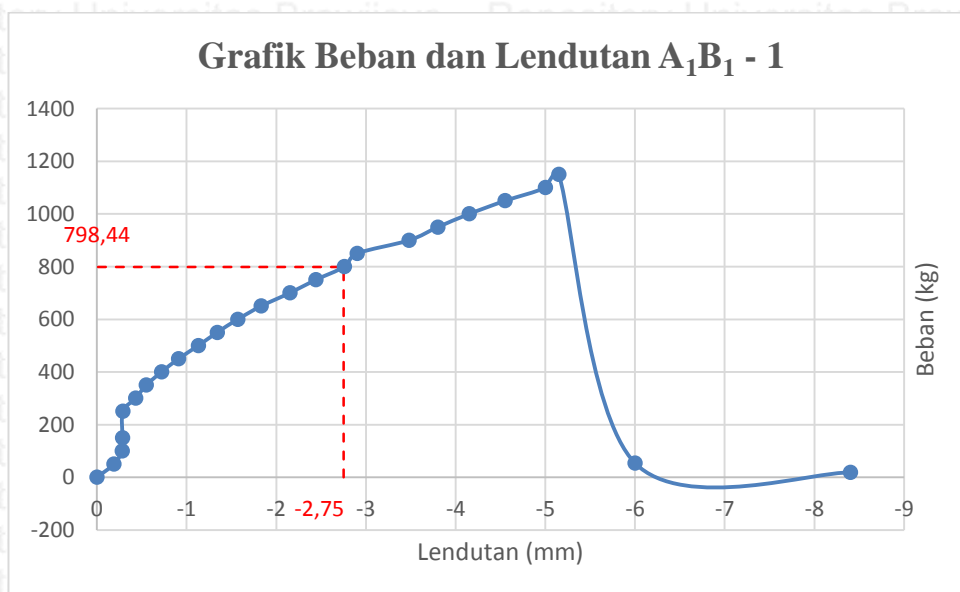


Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 1

No.	Tahap	Beban	Perpindahan
	Beban	kg	
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.19
2	50	100	-0.28
3	50	150	-0.285
4	100	250	-0.29
5	50	300	-0.43
6	50	350	-0.55
7	50	400	-0.72
8	50	450	-0.91
9	50	500	-1.13
0	50	550	-1.34

1	50	600	-1.57
2	50	650	-1.83
3	50	700	-2.15
4	50	750	-2.44
5	50	800	-2.76
6	50	850	-2.9
7	50	900	-3.48
8	50	950	-3.8

N o.	Tahap Beban kg	Beban kg	Perpindahan mm
1	50	100	-4.15
2	50	105	-4.55
2	50	110	-5
2	50	115	-5.15
3	-1096	54	-6
4	-36	18	-8.4





Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 1

### 8. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 2

Tanggal Pembuatan = 13 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 17 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 31,059 MPa



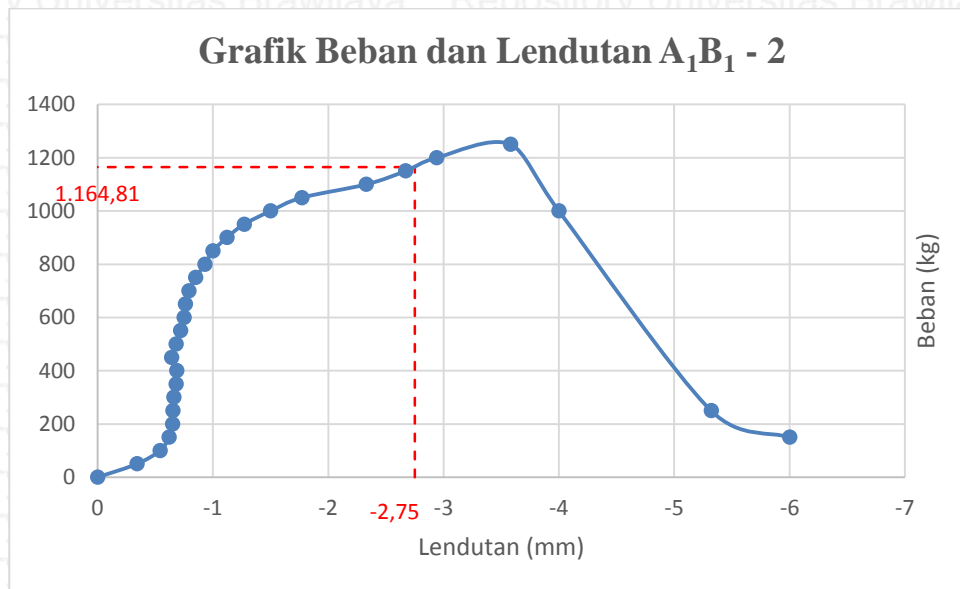
Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 2

No.	Tahap Beban	Beban	Perpindahan
-----	----------------	-------	-------------

	kg	kg	mm
1	50	50	-0.34
2	50	100	-0.54
3	50	150	-0.62
4	50	200	-0.65
5	50	250	-0.651
6	50	300	-0.66
7	50	350	-0.68
8	50	400	-0.685
9	50	450	-0.64
10	50	500	-0.68
11	50	550	-0.72
12	50	600	-0.75
13	50	650	-0.76
14	50	700	-0.79
15	50	750	-0.85
16	50	800	-0.93
17	50	850	-1
18	50	900	-1.12
19	50	950	-1.27
No.	Tahap Beban	Beban	Perpindahan
	kg	kg	mm
20	50	1000	-1.5
21	50	1050	-1.77
22	50	1100	-2.33
23	50	1150	-2.67
24	50	1200	-2.94
25	50	1250	-3.58
26	-250	1000	-4



2	7	-750	250	-5.32
2	8	-100	150	-6



Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 2

### 9. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 3

Tanggal Pembuatan = 14 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 17 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

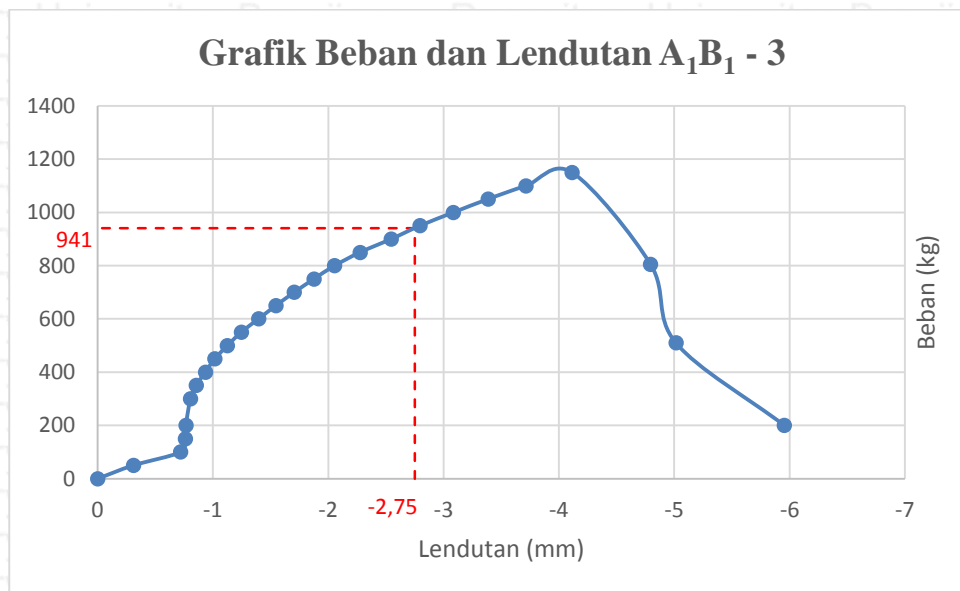
Mutu Beton Aktual = 34,789 MPa

Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 3

No.	Tahap	Beban	Perpindahan
	Beban	kg	mm
1	50	50	-0.31
2	50	100	-0.72
3	50	150	-0.76
4	50	200	-0.765
5	100	300	-0.805
6	50	350	-0.855
7	50	400	-0.935
8	50	450	-1.015
9	50	500	-1.125
10	50	550	-1.245
11	50	600	-1.395
12	50	650	-1.545
13	50	700	-1.705
14	50	750	-1.875
15	50	800	-2.055
16	50	850	-2.275
17	50	900	-2.545
18	50	950	-2.795
19	50	1000	-3.085



9		0	
2		105	
0	50	0	-3.385
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Perpindahan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
2		110	
1	50	0	-3.715
2		115	
2	50	0	-4.115
2			
3	-345	805	-4.795
2			
4	-295	510	-5.015
2			
5	-310	200	-5.955



Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> - 3

### 10. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 1

Tanggal Pembuatan = 27 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 3 April 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 27,008 MPa



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 1

No.	Tahap	Beban	Lendutan
	Beban		
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.12
2	50	100	-0.27
3	50	150	-0.4
4	50	200	-0.64
5	50	250	-0.85
6	50	300	-0.99
7	50	350	-1.07
8	50	400	-1.12
9	50	450	-1.16
10	50	500	-1.18
11	50	550	-1.195

1			
2	50	600	-1.2
3	50	650	-1.205
4	50	700	-1.235
5	50	750	-1.265
6	50	800	-1.295
7	50	850	-1.325
8	50	900	-1.355
9	50	950	-1.385
0	50	1000	-1.415
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
1	50	105	-1.455
2	50	110	-1.475
3	50	115	-1.515
4	50	120	-1.545
5	50	125	-1.585
6	50	130	-1.615
7	50	135	-1.675
8	50	140	-1.705
9	50	145	-1.755
0	50	150	-1.795
1	50	155	-1.845
2	50	160	-1.885
3	50	165	-1.925
4	50	170	-1.975



3		175	
5	50	0	-2.015
3		180	
6	50	0	-2.055
3		185	
7	50	0	-2.115
3		190	
8	50	0	-2.155
3		195	
9	50	0	-2.205
4		200	
0	50	0	-2.235
4		205	
1	50	0	-2.285
4		210	
2	50	0	-2.335
4		215	
3	50	0	-2.385
4		220	
4	50	0	-2.425
4		225	
5	50	0	-2.485
4		230	
6	50	0	-2.525
4		235	
7	50	0	-2.565
4		240	
8	50	0	-2.615
4		245	
9	50	0	-2.665
5		250	
0	50	0	-2.695
5		255	
1	50	0	-2.755
5		260	
2	50	0	-2.815
5		265	
3	50	0	-2.865
5		270	
4	50	0	-2.915
5		275	
5	50	0	-2.955
5		280	
6	50	0	-3.015
5		285	
7	50	0	-3.055
5		290	
8	50	0	-3.115
5		295	
5	50	0	-3.165



9		0	
6		300	
0	50	0	-3.205
6		305	
1	50	0	-3.275
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
6		310	
2	50	0	-3.335
6		315	
3	50	0	-3.405
6		320	
4	50	0	-3.475
6		325	
5	50	0	-3.525
6		330	
6	50	0	-3.585
6		335	
7	50	0	-3.635
6		340	
8	50	0	-3.685
6		345	
9	50	0	-3.745
7		350	
0	50	0	-3.815
7		355	
1	50	0	-3.865
7		360	
2	50	0	-3.915
7		365	
3	50	0	-4.015
7		370	
4	50	0	-4.065
7		375	
5	50	0	-4.125
7		380	
6	50	0	-4.205
7		385	
7	50	0	-4.335
7		390	
8	50	0	-4.405
7		395	
9	50	0	-4.465
8		400	
0	50	0	-4.555
8		405	
1	50	0	-4.615
8		410	
8	50	0	-4.665



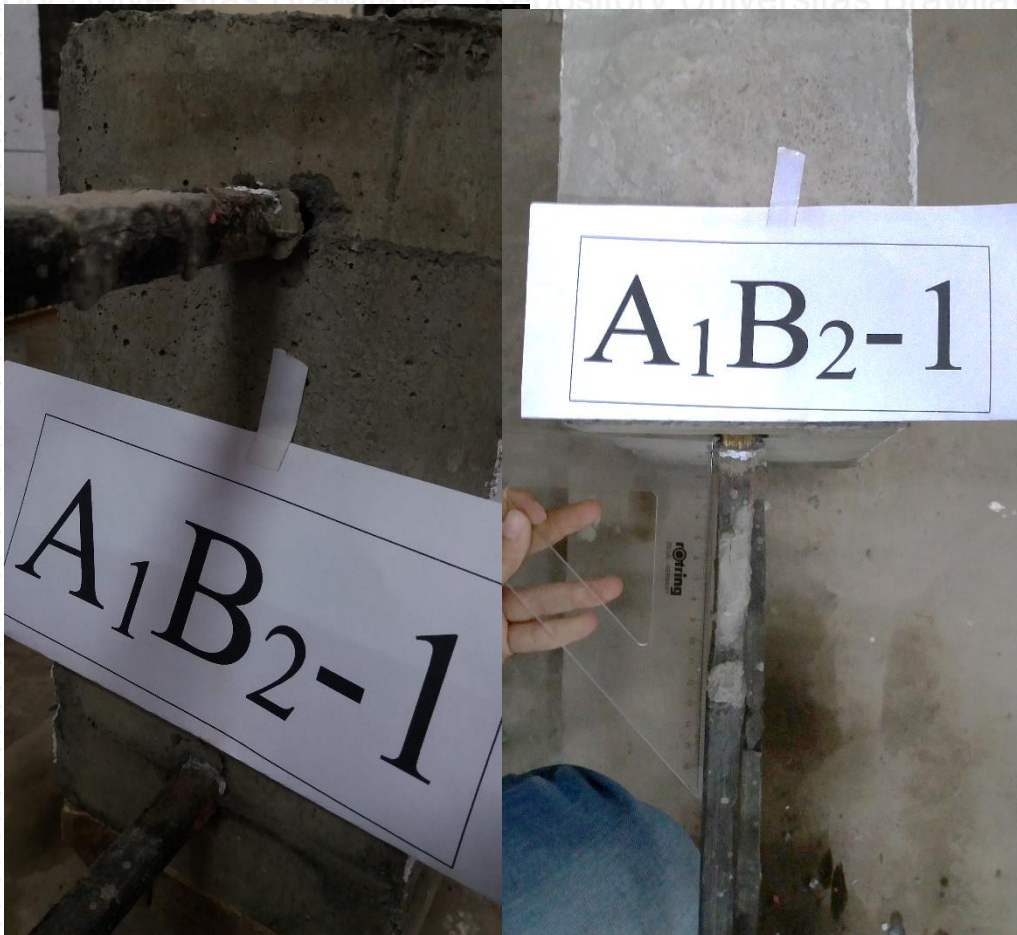
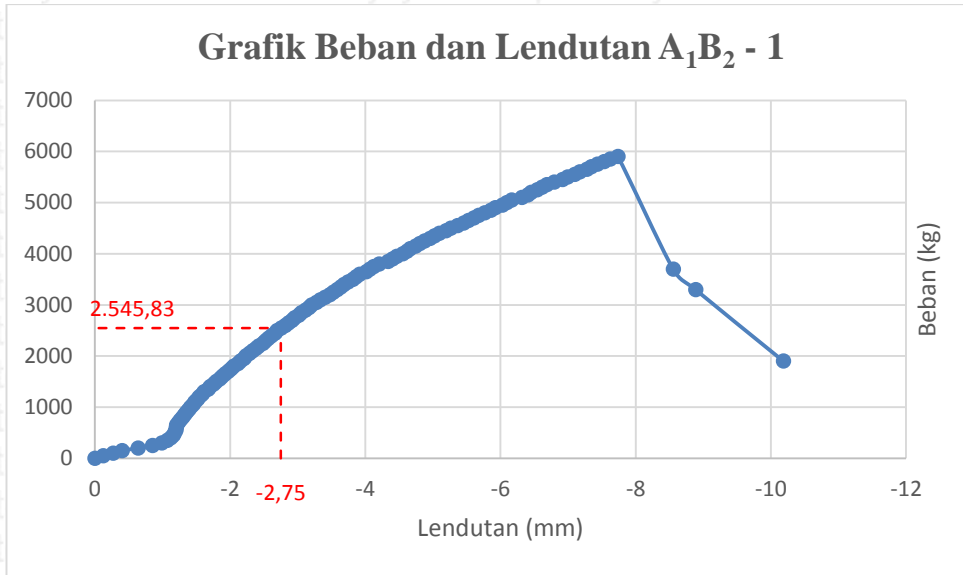
2		0	
8		415	
3	50	0	-4.745
8		420	
4	50	0	-4.805
8		425	
5	50	0	-4.875
8		430	
6	50	0	-4.955
8		435	
7	50	0	-5.025
8		440	
8	50	0	-5.095
8		445	
9	50	0	-5.195
9		450	
0	50	0	-5.265
9		455	
1	50	0	-5.365
9		460	
2	50	0	-5.455
9		465	
3	50	0	-5.525
9		470	
4	50	0	-5.605
9		475	
5	50	0	-5.675
9		480	
6	50	0	-5.765
9		485	
7	50	0	-5.855
9		490	
8	50	0	-5.925
9		495	
9	50	0	-6.025
00		500	
00	50	0	-6.095
01		505	
01	50	0	-6.165
02		510	
02	50	0	-6.315
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
03	50	515	-6.405
04	50	520	-6.455
1	50	525	-6.545



05		0	
1		530	
06	50	0	-6.615
1		535	
07	50	0	-6.685
1		540	
08	50	0	-6.795
1		545	
09	50	0	-6.915
1		550	
10	50	0	-6.995
1		555	
11	50	0	-7.095
1		560	
12	50	0	-7.175
1		565	
13	50	0	-7.275
1		570	
14	50	0	-7.345
1		575	
15	50	0	-7.435
1		580	
16	50	0	-7.535
1		585	
17	50	0	-7.625
1		590	
18	50	0	-7.735
1		370	
19	-2200	0	-8.555
1		330	
20	-400	0	-8.885
1		190	
21	-1400	0	-10.185



**Grafik Beban dan Lendutan  $A_1B_2 - 1$**



**Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out*  $A_1B_2 - 1$**



### 11. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 2

Tanggal Pembuatan = 27 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 3 April 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 26,687 MPa



Gambar Benda Uji Pull Out A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 2

No.	Tahap Beban	Beban	Lendutan
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.01
2	50	100	-0.02
3	50	150	-0.028
4	50	200	-0.03
5	50	250	-0.035
6	50	300	-0.04
7	50	350	-0.05

8	50	400	-0.06
9	50	450	-0.065
0	50	500	-0.08
1	50	550	-0.09
1	50	600	-0.1
2	50	650	-0.12
3	50	700	-0.14
4	50	750	-0.18
5	50	800	-0.19
6	50	850	-0.21
7	50	900	-0.23
8	50	950	-0.25
9	50	950	-0.25

N o.	Tahap Beban	Beban	Lendutan
	kg	kg	mm
2	50	100	-0.27
0	50	0	-0.27
1	50	105	-0.3
2	50	0	-0.3
2	50	110	-0.33
2	50	0	-0.33
3	50	115	-0.35
2	50	0	-0.35
4	50	120	-0.38
2	50	0	-0.38
5	50	125	-0.4
2	50	0	-0.4
6	50	130	-0.43
2	50	0	-0.43
7	50	135	-0.46
2	50	0	-0.46
8	50	140	-0.48
2	50	0	-0.48
9	50	145	-0.52
2	50	0	-0.52
3	50	150	-0.54
0	50	0	-0.54



1	3	50	155	0	-0.57
2	3	50	160	0	-0.6
3	3	50	165	0	-0.65
4	3	50	170	0	-0.67
5	3	50	175	0	-0.69
6	3	50	180	0	-0.72
7	3	50	185	0	-0.74
8	3	50	190	0	-0.76
9	3	50	195	0	-0.8
0	4	50	200	0	-0.83
1	4	50	205	0	-0.88
2	4	50	210	0	-0.91
3	4	50	215	0	-0.95
4	4	50	220	0	-0.98
5	4	50	225	0	-1.01
6	4	50	230	0	-1.08
7	4	50	235	0	-1.11
8	4	50	240	0	-1.13
9	4	50	245	0	-1.23
0	5	50	250	0	-1.26
1	5	50	255	0	-1.29
2	5	50	260	0	-1.32
3	5	50	265	0	-1.35
4	5	50	270	0	-1.38
5	5	50	275	0	-1.41



5		0	
5		280	
6	50	0	-1.46
5		285	
7	50	0	-1.5
5		290	
8	50	0	-1.53
5		295	
9	50	0	-1.58
6		300	
0	50	0	-1.63
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
6		305	
1	50	0	-1.68
6		310	
2	50	0	-1.79
6		315	
3	50	0	-1.82
6		320	
4	50	0	-1.86
6		325	
5	50	0	-1.9
6		330	
6	50	0	-1.95
6		335	
7	50	0	-1.99
6		340	
8	50	0	-2.04
6		345	
9	50	0	-2.11
7		350	
0	50	0	-2.15
7		355	
1	50	0	-2.2
7		360	
2	50	0	-2.24
7		365	
3	50	0	-2.28
7		370	
4	50	0	-2.34
7		375	
5	50	0	-2.4
7		380	
6	50	0	-2.45
7		385	
7	50	0	-2.5
7	50	390	-2.6

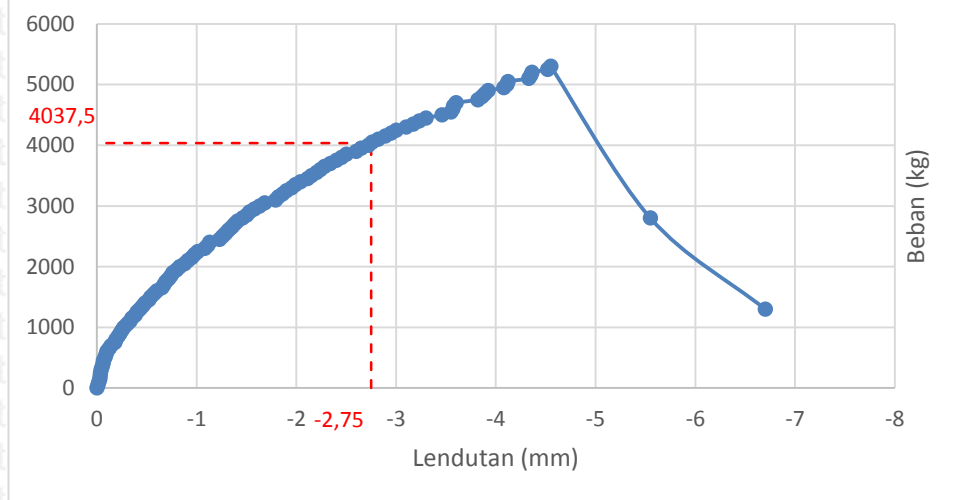


8		0	
7		395	
9	50	0	-2.65
8		400	
0	50	0	-2.72
8		405	
1	50	0	-2.76
8		410	
2	50	0	-2.82
8		415	
3	50	0	-2.89
8		420	
4	50	0	-2.95
8		425	
5	50	0	-3
8		430	
6	50	0	-3.1
8		435	
7	50	0	-3.17
8		440	
8	50	0	-3.23
8		445	
9	50	0	-3.3
9		450	
0	50	0	-3.46
9		455	
1	50	0	-3.55
9		460	
2	50	0	-3.57
9		465	
3	50	0	-3.575
9		470	
4	50	0	-3.6
9		475	
5	50	0	-3.82
9		480	
6	50	0	-3.86
9		485	
7	50	0	-3.89
9		490	
8	50	0	-3.92
9		495	
9	50	0	-4.08
1		500	
00	50	0	-4.11
1		505	
01	50	0	-4.12
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>



	kg	kg	mm
1 02	50	510 0	-4.33
1 03	50	515 0	-4.35
1 04	50	520 0	-4.36
1 05	50	525 0	-4.52
1 06	50	530 0	-4.55
1 07	-2500	280 0	-5.55
1 08	-1500	130 0	-6.7

**Grafik Beban dan Lendutan  $A_1B_2$  - 2**





Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 2

## 12. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 3

Tanggal Pembuatan = 27 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 3 April 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 26,88 MPa



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 3

No.	Tahap	Beban	Lendutan
	Beban	an	utan
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.23
2	50	100	-0.58
3	50	150	-0.82
4	50	200	-0.95
5	50	250	-1.13
6	50	300	-1.24
7	50	350	-1.36
8	50	400	-1.45
9	50	450	-1.53
0	50	500	-1.6
1	50	550	-1.66
2	50	600	-1.71
3	50	650	-1.75
4	50	700	-1.79
5	50	750	-1.83
1	50	800	-1.86



6			
7	1	50	850
8	1	50	900
9	1	50	950
0	2	50	100
1	2	50	105
			0
<b>No.</b>		<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>
		<b>kg</b>	<b>kg</b>
			<b>Lendutan</b>
			<b>mm</b>
2	2	50	110
3	2	50	115
4	2	50	120
5	2	50	125
6	2	50	130
7	2	50	135
8	2	50	140
9	2	50	145
0	3	50	150
1	3	50	155
2	3	50	160
3	3	50	165
4	3	50	170
5	3	50	175
6	3	50	180
7	3	50	185
8	3	50	190
3		50	195



9		0	
4		200	
0	50	0	-2.31
4		205	
1	50	0	-2.34
4		210	
2	50	0	-2.35
4		215	
3	50	0	-2.36
4		220	
4	50	0	-2.38
4		225	
5	50	0	-2.395
4		230	
6	50	0	-2.42
4		235	
7	50	0	-2.44
4		240	
8	50	0	-2.45
4		245	
9	50	0	-2.47
5		250	
0	50	0	-2.49
5		255	
1	50	0	-2.51
5		260	
2	50	0	-2.52
5		265	
3	50	0	-2.54
5		270	
4	50	0	-2.56
5		275	
5	50	0	-2.58
5		280	
6	50	0	-2.62
5		285	
7	50	0	-2.64
5		290	
8	50	0	-2.66
5		295	
9	50	0	-2.68
6		300	
0	50	0	-2.7
6		305	
1	50	0	-2.72
6		310	
2	50	0	-2.75
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>



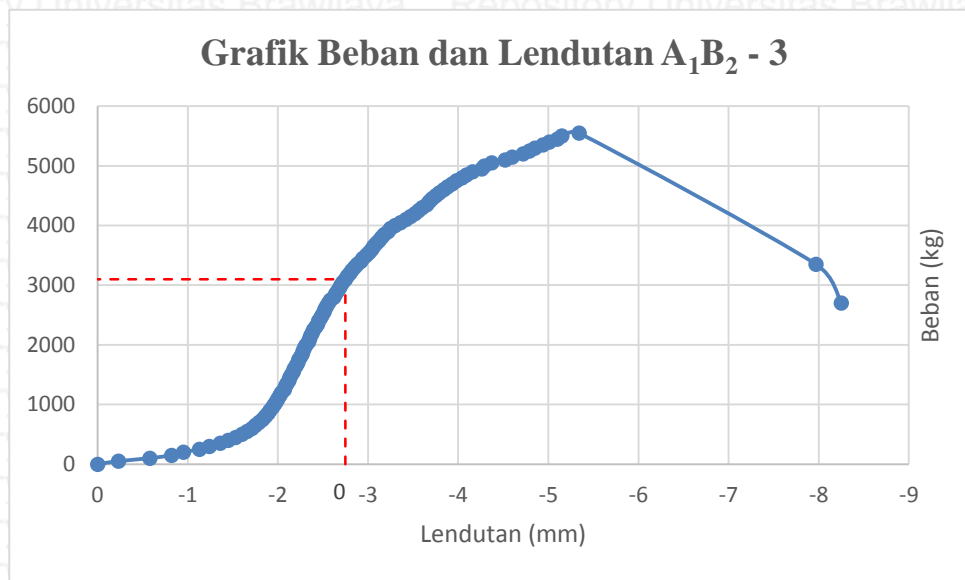
	kg	kg	mm
6		315	
3	50	0	-2.77
6		320	
4	50	0	-2.8
6		325	
5	50	0	-2.82
6		330	
6	50	0	-2.85
6		335	
7	50	0	-2.88
6		340	
8	50	0	-2.92
6		345	
9	50	0	-2.94
7		350	
0	50	0	-2.98
7		355	
1	50	0	-3.01
7		360	
2	50	0	-3.04
7		365	
3	50	0	-3.06
7		370	
4	50	0	-3.09
7		375	
5	50	0	-3.12
7		380	
6	50	0	-3.15
7		385	
7	50	0	-3.18
7		390	
8	50	0	-3.22
7		395	
9	50	0	-3.25
8		400	
0	50	0	-3.3
8		405	
1	50	0	-3.36
8		410	
2	50	0	-3.42
8		415	
3	50	0	-3.47
8		420	
4	50	0	-3.52
8		425	
5	50	0	-3.56
8		430	
6	50	0	-3.6



7	8	50	435 0	-3.65
8	8	50	440 0	-3.68
9	8	50	445 0	-3.71
0	9	50	450 0	-3.75
1	9	50	455 0	-3.79
2	9	50	460 0	-3.84
3	9	50	465 0	-3.88
4	9	50	470 0	-3.93
5	9	50	475 0	-3.98
6	9	50	480 0	-4.04
7	9	50	485 0	-4.09
8	9	50	490 0	-4.16
9	9	50	495 0	-4.26
00	1	50	500 0	-4.29
01	1	50	505 0	-4.37
02	1	50	510 0	-4.52
03	1	50	515 0	-4.6
<b>No.</b>	<b>Tahap</b>	<b>Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
		<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
04	1	50	520 0	-4.72
05	1	50	525 0	-4.79
06	1	50	530 0	-4.85
07	1	50	535 0	-4.94
08	1	50	540 0	-5.01
09	1	50	545 0	-5.1



10	1	50	550	0	-5.15
11	1	50	555	0	-5.34
12	1	-2200	335	0	-7.97
13	1	-650	270	0	-8.25



### Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> – 3

### 13. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 1

Tanggal Pembuatan = 8 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 13 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 23,642 MPa



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 1

N	Tahap	Beb	Perpindahan
---	-------	-----	-------------

o.	Beban	an	
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.047
2	50	100	-0.099
3	50	150	-0.16
4	50	200	-0.34
5	50	250	-0.47
6	50	300	-0.56
7	50	350	-0.71
8	50	400	-0.81
9	50	450	-1.02
10	50	500	-1.08
11	50	550	-1.15
12	50	600	-1.23
13	50	650	-1.29
14	50	700	-1.39
15	50	750	-1.42
16	50	800	-1.48
17	50	850	-1.54
18	100	950	-1.66
19	50	1000	-1.73
20	50	1050	-1.81
21	50	1100	-1.87
N	Tahap	Beban	Perpindahan
o.	Beban	an	mm
	kg	kg	
22		115	
23	50	0	-1.94
24	50	0	-2.04
25	50	125	
26	50	0	-2.11
27	100	135	
28	50	0	-2.24
29	50	140	-2.38

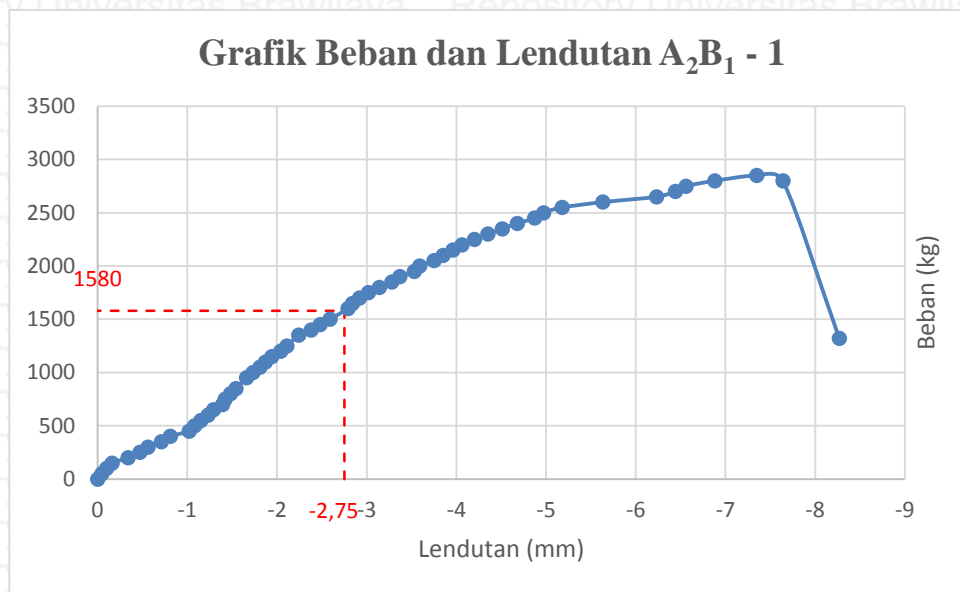


6		0	
2		145	
7	50	0	-2.48
2		150	
8	50	0	-2.59
2		160	
9	100	0	-2.79
3		165	
0	50	0	-2.84
3		170	
1	50	0	-2.92
3		175	
2	50	0	-3.02
3		180	
3	50	0	-3.14
3		185	
4	50	0	-3.28
3		190	
5	50	0	-3.37
3		195	
6	50	0	-3.53
3		200	
7	50	0	-3.59
3		205	
8	50	0	-3.75
3		210	
9	50	0	-3.85
4		215	
0	50	0	-3.96
4		220	
1	50	0	-4.06
4		225	
2	50	0	-4.2
4		230	
3	50	0	-4.35
4		235	
4	50	0	-4.51
4		240	
5	50	0	-4.68
4		245	
6	50	0	-4.87
4		250	
7	50	0	-4.97
4		255	
8	50	0	-5.18
4		260	
9	200	0	-5.63
5		265	
0	50	0	-6.23





1	5	50	270	0	-6.44
2	5	50	275	0	-6.56
3	5	50	280	0	-6.88
4	5	50	285	0	-7.35
5	5	-50	280	0	-7.64
6	5	-1480	132	0	-8.27



Gambar Keruntuhan Benda Uji Pull Out A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 1

#### 14. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 2

Tanggal Pembuatan = 8 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 15 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 20,513 MPa



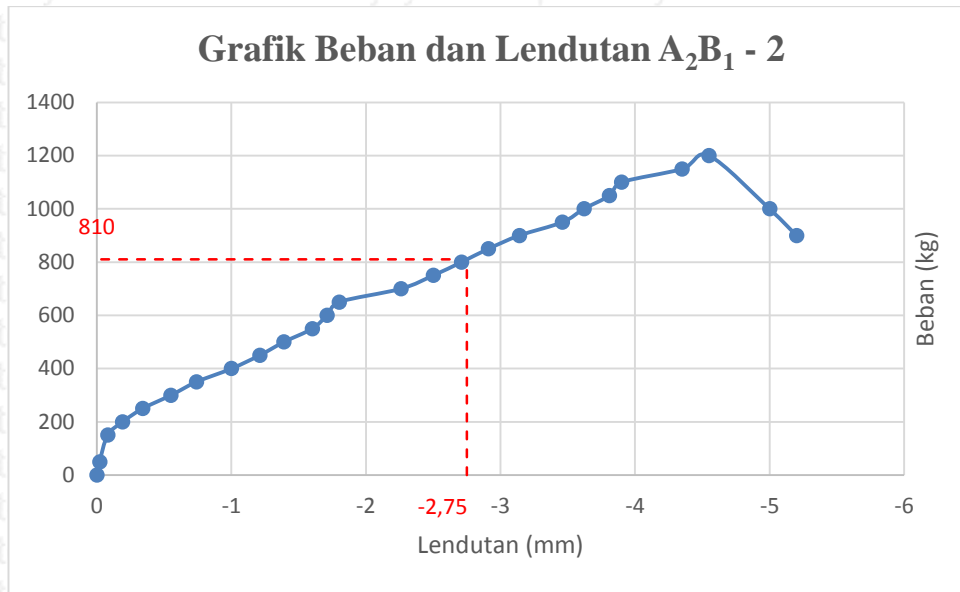
Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 2

No.	Tahap Beban	Beban	Perpindahan
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.02
2	100	150	-0.08
3	50	200	-0.19
4	50	250	-0.34
5	50	300	-0.55
6	50	350	-0.74
7	50	400	-1
8	50	450	-1.21
9	50	500	-1.39
1	50	550	-1.6

0			
1			
1	50	600	-1.71
2	50	650	-1.8
1			
3	50	700	-2.26
1			
4	50	750	-2.5
1			
5	50	800	-2.71
1			
6	50	850	-2.91
1			
7	50	900	-3.14
1			
8	50	950	-3.46
1			
9	50	1000	-3.62
2			
0	50	1050	-3.81
2			
1	50	1100	-3.9
2			
2	50	1150	-4.35
2			
3	50	1200	-4.55
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Perpindahan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
2			
4	-200	0	-5
2			
5	-100	900	-5.2



**Grafik Beban dan Lendutan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 2**



Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 2

### 15. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> – 3

Tanggal Pembuatan = 9 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 15 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

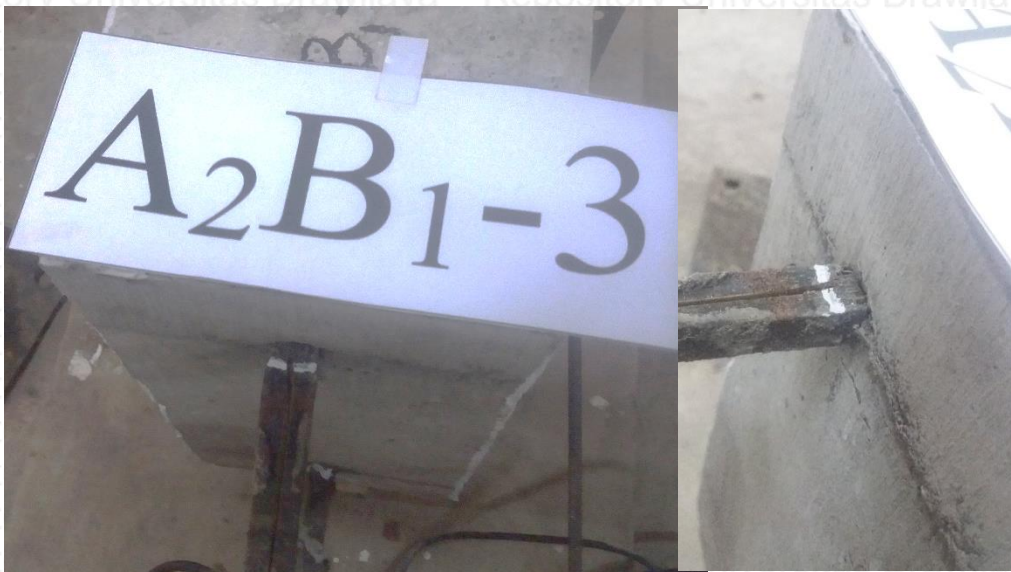
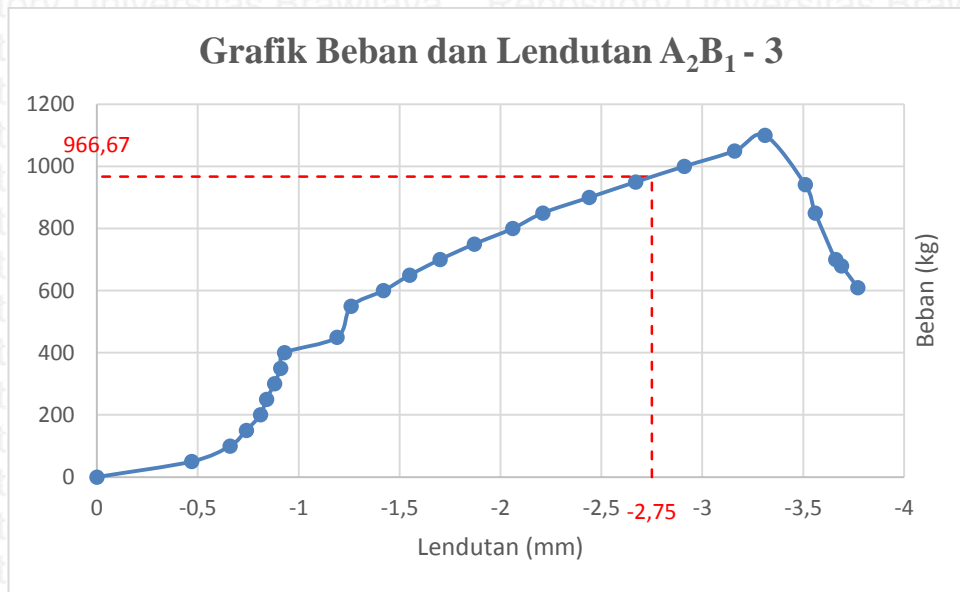
Mutu Beton Aktual = 19,549 MPa



Gambar Benda Uji Pull Out A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 3

No.	Tahap	Beban	Perpindahan
	Beban	kg	
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.47
2	50	100	-0.66
3	50	150	-0.74
4	50	200	-0.81
5	50	250	-0.84
6	50	300	-0.88
7	50	350	-0.91
8	50	400	-0.93
9	50	450	-1.19
10	100	550	-1.26
11	50	600	-1.42
12	50	650	-1.55
13	50	700	-1.7
14	50	750	-1.87
15	50	800	-2.06
16	50	850	-2.21
17	50	900	-2.44
18	50	950	-2.67
19	50	1000	-2.91
20	50	1050	-3.16

1	2	50	110	0	-3.31
2	2	-159	941		-3.51
3	2	-91	850		-3.56
4	2	-150	700		-3.66
5	2	-20	680		-3.69
6	2	-70	610		-3.77



Gambar Keruntuhan Benda Uji Pull Out A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> - 3

### 16. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 1

Tanggal Pembuatan = 21 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 19 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 16,977 MPa



Gambar Benda Uji Pull Out A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 1

No.	Tahap Beban	Beban	Lendutan
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.01
2	50	100	-0.07
3	50	150	-0.1
4	50	200	-0.15
5	50	250	-0.25
6	50	300	-0.36
7	50	350	-0.41
8	50	400	-0.46
9	50	450	-0.53
10	50	500	-0.55
11	50	550	-0.6

1			
1			
2	50	600	-0.64
1			
3	50	650	-0.69
1			
4	50	700	-0.72
1			
5	50	750	-0.75
1			
6	50	800	-0.77
1			
7	50	850	-0.8
1			
8	50	900	-0.84
1			
9	50	950	-0.87
2			
0	50	1000	-0.89
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
2		105	
1	50	0	-0.93
2		110	
2	50	0	-0.99
2		115	
3	50	0	-1.04
2		120	
4	50	0	-1.07
2		125	
5	50	0	-1.1
2		130	
6	50	0	-1.12
2		135	
7	50	0	-1.16
2		140	
8	50	0	-1.19
2		145	
9	50	0	-1.26
3		150	
0	50	0	-1.27
3		155	
1	50	0	-1.29
3		160	
2	50	0	-1.32
3		165	
3	50	0	-1.35
3		170	
3	50	0	-1.37





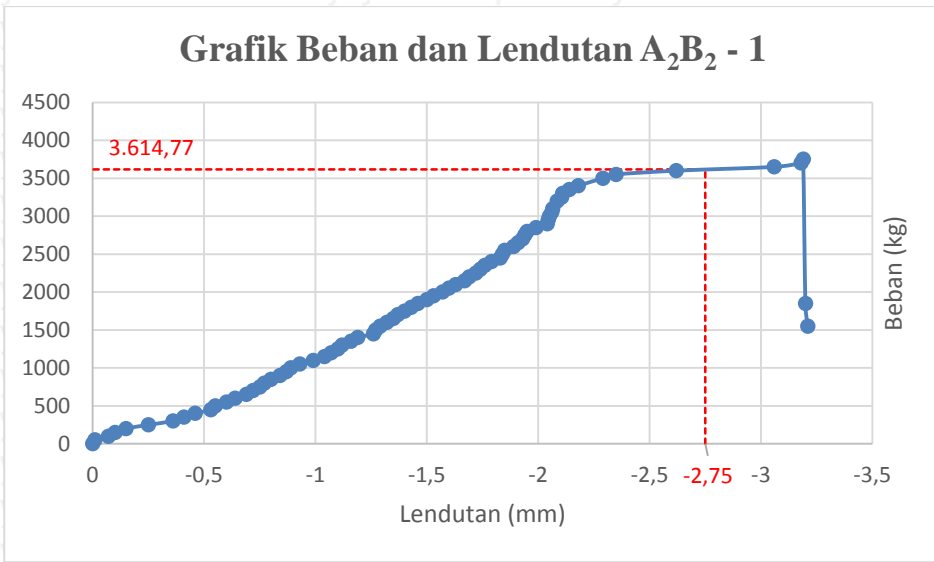
4		0	
3		175	
5	50	0	-1.4
3		180	
6	50	0	-1.43
3		185	
7	50	0	-1.46
3		190	
8	50	0	-1.5
3		195	
9	50	0	-1.53
4		200	
0	50	0	-1.57
4		205	
1	50	0	-1.6
4		210	
2	50	0	-1.63
4		215	
3	50	0	-1.67
4		220	
4	50	0	-1.69
4		225	
5	50	0	-1.72
4		230	
6	50	0	-1.74
4		235	
7	50	0	-1.76
4		240	
8	50	0	-1.79
4		245	
9	50	0	-1.83
5		250	
0	50	0	-1.84
5		255	
1	50	0	-1.85
5		260	
2	50	0	-1.89
5		265	
3	50	0	-1.91
5		270	
4	50	0	-1.93
5		275	
5	50	0	-1.94
5		280	
6	50	0	-1.95
5		285	
7	50	0	-1.99
5		290	
8	50	0	-2.04



59	50	2950	-2.045
60	50	3000	-2.05
61	50	3050	-2.06
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
62	50	3100	-2.065
63	100	3200	-2.085
64	50	3250	-2.105
65	50	3300	-2.11
66	50	3350	-2.14
67	50	3400	-2.18
68	100	3500	-2.29
69	50	3550	-2.35
70	50	3600	-2.62
71	50	3650	-3.06
72	50	3700	-3.18
73	50	3750	-3.19
74	-1900	1850	-3.2
75	-300	1550	-3.21



**Grafik Beban dan Lendutan A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 1**



**Gambar Keruntuhan Benda Uji Pull Out A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 1**



### 17. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 2

Tanggal Pembuatan = 23 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 3 April 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 23,086 MPa



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 2

No.	Tahap	Beban	Lendutan
	Beban	kg	mm
1	50	50	-0.04
2	50	100	-0.08
3	50	150	-0.13
4	50	200	-0.16
5	50	250	-0.19

6	50	300	-0.23
7	50	350	-0.26
8	50	400	-0.28
9	50	450	-0.31
0	50	500	-0.37
1	50	550	-0.39
2	50	600	-0.42
3	50	650	-0.46
4	50	700	-0.5
5	50	750	-0.56
6	50	800	-0.62
7	50	850	-0.68
8	50	900	-0.71
9	50	950	-0.77

N o.	Tahap Beban kg	Beban kg	Lendutan mm
0	50	100	-0.82
1	50	105	-0.87
2	50	110	-0.92
3	50	115	-0.98
4	50	120	-1.01
5	50	125	-1.07
6	50	130	-1.11
7	50	135	-1.18
8	50	140	-1.22
9	50	145	-1.27

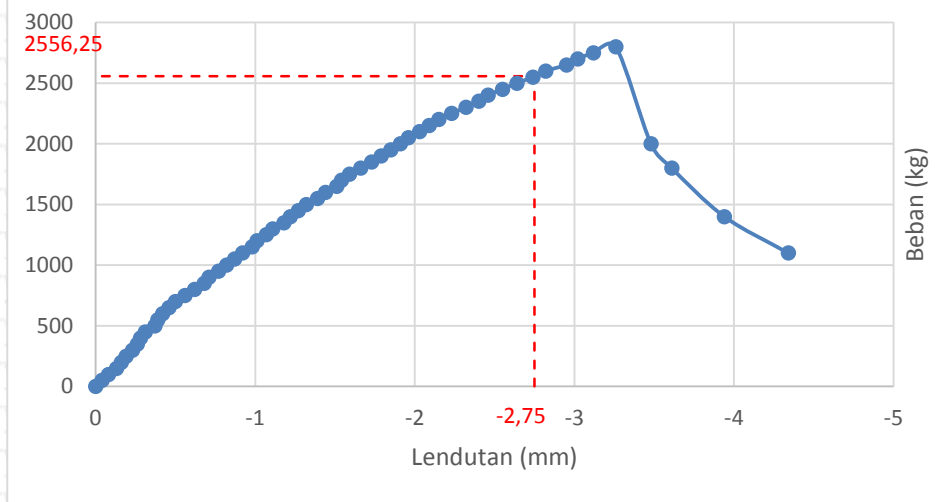


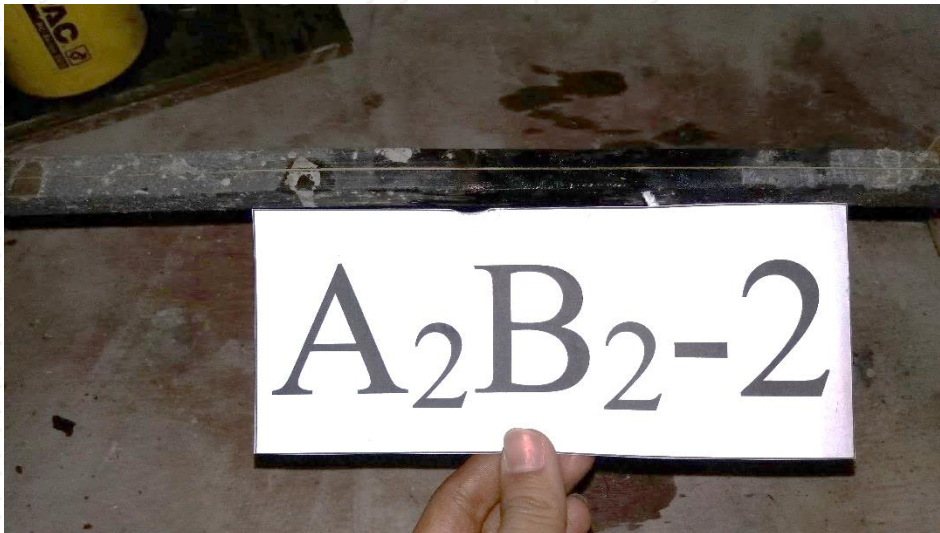
0	3	50	150	-1.32
1	3	50	155	-1.39
2	3	50	160	-1.44
3	3	50	165	-1.51
4	3	50	170	-1.54
5	3	50	175	-1.59
6	3	50	180	-1.66
7	3	50	185	-1.73
8	3	50	190	-1.79
9	3	50	195	-1.85
0	4	50	200	-1.91
1	4	50	205	-1.96
2	4	50	210	-2.03
3	4	50	215	-2.09
4	4	50	220	-2.15
5	4	50	225	-2.23
6	4	50	230	-2.32
7	4	50	235	-2.4
8	4	50	240	-2.46
9	4	50	245	-2.55
0	5	50	250	-2.64
1	5	50	255	-2.74
2	5	50	260	-2.82
3	5	50	265	-2.95
5	5	50	270	-3.02



4		0	
5		275	
5	50	0	-3.12
5		280	
6	50	0	-3.26
5		200	
7	-800	0	-3.48
5		180	
8	-200	0	-3.61
5		140	
9	-400	0	-3.94
6		110	
0	-300	0	-4.34

**Grafik Beban dan Lendutan A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> - 2**





Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 2

### 18. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 3

Tanggal Pembuatan = 24 Februari 2017

Tanggal Pengujian = 29 Maret 2017

Mutu Beton Rencana = 30 MPa

Mutu Beton Aktual = 28,294 MPa



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> – 3

No.	Tahap	Beban	Lendutan
	Beban		
	kg	kg	mm
1	50	50	-0.09
2	50	100	-0.2



3	50	150	-0.31
4	50	200	-0.44
5	50	250	-0.56
6	50	300	-0.68
7	50	350	-0.82
8	50	400	-0.94
9	50	450	-1
10	50	500	-1.06
11	50	550	-1.15
12	50	600	-1.2
13	50	650	-1.27
14	50	700	-1.32
15	50	750	-1.38
16	50	800	-1.42
17	50	850	-1.48
18	50	900	-1.54
19	50	950	-1.6
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
20	50	1000	-1.66
21	50	1050	-1.7
22	50	1100	-1.79
23	50	1150	-1.83
24	50	1200	-1.89
25	50	1250	-1.94
26	50	1300	-1.99
27	50	1350	-2.04
28	50	1400	-2.09



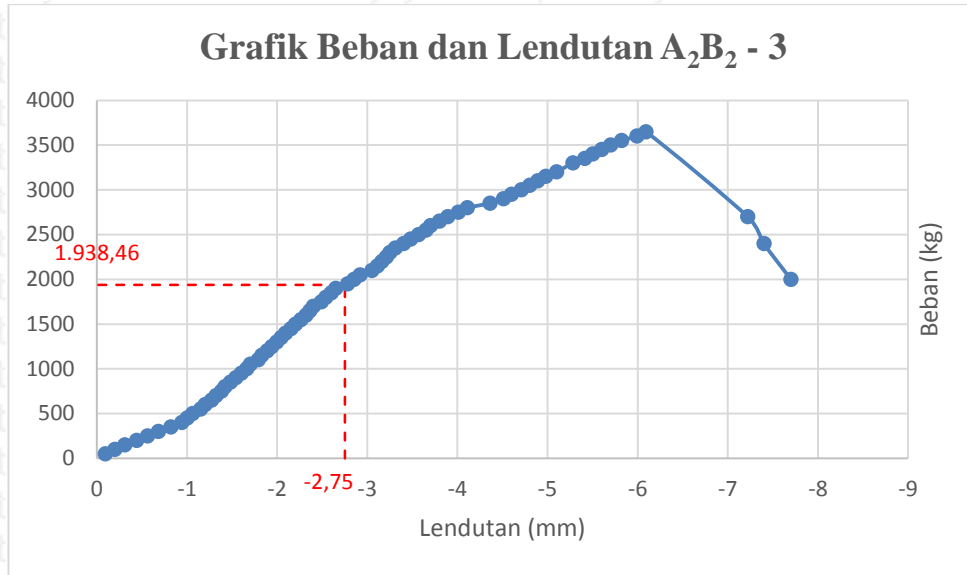
2	145	
9	50	0
3	150	
0	50	0
3	155	
1	50	0
3	160	
2	50	0
3	165	
3	50	0
3	170	
4	50	0
3	175	
5	50	0
3	180	
6	50	0
3	185	
7	50	0
3	190	
8	50	0
3	195	
9	50	0
4	200	
0	50	0
4	205	
1	50	0
4	210	
2	50	0
4	215	
3	50	0
4	220	
4	50	0
4	225	
5	50	0
4	230	
6	50	0
4	235	
7	50	0
4	240	
8	50	0
4	245	
9	50	0
5	250	
0	50	0
5	255	
1	50	0
5	260	
2	50	0
5	265	
5	50	0



3		0	
5		270	
4	50	0	-3.89
5		275	
5	50	0	-4.01
5		280	
6	50	0	-4.11
5		285	
7	50	0	-4.36
5		290	
8	50	0	-4.51
5		295	
9	50	0	-4.6
6		300	
0	50	0	-4.71
<b>No.</b>	<b>Tahap Beban</b>	<b>Beban</b>	<b>Lendutan</b>
	<b>kg</b>	<b>kg</b>	<b>mm</b>
6		305	
1	50	0	-4.8
6		310	
2	50	0	-4.89
6		315	
3	50	0	-4.98
6		320	
4	50	0	-5.1
6		330	
5	100	0	-5.28
6		335	
6	50	0	-5.41
6		340	
7	50	0	-5.5
6		345	
8	50	0	-5.6
6		350	
9	50	0	-5.7
7		355	
0	50	0	-5.82
7		360	
1	50	0	-5.99
7		365	
2	50	0	-6.09
7		270	
3	-950	0	-7.22
7		240	
4	-300	0	-7.4
7		200	
5	-400	0	-7.7

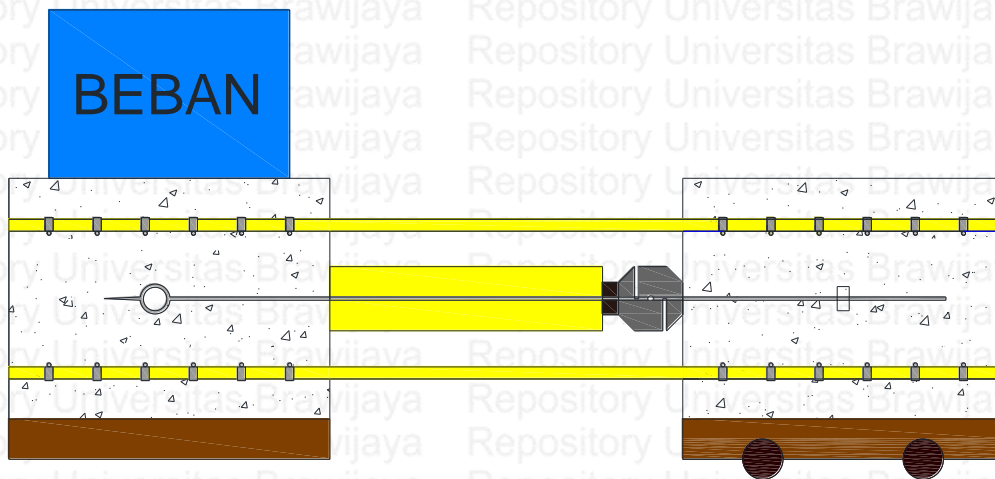


**Grafik Beban dan Lendutan  $A_2B_2 - 3$**



**Gambar Keruntuhan Benda Uji *Pull Out*  $A_2B_2 - 3$**

### Lampiran 8. Perhitungan Kuat Lekat



Gambar Skema Pembebanan *Pull Out*

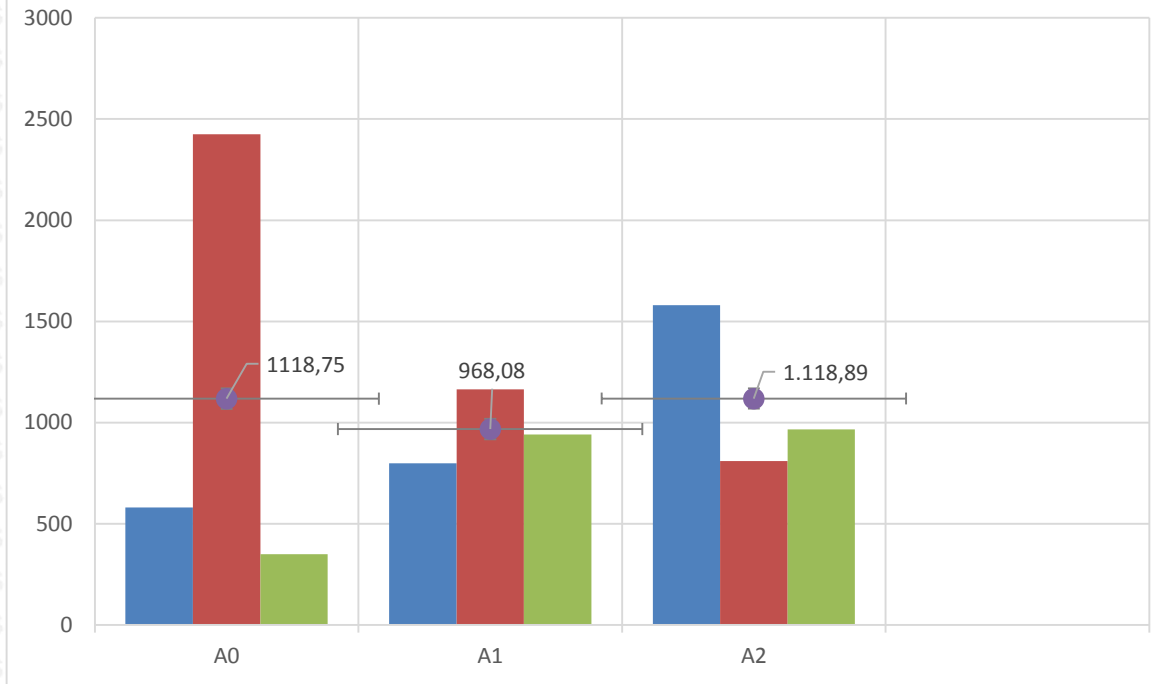
Tabel Hasil Pengujian *Pull Out*

No.	Benda Uji	f'c (MPa)	P saat $\epsilon=0.002$ (kg)		$\mu$ (kg/ cm <sup>2</sup> )	$\mu$ (MPa)
			2 Tulangan	1 Tulangan		
1	A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> - 1	24.17 9	581.25	290.63	0.07 6	
2	A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> - 2	33.31 0	2425.00	1212.50	0.31 6	0.14 6
3	A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> - 3	22.37 8	350.00	175.00	0.04 6	
4	A <sub>0</sub> B <sub>2</sub> - 1	30.80 2	2127.78	1063.89	0.22 2	0.20 9

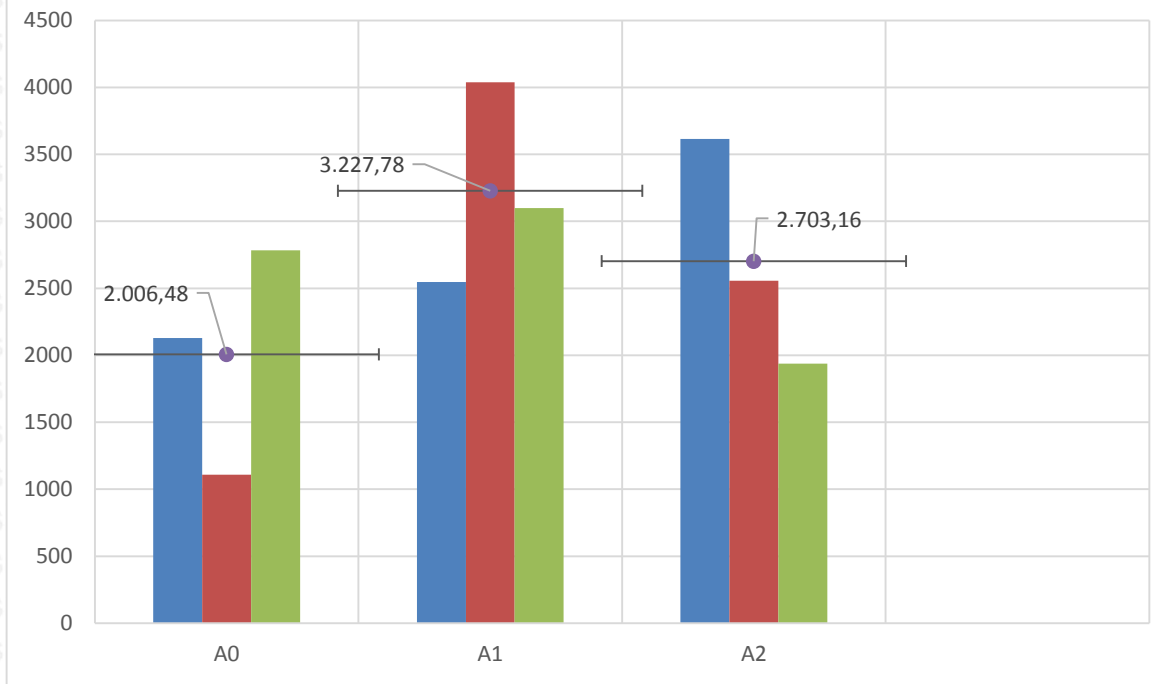
5	$A_0B_2 - 2$	36.01 1	1108.33	554.17	0.11 5	
6	$A_0B_2 - 3$	37.49 0	2783.33	1391.67	0.29 0	
7	$A_1B_1 - 1$	22.89 3	798.44	399.22	0.10 4	
8	$A_1B_1 - 2$	31.05 9	1164.81	582.41	0.15 2	0.12 6
9	$A_1B_1 - 3$	34.78 9	941.00	470.50	0.12 3	
10	$A_1B_2 - 1$	27.00 8	2545.83	1272.92	0.26 5	
11	$A_1B_2 - 2$	26.68 7	4037.50	2018.75	0.42 1	0.33 6
12	$A_1B_2 - 3$	26.88 0	3100.00	1550.00	0.32 3	
13	$A_2B_1 - 1$	23.66 4	1580.00	790.00	0.20 6	
14	$A_2B_1 - 2$	20.51 3	810.00	405.00	0.10 5	0.14 6
15	$A_2B_1 - 3$	19.54 9	966.67	483.33	0.12 6	
16	$A_2B_2 - 1$	16.97 7	3614.77	1807.39	0.37 7	
17	$A_2B_2 - 2$	23.08 6	2556.25	1278.13	0.26 6	0.28 2
18	$A_2B_2 - 3$	28.29 4	1938.46	969.23	0.20 2	



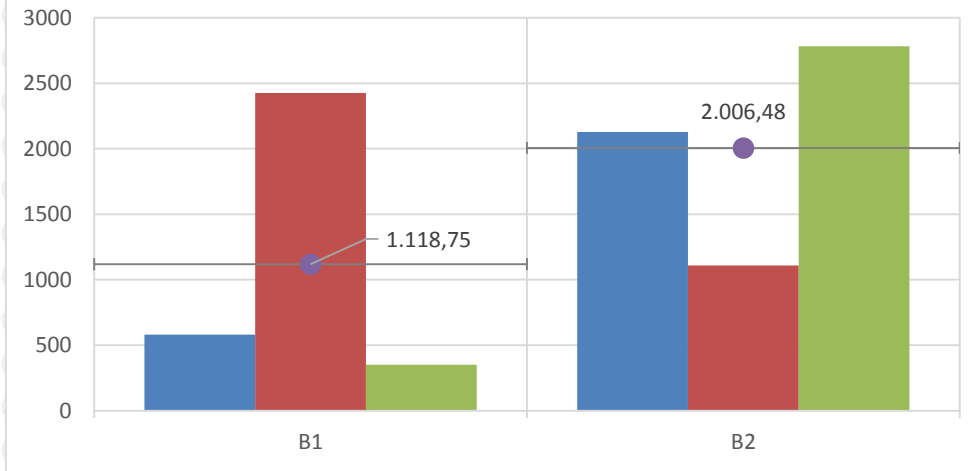
### P saat $\epsilon = 0.002$ ( $B_1$ )



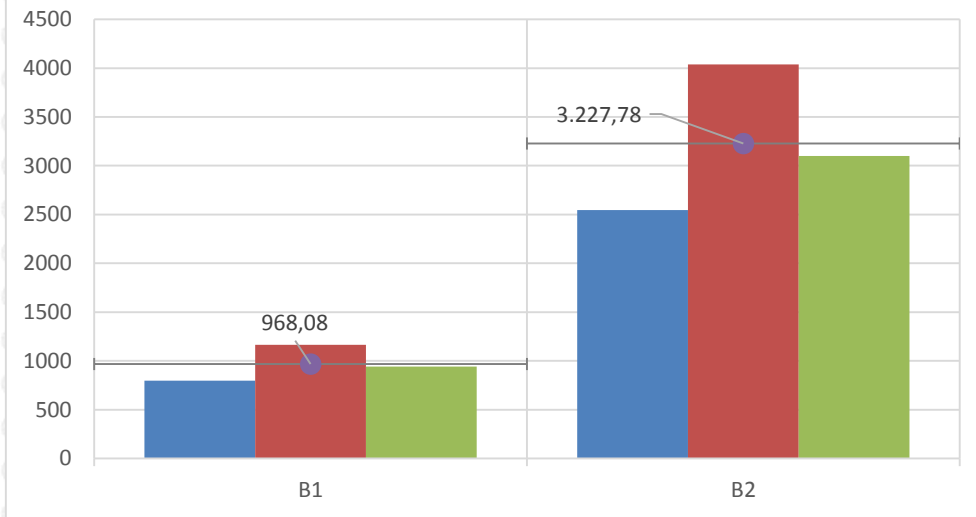
### P saat $\epsilon = 0.002$ ( $B_2$ )



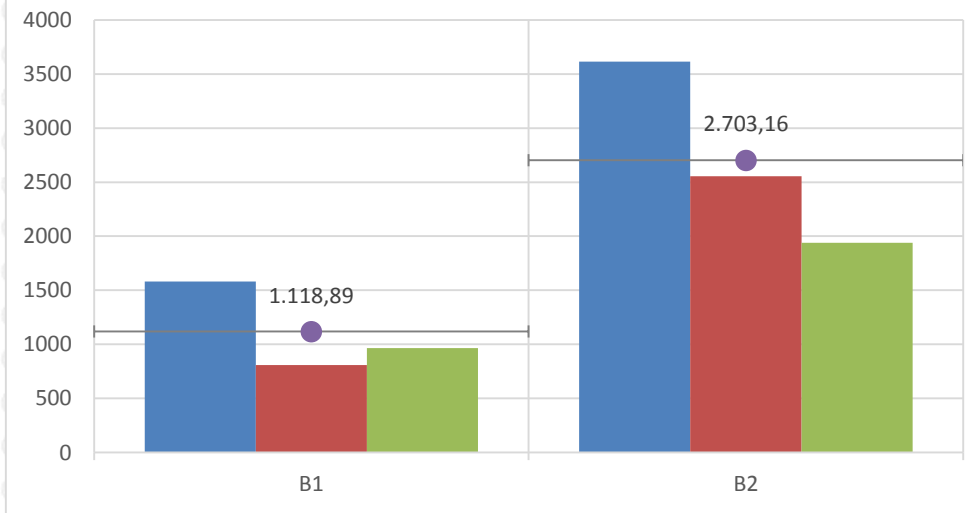
**P saat  $\epsilon = 0.002 (A_0)$**



**P saat  $\epsilon = 0.002 (A_1)$**



**P saat  $\epsilon = 0.002 (A_2)$**





Pengujian kuat lekat beton bertulangan bambu dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu = \frac{P}{(L_d 2(l_b + t_b))}$$

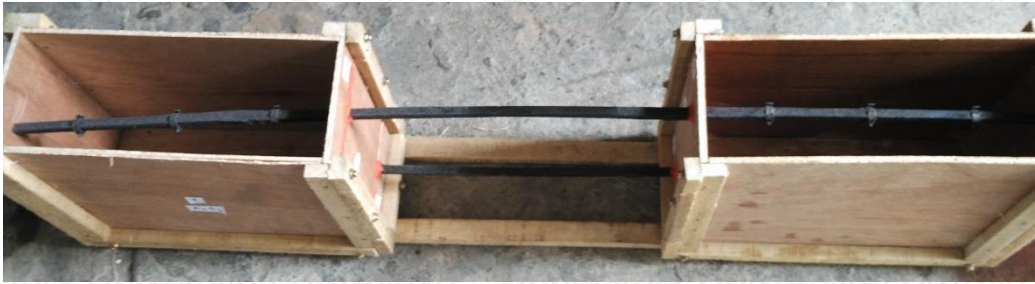
Dimana:  $\mu$  = Kuat lekat antara beton dengan tulangan (MPa)

$P$  = Beban (N)

$L_d$  = Panjang penanaman (mm)

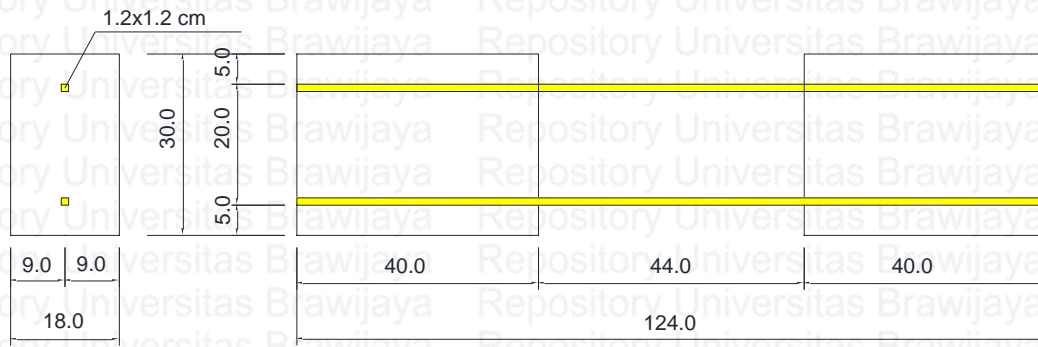
$l_b$  = Lebar tulangan bambu (mm)

$t_b$  = Tebal tulangan bambu (mm)



Gambar Benda Uji *Pull Out*

### 1. Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>

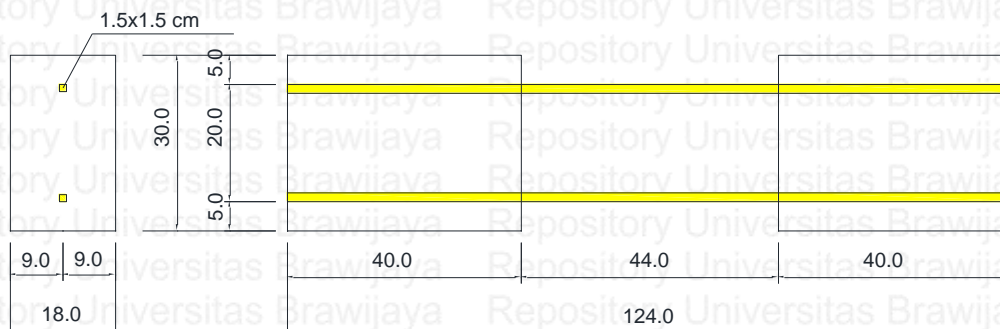
$$L_d \quad (\text{Panjang penanaman}) = 2 \times 40 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$l_b \quad (\text{Lebar tulangan bambu}) = 1.2 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$$

$$t_b \quad (\text{Tebal tulangan bambu}) = 1.2 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$$

o.	Benda Uji	Beban (N)	Tegangan Lekat (MPa)
	A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> - 1	2906.25	0.076
	A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> - 2	12125	0.316
	A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> - 3	1750	0.046
Tegangan Lekat Rata-rata (MPa)			0.146
Standar Deviasi			0.148
Koefisien Variasi			101.644%

### 2. Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu A<sub>0</sub>B<sub>2</sub>

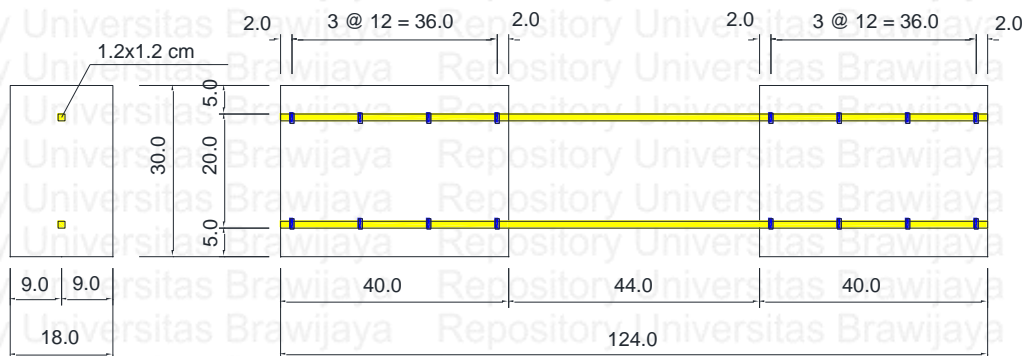


Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>0</sub>B<sub>2</sub>

$L_d$	(Panjang penanaman)	= 2 x 40 cm	= 800 mm
$l_b$	(Lebar tulangan bambu)	= 1.5 cm	= 15 mm
$t_b$	(Tebal tulangan bambu)	= 1.5 cm	= 15 mm

o.	Benda Uji	Beban (N)	Tegangan Lekat (MPa)
	A <sub>0</sub> B <sub>2</sub> - 1	10638.889	0.222
	A <sub>0</sub> B <sub>2</sub> - 2	5541.667	0.115
	A <sub>0</sub> B <sub>2</sub> - 3	13916.667	0.290
Tegangan Lekat Rata-rata (MPa)			0.261
Standar Deviasi			0.110
Koefisien Variasi			42.067%

### 3. Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>



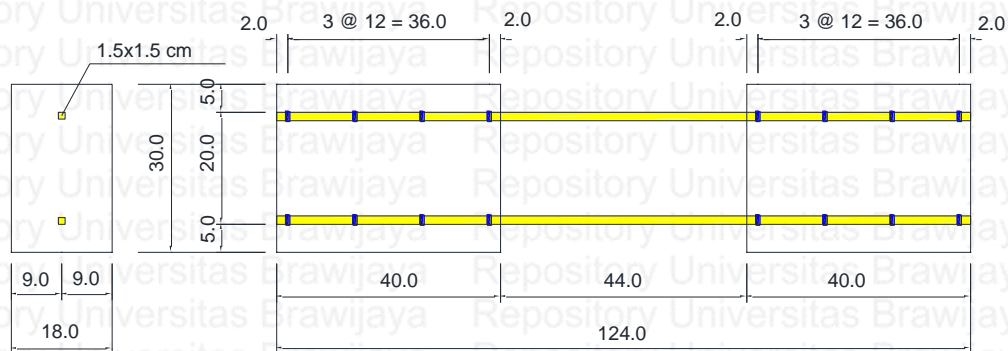
Gambar Benda Uji Pull Out A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>

$L_d$	(Panjang penanaman)	= 2 x 40 cm	= 800 mm
$l_b$	(Lebar tulangan bambu)	= 1.2 cm	= 12 mm
$t_b$	(Tebal tulangan bambu)	= 1.2 cm	= 12 mm

o.	Benda Uji	Beban (N)	Tegangan Lekat (MPa)
	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 1	3992.188	0.104
	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 2	5824.074	0.152
	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> - 3	4705.000	0.123
Tegangan Lekat Rata-rata (MPa)			0.126

Standar Deviasi	0.024
Koefisien Variasi	19.077%

#### 4. Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>



Gambar Benda Uji *Pull Out* A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>

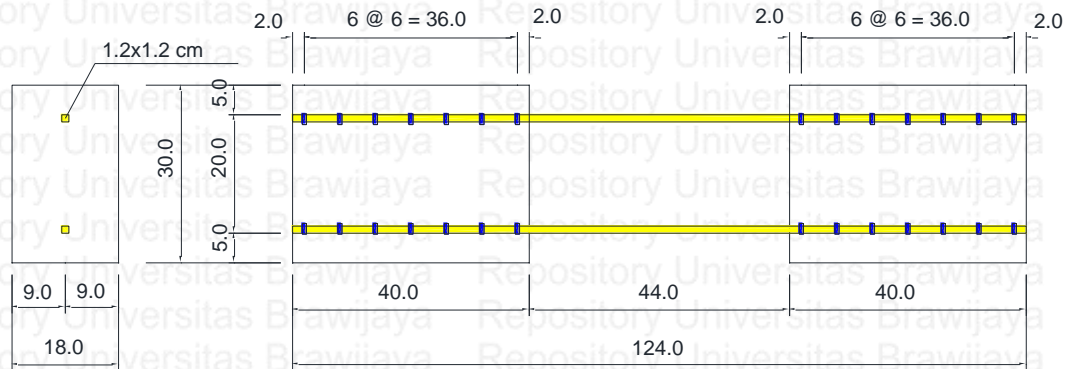
$$L_d \text{ (Panjang penanaman)} = 2 \times 40 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$l_b \text{ (Lebar tulangan bambu)} = 1.5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

$$t_b \text{ (Tebal tulangan bambu)} = 1.5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

No	Benda Uji	Beban (N)	Tegangan Lekat (MPa)
1	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 1	12729.16	0.265
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 2	20187.5	0.421
3	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> - 3	15500	0.323
Tegangan Lekat Rata-rata (MPa)			0.336
Standar Deviasi			0.079
Koefisien Variasi			23.360%

#### 5. Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>

Gambar Benda Uji *Pull Out* A2B1

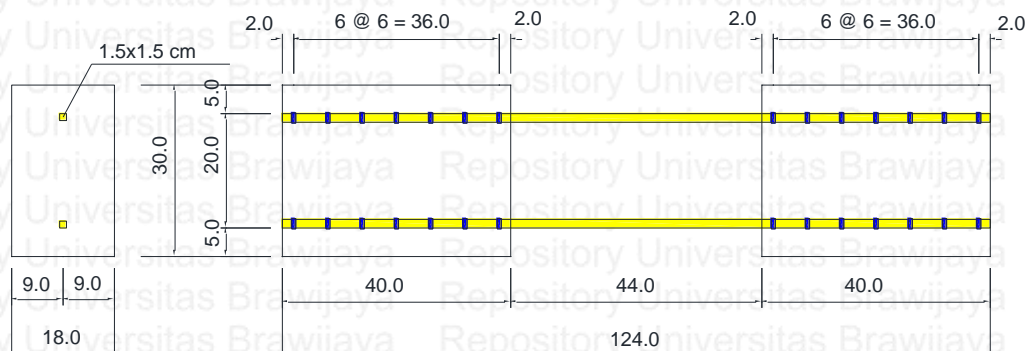
$$L_d \text{ (Panjang penanaman)} = 2 \times 40 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$l_b \text{ (Lebar tulangan bambu)} = 1.2 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$$

$$t_b \text{ (Tebal tulangan bambu)} = 1.2 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$$

No	Benda Uji	Beban (N)	Tegangan Lekat (MPa)
1	A2B1 - 1	7900	0.206
2	A2B1 - 2	4050	0.105
3	A2B1 - 3	4833.333	0.126
Tegangan Lekat Rata-rata (MPa)			0.146
Standar Deviasi			0.053
Koefisien Variasi			36.370%

## 6. Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu A2B2

Gambar Benda Uji *Pull Out* A2B2

$$L_d \text{ (Panjang penanaman)} = 2 \times 40 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$l_b \text{ (Lebar tulangan bambu)} = 1.5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

$t_b$  (Tebal tulangan bambu) = 1.5 cm = 15 mm

No	Benda Uji	Beban (N)	Tegangan Lekat (MPa)
1	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 1	18073.86 4	0.377
2	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 2	12781.25 0	0.266
3	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> - 3	9692.308	0.202
Tegangan Lekat Rata-rata (MPa)			0.282
Standar Deviasi			0.088
Koefisien Variasi			31.362%

### Lampiran 9. Data Hasil Pengujian Beban Lateral Satu Arah

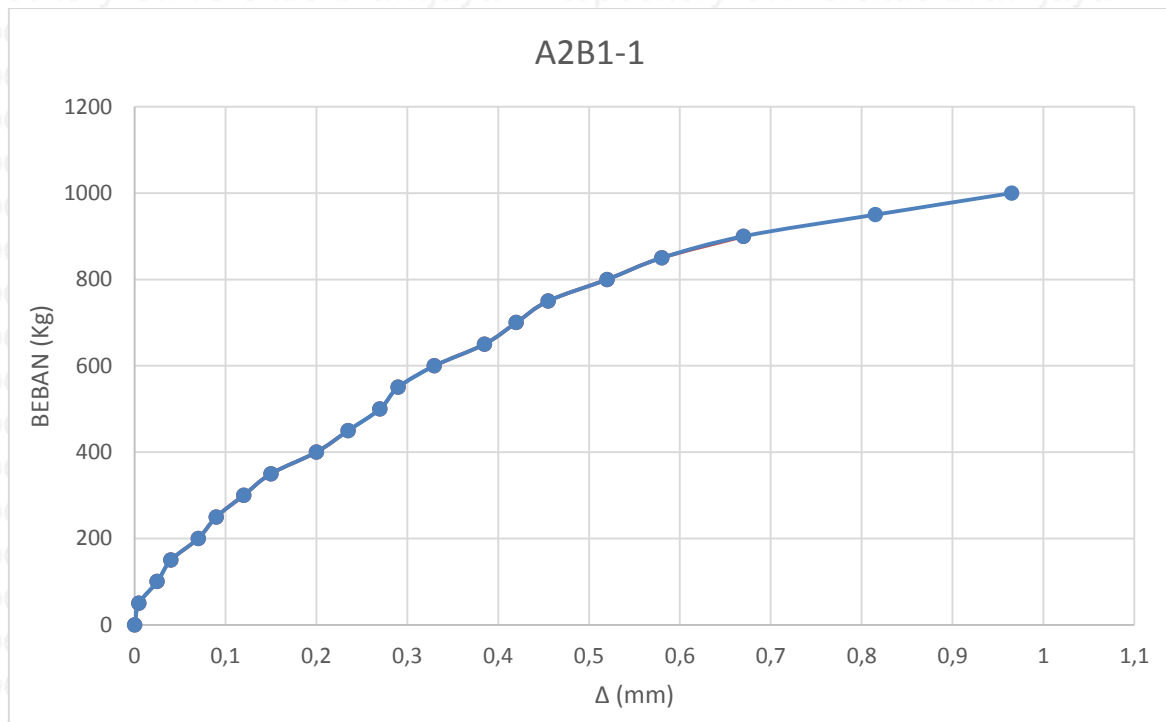
#### 1. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>-1

BENDA UJI	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> -1
BERAT	258,6 Kg
TANGGAL PENGUJIAN	29 Mei 2017
KALIBRASI Δ1	2,06
KALIBRASI Δ2	55,08

O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)	
1	0	2,0 6	55, 08	0	0	0	0
2	50	2,0 7	55, 08	0	0, 01	0	0,005
3	100	2,1 1	55, 08	0	0, 05	0	0,025
4	150	2,1 3	55, 07	0	0, 07	0, 01	0,04
5	200	2,1 8	55, 06	0,01	0, 12	0, 02	0,07

	250	2,2 2	55, 06	0,01	0, 16	0, 02	0,09
	300	2,2 7	55, 05	0,02	0, 21	0, 03	0,12
8	350	2,3 2	55, 04	0,04	0, 26	0, 04	0,15
9	400	2,4 1	55, 03	0,08	0, 35	0, 05	0,2
0	450	2,4 7	55, 02	0,09	0, 41	0, 06	0,235
1	500	2,5 3	55, 01	0,11	0, 47	0, 07	0,27
2	550	2,5 6	55	0,11	0, 5	0, 08	0,29
3	600	2,6 2	54, 98	0,12	0, 56	0, 1	0,33
4	650	2,7 1	54, 96	0,15	0, 65	0, 12	0,385
5	700	2,7 7	54, 95	0,16	0, 71	0, 13	0,42
6	750	2,8 3	54, 94	0,19	0, 77	0, 14	0,455
7	800	2,9 2	54, 9	0,22	0, 86	0, 18	0,52
8	850	3,0 2	54, 88	0,25	0, 96	0, 2	0,58
9	900	3,1 4	54, 82	0,29	1, 08	0, 26	0,67
0	950	3,3 2	54, 71	0,34	1, 26	0, 37	0,815
1	1000	3,5 3,5	54, 59	0,4	1, 44	0, 49	0,965





## 2. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-1

BENDA UJI  
BERAT

A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-1  
222 Kg  
30 Mei

TANGGAL PENGUJIAN

2017

KALIBRASI Δ<sub>1</sub>

4741

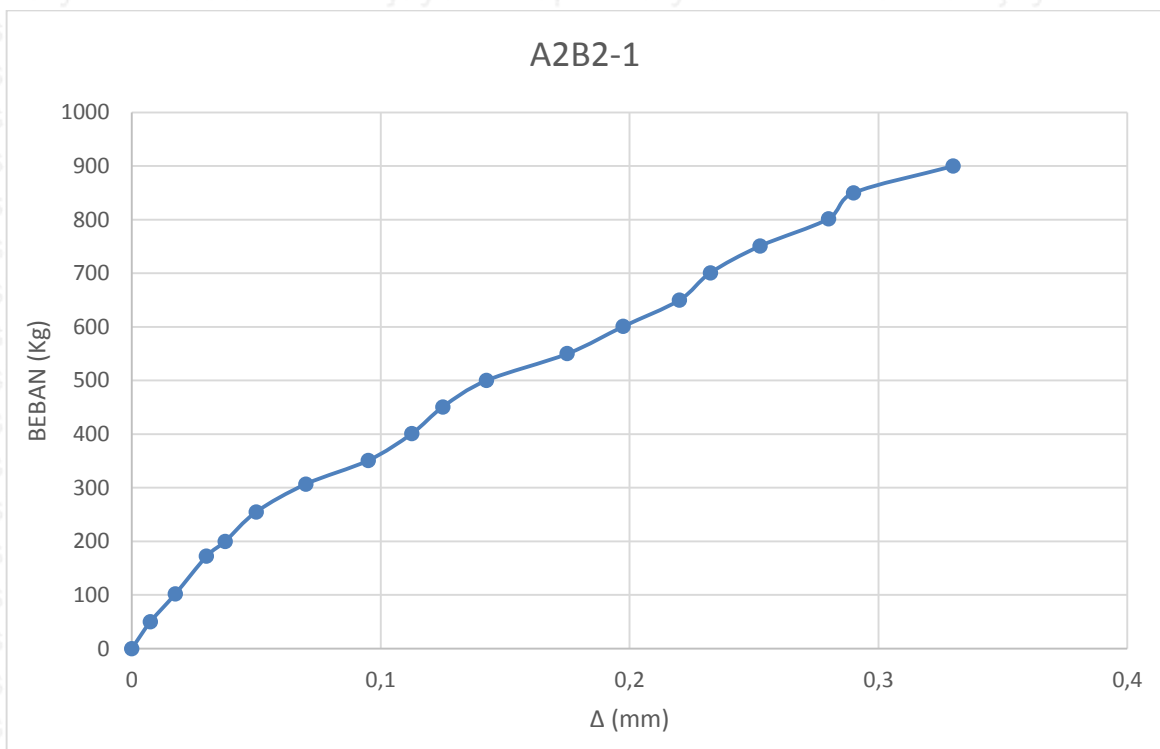
KALIBRASI Δ<sub>2</sub>

-43,49

O.	BEBAN (Kg)	Δ <sub>L</sub> LENTUR (PEMBACAAN)		Δ <sub>G</sub> GESER (mm)	Δ <sub>L</sub> LENTUR		Δ <sub>L</sub> LENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)	
1	0	47	-	0	0	0	0
2	50	41	43,49	0	0,005	0,01	0,008
3	102	47	43,47	0,01	0,015	0,02	0,0175
4	172	47	43,46	0,02	0,03	0,03	0,03
5	200	47	43,45	0,03	0,035	0,04	0,0375
6	255	47	43,43	0,04	0,04	0,06	0,05
7	307	47	43,4	0,04	0,05	0,09	0,07
8	351	47	43,4	0,14	1	0,09	0,095
9	401	47	43,38	0,14	1,15	1,11	0,1125



0	451	47 13	- 43,38	0,17	0, 14	0, 11	0,125
1	500	47 08	- 43,37	0,2	0, 165	0, 12	0,1425
2	550	46 99	- 43,35	0,28	0, 21	0, 14	0,175
3	601	46 94	- 43,33	0,32	0, 235	0, 16	0,1975
4	650	46 91	- 43,3	0,33	0, 25	0, 19	0,22
5	701	46 88	- 43,29	0,33	0, 265	0, 2	0,2325
6	751	46 84	- 43,27	0,34	0, 285	0, 22	0,2525
7	802	46 77	- 43,25	0,34	0, 32	0, 24	0,28
8	850	46 75	- 43,24	0,34	0, 33	0, 25	0,29
9	900	46 67	- 43,2	0,34	0, 37	0, 29	0,33



### Lampiran 10. Data Hasil Pembebanan Siklik

#### 1. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 1

BENDA UJI

A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>-1

BERAT

234,85

Kg

TANGGAL PENGUJIAN

02 Juni

KALIBRASI  $\Delta 1$

2017

KALIBRASI  $\Delta 2$

2037

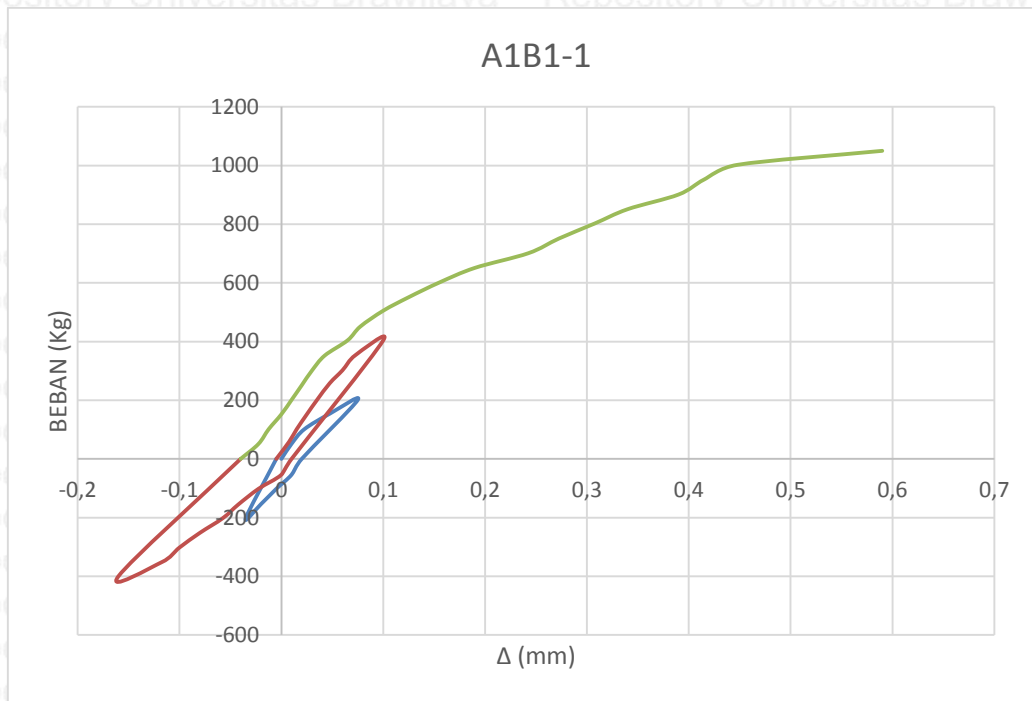
1713

O.	BEBAN (Kg)	$\Delta$ LENTUR (PEMBACAAN)		$\Delta$ GESER (mm)	$\Delta$ LENTUR		$\Delta$ LENTUR RATA-RATA (mm)
		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	
1	0	20 37	17 13	0	0	0	0
2	51,5	20 35	17 14	0	0, 01	0, 01	0,010
3	101	20 32	17 15	0	0, 025	0, 02	0,0225
4	154	20 26	17 17	0	0, 055	0, 04	0,0475
5	201	20 21	17 20	0	0, 08	0, 07	0,075
6	0	20 37	17 17	0	0	0, 04	0,02
7	-54	20 41	17 17	0	- 0,02	0, 04	0,01
8	-102	20 45	17 16	0	- 0,04	0, 03	-0,005
9	-154	20 49	17 15	0	- 0,06	0, 02	-0,02
10	-202	20 53	17 14	0	- 0,08	0, 01	-0,035
11	0	20	17	0	-	0	-0,005

1		39	13		0,01		
2	58	20 36	17 14	0	0, 005	0, 01	0,0075
3	101	20 33	17 14	0	0, 02	0, 01	0,015
4	152	20 29	17 14	0	0, 04	0, 01	0,025
5	201	20 25	17 14	0	0, 06	0, 01	0,035
6	258	20 20	17 14	0	0, 085	0, 01	0,0475
7	302	20 17	17 15	0	0, 1	0, 02	0,06
8	353	20 12	17 15	0	0, 125	0, 02	0,0725
9	404	20 05	17 17	0	0, 16	0, 04	0,1
0	0	20 39	17 16	0	- 0,01	0, 03	0,01
1	-54	20 43	17 16	0,07	- 0,03	0, 03	0
2	-102	20 50	17 15	0,1	- 0,065	0, 02	-0,0225
3	-156	20 54	17 13	0,1	- 0,085	- 0	-0,0425
4	-202	20 58	17 12	0,1	- 0,105	- 0,01	-0,0575
5	-252	20 63	17 10	0,1	- 0,13	- 0,03	-0,08
6	-302	20 67	17 08	0,12	- 0,15	- 0,05	-0,1
7	-352	20 70	17 06	0,14	- 0,165	- 0,07	-0,1175
8	-400	20 75	17 00	0,14	- 0,19	- 0,13	-0,16
9	0	20 45	17 09	0,14	- 0,04	- 0,04	-0,04
0	51	20 40	17 10	0,2	- 0,015	- 0,03	-0,0225
1	101	20 36	17 10	0,2	0, 005	- 0,03	-0,0125
2	152	20 31	17 10	0,2	0, 03	- 0,03	0
3	201	20 27	17 10	0,2	0, 05	- 0,03	0,01
4	251	20 23	17 10	0,2	0, 07	- 0,03	0,02
5	301	20 19	17 10	0,2	0, 09	- 0,03	0,03
6	352	20 14	17 10	0,2	0, 115	- 0,03	0,0425
7	404	20 09	17 12	0,2	0, 14	- 0,01	0,065



8	451	2004	1712	0,2	165	0,01	0,0775
9	505	1997	1713	0,2	2	0	0,1
0	551	1993	1716	0,2	22	0,03	0,125
1	601	1987	1719	0,2	25	0,06	0,155
2	651	1981	1723	0,2	28	0,1	0,19
3	701	1970	1728	0,2	335	0,15	0,2425
4	751	1964	1731	0,2	365	0,18	0,2725
5	802	1958	1735	0,21	395	0,22	0,3075
6	851	1953	1739	0,21	42	0,26	0,34
7	901	1945	1745	0,21	46	0,32	0,39
8	952	1937	1746	0,21	5	0,33	0,415
9	1002	1926	1747	0,21	555	0,34	0,4475
0	1050	1905	1765	0,26	66	0,52	0,59



## 2. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 2

BENDA UJI  
BERAT

A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>-2  
251,7 Kg  
12 Juni

TANGGAL PENGUJIAN  
KALIBRASI Δ1  
KALIBRASI Δ2

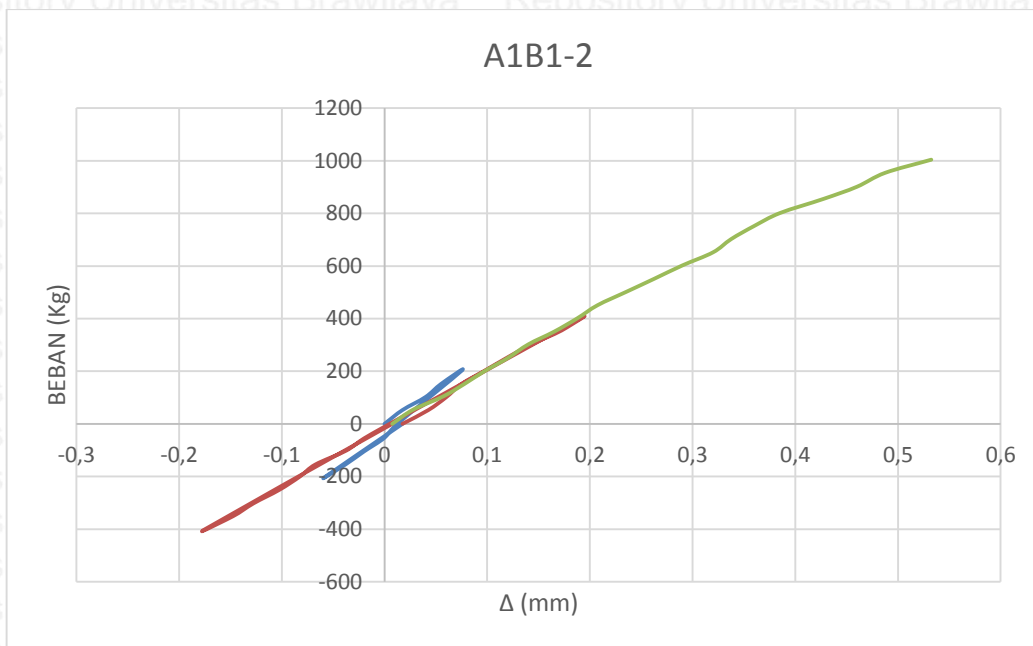
2017  
-1500  
-532

O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)	
1	0	-	-	0	0	0	0
2	52,5	1503	531	0	03	005	0,018
3	102	1506	528	0	06	02	0,04
4	151,5	1508	526	0	08	03	0,055
5	201,5	1511	524	0	11	04	0,075
6	0	1500	527	0	0	025	0,0125
7	-53	1498	528	0	0,02	02	0
8	-105	1495	530	0	0,05	01	-0,02
9	-153	1493	533	0	0,07	0,005	-0,0375
10	-200,5	1491	537	0	0,09	0,025	-0,0575
11	0	1501	527	0	01	025	0,0175
12	52	1504	523	-0,01	04	045	0,0425
13	101	1506	520	-0,02	06	06	0,06
14	151,5	1508	518	-0,02	08	07	0,075
15	202	1511	515	-0,02	11	085	0,0975
16	253	1514	512	-0,02	14	1	0,12
17	301	-	-	-0,02	0,	0,	0,1425

7		1517	509		17	115	
8	355	1521	505	-0,02	21	135	0,1725
9	404,5	1523	501	-0,02	23	155	0,1925
0	0	1495	520	-0,02	0,05	06	0,005
1	-55,5	1492	524	-0,03	0,08	04	-0,02
2	-102	1490	527	-0,04	0,1	025	-0,0375
3	-155	1487	533	-0,04	0,13	0,005	-0,0675
4	-200,5	1485	535	-0,04	0,15	0,015	-0,0825
5	-251	1483	539	-0,04	0,17	0,035	-0,1025
6	-302	1481	545	-0,04	0,19	0,065	-0,1275
7	-351	1479	549	-0,04	0,21	0,085	-0,1475
8	-401	1476	554	-0,04	0,24	0,11	-0,175
9	0	1497	523	-0,08	0,03	045	0,0075
0	53	1500	521	-0,1	0	055	0,0275
1	105	1504	517	-0,1	04	075	0,0575
2	151	1507	515	-0,11	07	085	0,0775
3	200,5	1510	513	-0,12	1	095	0,0975
4	250	1513	510	-0,12	13	11	0,12
5	302	1516	508	-0,13	16	12	0,14
6	350	1520	506	-0,13	2	13	0,165
7	400,5	1523	503	-0,13	23	145	0,1875
8	451	1526	501	-0,14	26	155	0,2075
9	501	1529	496	-0,14	29	18	0,235
0	551	1533	493	-0,14	33	195	0,2625
1	602	1537	490	-0,14	37	21	0,29
2	652	1541	486	-0,14	41	23	0,32
3	702	1542	481	-0,14	42	255	0,3375



4	752	1545	478	-0,14	45	27	0,36
5	801	1548	474	-0,14	48	29	0,385
6	855	1554	469	-0,14	54	315	0,4275
7	901	1558	464	-0,14	58	34	0,46
8	954	1560	457	-0,14	6	375	0,4875
9	1004	1565	449	-0,14	65	415	0,5325



### 3. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> – 3

BENDA UJI

BERAT

TANGGAL PENGUJIAN

A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>-3

256,8 Kg

02 Juni

KALIBRASI  $\Delta 1$   
KALIBRASI  $\Delta 2$

2017

1721

-1358

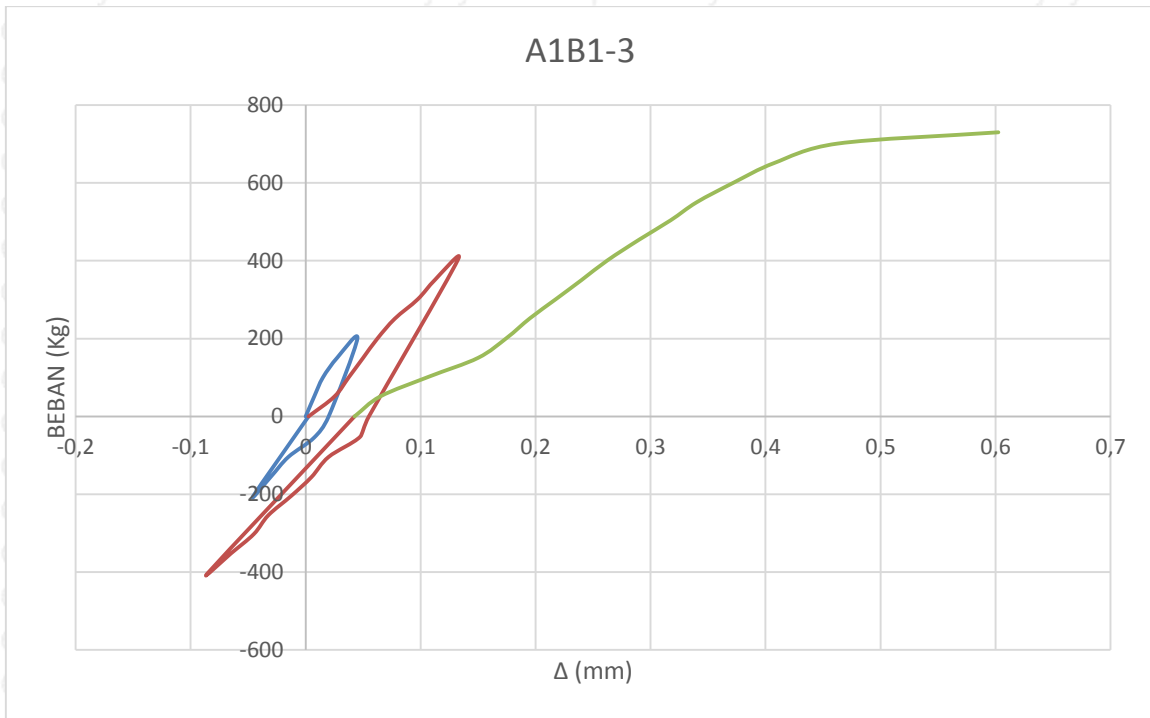
O.	BEBAN (Kg)	$\Delta$ LENTUR (PEMBACAAN)		$\Delta$ GESER (mm)	$\Delta$ LENTUR		$\Delta$ LENTUR RATA-RATA (mm)
		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	
1	0	17	-	0	0	0	0
2	51,5	21	1358	0	0	0	0,008
3	100	17	-	0	0,015	0	0,015
4	151	18	1358	0	0,03	0	0,015
5	200	15	1358	-0,05	0,035	0,02	0,0275
6	0	17	-	-0,05	0,04	0,05	0,045
7	-54	13	1353	-0,05	0,02	0,02	0,02
8	-104	17	-	-0,06	-	0,03	0,0075
9	-154	24	1355	-0,06	0,015	-	-0,015
10	-202	17	-	-0,07	0,02	0,01	-0,03
11	0	25	1359	-0,07	-	-	-0,045
12	51	17	-	-0,07	0,04	0,02	0,0025
13	100,5	29	1360	-0,08	0,06	0,03	0,025
14	150,5	33	1361	-0,11	0,015	0,01	0,0375
15	200,5	18	1359	-0,12	0,03	0,02	0,05
16	251	17	-	-0,12	0,045	0,03	0,0625
17	301	12	1355	-0,12	0,06	0,04	0,0775
18	351	17	-	-0,12	0,075	0,05	0,0975
19	403	09	1354	-0,12	0,095	0,06	0,1125
20	0	17	-	-0,12	0,115	0,08	0,1325
21	-52	16	1350	-0,12	0,135	0,09	0,055
22	-104	16	1351	-0,12	0,155	0,11	0,0475
23	-156	16	1349	-0,14	0,175	0,13	0,02
24	0	16	1347	-0,14	0,195	0,15	0,005
25	-52	16	1347	-0,14	0,215	0,17	0,005
26	-104	23	1353	-0,14	0,235	0,19	0,005
27	-156	25	1355	-0,14	0,255	0,21	0,005





4	17	-	0,	-0,14	0,045	02	-0,0125
5	17	-	-	-0,14	0,065	0	-0,0325
6	17	-	-	-0,14	0,08	0,01	-0,045
7	17	-	-	-0,13	0,1	0,03	-0,065
8	17	-	-	-0,1	0,12	0,05	-0,085
9	17	-	0,	-0,1	045	04	0,0425
0	17	-	0,	-0,08	08	05	0,065
1	16	-	0,	-0,08	135	08	0,1075
2	16	-	0,	-0,08	2	1	0,15
3	16	-	0,	-0,08	23	12	0,175
4	16	-	0,	-0,08	26	13	0,195
5	16	-	0,	-0,06	285	15	0,2175
6	16	-	0,	-0,11	31	17	0,24
7	16	-	0,	-0,11	335	19	0,2625
8	16	-	0,	-0,09	37	21	0,29
9	16	-	0,	-0,09	395	24	0,3175
0	16	-	0,	-0,09	42	26	0,34
1	16	-	0,	-0,15	445	3	0,3725
2	16	-	0,	-0,15	475	34	0,4075
3	16	-	0,	-0,14	525	4	0,4625
4	15	-	0,	-0,12	625	58	0,6025





**4. Benda Uji A1B2- 1**

BENDA UJI  
BERAT

A1B2-1  
259,9 Kg  
09 Juni

TANGGAL PENGUJIAN

2017

KALIBRASI Δ1

-963

KALIBRASI Δ2

1290

BEBAN	ΔLENTUR (PEMBACAAN)	ΔGESER (mm)	ΔLENTUR RATA-RATA
-------	---------------------	-------------	-------------------

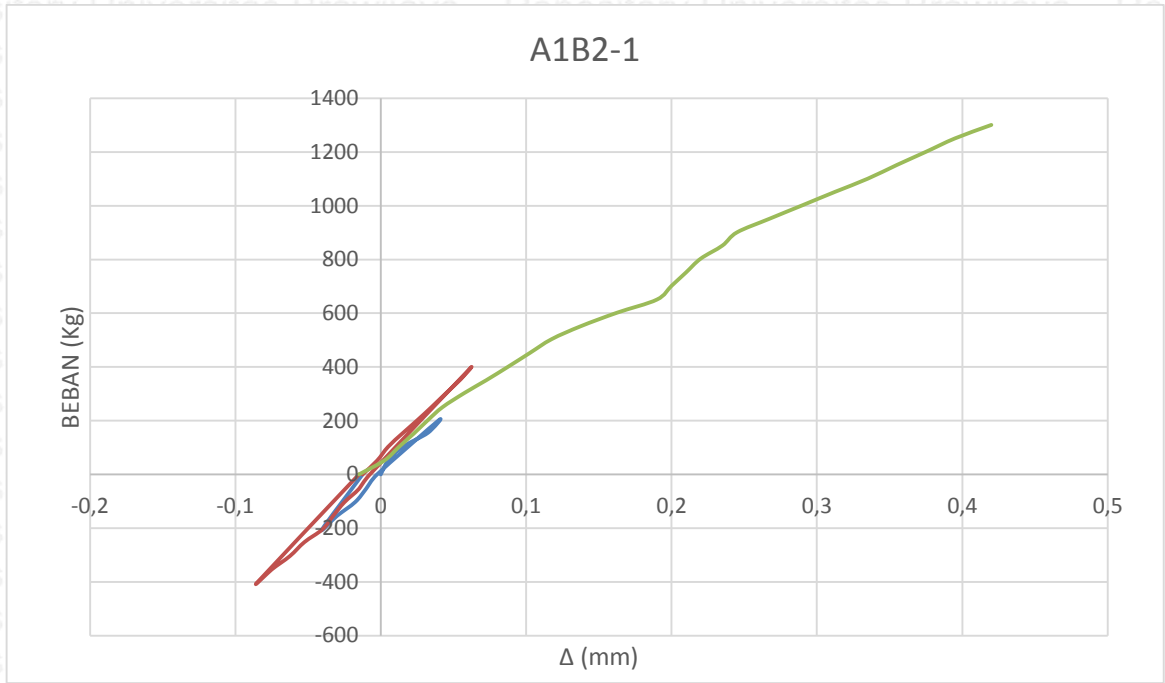
O.	(Kg)	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)		$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	(mm)
1	0	-963	1290	0	0	0	0
2	51	-963	1291	0	0	0,01	0,005
3	102,5	-965	1292	0	0,01	0,02	0,015
4	155	-968	1294	0	0,025	0,04	0,0325
5	202	-969	1295	0	0,03	0,05	0,04
6	0	-960	1291	0	0,015	0,01	-0,0025
7	-53	-959	1290	0,01	0,02	0	-0,01
8	-102,5	-958	1289	0,02	0,025	0,01	-0,0175
9	-154	-957	1287	0,02	0,03	0,03	-0,03
10	-201,5	-955	1286	0,02	0,04	0,04	-0,04
11	0	-960	1289	-0,01	0,015	0,01	-0,0125
12	51,5	-962	1290	-0,02	0,005	0	-0,0025
13	102,5	-963	1291	-0,02	0	0,01	0,005
14	153	-965	1292	-0,02	0,01	0,02	0,015
15	201	-967	1293	-0,02	0,02	0,03	0,025
16	251	-969	1294	-0,02	0,03	0,04	0,035
17	303	-971	1295	-0,02	0,04	0,05	0,045
18	354	-973	1296	-0,02	0,05	0,06	0,055
19	400,5	-974	1297	-0,02	0,055	0,07	0,0625
20	0	-960	1290	-0,02	0,015	0	-0,0075
21	-54	-959	1289	-0,02	0,02	0,01	-0,015
22	-103,5	-957	1288	-0,02	0,03	0,02	-0,025
23	-152,5	-956	1287	-0,02	0,035	0,03	-0,0325
24	-204	-955	1286	-0,02	0,04	0,04	-0,04
25	-252	-952	1285	-0,01	0,055	0,05	-0,0525
26	-304	-950	1284	-0,01	0,065	0,06	-0,0625



7	2	-354	947	83	-0,01	0,08	0,07	-0,075
8	2	-402,5	945	82	-0,01	0,09	0,08	-0,085
9	2	0	959	89	-0,03	0,02	0,01	-0,015
0	3	52	962	91	-0,03	0,005	0,01	0,0025
1	3	102,5	964	92	-0,03	0,005	0,02	0,0125
2	3	151	966	93	-0,03	0,015	0,03	0,0225
3	3	202,5	968	94	-0,03	0,025	0,04	0,0325
4	3	250,5	970	95	-0,03	0,035	0,05	0,0425
5	3	303	972	97	-0,03	0,045	0,07	0,0575
6	3	350,5	974	99	-0,03	0,055	0,09	0,0725
7	3	400,5	976	01	-0,03	0,065	0,11	0,0875
8	3	452	978	03	-0,03	0,075	0,13	0,1025
9	3	503,5	980	05	-0,03	0,085	0,15	0,1175
0	4	551,5	984	07	-0,03	0,105	0,17	0,1375
1	4	602	990	09	-0,04	0,135	0,19	0,1625
2	4	651	997	11	-0,04	0,17	0,21	0,19
3	4	702	999	12	-0,04	0,18	0,22	0,2
4	4	752	1001	13	-0,04	0,19	0,23	0,21
5	4	803	1003	14	-0,04	0,2	0,24	0,22
6	4	852	1007	15	-0,04	0,22	0,25	0,235
7	4	901	1011	15	-0,05	0,24	0,25	0,245
8	4	952	1016	17	-0,05	0,265	0,27	0,2675
9	4	1002	1021	19	-0,05	0,29	0,29	0,29
0	5	1052	1026	21	-0,05	0,315	0,31	0,3125
1	5	1101	1031	23	-0,05	0,34	0,33	0,335
2	5	1152	1037	24	-0,05	0,37	0,34	0,355
3	5	1201	1043	25	-0,05	0,4	0,35	0,375



4	1251	1049	26	-0,05	43	36	0,395
5	1301	1055	28	-0,05	46	38	0,42



**5. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>- 2**

BENDA UJI	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> -2
BERAT	263,2 Kg
TANGGAL PENGUJIAN	05 Juni
KALIBRASI Δ1	2017
KALIBRASI Δ2	-368
	-378

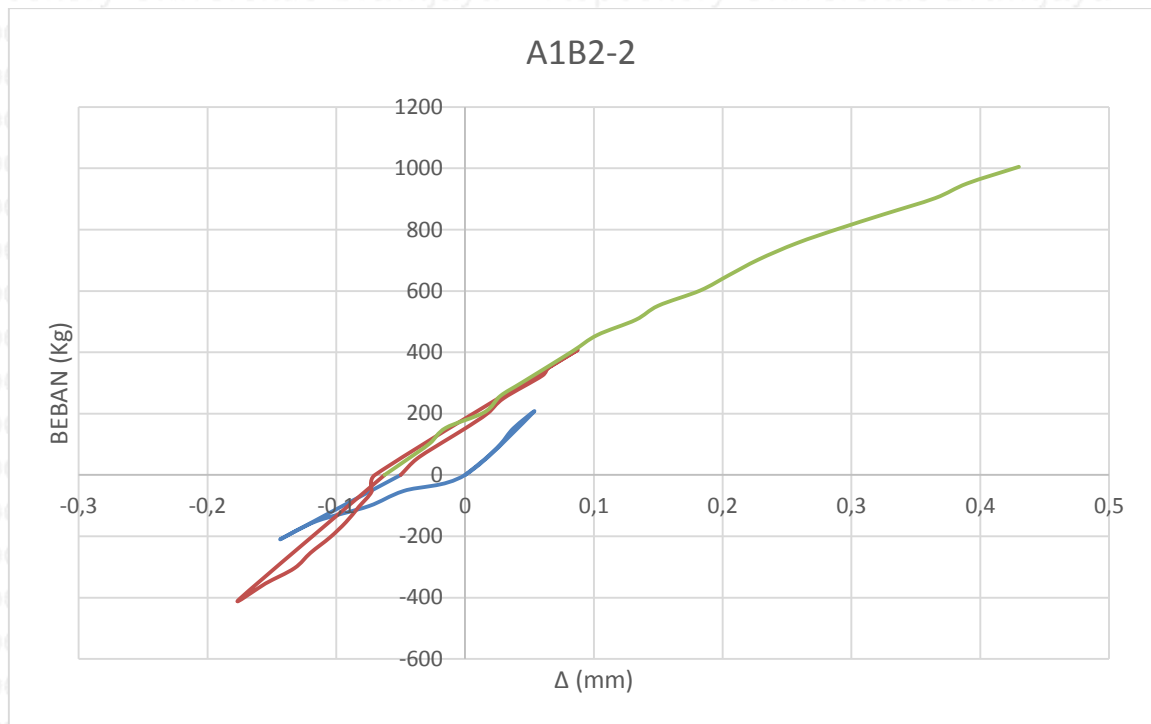
O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)	
1	0	368	378	0	0	0	0
2	50,5	370	376	0	01	02	0,015
3	100,5	373	375	0	025	03	0,0275
4	152	-	-	0	0,	0,	0,0375

		377	375		045	03	
5	202	379	373	0	0,055	0,05	0,0525
6	0	368	378	0	0	0	0
7	-52	365	386	-0,02	0,015	0,08	-0,0475
8	-102	360	389	-0,02	0,04	0,11	-0,075
9	-150	352	393	-0,03	0,08	0,15	-0,115
0	-202	346	395	0	0,11	0,17	-0,14
1	0	364	386	0	0,02	0,08	-0,05
2	52,5	365	384	-0,02	0,015	0,06	-0,0375
3	106,5	369	382	-0,02	0,005	0,04	-0,0175
4	151,5	372	380	-0,02	0,02	0,02	0
5	201	377	379	-0,02	0,045	0,01	0,0175
6	250,5	380	378	-0,02	0,06	0	0,03
7	324	386	375	-0,02	0,09	0,03	0,06
8	351	388	375	-0,02	0,1	0,03	0,065
9	401	392	373	-0,02	0,12	0,05	0,085
0	0	360	388	-0,01	0,04	0,1	-0,07
1	-54	359	388	0	0,045	0,1	-0,0725
2	-104	357	389	0	0,055	0,11	-0,0825
3	-154	355	390	0,01	0,065	0,12	-0,0925
4	-204	354	392	0,01	0,07	0,14	-0,105
5	-254	352	394	0,02	0,08	0,16	-0,12
6	-304	349	395	0,03	0,095	0,17	-0,1325
7	-354	346	398	0,04	0,11	0,2	-0,155
8	-404	342	400	0,05	0,13	0,22	-0,175
9	0	361	387	0,01	0,035	0,09	-0,0625
0	50,5	364	385	0	0,02	0,07	-0,045



1	102,5	367	383	-0,01	0,005	0,05	-0,0275
2	153,5	370	382	-0,01	0,01	0,04	-0,015
3	204,5	376	379	-0,01	0,04	0,01	0,015
4	258	379	378	-0,01	0,055	0	0,0275
5	303,5	382	376	-0,01	0,07	0,02	0,045
6	401	389	372	-0,01	0,105	0,06	0,0825
7	456	393	370	0	0,125	0,08	0,1025
8	506	399	367	0,01	0,155	0,11	0,1325
9	552	402	365	0,01	0,17	0,13	0,15
0	601,5	407	361	0,01	0,195	0,17	0,1825
1	652	410	358	0,02	0,21	0,2	0,205
2	702	413	355	0,02	0,225	0,23	0,2275
3	756	419	352	0,02	0,255	0,26	0,2575
4	803	424	348	0,03	0,28	0,3	0,29
5	850	430	344	0,03	0,31	0,34	0,325
6	903	436	339	0,03	0,34	0,39	0,365
7	951	440	336	0,04	0,36	0,42	0,39
8	1005	450	333	0,04	0,41	0,45	0,43





## 6. Benda Uji A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>- 3

BENDA UJI  
BERAT

A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>-3

256,4 Kg

07 Juni

2017

TANGGAL PENGUJIAN

KALIBRASI Δ<sub>1</sub>

-1495

KALIBRASI Δ<sub>2</sub>

1386

O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)	
1	0	-	13	0	0	0	0
2	51	1495	86	0	0,005	0,01	0,008
3	101,5	-	13	0	0,0	0,0	0,015

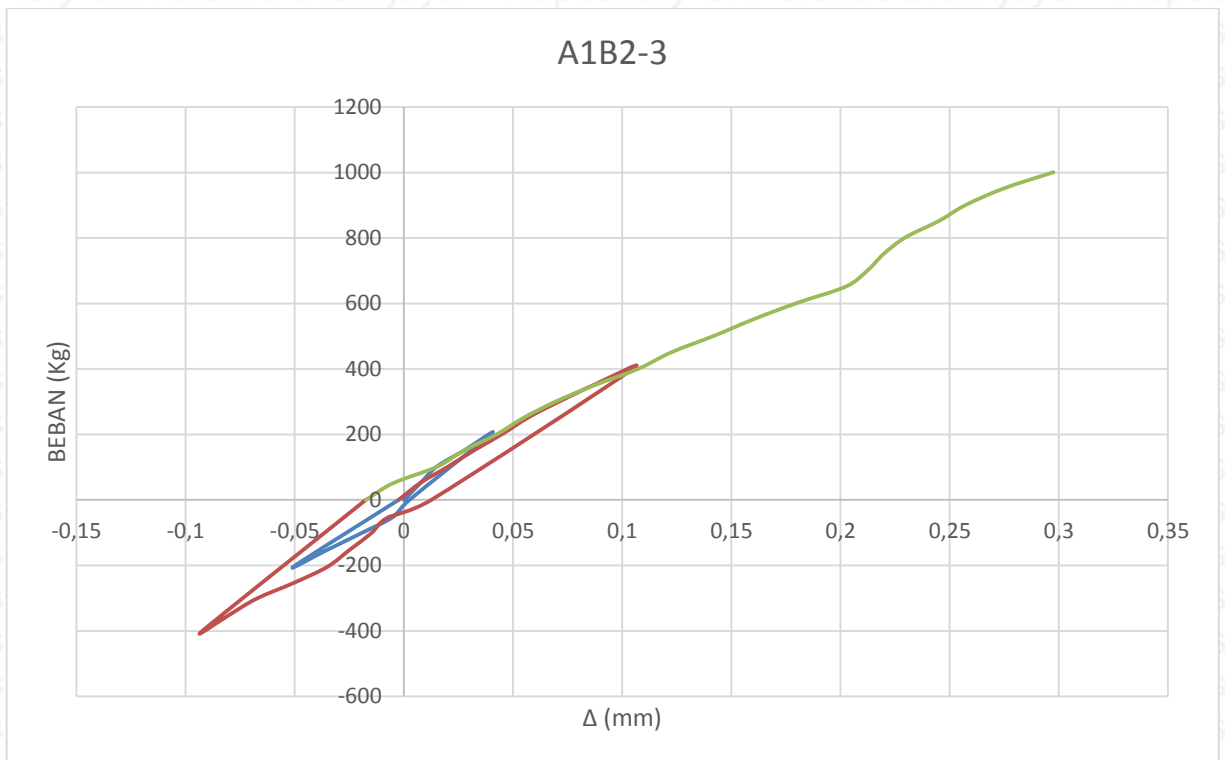


		1497	88		01	02	
		-	13		0,	0,	
4	151	1500	89	0	025	03	0,0275
		-	13		0,	0,	
5	201,5	1503	90	0	04	04	0,04
		-	13		0,		
6	0	1496	86	0	005	0	0,0025
		-	13		0	-	
7	-52	1495	85	0	0	0,01	-0,005
		-	13		-	-	
8	-103	1491	84	0	0,02	0,02	-0,02
		-	13		-	-	
9	-152	1487	83	0	0,04	0,03	-0,035
		-	13		-	-	
0	-201	1483	82	0	0,06	0,04	-0,05
		-	13		0,	-	
1	0	1498	84	0	015	0,02	-0,0025
		-	13		0,	-	
2	52	1500	85	-0,01	025	0,01	0,0075
		-	13		0,		
3	101	1503	86	-0,01	04	0	0,02
		-	13		0,	0,	
4	153	1506	87	-0,01	055	01	0,0325
		-	13		0,	0,	
5	201	1509	88	-0,01	07	02	0,045
		-	13		0,	0,	
6	254	1512	89	-0,01	085	03	0,0575
		-	13		0,	0,	
7	305	1514	91	-0,01	095	05	0,0725
		-	13		0,	0,	
8	353	1516	93	-0,01	105	07	0,0875
		-	13		0,	0,	
9	401	1519	95	-0,01	12	09	0,105
		-	13		0,		
0	0	1500	86	-0,01	025	0	0,0125
		-	13		-	-	
1	-54	1494	85	-0,02	0,005	0,01	-0,0075
		-	13		-	-	
2	-102	1491	85	-0,02	0,02	0,01	-0,015
		-	13		-	-	
3	-153	1487	85	-0,02	0,04	0,01	-0,025
		-	13		-	-	
4	-204	1483	85	-0,02	0,06	0,01	-0,035
		-	13		-	-	
5	-252	1477	85	-0,03	0,09	0,01	-0,05
		-	13		-	-	
6	-301,5	1472	84	-0,03	0,115	0,02	-0,0675
		-	13		-	-	
7	-351	1467	84	-0,03	0,14	0,02	-0,08
		-	13		-	-	
8	-401	1462	84	-0,03	0,165	0,02	-0,0925
		-	13		-	-	
9	0	1490	85	-0,02	0,025	0,01	-0,0175



0	51	1493	86	-0,01	0,01	0	-0,005
1	101	1499	87	-0,01	0,02	0,01	0,015
2	151	1502	88	-0,01	0,035	0,02	0,0275
3	200,5	1506	89	-0,01	0,055	0,03	0,0425
4	251,5	1509	90	-0,01	0,07	0,04	0,055
5	302	1513	91	0	0,09	0,05	0,07
6	351	1516	93	0	0,105	0,07	0,0875
7	401	1520	95	0	0,125	0,09	0,1075
8	451	1522	97	0	0,135	0,11	0,1225
9	502,5	1526	99	0	0,155	0,13	0,1425
0	551,5	1529	01	0	0,17	0,15	0,16
1	601,5	1533	03	0	0,19	0,17	0,18
2	652	1536	06	0	0,205	0,2	0,2025
3	702	1540	06	0	0,225	0,2	0,2125
4	753	1543	06	0	0,24	0,2	0,22
5	803	1547	06	0	0,26	0,2	0,23
6	852	1553	06	0	0,29	0,2	0,245
7	901,5	1558	06	0	0,315	0,2	0,2575
8	952	1563	07	0	0,34	0,21	0,275
9	1001	1568	09	0	0,365	0,23	0,2975





## 7. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>- 2

BENDA UJI  
BERAT

TANGGAL PENGUJIAN  
KALIBRASI Δ<sub>1</sub>  
KALIBRASI Δ<sub>2</sub>

A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>-2  
248,8 Kg  
31 Mei  
2017  
1283  
31

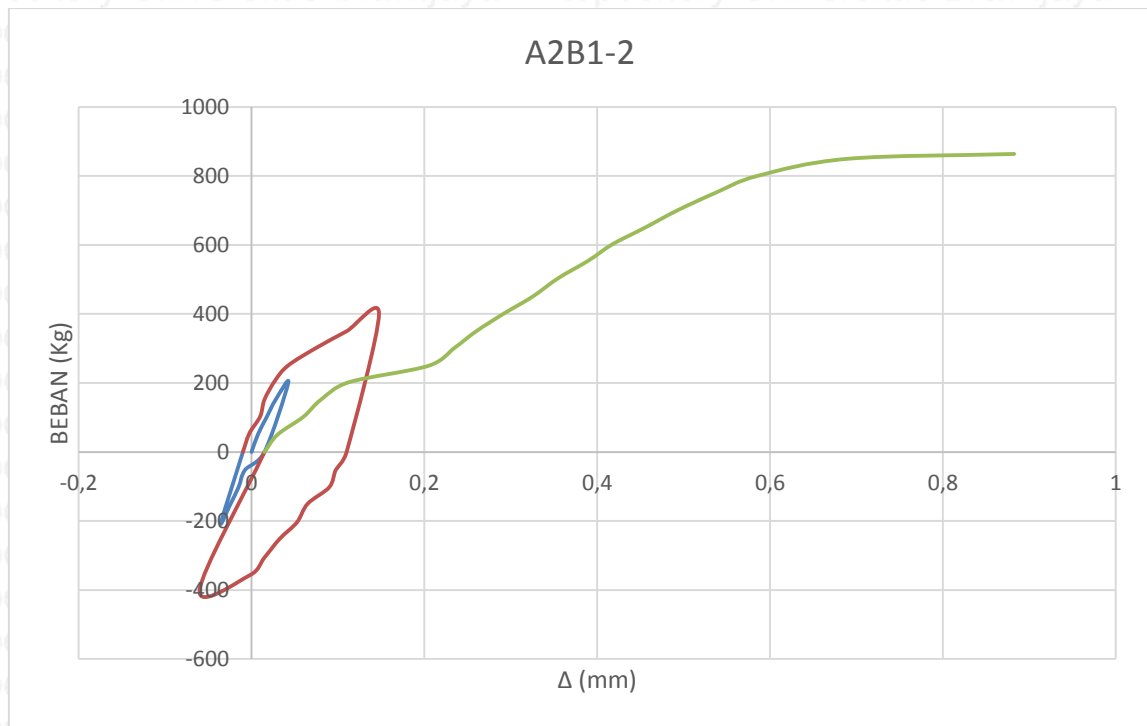
O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)	
	0	12	31	0	0	0	0
	0	83	31	0	0	0	0

2	51,5	12 80	31	0	0,015	0	0,008
3	101	12 78	32	0	0,025	0,01	0,0175
4	150	12 76	33	0	0,035	0,02	0,0275
5	200,5	12 74	35	0	0,045	0,04	0,0425
6	0	12 83	34	0	0	0,03	0,015
7	-52	12 84	30	0	-0,005	-0,01	-0,0075
8	-102	12 85	29	0	-0,01	-0,02	-0,015
9	-154	12 87	28	0	-0,02	-0,03	-0,025
0	-202	12 91	28	0	-0,04	-0,03	-0,035
1	0	12 83	29	0	0	0,02	-0,01
2	54	12 80	29	0	0,015	-0,02	-0,0025
3	103	12 77	30	0	0,03	0,01	0,01
4	152	12 75	30	0	0,04	0,01	0,015
5	208	12 72	31	0	0,055	0	0,0275
6	251	12 70	33	0	0,065	0,02	0,0425
7	302	12 63	36	0	0,1	0,05	0,075
8	350	12 59	41	0	0,12	0,1	0,11
9	401	12 54	46	0	0,145	0,15	0,1475
0	0	12 63	43	0	0,1	0,12	0,11
1	-52	12 64	41	-0,01	0,095	0,1	0,0975
2	-102	12 65	40	-0,01	0,09	0,09	0,09
3	-150	12 71	38	-0,01	0,06	0,07	0,065
4	-204	12 74	37	-0,01	0,045	0,06	0,0525
5	-252	12 78	35	-0,01	0,025	0,04	0,0325
6	-306	12 83	34	-0,02	0	0,03	0,015
7	-358	12 82	30	-0,03	0,005	-0,01	-0,0025
8	-400	12 99	27	-0,03	0,08	0,04	-0,06



9	0	12 79	32	0, 02	0, 01	0,015
0	50	12 75	33	-0,07 04	0, 02	0,03
1	102	12 67	35	-0,07 08	0, 04	0,06
2	151	12 65	38	-0,07 09	0, 07	0,08
3	202	12 56	40	-0,07 135	0, 09	0,1125
4	250	12 35	48	-0,07 24	0, 17	0,205
5	302	12 27	50	-0,05 28	0, 19	0,235
6	350	12 25	54	-0,04 29	0, 23	0,26
7	402	12 20	58	-0,02 315	0, 27	0,2925
8	450	12 15	62	-0,01 34	0, 31	0,325
9	504	12 09	65	0 37	0, 34	0,355
0	555	12 01	68	0,02 41	0, 37	0,39
1	602	11 96	71	0,03 435	0, 4	0,4175
2	650	11 89	75	0,04 47	0, 44	0,455
3	700	11 82	79	0,04 505	0, 48	0,4925
4	752	11 74	84	0,05 545	0, 53	0,5375
5	800	11 61	87	0,06 61	0, 56	0,585
6	850	11 41	98	0,1 71	0, 67	0,69
7	864	11 04	11 8	0,15 895	0, 87	0,8825





### 8. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>- 3

BENDA UJI

A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>-3

225,93

BERAT

Kg

TANGGAL PENGUJIAN

12 Juni

2017

KALIBRASI Δ<sub>1</sub>

-905

KALIBRASI Δ<sub>2</sub>

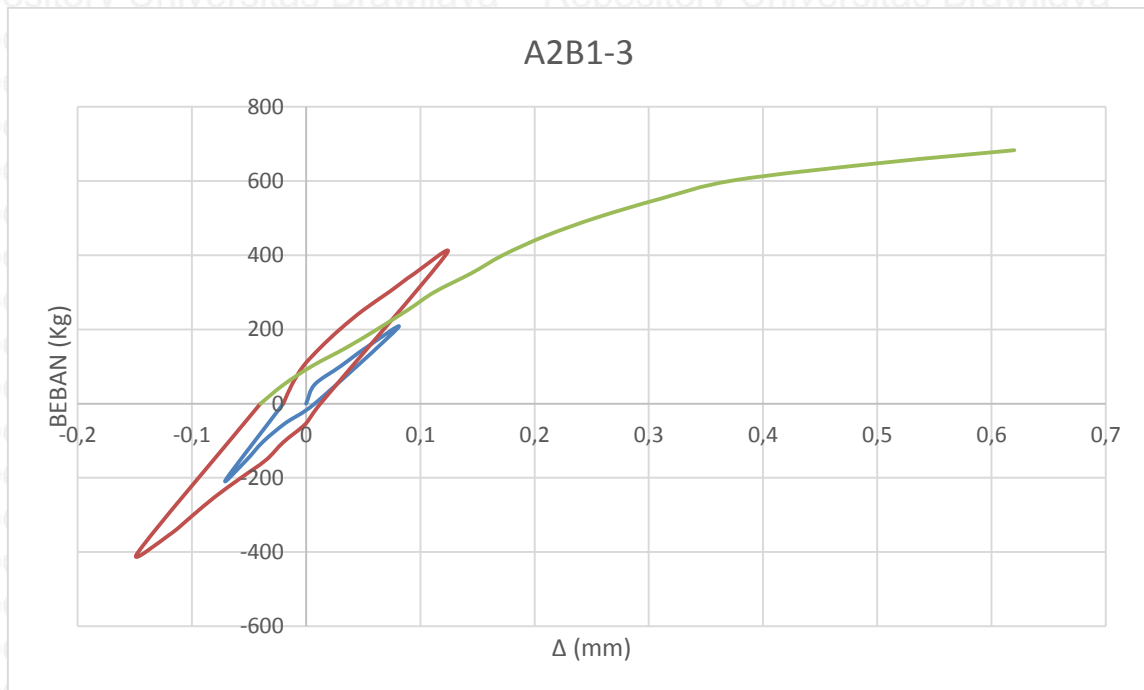
2580

O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)	
1	0	-	25	0	0	0	0
2	51,5	905	80	-0,01	01	005	0,008
3	100,5	906	81	-0,02	05	01	0,03

4	151	914	25 83	-0,03	0,09	0,015	0,0525
5	203	918	25 86	-0,03	0,13	0,03	0,08
6	0	905	25 83	0,01	0	0,015	0,0075
7	-51	901	25 81	0,01	0,04	0,005	-0,0175
8	-102	898	25 79	0,02	0,07	0,005	-0,0375
9	-153	896	25 77	0,03	0,09	0,015	-0,0525
10	-203,5	894	25 74	0,04	0,11	0,03	-0,07
11	0	901	25 80	0,01	0,04	0	-0,02
12	51	902	25 81	-0,03	0,03	0,005	-0,0125
13	101	903	25 83	-0,04	0,02	0,015	-0,0025
14	151	905	25 85	-0,05	0	0,025	0,0125
15	201,5	907	25 88	-0,06	0,02	0,04	0,03
16	252	909	25 92	-0,08	0,04	0,06	0,05
17	300,5	912	25 95	-0,09	0,07	0,075	0,0725
18	351	914	26 00	-0,09	0,09	0,1	0,095
19	402	917	26 05	-0,1	0,12	0,125	0,1225
20	0	905	25 85	-0,02	0	0,025	0,0125
21	-53	903	25 84	0	0,02	0,02	0
22	-104	900	25 82	0,01	0,05	0,01	-0,02
23	-151,5	898	25 80	0,02	0,07	0	-0,035
24	-201	895	25 77	0,02	0,1	0,015	-0,0575
25	-251,5	892	25 74	0,03	0,13	0,03	-0,08
26	-303	890	25 70	0,04	0,15	0,05	-0,1
27	-354	888	25 66	0,05	0,17	0,07	-0,12
28	-402	884	25 63	0,06	0,21	0,085	-0,1475
29	0	898	25 78	-0,02	0,07	0,01	-0,04
30	50,5	901	25 80	-0,02	0,04	0	-0,02



1	101	904	84	-0,04	0,01	0,02	0,005
2	150,5	908	88	-0,05	0,03	0,04	0,035
3	201	911	93	-0,06	0,06	0,065	0,0625
4	254,5	914	98	-0,07	0,09	0,09	0,09
5	301	917	01	-0,08	0,12	0,105	0,1125
6	352	921	06	-0,09	0,16	0,13	0,145
7	400,5	924	11	-0,09	0,19	0,155	0,1725
8	452,5	928	18	-0,1	0,23	0,19	0,21
9	502	933	26	-0,1	0,28	0,23	0,255
0	552	938	38	-0,11	0,33	0,29	0,31
1	602	943	54	-0,11	0,38	0,37	0,375
2	650	959	75	-0,11	0,54	0,475	0,5075
3	683	979	80	-0,15	0,74	0,5	0,62





### 9. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>- 4

BENDA UJI

BERAT

TANGGAL PENGUJIAN

KALIBRASI  $\Delta 1$

KALIBRASI  $\Delta 2$

A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>-4

238 Kg

12 Juni

2017

-1190

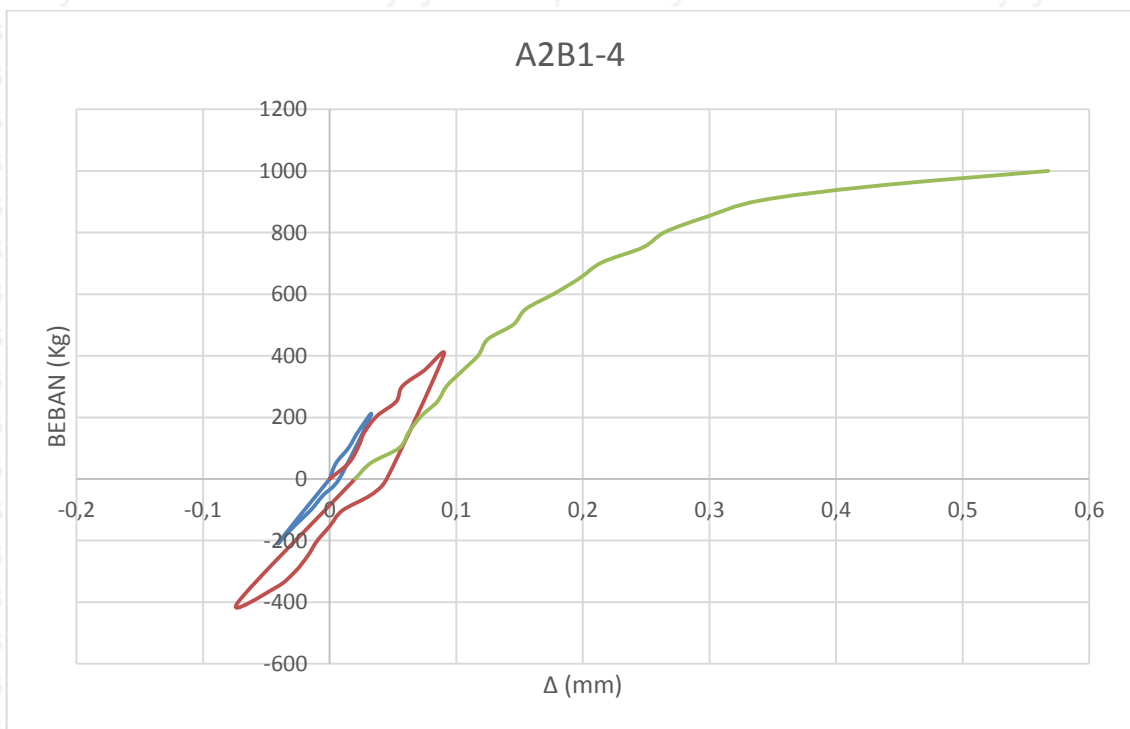
3877

O.	BEBAN (Kg)	$\Delta$ LENTUR (PEMBACAAN)		$\Delta$ GESER (mm)	$\Delta$ LENTUR		$\Delta$ LENTUR RATA-RATA (mm)
		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	
1	0	-	38	0	0	0	0
2	51,5	1190	79	0	0	01	0,005
3	101,5	1191	81	0	01	02	0,015
4	153,5	1192	82	0	02	025	0,0225
5	206	1193	84	0	03	035	0,0325
6	0	1190	80	0	0	015	0,0075
7	-52	1188	79	0,01	0,02	01	-0,005
8	-101,5	1186	79	0,01	0,04	01	-0,015
9	-151	1184	78	0,01	0,06	005	-0,0275
0	-204	1182	77	0,01	0,08	0	-0,04
1	0	1190	77	0,01	0	0	0
2	51,5	1192	79	0	02	01	0,015
3	103	-	38	0	0,	0,	0,0225

3		1193	80		03	015	
		-	38		0,	0,	
4	152	1194	80	0	04	015	0,0275
		-	38		0,	0,	
5	205	1195	82	0	05	025	0,0375
		-	38		0,	0,	
6	251	1196	86	0	06	045	0,0525
		-	38		0,	0,	
7	301,5	1196	88	0	06	055	0,0575
		-	38		0,	0,	
8	353	1197	93	0	07	08	0,075
		-	38		0,	0,	
9	402	1198	97	0	08	1	0,09
		-	38		0,	0,	
0	0	1193	89	0	03	06	0,045
		-	38		0,	0,	
1	-52	1191	88	0	01	055	0,0325
		-	38		0,	0,	
2	-102,5	1190	81	0	0	02	0,01
		-	38		-	0,	
3	-153,5	1189	79	0	0,01	01	0
		-	38		-	-	
4	-201,5	1188	77	0	0,02	0	-0,01
		-	38		-	-	
5	-250,5	1187	76	0	0,03	0,005	-0,0175
		-	38		-	-	
6	-301,5	1186	74	0	0,04	0,015	-0,0275
		-	38		-	-	
7	-352,5	1184	72	-0,01	0,06	0,025	-0,0425
		-	38		-	-	
8	-401	1180	68	-0,01	0,1	0,045	-0,0725
		-	38		-	0,	
9	0	1188	89	0	0,02	06	0,02
		-	38		0	0,	
0	52	1190	90	0	0	065	0,0325
		-	38		0,	0,	
1	101	1194	91	0	04	07	0,055
		-	38		0,	0,	
2	152	1195	92	0	05	075	0,0625
		-	38		0,	0,	
3	205	1196	94	0	06	085	0,0725
		-	38		0,	0,	
4	251	1198	95	0	08	09	0,085
		-	38		0,	0,	
5	302	1199	96	0	09	095	0,0925
		-	38		0,	0,	
6	352	1201	97	0	11	1	0,105
		-	39		0,	0,	
7	402	1202	00	0	12	115	0,1175
		-	39		0,	0,	
8	454	1203	01	0	13	12	0,125
		-	39		0,	0,	
9	501	1206	03	0	16	13	0,145



0	552	1207	3905	0	0,17	0,14	0,155
1	602	1209	3910	0	0,19	0,165	0,1775
2	652	1211	3914	0	0,21	0,185	0,1975
3	703	1213	3917	0	0,23	0,2	0,215
4	752	1215	3926	0	0,25	0,245	0,2475
5	802	1216	3931	0,01	0,26	0,27	0,265
6	851	1218	3940	0,02	0,28	0,315	0,2975
7	904	1220	3953	0,02	0,3	0,38	0,34
8	951	1232	3965	0,02	0,42	0,44	0,43
9	1000	1252	3980	0,05	0,62	0,515	0,5675



## 10. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>- 2

BENDA UJI

A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-2

244,15

BERAT

Kg

31 Mei

TANGGAL PENGUJIAN

2017

KALIBRASI Δ1

3459

KALIBRASI Δ2

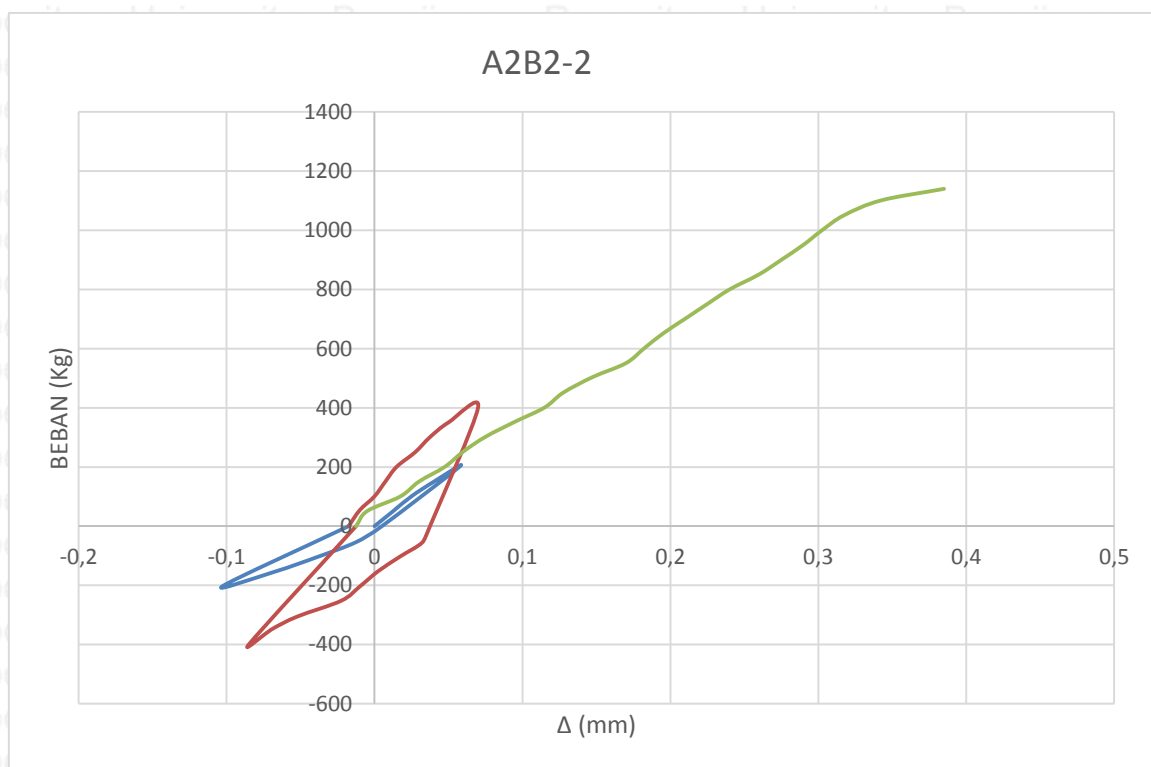
1602

O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)		Δ1 (mm)	Δ2 (mm)	
1	0	34	16	0	0	0	0
2	50,5	59	02	0	0,015	0,01	0,013
3	101	34	16	0	0,03	0,02	0,025
4	150	34	16	0	0,05	0,03	0,04
5	201	34	16	0	0,075	0,04	0,0575
6	0	34	16	0	0	0,01	0,005
7	-54	34	16	0	0,005	0,02	-0,0125
8	-102	34	15	0	0,025	0,05	-0,0375
9	-154	34	15	0	0,045	0,09	-0,0675
10	-202	34	15	0	0,065	0,14	-0,1025
11	0	34	16	0	0,015	0,02	-0,0175
12	54	34	16	0	0,01	0,01	-0,01
13	101	34	16	0	0,01	0,01	0
14	152	34	16	0	0,025	0,01	0,0075
15	201	34	16	0	0,04	0,01	0,015
16	250,2	34	16	0	0,055	0	0,0275
17	301	34	16	0	0,075	0	0,0375
18	350,5	34	16	0	0,09	0,01	0,05
19	401	34	16	0	0,0	0,0	0,07

9		35	04		12	02	
0	0	34 48	16 04	0	0, 055	0, 02	0,0375
1	-54	34 52	16 05	-0,01	0, 035	0, 03	0,0325
2	-102	34 56	16 04	-0,01	0, 015	0, 02	0,0175
3	-152	34 60	16 03	-0,01	- 0,005	0, 01	0,0025
4	-204	34 63	16 02	-0,01	- 0,02	0, 0	-0,01
5	-252	34 66	16 01	-0,01	- 0,035	- 0,01	-0,0225
6	-306	34 72	15 98	-0,02	- 0,065	- 0,04	-0,0525
7	-350	34 77	15 97	-0,03	- 0,09	- 0,05	-0,07
8	-400	34 83	15 97	-0,03	- 0,12	- 0,05	-0,085
9	0	34 68	16 04	0	- 0,045	0, 02	-0,0125
0	51	34 63	16 03	-0,01	- 0,02	0, 01	-0,005
1	100,5	34 58	16 05	-0,02	0, 005	0, 03	0,0175
2	150,5	34 55	16 06	-0,02	0, 02	0, 04	0,03
3	200,5	34 50	16 07	-0,04	0, 045	0, 05	0,0475
4	252	34 47	16 08	-0,04	0, 06	0, 06	0,06
5	302	34 43	16 09	-0,04	0, 08	0, 07	0,075
6	353	34 37	16 10	-0,04	0, 11	0, 08	0,095
7	401	34 33	16 12	-0,04	0, 13	0, 1	0,115
8	451	34 28	16 12	-0,04	0, 155	0, 1	0,1275
9	504	34 24	16 14	-0,04	0, 175	0, 12	0,1475
0	551	34 17	16 15	-0,04	0, 21	0, 13	0,17
1	602	34 14	16 16	-0,04	0, 225	0, 14	0,1825
2	651	34 09	16 16	-0,04	0, 25	0, 14	0,195
3	701	34 05	16 17	-0,04	0, 27	0, 15	0,21
4	751	33 99	16 17	-0,04	0, 3	0, 15	0,225
5	800	33 95	16 18	-0,04	0, 32	0, 16	0,24



6	4	851	33 89	16 19	-0,04	0, 35	0, 17	0,26
7	4	900	33 85	16 20	-0,04	0, 37	0, 18	0,275
8	4	951	33 81	16 21	-0,04	0, 39	0, 19	0,29
9	4	1000	33 76	16 21	-0,04	0, 415	0, 19	0,3025
0	5	1051	33 72	16 22	-0,04	0, 435	0, 2	0,3175
1	5	1101	33 66	16 24	-0,06	0, 465	0, 22	0,3425
2	5	1140	33 59	16 29	-0,04	0, 5	0, 27	0,385



### 11. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-3

BENDA UJI

A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-3

BERAT

238,75

Kg

TANGGAL PENGUJIAN

05 Juni

KALIBRASI  $\Delta 1$   
KALIBRASI  $\Delta 2$

2017

2647

391

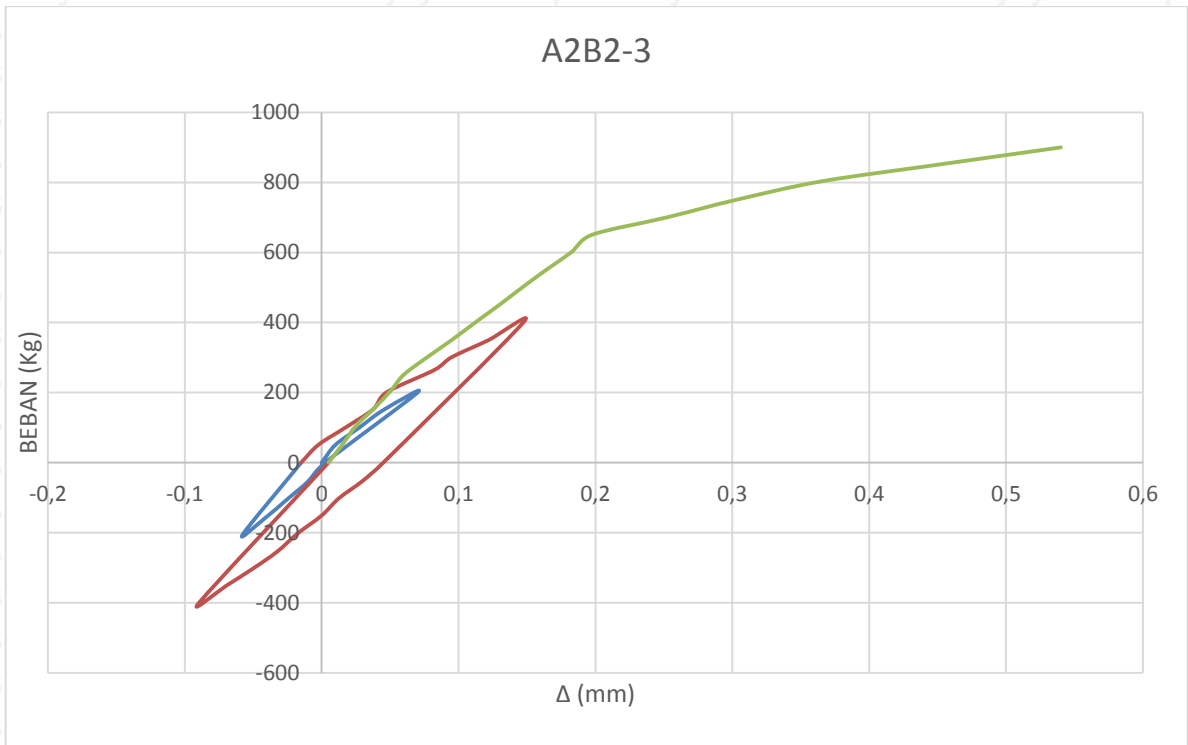
O.	BEBAN (Kg)	$\Delta$ LENTUR (PEMBACAAN)		$\Delta$ GESER (mm)	$\Delta$ LENTUR		$\Delta$ LENTUR RATA-RATA (mm)
		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)		$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	
1	0	26	39				
1	0	47	1	0	0	0	0
2	50,5	26	39				
2	50,5	45	2	0	01	01	0,010
3	100	26	39				
3	100	42	4	0	025	03	0,0275
4	150	26	39				
4	150	37	5	0	05	04	0,045
5	200	26	39				
5	200	33	8	0	07	07	0,07
6	0	26	39				
6	0	48	2	-0,02	0,005	01	0,0025
7	-54	26	39				
7	-54	51	1	-0,02	0,02	0	-0,01
8	-104	26	39				
8	-104	55	0	-0,02	0,04	0,01	-0,025
9	-162	26	38				
9	-162	60	9	-0,01	0,065	0,02	-0,0425
0	-204	26	38				
0	-204	64	8	-0,01	0,085	0,03	-0,0575
1	0	26	39				
1	0	51	0	-0,01	0,02	0,01	-0,015
2	50,5	26	39				
2	50,5	48	1	-0,02	0,005	0	-0,0025
3	100,5	26	39				
3	100,5	42	2	-0,02	025	01	0,0175
4	152	26	39				
4	152	38	4	-0,02	045	03	0,0375
5	201	26	39				
5	201	34	4	-0,02	065	03	0,0475
6	265	26	39				
6	265	22	5	-0,01	125	04	0,0825
7	301	26	39				
7	301	17	5	-0,01	15	04	0,095
8	351	26	39				
8	351	06	5	0	205	04	0,1225
9	401	25	39				
9	401	96	5	0,01	255	04	0,1475
0	0	26	39				
0	0	31	2	0,02	08	01	0,045
1	-52	26	39				
1	-52	35	1	0,01	06	0	0,03
2	-102	26	39				
2	-102	40	0	0,01	035	0,01	0,0125
3	-151	26	39				
3	-151	45	0	0,01	01	0,01	0



4	2	-202	26 50	38 9	0,01	- 0,015	- 0,02	-0,0175
5	2	-254	26 54	38 8	0,01	- 0,035	- 0,03	-0,0325
6	2	-302	26 59	38 7	0,01	- 0,06	- 0,04	-0,05
7	2	-352	26 65	38 6	0,02	- 0,09	- 0,05	-0,07
8	2	-402	26 71	38 5	0,02	- 0,12	- 0,06	-0,09
9	2	0	26 45	39 1	0,02	0, 01	0 0	0,005
0	3	51	26 43	39 2	0,02	0, 02	0, 01	0,015
1	3	105	26 41	39 3	0,02	0, 03	0, 02	0,025
2	3	152	26 38	39 4	0,02	0, 045	0, 03	0,0375
3	3	203	26 35	39 5	0,02	0, 06	0, 04	0,05
4	3	251	26 33	39 6	0,02	0, 07	0, 05	0,06
5	3	302	26 30	39 8	0,02	0, 085	0, 07	0,0775
6	3	350	26 27	40 0	0,02	0, 1	0, 09	0,095
7	3	401	26 24	40 2	0,02	0, 115	0, 11	0,1125
8	3	451	26 21	40 4	0,04	0, 13	0, 13	0,13
9	3	503	26 18	40 6	0,05	0, 145	0, 15	0,1475
0	4	553	26 15	40 8	0,07	0, 16	0, 17	0,165
1	4	601	26 12	41 0	0,09	0, 175	0, 19	0,1825
2	4	650,5	26 08	41 1	0,11	0, 195	0, 2	0,1975
3	4	700,5	26 00	41 8	0,13	0, 235	0, 27	0,2525
4	4	750	25 90	42 3	0,14	0, 285	0, 32	0,3025
5	4	803	25 75	42 8	0,17	0, 36	0, 37	0,365
6	4	850,5	25 57	43 6	0,19	0, 45	0, 45	0,45
7	4	900	25 37	44 4	0,26	0, 55	0, 53	0,54







## 12. Benda Uji A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-4

BENDA UJI

BERAT

TANGGAL PENGUJIAN

KALIBRASI Δ<sub>1</sub>

KALIBRASI Δ<sub>2</sub>

A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>-4

256,8 Kg

08 Juni

2017

-1027

836

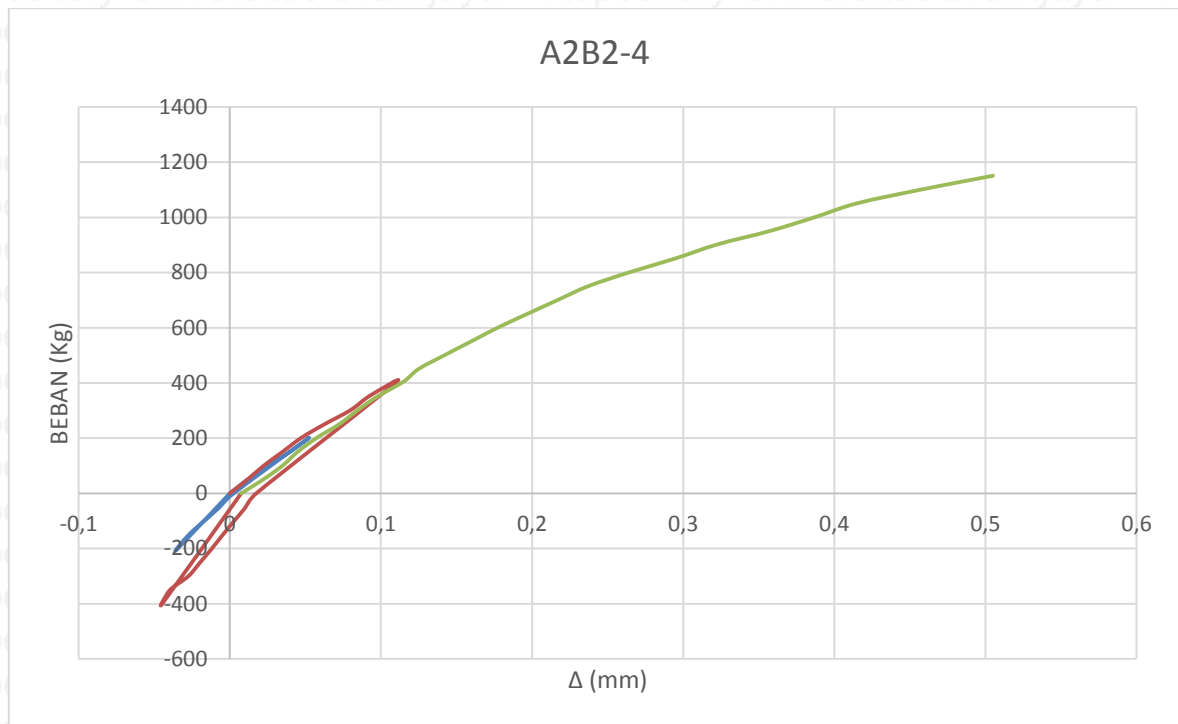
O.	BEBAN (Kg)	ΔLENTUR (PEMBACAAN)		ΔGESER (mm)	ΔLENTUR		ΔLENTUR RATA-RATA (mm)
		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)		Δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> (mm)	
	0	-	83	0	0	0	0
		1027	6				

2	53	-1030	837	0	0,015	0,01	0,013
3	101	-1033	838	0	0,03	0,02	0,025
4	151	-1035	840	0	0,04	0,04	0,04
5	202	-1038	841	0	0,055	0,05	0,0525
6	0	-1028	836	0	0,005	0	0,0025
7	-54	-1026	835	-0,01	0,005	0,01	-0,0075
8	-102,5	-1024	834	-0,01	0,015	0,02	-0,0175
9	-152	-1022	833	-0,01	0,025	0,03	-0,0275
0	-203	-1021	832	-0,01	0,03	0,04	-0,035
1	0	-1027	836	0	0	0	0
2	54	-1030	837	0	0,015	0,01	0,0125
3	100,5	-1032	838	0	0,025	0,02	0,0225
4	151	-1035	839	0	0,04	0,03	0,035
5	202	-1038	840	0	0,055	0,04	0,0475
6	250	-1042	841	0	0,075	0,05	0,0625
7	302	-1045	843	0,01	0,09	0,07	0,08
8	353	-1048	844	0,01	0,105	0,08	0,0925
9	402	-1051	846	0,01	0,12	0,1	0,11
0	0	-1028	839	0	0,005	0,03	0,0175
1	-53,5	-1027	838	-0,01	0	0,02	0,01
2	-102,5	-1026	837	-0,01	0,005	0,01	0,0025
3	-152,5	-1025	836	-0,01	0,01	0	-0,005
4	-204	-1024	835	-0,02	0,015	0,01	-0,0125
5	-252,5	-1023	834	-0,02	0,02	0,02	-0,02
6	-300,5	-1022	833	-0,02	0,025	0,03	-0,0275
7	-352	-1021	832	-0,02	0,03	0,05	-0,04
8	-402	-1021	830	-0,02	0,03	0,06	-0,045



9	0	-	83	0	0,005	0,01	0,0075
0	51,5	-	83	0	0,015	0,03	0,0225
1	101	-	84	0	0,03	0,04	0,035
2	151	-	84	0	0,04	0,05	0,045
3	201	-	84	0	0,055	0,06	0,0575
4	251	-	84	0	0,075	0,07	0,0725
5	303	-	84	0	0,09	0,08	0,085
6	350,5	-	84	0,01	0,105	0,09	0,0975
7	405	-	84	0,01	0,12	0,11	0,115
8	451	-	84	0,01	0,13	0,12	0,125
9	502	-	85	0,01	0,145	0,14	0,1425
0	551,5	-	85	0,01	0,16	0,16	0,16
1	601	-	85	0,02	0,175	0,18	0,1775
2	652	-	85	0,02	0,195	0,2	0,1975
3	702	-	85	0,02	0,215	0,22	0,2175
4	751,5	-	86	0,02	0,235	0,24	0,2375
5	802	-	86	0,02	0,26	0,27	0,265
6	851,5	-	86	0,02	0,28	0,31	0,295
7	902	-	87	0,02	0,305	0,34	0,3225
8	951	-	87	0,02	0,335	0,38	0,3575
9	1001,5	-	87	0,02	0,365	0,41	0,3875
0	1051	-	88	0,03	0,39	0,44	0,415
1	1101	-	88	0,07	0,425	0,49	0,4575
2	1151	-	89	0,12	0,47	0,54	0,505





### Lampiran 11. Perhitungan Teoritis Beban Maksimum

#### Teoritis Balok A1B2

$$b \text{ (lebar penampang balok)} = 180 \text{ mm}$$

$$d = 250 - 30 - \frac{1}{2}(15) - 6 = 206,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As geser (Jumlah Tulangan} \times L \times \text{Luas Bidang Geser)} &= 2 \times 940 \text{ mm} (2 \times (15 + 15 \text{ mm})) \\ &= 112800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$f'c \text{ (Tegangan tekan hancur beton)} = 33.481 \text{ MPa}$$

$$\mu \text{ (Tegangan lekat tulangan bambu)} = 0.209 \text{ MPa}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = Cc$$

$$\text{As geser} \times \mu = 0,85 \times f'c \times b \times a$$

$$112800 \text{ mm}^2 \times 0.209 \text{ N/mm}^2 = 0,85 \times 33,915 \text{ N/mm}^2 \times 180 \text{ mm} \times a$$

$$23576,1574 \text{ N} = 5122.67 \text{ N/mm (a)}$$

$$a = \frac{23576,1574}{5122.67} = 4.60232 \text{ mm}$$

$$\text{Letak garis netral, } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{4.60232}{(0.85 - 0,008x(33,915 - 30))} = 5.59792 \text{ mm}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

$$\text{Momen nominal, } Mn = T \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 23576.1574 \text{ N} \times \left( 206,5 \text{ mm} - \frac{4.60232}{2} \right)$$

$$= 4814224 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen ultimate, } Mu = \phi \times Mn$$

$$= 0.8 \times 4814224 \text{ Nmm}$$

$$= 3851379 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen teoritis, } Mmaks = P (680)$$

$$Mu = P (680)$$

$$P = \frac{1}{680} (Mu)$$

$$= (3851379 \text{ Nmm}) / 680$$

$$= 5663.79 \text{ N}$$

$$= 566.379 \text{ kg}$$

### Teoritis Balok A2B1

$$b \text{ (lebar penampang balok)} = 180 \text{ mm}$$

$$d \text{ (tinggi efektif balok)} = 250 - 30 - \frac{1}{2} (12) - 6$$

$$= 208 \text{ mm}$$

$$\text{As geser (Jumlah Tulangan} \times L \times \text{Luas Bidang Geser)} = 2 \times 940 \text{ mm} (2 \times (12 + 12 \text{ mm}))$$

$$= 90240 \text{ mm}^2$$

$$f'c \text{ (Tegangan tekan hancur beton)} = 33.387 \text{ MPa}$$

$$\mu \text{ (Tegangan lekat tulangan bambu)} = 0.126 \text{ MPa}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = Cc = 0,85 \times f'_c \times b \times a$$

$$90240 \text{ mm}^2 \times 0,126 \text{ N/mm}^2 = 0,85 \times 33.387 \text{ N/mm}^2 \times 180 \text{ mm} \times a$$

$$11374,9882 \text{ N} = 5108,24 \text{ N/mm} (a)$$

$$a = \frac{11374,9882}{5108,24} = 2,226 \text{ mm}$$

$$\text{Letak garis netral, } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{2,226}{(0,85 - 0,008x(33,387 - 30))} = 2,706 \text{ mm}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

$$\text{Momen nominal, } Mn = T \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 11374,9882 \text{ N} \times \left( 208 \text{ mm} - \frac{2,226}{2} \right)$$

$$= 2353333 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen ultimate, } Mu = \phi \times Mn$$

$$= 0,8 \times 2353333 \text{ Nmm}$$

$$= 18882666 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen teoritis, } Mmaks = P (680)$$

$$Mu = P (680)$$

$$P = \frac{1}{680} Mu$$

$$= (18882666 \text{ Nmm}) / 680$$

$$= 2768,627 \text{ N}$$

$$= 276,683 \text{ kg}$$

### Teoritis Balok A2B2

$$b \text{ (lebar penampang balok)} = 180 \text{ mm}$$

$$d = 250 - 30 - \frac{1}{2}(15) - 6$$

$$= 206,5 \text{ mm}$$

$$\text{As geser (Jumlah Tulangan} \times L \times \text{Luas Bidang Geser)} = 2 \times 940 \text{ mm} (2 \times (15 + 15 \text{ mm}))$$

$$= 112800 \text{ mm}^2$$

$$f'_c \text{ (Tegangan tekan hancur beton)} = 29,384 \text{ MPa}$$

$$\mu \text{ (Tegangan lekat tulangan bambu)} = 0,336 \text{ MPa}$$

Asumsikan beton telah mencapai regangan maksimum

Persamaan keseimbangan gaya :

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Tarik} &= \text{Gaya Tekan} \\
 T &= Cc \\
 \text{As geser } \times \mu &= 0,85 \times f'c \times b \times a \\
 112800 \text{ mm}^2 \times 0.336 \text{ N/mm}^2 &= 0,85 \times 29.384 \text{ N/mm}^2 \times 180 \text{ mm} \times a \\
 37926.3889\text{N} &= 4495.68 \text{ N/mm (a)} \\
 a = \frac{37926.3889\text{N}}{4495.68} &= 8.436 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Letak garis netral, } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{8.436}{(0.85 - 0,008x(29.384 - 30))} = 9.867 \text{ mm}$$

Keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Sehingga momen nominal dan momen ultimate sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Momen nominal, } Mn &= T \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 37926.3889\text{N} \times \left( 206,5 \text{ mm} - \frac{8.436}{2} \right) \\
 &= 7671822 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen ultimate, } Mu &= \phi \times Mn \\
 &= 0.8 \times 7671822 \text{ Nmm} \\
 &= 6137458 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Momen teoritis, } Mmaks = P (680)$$

$$Mu = P (680)$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{680} (Mu) \\
 &= (6137458\text{Nmm}) / 680 \\
 &= 9025.673 \text{ N} \\
 &= 902.567 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## Lampiran 12 Perhitungan Tegangan Tulangan

- Perhitungan Teoritis Tegangan Leleh pada Benda Uji Balok

Contoh perhitungan pada benda uji Balok **A1B2**

$$P = 1102.333 \text{ kg}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= P (68\text{cm}) / 0.80$$

$$= (1102.333\text{kg}) 68 \text{ cm} / 0.80$$

$$= 93698.333\text{kgcm}$$

$$= 9369833.33 \text{ Nmm}$$

$$M_n = T x \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$9369833.33 = T x \left( 206.5 - \frac{a}{2} \right)$$

$$T = \frac{9369833.33}{\left( 206.5 - \frac{a}{2} \right)}$$



$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = Cc$$

$$\frac{9369833.33}{\left(206.5 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 f'c(b) a$$

$$\frac{9369833.33}{\left(206.5 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 (33.481)(180)(a)$$

$$a^2 - 413a + 3658.185 = 0$$

Dari akar persamaan diatas, didapatkan nilai a sebesar 9.056 mm. kemudian nilai a dimasukkan pada persamaan T.

$$T = \frac{9369833.33}{\left(206.5 - \frac{9.056}{2}\right)} = 46391.764N$$

Besarnya nilai tegangan dihitung dengan beban yang berasal dari nilai T.

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{46391.764}{(12 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 2)} = 161.08Nmm \text{ (MPa)}$$

- Perhitungan Teoritis Tegangan Leleh pada Benda Uji Balok

Contoh perhitungan pada benda uji Balok **A2B1**

$$P = 849 \text{ kg}$$

$$Mn = Mu / \emptyset$$

$$= P (68\text{cm}) / 0.80$$

$$= (849 \text{ kg}) 68 \text{ cm} / 0.80$$

$$= 72165 \text{ kgcm}$$

$$= 7216500 \text{ Nmm}$$

$$Mn = T x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$7216500 = T x \left(208 - \frac{a}{2}\right)$$

$$T = \frac{7216500}{\left(208 - \frac{a}{2}\right)}$$

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = \text{sit} \cdot Cc$$

$$\frac{7216500}{\left(208 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 f'c(b) a$$

$$\frac{7216500}{\left(208 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 (33.387)(180)(a)$$

$$a^2 - 416a + 2825.436 = 0$$

Dari akar persamaan diatas, didapatkan nilai a sebesar 6.906 mm. kemudian nilai a dimasukkan pada persamaan T.

$$T = \frac{7216500}{\left(208 - \frac{6.906}{2}\right)} = 35280.4502 \text{ N}$$

Besarnya nilai tegangan dihitung dengan beban yang berasal dari nilai T.

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{35280.4502}{(12 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 2)} = 122.50 \text{ Nmm (MPa)}$$

- Perhitungan Teoritis Tegangan Leleh pada Benda Uji Balok

Contoh perhitungan pada benda uji Balok **A2B2**

$$P = 1063.667 \text{ kg}$$

$$Mn = Mu / \emptyset$$

$$= P (68\text{cm}) / 0.80$$

$$= (1063.667 \text{ kg}) 68 \text{ cm} / 0.80$$

$$= 90411.6667 \text{ kgcm}$$

$$= 9041166.67 \text{ Nmm}$$

$$Mn = T x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$9041166.67 = T x \left(206.5 - \frac{a}{2}\right)$$

$$T = \frac{9041166.67}{\left(206.5 - \frac{a}{2}\right)}$$

$$\text{Gaya Tarik} = \text{Gaya Tekan}$$

$$T = Cc$$

$$\frac{9041166.67}{\left(206.5 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 f'c(b) a$$

$$\frac{9041166.67}{\left(206.5 - \frac{a}{2}\right)} = 0.85 (29.383)(180)(a)$$

$$a^2 - 413a + 4022.156 = 0$$

Dari akar persamaan diatas, didapatkan nilai a sebesar 9.980 mm. kemudian nilai a dimasukkan pada persamaan T.

$$T = \frac{9041166.67}{\left(206.5 - \frac{9.980}{2}\right)} = 44867.019N$$

Besarnya nilai tegangan dihitung dengan beban yang berasal dari nilai T.

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{44867.019}{(10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 3)} = 155.78 \text{ Nmm (MPa)}$$

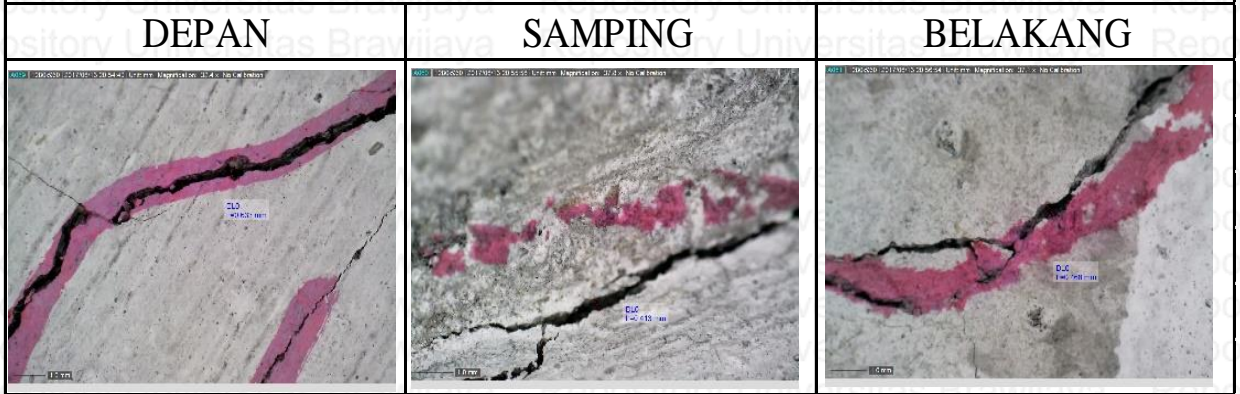
### Lampiran 13 Lebar Retak



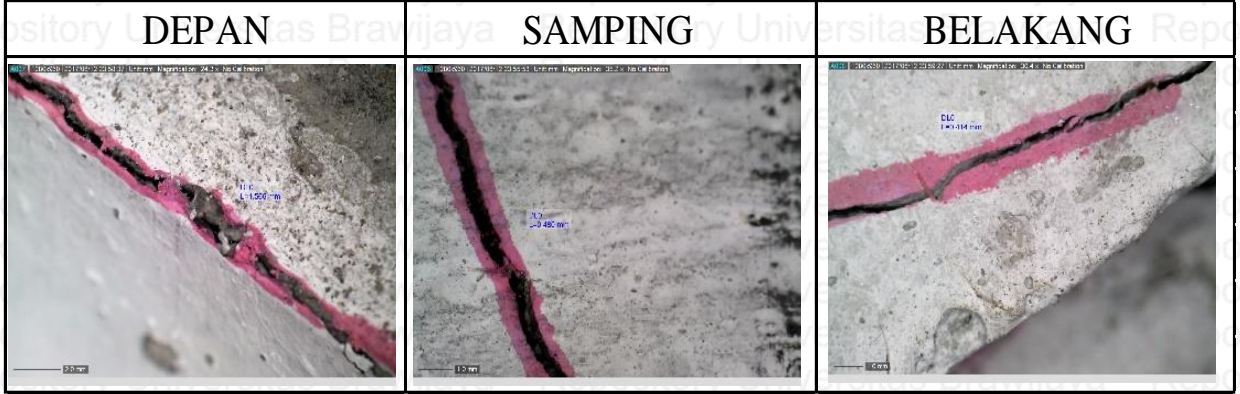
A1B1-1



A1B1-2



A1B1-3





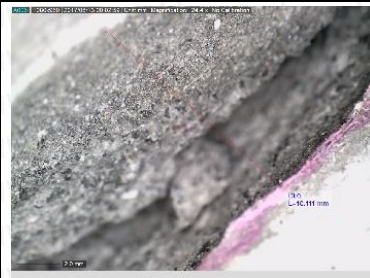
A2B1-1		
DEPAN	SAMPING	BELAKANG
A2B1-2		
DEPAN	SAMPING	BELAKANG
A3B1-3		
DEPAN	SAMPING	BELAKANG

A2B2-1

DEPAN

SAMPING

BELAKANG



A2B2-2

DEPAN

SAMPING

BELAKANG



A2B2-3

DEPAN

SAMPING

BELAKANG



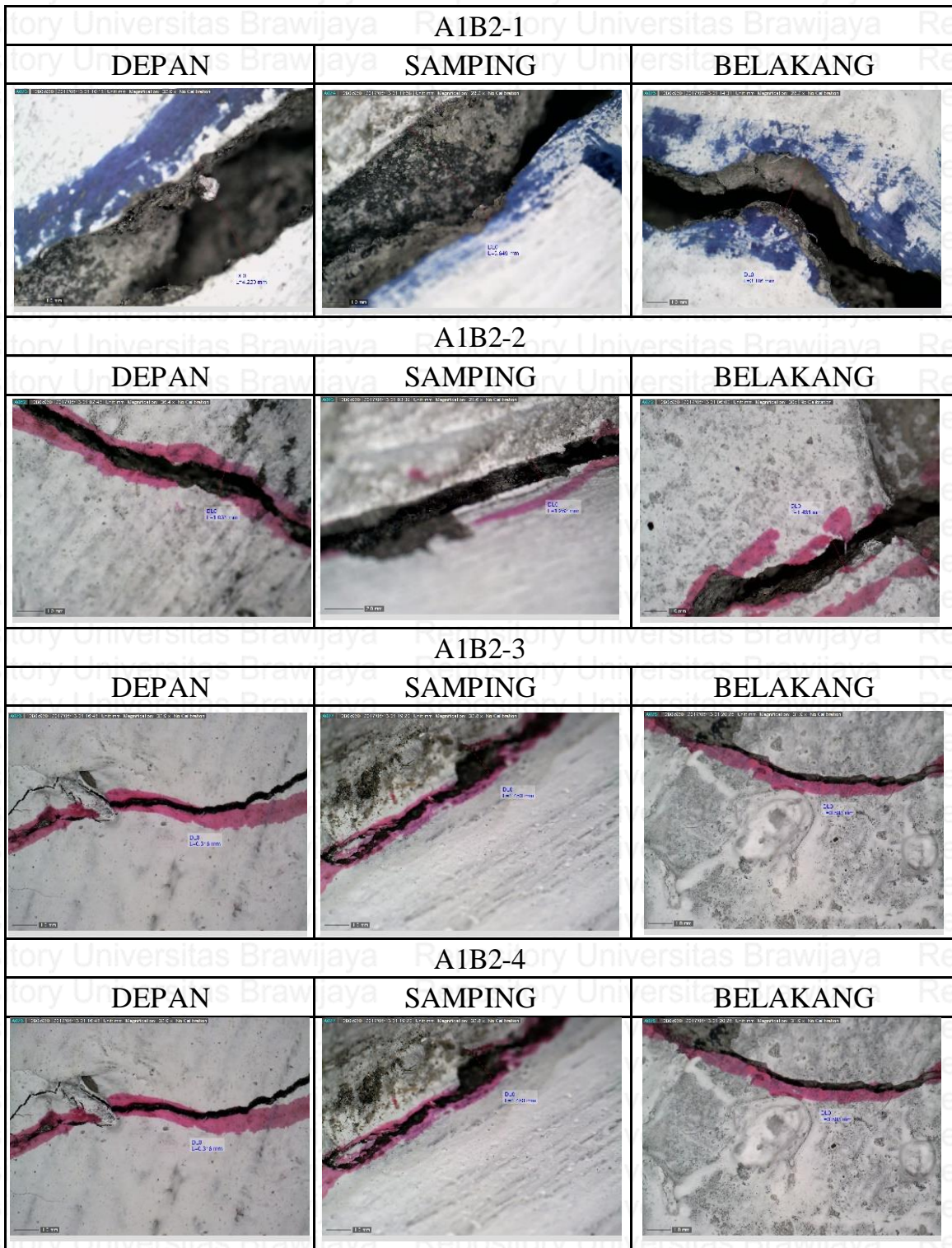
A2B2-4

DEPAN

SAMPING

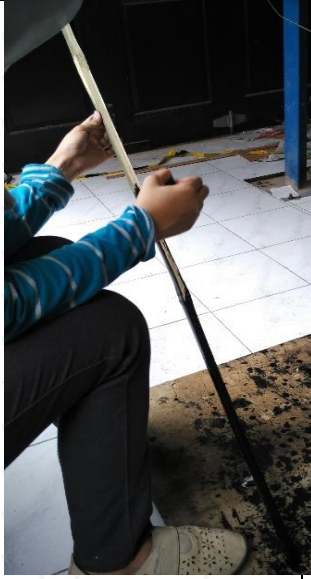
BELAKANG





### Lampiran 14 Dokumentasi Pembuatan Benda Uji

#### Pengecatan Tulangan Bambu



#### Pemasangan Klem Selang pada Tulangan



#### Pemberian Lapisan Sikadur dan Penaburan Pasir

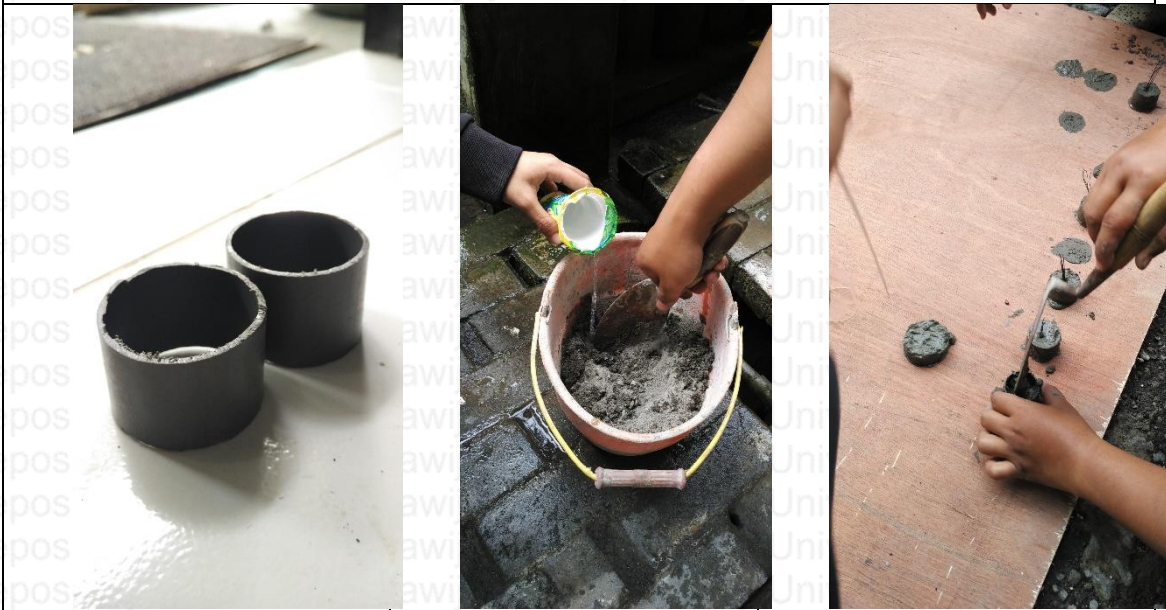




**Pemasangan Tulangan Senggang**



**Pembuatan Selimut Beton (Beton Decking)**



**Sambungan Balok-kolom**



**Pemberian Oli dan peletakan Rangkaian Tulangan Pada Bekisting**



**Persiapan Pengecoran**



**Pengecoran**



**Pengujian Slump**



**Pengujian Tekan Silinder**



**Persiapan Pengujian Siklik**



**Pengujian Siklik**



**Pengamatan Panjang dan Lebar Retak Balok**



