TUGAS AKHIR RC14-1501

STUDI PERILAKU SAMBUNGAN BALOK – KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS AKIBAT BEBAN SIKLIK

I WAYAN DODY SEPTIANTA
NRP. 3112 106 009

Dosen Pembimbing :
Budi Suswanto, ST. MT. Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

TUGAS AKHIR RC14-1501

STUDI PERILAKU SAMBUNGAN BALOK – KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS AKIBAT BEBAN SIKLIK

I WAYAN DODY SEPTIANTA
NRP. 3112 106 009

Dosen Pembimbing :
Budi Suswanto, ST. MT. Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

FINAL PROJECT RC14-1501

BEHAVIOR STUDY OF BEAM-COLOUMN CONNECTION WITH BOLTED JOINT AND WELDED JOINT DUE TO CYCLIC LOAD

I WAYAN DODY SEPTIANTA
NRP. 3112 106 009

Supervisor :
Budi Suswanto, ST. MT. Ph.D

DEPARTEMENT of CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

FINAL PROJECT RC14-1501

BEHAVIOR STUDY OF BEAM-COLOUMN CONNECTION WITH BOLTED JOINT AND WELDED JOINT DUE TO CYCLIC LOAD

I WAYAN DODY SEPTIANTA
NRP. 3112 106 009

Supervisor :
Budi Suswanto, ST. MT. Ph.D

DEPARTEMENT of CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

STUDI PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS AKIBAT BEBAN SIKLIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
I WAYAN DODY SEPTIANTA
NRP. 3112 106 009

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D. ..... (Pembimbing I)
NIP. 197301281998021002

SURABAYA
JULI, 2015

STUDI PERILAKU SAMBUNGAN BALOK – KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS AKIBAT BEBAN SIKLIK

Nama Mahasiswa	**: I Wayan Dody Septianta**
NRP	**: 3112 106 009**
Jurusan	**: Teknik Sipil FTSP – ITS**
Dosen Pembimbing	**: Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**

Abstrak

Dalam perencanaan desain struktur baja, sambungan harus didesain lebih kuat dibandingkan elemen yang disambung, untuk menghindari terjadinya pelelehan pada sambungan yang menyebabkan kegagalan sambungan tersebut. Selain itu, pada perencanaan sambungan, pemilihan jenis sambungan dan elemen-elemen yang digunakan juga berpengaruh terhadap kekuatan dan perilaku sambungan itu sendiri. Diharapkan selama gempa tidak terjadi pelelehan pada bagian sambungan.

Pada tugas akhir ini, fokus mempelajari perilaku sambungan baut dan sambungan las terhadap beban siklik dengan program bantu Finite Element. Beberapa parameter rencana desain sambungan yang digunakan yaitu menggunakan profil WF dan stiffener pada balok dan kolom. Kemudian diberi beban siklik di ujung baloknya. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh beban siklik yang digunakan terhadap tegangan yang terjadi di sambungan baut dan sambungan las tersebut.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, diperoleh nilai tegangan lentur sambungan baut pada daerah tarik balok sebesar 286.185 MPa, pada daerah tekan balok sebesar 286.987 MPa. Sedangkan untuk sambungan las memiliki nilai tegangan pada daerah tarik balok sebesar 287.590 MPa, pada daerah tekan balok sebesar 287.105 MPa. Dimana, kedua sambungan ini telah melewati batas leleh fy = 250MPa. Dari perbandingan dua sambungan di atas, dengan pemberian beban dan penampang

yang sama, sambungan baut lebih kuat dibandingkan sambungan las dikarenakan nilai tegangan pada sambungan baut lebih rendah.

Kata kunci : Sambungan Baut, Sambungan Las, Beban Siklik, Balok, Kolom, Tegangan.

BEHAVIOR STUDY OF BEAM – COLOUMN CONNECTION WITH BOLTED JOINT AND WELDED JOINT DUE TO CYCLIC LOAD

Student Name	**: I Wayan Dody Septianta**
NRP	**: 3112 106 009**
Departement	**: Civil Engineering, FTSP - ITS**
Supervisor	**: Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**

Abstract

In design of steel structures, connection should be designed to be more powerful than the elements which are conneted, to avoid yielding in connection that caused the connection failure. In addition to the joint planning, selection of connection types and elements are used also affects the strength and behavior of the connection itself. To be expected during the earthquake, connection did not yielding.

This final project focus studying the behavior of the bolt joints and weld joints due to cyclic loading with using Finite Element program. Some parameters of the design plan of the connection that is using WF and stiffener profiles on the beams and columns. Then given at the end of the cyclic load beam. The purpose of this thesis was to determine the effect of cyclic loads are used to the stress that occurs in connection bolt and the welded connection.

Based on the analysis, stress value on the bolt connection in the tensile area for 286.185 MPa, in the pressure area for 286.987 MPa. For welded joints, have a tensile stress values for 287.590 MPa, in the pressure area for 287.105 MPa. Where is, both connection has passed the yielding limit fy = 250Mpa. From the comparison of the two connections at the top, with the provision of the load and the same cross-section, the stronger connection is bolt connection, because stress value at the bolt connection lower than the welded connection.

Keyword : Bolt Connection, Weld Connection, Cyclic Load, Beams, Columns, Voltage.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Studi Perilaku Sambungan Balok – Kolom Dengan Menggunakan Sambungan Baut dan Sambungan Las Akibat Beban Siklik" sebagai salah satu syarat menyelesaikan program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember .

Tersusunnya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, dan saudara-saudara tercinta, sebagai penyemangat terbesar, dan yang telah banyak memberi dukungan moral maupun materil serta doa.
2. Bapak Budi Suswanto,ST., MT., Ph.D, selaku dosen pembimbing serta Kepala Jurusan Teknik Sipil, FTSP – ITS yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Budi Suswanto, ST. MT. PhD. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Segenap staf pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Sahabat-sahabat serta rekan-rekan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini, sehingga dapat menambah pengetahuan baru dan bermanfaat bagi yang membaca .

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan iv
Abstrak v
Kata Pengantar ix
Daftar Isi xi
Daftar Gambar xv
Daftar Tabel xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum 5
2.2 Klasifikasi Jenis Sambungan 5
2.2.1 Tipe Sambungan 5
2.2.2 Jenis Sambungan 6
2.3 Jurnal – jurnal Sebelumnya 7
2.4 Material dan Section Properties Spesimen 10
2.5 Tahap Pengujian Eksperimental 12
2.6 Prosedur Pengujian Eksperimental 16
2.7 Hasil Pengujian Eksperimental 17
2.7.1 Sambungan Baut (DWA dan TSD) 17
2.7.2 Sambungan Las Penuh (FW) 21
2.7.3 Kesimpulan Pengujian Eksperimental 22

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir 25
3.2 Studi Literatur 26
3.3 Perencanaan Dimensi Penampang 26
3.3.1 Data-data Perencanaan 27
3.3.2 Perhitungan Profil WF 28
3.4 Kontrol Dimensi 28

3.4.1 Kontrol Penampang Balok 29
3.4.2 Kontrol Penampang Kolom 33
3.5 Perencanaan Sambungan 35
3.5.1 Sambungan Baut 35
3.5.2 Sambungan Las 39
3.6 Verifikasi Hasil *Software Finite Element Analysis* 41
BAB IV KONTROL PENAMPANG
4.1 Data-data Perencanaan 43
4.2 Perencanaan Dimensi 43
4.2.1 Perhitungan Dimensi Balok WF 500.200.11.19 43
4.2.1 Perhitungan Dimensi Kolom WF 400.400.21.21 46
BAB V PERENCANAAN SAMBUNGAN
5.1 Sambungan Baut 51
5.2 Sambungan Las 59
BAB VI PEMODELAN DAN ANALISA HASIL
6.1 Pemodelan Dengan *Finite Element* 63
6.2 *Pre-Processing* 63
6.2.1 *Part* 63
6.2.2 *Property* 67
6.2.3 *Section Assigment* 68
6.2.4 *Assembly* 69
6.2.5 *Step* 73
6.2.6 *Interaction* 73
6.2.7 *Boundary Condition* 74
6.2.8 *Load* 75
6.2.9 *Mesh* 79
6.3 *Processing* 79
6.4 Analisa Hasil 80
6.4.1 Hasil Sambungan Baut 81
6.4.2 Hasil Sambungan Las 86
6.4.3 Perbandingan Hasil *Finite Element Analysis* 91

6.5 Validasi Analisa Hasil Pemodelan Dengan Penghitungan Manual 95
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN
7.1 Kesimpulan 97
7.2 Saran 98
DAFTAR PUSTAKA 99
LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat material pada sambungan jurnal sebelumnya	11
Tabel 2.2	Sifat balok dan kolom jurnal sebelumnya	11
Tabel 2.3	Sifat geometris sambungan baut jurnal sebelumnya	11
Tabel 2.4	Program pengetesan benda uji jurnal sebelumnya	17
Tabel 6.1	*Plastic strain* BJ41	68
Tabel 6.2	*Plastic strain* baut mutu HTB A-490	68
Tabel 6.3	*Plastic strain* las mutu F_{E80xx}	68
Tabel 6.4	Nilai *amplitude* beban siklik	77
Tabel 6.5	Nilai regangan sayap atas balok pada sambungan baut	82
Tabel 6.6	Nilai tegangan sayap atas balok pada sambungan baut	82
Tabel 6.7	Nilai regangan sayap bawah balok pada sambungan baut	83
Tabel 6.8	Nilai tegangan sayap bawah balok pada sambungan baut	83
Tabel 6.9	Nilai regangan badan balok pada sambungan baut	84
Tabel 6.10	Nilai tegangan badan balok pada sambungan baut	84
Tabel 6.11	Nilai regangan *panel zone* kolom pada sambungan baut	85
Tabel 6.12	Nilai tegangan *panel zone* kolom pada sambungan baut	85
Tabel 6.13	Nilai regangan sayap atas balok pada sambungan las	86
Tabel 6.14	Nilai tegangan sayap atas balok pada sambungan las	87

Tabel 6.15 Nilai regangan sayap bawah balok pada sambungan las 88
Tabel 6.16 Nilai tegangan sayap bawah balok pada sambungan las 88
Tabel 6.17 Nilai regangan badan balok pada sambungan las 89
Tabel 6.18 Nilai tegangan badan balok pada sambungan las 89
Tabel 6.19 Nilai regangan *panel zone* kolom pada sambungan las 90
Tabel 6.20 Nilai tegangan *panel zone* kolom pada sambungan las 90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh sambungan baut 6
Gambar 2.2 Contoh sambungan las 7
Gambar 2.3 Sambungan balok-kolom jurnal sebelumnya 8
Gambar 2.4 Detail sambungan balok-kolom jurnal sebelumnya 8
Gambar 2.5 Jenis perkuatan sambungan jurnal sebelumnya ... 9
Gambar 2.6 Detail profil jurnal sebelumnya 10
Gambar 2.7 Pemodelan alat tes eksperimental 12
Gambar 2.8 Pelaksanaan pengujian eksperimental..... 13
Gambar 2.9 Hasil pengujian eksperimental..... 14
Gambar 2.10 Reaksi yang terjadi di *panel zone* 14
Gambar 2.11 Tata letak panel pengukuran regangan 15
Gambar 2.12 Tata letak sudut regangan 16
Gambar 2.13 Pengikatan yang terjadi pada spesimen DWA... 18
Gambar 2.14 Kegagalan sambungan badan balok pada spesimen DWA 19
Gambar 2.15 Grafik beban siklik dibandingkan regangan pada spesimen TSD 19
Gambar 2.16 Engsel plastis pada siku spesimen TSD..... 20
Gambar 2.17 Deformasi pada siku spesimen TSD 21
Gambar 2.18 Garis patahan pada siku spesimen TSD..... 21
Gambar 2.19 Kondisi las di sambungan sayap kolom dan badan balok spesimen FW 22
Gambar 2.20 Grafik beban siklik terhadap regangan spesimen FW 22
Gambar 2.21 Grafik beban siklik dibanding dengan *displacement* spesimen DWA 24
Gambar 2.22 Grafik beban siklik dibanding dengan *displacement* spesimen TSD 24
Gambar 2.23 Grafik beban siklik dibanding dengan *displacement* spesimen FW 24
Gambar 3.1 Diagram alir penulisan 25

Gambar 3. 2 Rencana sambungan balok-kolom 27
Gambar 3. 3 Contoh gambar sambungan baut..... 35
Gambar 3. 4 Jarak pemasangan sambungan baut 37
Gambar 3. 5 Contoh gambar sambungan las tumpul..... 40
Gambar 4. 1 Penampang balok profil WF 500.200.11.19 43
Gambar 4. 2 Penampang kolom profil WF 400.400.21.21 46
Gambar 4. 3 Hubungan balok dan kolom..... 48
Gambar 5. 1 Perencanaan sambungan baut 52
Gambar 5. 2 Garis netral sambungan baut..... 54
Gambar 5. 3 Kontrol kekuatan pelat sambungan baut..... 55
Gambar 5. 4 Kontrol sambungan las pada balok ke *endplate*..... 56
Gambar 5. 5 Sambungan bautyang direncanakan..... 58
Gambar 5. 6 Perencanaan sambungan las tumpul 59

Gambar 6. 1 *Dialog box* untuk *input part*..... 63
Gambar 6. 2 Pemodelan *part* kolom sambungan baut..... 64
Gambar 6. 3 Pemodelan *part* kolom sambungan las 64
Gambar 6. 4 Pemodelan *part* balok 65
Gambar 6. 5 Pemodelan *part endplate* 65
Gambar 6. 6 Pemodelan *part* baut 65
Gambar 6. 7 Pemodelan *part nut*..... 66
Gambar 6. 8 Pemodelan *part stiffner* kolom 66
Gambar 6. 9 Pemodelan *part stiffner* balok..... 66
Gambar 6. 10 Pemodelan isi las pada sayap balok..... 67
Gambar 6. 11 Prmodelan isi las pada badan balok..... 67
Gambar 6. 12 *Input section assignment* pemodelan 69
Gambar 6. 13 *Input section* pada pemodelan..... 69
Gambar 6. 14 *Create instance* pada pemodelan 70
Gambar 6. 15 Kolom sebelum *rotate* 70
Gambar 6. 16 Kolom setelah *rotate*..... 71
Gambar 6. 17 Balok sebelum *translate* 71
Gambar 6. 18 Balok sesudah *translate* 72

Gambar 6. 19 Pemodelan *assembly* sambungan baut 72
Gambar 6. 20 Pemodelan *assembly* sambungan las 72
Gambar 6. 21 Tahap pengisian step 73
Gambar 6. 22 *Interaction* (lekatan antar elemen) 74
Gambar 6. 23 *Boundary condition* (perletakan) 74
Gambar 6. 24 Permukaan balok yang akan diberi beban 75
Gambar 6. 25 *Loading history* beban siklik 77
Gambar 6. 26 Pemodelan tahap *load* 77
Gambar 6. 27 Beban siklik pada balok 78
Gambar 6. 28 Beban tarik pada balok 78
Gambar 6. 29 *Input meshing* pada pemodelan 79
Gambar 6. 30 *Input job* pada pemodelan 80
Gambar 6. 31 Titik-titik yang ditinjau pada sambungan baut 80
Gambar 6. 32 Titik-titik yang ditinjau pada sambungan las 81
Gambar 6. 33 Tegangan yang terjadi pada sambungan baut 81
Gambar 6. 34 Grafik tegangan-regangan sayap atas balok pada sambungan baut terhadap beban siklik 82
Gambar 6. 35 Grafik tegangan-regangan sayap bawah balok pada sambungan baut terhadap beban siklik 83
Gambar 6. 36 Grafik tegangan-regangan badan balok pada sambungan baut terhadap beban siklik 84
Gambar 6. 37 Grafik tegangan-regangan *panel zone* kolom pada sambungan baut terhadap beban siklik 85
Gambar 6. 38 Tegangan yang terjadi pada sambungan las 86
Gambar 6. 39 Grafik tegangan-regangan sayap atas balok pada sambungan las terhadap beban siklik 87
Gambar 6. 40 Grafik tegangan-regangan sayap bawah balok pada sambungan las terhadap beban siklik 88

Gambar 6. 41 Grafik tegangan-regangan badan balok pada sambungan las terhadap beban siklik..... 89
Gambar 6. 42 Grafik tegangan-regangan *panel zone* kolom pada sambungan las terhadap beban siklik 90
Gambar 6. 43 Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah tarik balok 91
Gambar 6. 44 Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah tekan balok 92
Gambar 6. 45 Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah geser balok 93
Gambar 6. 46 Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah geser kolom (*panel zone*) 94

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Baja memiliki sifat daktalitas yang dapat dimanfaatkan pada saat memikul gaya gempa. Daktail adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun regangan sebelum terjadi kegagalan (Salmon, 1991). Banyaknya gedung-gedung tinggi yang kurang memanfaatkan sifat daktilitas tersebut yang mengakibatkan kegagalan struktur pada sambungan. Prinsip dasar sambungan adalah disain dapat menjalani deformasi jauh melampaui batas elastis tanpa kehilangan kapasitas kekuatan. Sambungan harus direncanakan lebih kuat dari pada komponen yang disambung, diharapkan selama gempa tidak terjadi pelelehan pada bagian sambungan. Disain modern untuk sruktur baja biasanya menggunakan sambungan baut dan sambungan las.

Elemen utama bangunan rangka baja terdiri dari dua komponen struktur utama, yaitu kolom dan balok. Dalam prakteknya, analisis hubungan balok dan kolom rangka baja konvensional biasanya diasumsikan semi kaku atau sepenuhnya kaku *(fully rigid)*. Pernyataan tersebut didukung oleh penyelidikan eksperimental yang menunjukkan bahwa perilaku sambungan idealnya dibuat semi kaku dan sepenuhnya kaku (Jones, Kirby, dan Nethercot 1982, lihat juga pada Min Yang dan Moon Kim 2006). Pada penelitian sebelumnya, oleh Elnashai dan Elghazouli (2003) menyatakan bahwa kekakuan dan kapasitas sambungan mempengaruhi jumlah, lokasi, dan luasan sendi plastis yang ada di beberapa bagian rangka baja. Pernyataan tersebut diperkuat oleh penelitian dari Min Yang dan Moon Kim (2006) tentang kinerja rangka baja dengan sambungan baut (semi kaku) dibandingkan dengan sambungan las (sepenuhnya kaku) pada hubungan balok-

kolom akibat beban siklik. Hasilnya, didapatkan kesimpulan apabila sambungan baut digabungkan dengan sambungan las, akan mempengaruhi kekakuan, perilaku struktur, dan daktilitas. Dimana, jika struktur portal diberi beban gempa secara berulang, seperti tekanan berulang yang teratur pada suatu bagian, akan menimbulkan retakan akibat kelelahan struktur (Kondo dan Okuya 2006).

Dari beberapa pertimbangan di atas, Tugas Akhir ini fokus mempelajari perilaku sambungan baut dengan sambungan las dengan diberi beban siklik pada ujung balok. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh beban siklik tersebut terhadap tegangan yang terjadi pada sambungan. Untuk permodelan sambungan baut dan sambungan las menggunakan program bantu *Finite Element.* Kemudian hasilnya di analisa dengan membuat kurva hubungan antara sambungan dengan perilaku yang ditinjau.

Hasil dari studi perilaku sambungan ini diharapkan mendapatkan pengetahuan akan perilaku sambungan dan mengurangi keruntuhan pada konstruksi bangunan di Indonesia yang salah satunya disebabkan oleh gempa.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan utama yang akan dibahas dalam studi ini adalah :

1. Bagaimana analisa sambungan balok dengan kolom menggunakan sambungan baut dan sambungan las dengan perhitungan rumus-rumus empiris bila dibandingkan dengan program bantu *Finite Element Analysis*?
2. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur sambungan baut dan sambungan las dengan program bantu *Finite Element Analysis*?
3. Bagaimana kontur tegangan yang terjadi pada hubungan balok-kolom khususnya pada sendi plastis?

4. Bagaimana distribusi regangan dan tegangan pada sambungan yang direncanakan terhadap perilaku beban siklik?

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini, antara lain :

1. Mengetahui analisa sambungan balok dengan kolom menggunakan sambungan baut dan sambungan las dengan perhitungan rumus-rumus empiris bila dibandingkan dengan program bantu *Finite Element Analysis*.
2. Mengetahui bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur sambungan baut dan sambungan las dengan program bantu *Finite Element Analysis*.
3. Mengetahui kontur tegangan yang terjadi pada hubungan balok-kolom khususnya pada sendi plastis.
4. Mengetahui distribusi regangan dan tegangan pada sambungan yang direncanakan terhadap perilaku beban siklik?

1.4. Batasan Masalah

Lingkup pembahasan yang akan dianalisa mencakup :

1. Analisa ini hanya membandingkan sambungan baut dengan sambungan las dalam sambungan balok ke kolom saja.
2. Tidak mendesain struktur secara keseluruhan, sehingga analisa ini tidak meninjau biaya, manajemen proyek, dan segi arsitektural.
3. Beban yang diberikan pada analisa ini hanya beban satu kali siklik.
4. Perencanaan sambungan hanya meninjau lokasi sambungan dengan gaya terbesar.

1.5. Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan terhadap dunia keteniksipilan dalam perencanaan sambungan pada struktur bangunan baja khususnya hubungan balok dan kolom.
2. Sebagai bahan pertimbangan untuk hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalkan.
3. Sebagai bahan pembelajaran tentang perilaku sambungan pada struktur bangunan baja sesuai dengan yang didesain sehingga dapat membuat permodelan sambungan dengan program bantu *Finite Element*.
4. Sebagai ilmu pengetahuan yang mungkin dapat digunakan dalam dunia kerja**.**

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Prinsip dasar sambungan adalah didesain untuk bisa menjalani deformasi jauh melampaui batas elastis tanpa kehilangan kapasitas kekuatan. Sambungan harus direncanakan lebih kuat dari pada komponen yang disambung, diharapkan selama gempa tidak terjadi pelelehan pada bagian sambungan. Sambungan yang baik adalah semi kaku (*semi rigid*) atau sepenuhnya kaku (*fully rigid*).

Dalam tinjauan pustaka untuk Tugas Akhir ini menjelaskan tentang penelitian yang telah dilakukan oleh Min Yang dan Moon Kim (2006) dimana mereka melakukan studi eksperimental tentang sambungan balok dan kolom pada struktur baja dengan menggunakan sambungan baut dan las dan diberi beban siklik. Perencanaan sambungan menggunakan sambungan dua dimensi dengan penampang balok dan kolom WF untuk membandingkan perilaku dari sambungan baut dan sambungan las akibat beban siklik. Kemudian akan dianalisa dengan perhitungan analitik (manual) dan bantuan *software Finite Element Analysis* untuk mendapatkan perilaku penampang tersebut terhadap gaya-gaya yang bekerja.

2.2. Klasifikasi Jenis Sambungan

Semua sambungan mempunyai tahanan terhadap perputaran sudut antara batang-batang yang disambung bila ada beban yang berkerja padanya.

2.2.1. Tipe Sambungan

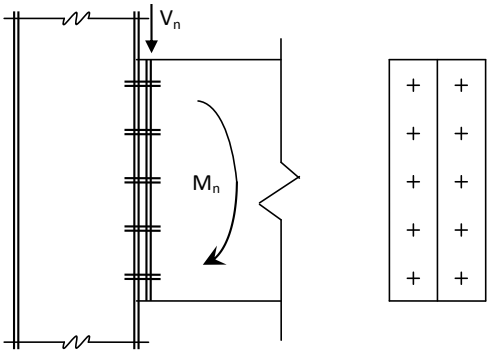
Tipe sambungan berdasarkan kemampuan terhadap perputaran dibagi menjadi 2 type yaitu:

a. *Type Fully Restrained* (FR) adalah penahanan penuh atau kaku, mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar.
b. *Type Partially Restrained* (PR) adalah penahanan tidak penuh, tidak cukup kaku untuk mempertahankan sudut akibat beban pada sambungan.

2.2.2. Jenis Sambungan

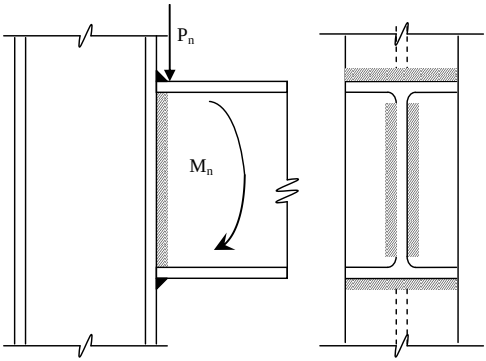
Klasifikasi sambungan berdasarkan perilaku sambungan adalah:

a) Sambungan Baut
   1. Lebih mudah dalam pemasangan/penyetelan konstruksi di lapangan.
   2. Konstruksi sambungan dapat dibongkar-pasang.
   3. Dapat dipakai untuk menyambung dengan jumlah tebal baja > 4d.
   4. Dengan menggunakan jenis *Baut Pass* maka dapat digunakan untuk konstruksi berat atau jembatan.



Gambar 2.1. Contoh sambungan baut

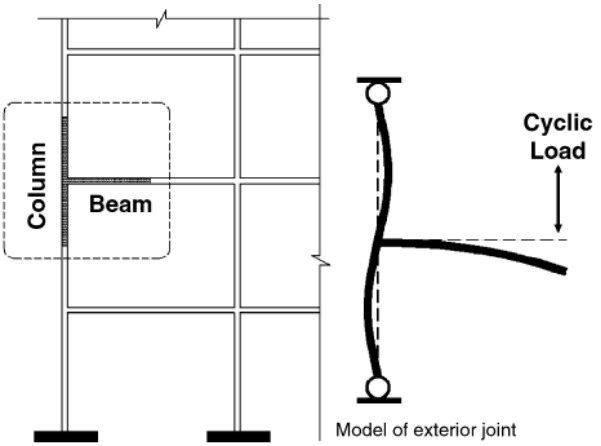
b) Sambungan Las
   1. Lebih murah dan lebih ringan
   2. Tidak ada pengurangan luas penampang
   3. Permukaan sambungan bisa dibuat rata
   4. Bahaya terhadap korosi kurang
   5. Mudah pembersihannya
   6. Tampak lebih bagus



Gambar 2.2. Contoh sambungan las

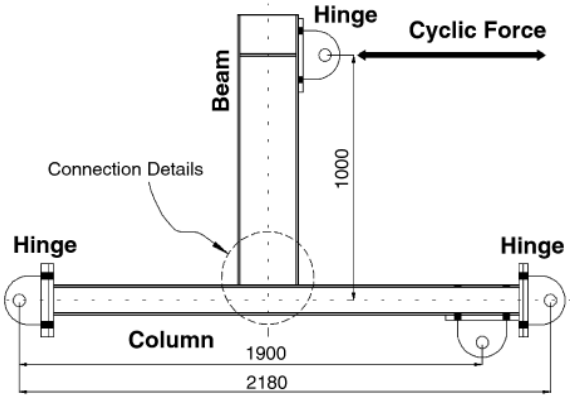
2.3. Jurnal – jurnal Sebelumnya

Berdasarkan penelitian Min Yang dan Moon Kim (2006) sambungan balok dan kolom yang akan diteliti adalah sambungan balok-kolom eksterior. Dimana, sambungan balok-kolom ini akan diberi dua macam sambungan, yaitu sambungan baut dan las. Kemudian, sambungan ini akan diberi beban siklik. Efek gaya aksial kolom dan geser balok pada perilaku sambungan diabaikan.



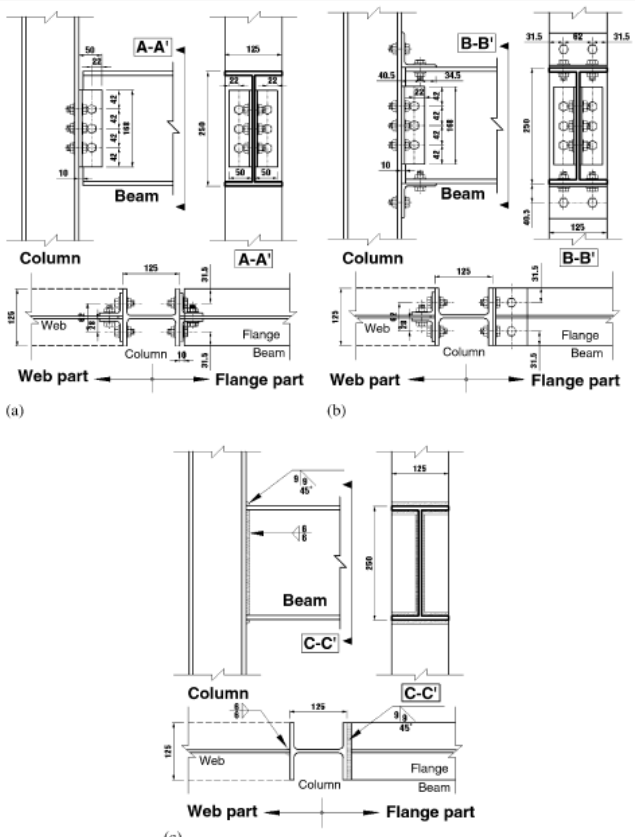
Gambar 2.3. Sambungan balok-kolom jurnal sebelumnya

Sambungan yang akan ditinjau akan terdiri dari balok yang melekat pada kolom dengan cara pemberian tiga perkuatan yang berbeda jenis, seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Detail sambungan balok – kolom jurnal sebelumnya

Jenis perkuatan sambungan yang akan diteliti ada tiga jenis, terlihat pada Gambar. 2.5. (a)-(c). Dimana, Gambar 2.5.(a) adalah sambungan balok-kolom yang dibaut pada badan balok dan badan kolom, yang selanjutnya akan disebut Sambungan Baut 1 (DWA). Gambar 2.5.(b) adalah sambungan balok-kolom yang dibaut pada badan balok dan badan kolom, tetapi juga pada di sayap balok, yang selanjutnya akan disebut Sambungan Baut 2 (TSD) dan Gambar 2.5. (c) adalah sambungan las penuh (FW).



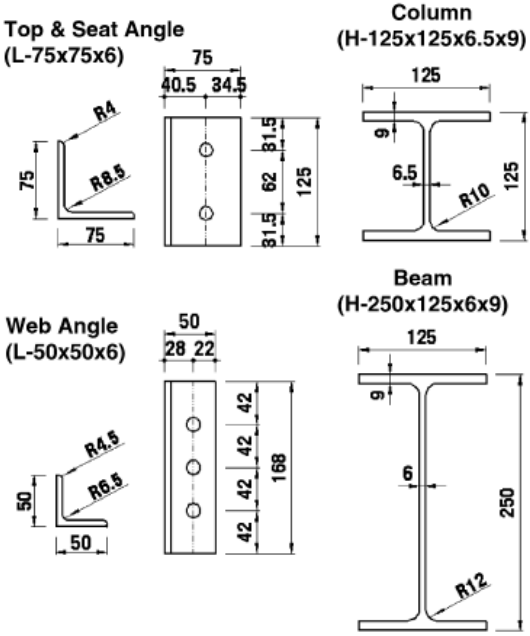
Gambar 2.5. Jenis perkuatan sambungan jurnal sebelumnya

2.4. Material dan *Section Properties* Spesimen

Dalam studi eksperimental di atas, direncanakan sambungan balok kolom dengan profil sebagai berikut:

- Tegangan leleh (fy) : 307 - 350 MPa
- Tegangan putus (fu) : 423 - 471 MPa
- Tipe profil yang digunakan :

  Kolom : WF 125 x 125 x 6.5 x 9
  Balok : WF 250 x 125 x 6 x 9
  Siku : L 75 x 75 x 6 dan L 50 x 50 x 6
  Diameter baut : M12
  Tebal las : 6 – 9 mm



Gambar 2.6. Detail profil jurnal sebelumnya

Tabel 2.1. adalah sifat material pada sambungan yang akan diteliti. Tabel 2.2. memberikan informasi sifat balok dan kolom serta sudut yang digunakan dalam

sambungan baut, dan pada Tabel 2.3 berisi informasi sifat geometris dari sambungan baut.

Tabel 2.1. Sifat material pada sambungan jurnal sebelumnya

Members		Steel grade	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Yield ratio	Elongation (%)
Beam	Flange	SS400	328	447	0.73	31.25
	Web		322	423	0.76	32.50
Column	Flange		347	466	0.74	27.50
	Web		333	461	0.72	33.75
Top & seat angles			307	432	0.72	32.50
Web angle			350	471	0.74	28.75
Average value	Flange		338	457	0.74	29.38
	Web		328	442	0.74	33.13
	Angle		329	452	0.73	30.94
Total average value			332	450	0.74	31.15

Tabel 2.2. Sifat balok dan kolom jurnal sebelumnya

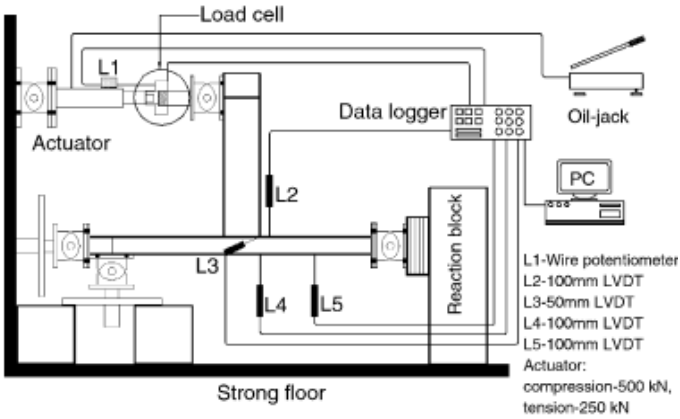
Element		Beam	Column	Top angle	Web angle
Area (mm^2)		3766	3031	873	564
Unit weight (N/m)		296	238	68.5	44.3
Moments of inertia ($\times 10^4\ mm^4$)	I_x	4050	847	46.1	12.6
	I_y	294	293	46.1	12.6
Radius of gyration (mm)	r_x	104	52.9	23	15
	r_y	27.9	31.1	23	15
Section modulus ($\times 10^3\ mm^3$)	S_x	324	136	1.48	3.55
	S_y	47	47	1.48	3.55

Tabel 2.3. Sifat geometris sambungan baut jurnal sebelumnya

Parameter	Web angle	Top and seat angle
Section size	L-50 × 50 × 6	L-75 × 75 × 6
Length (mm)	168	125
Gage (mm)	28	40.5
Pitch (mm)	42	63

2.5. Tahap Pengujian Eksperimental

Pengujian eksperimental yang dilakukan oleh oleh Min Yang dan Moon Kim (2006) menggunakan alat yang terlihat di Gambar 2.7. Pada pengujian ini disimulasikan dengan struktur rangka di sambungan balok-kolom eksterior, terdiri dari balok kantilever terhubung ke kolom dengan jenis sambungan perkuatan yang berbeda. Karakteristik tes yang diterima oleh kolom adalah horizontal, sedangkan balok adalah vertikal.



Gambar 2.7. Pemodelan alat tes eksperimental

Dari gambar 2.7. dapat dilihat bahwa spesimen dikunci pada ujung kolom dan bebas pada ujung satunya. Tes set-up terdiri dari lima komponen utama:

1. *Hydraulic ram* aksi ganda, yang disebut aktuator, untuk menerapkan gaya siklik.
2. Rangka yang kuat, yang terbuat dari baja, untuk mendukung aksi yang terjadi pada ram dan spesimen.
3. Spesimen yang digunakan dalam tes ini,
4. Reaksi blok yang mendukung spesimen.
5. *Logger* data dan komputer pribadi.

Aktuator yang memaksakan pemindahan beban memiliki kapasitas kompresi 500 kN, kapasitas tegangan 250 kN, dan kapasitas perpindahan ± 150 mm. Komponen pendukung yang digunakan dalam pengujian ini adalah *load cell*, *linear variable displacement transducers* (LVDT), pengukur tegangan, dan pengukur regangan.

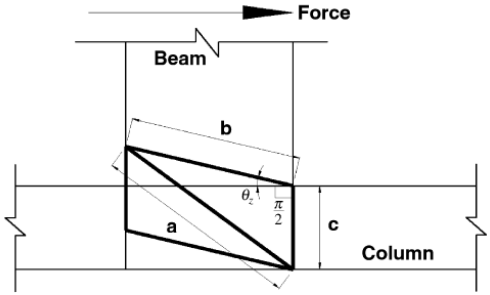
Spesimen diberikan beban siklik di ujung balok kantilever dengan simulasi melintang terhadap pembebanan gempa. *Load cell* dan perpindahan transduser (kawat *potensiometer*) yang dipasang di aktuator digunakan untuk mengukur beban siklik yang diterapkan di ujung balok kantilever dan *stroke aktuator* untuk kontrol perpindahan. Tidak ada bracing lateral yang didukung oleh spesimen, kemudian tekuk lateral diperiksa oleh *dial gauge*.

Gambar 2.8. Pelaksanaan pengujian eksperimental

Gambar 2.9. Hasil pengujian eksperimental

Gambar 2.8. menunjukkan persiapan pengaturan aktuator, kawat potensiometer, dan *dial gauge*. Untuk menyelidiki perilaku plastis balok, dua *dial gauges* diletakkan sejarak setengah dan seperempat dari panjang balok masing-masing.

Total perpindahan diukur dengan mudah oleh perpindahan *transduser* pada titik aplikasi beban. Pengukuran rotasi di sendi diberikan perhatian khusus. LVDT melekat pada sayap balok, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9. menunjukkan pengaturan instrumentasi untuk menghitung rotasi sendi di kolom.



Gambar 2.10. Reaksi yang terjadi di *panel zone*

Pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.10 rotasi zona panel (θ_z) dihitung dengan cara LVDT yang melekat pada badan kolom. Dengan menggunakan rumus cosinus :

$$cos\left(\frac{\pi}{2}+\theta_z\right)=\frac{a^2+b^2+c^2}{2bc}$$

Maka,

$$\theta_z=cos^{-1}\left(\frac{a^2+b^2+c^2}{2bc}\right)-\frac{\pi}{2}$$

$$a=\sqrt{b^2+c^2}\pm\delta_z$$

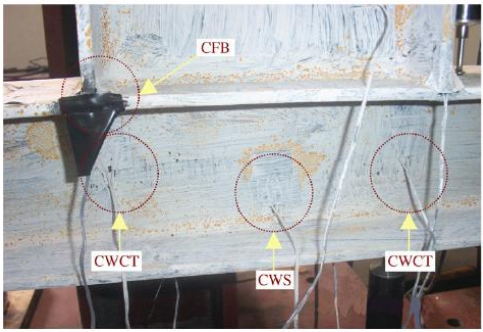
Dimana,

a : panjang diagonal dari zona panel yang mengalami deformasi.

δz : perpindahan yang diukur dari zona panel menggunakan LVDT.

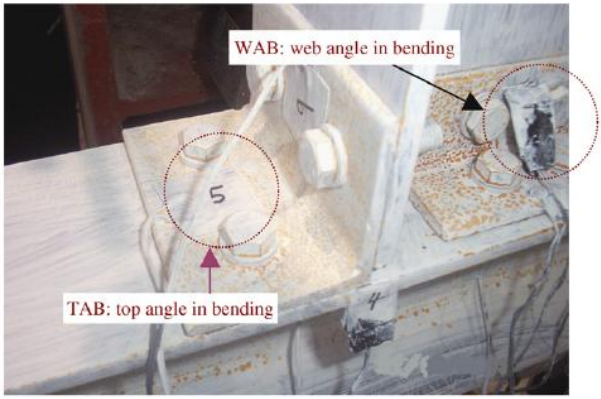
b & c : dimensi zona panel yang mengalami deformasi.

Pengukur regangan dimaksudkan untuk menangkap regangan yang berdekatan dengan badan dan sayap kolom, serta apapun yang mungkin terjadi di sudut sambungan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 dan 2.12.



Gambar 2.11. Tata letak panel pengukuran regangan

Dimana, CWCT adalah badan kolom dalam kondisi tarik, CWS adalah badan kolom dalam kondisi geser. CFB adalah sayap kolom dalam keadaan lentur.



Gambar 2.12. Tata letak sudut regangan

Karena perilaku kuantitatif dan kualitatif sama pentingnya, maka setiap spesimen harus dilapisi dengan kapur sebelum pengujian sehingga lokasi yang paling signifikan dapat diidentifikasi secara visual. Semua siku dibaut ke badan atau sayap balok dan sayap kolom dengan ukuran baut yang sama.

2.6. Prosedur Pengujian Eksperimental

Untuk mengukur beban siklik di akhir balok kantilever yang memuat perpindahan horizontal dari titik aplikasi untuk perpindahan kontrol, *load cell* dan kawat potensiometer yang dipasang di aktuator. Beban ditingkatkan terus menerus sampai mencapai kegagalan, dengan mancatat nilai tegangan dan LVDT direkam setiap kenaikan beban. Parameter deformasi yang akan digunakan untuk mengontrol riwayat pembebanan didefinisikan

sebagai kontrol perpindahan dibagi dengan jarak dari pusat aktuator dengan kolom. Oleh karena itu, tes dilakukan untuk mengendalikan pergeseran pada akhir balok.

Pada Tabel 2.4, menunjukkan pembebanan pada pengujian. Peningkatan nilai pergeseran karena aktuator pada akhir balok. Seperti disebutkan sebelumnya, nilai pergeseran digunakan dalam tes ini adalah untuk simulasi dampak gempa bumi dan penyebab kerusakan elastisitas di daerah sendi.

Setiap spesimen diberi perpindahan 3 mm yang diterapkan oleh aktuator dalam kompresi. Kemudian, spesimen itu dibongkar dan dimuat terbalik, diterapkan pada nilai negatif dari 3 mm perpindahan ketegangan, dan akhirnya ulang sampai bernilai nol.

Selanjutnya, peningkatan perpindahan 3 mm digunakan di awal sampai 18 mm tercapai. Kemudian kenaikan diubah menjadi 4, 5, dan 10 mm sampai 30, 50, dan 100 mm nilai perpindahan tercapai masing-masing. Beban ditambah langkah demi langkah sampai terjadi kegagalan pada sambungan.

Tabel 2.4. Program pengetesan benda uji jurnal sebelumnya

Step no.	1	2	3	...	6	...	9	10	...	13	14	...	18
Displacement (mm)	±3	±6	±9	...	±18	...	±30	±35		±50	±60		±100
Total rotation (%rad.)	0.32	0.64	0.96	...	1.92	...	3.20	3.73	...	5.33	6.40	...	10.67

2.7. Hasil Pengujian Eksperimental

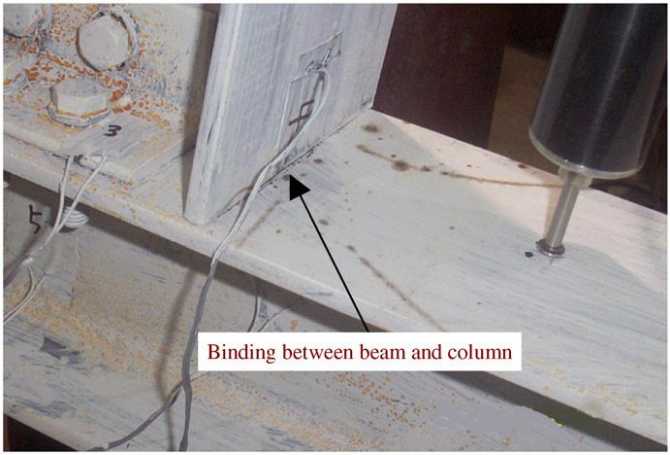
Pada pengujian eksperimental yang dilakukan oleh oleh Min Yang dan Moon Kim (2006) didapatkan hasil sebagai berikut :

2.7.1. Sambungan Baut (DWA dan TSD)

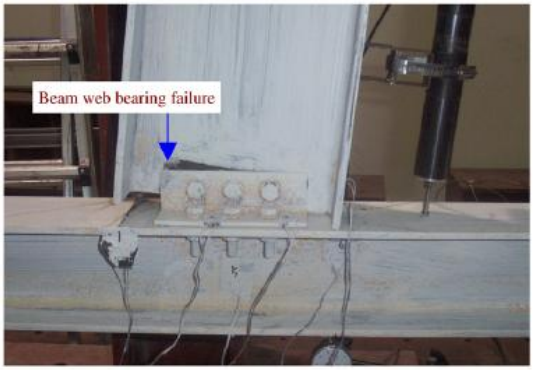
Untuk spesimen DWA, penyebab utama kegagalan ditemukan deformasi pertama kali di sekitar lubang baut (penyimpangan 1,0%).

Kemudian, terjadi kegagalan sendi plastis yang terbentuk di sudut web. Namun, tidak terlihat bahwa baut memiliki deformasi yang signifikan. Bahkan, ketika kolom digunakan untuk mendukung kegagalan akhir, dipengaruhi oleh faktor sayap balok telah tersambung dengan sayap kolom.

Ketika kontak terjadi (gambar 2.13), pengikatan terjadi dalam 11 langkah (penyimpangan 4.0%). Sebelum pengikatan menyebar, zona panel tidak mengalami deformasi. Pengujian dihentikan karena perpindahan maksimum telah tercapai Setup untuk ujian. Pemeriksaan spesimen setelah tes ini mengetahui bahwa ada tipe kegagalan lain, yaitu kegagalan pada bantalan badan balok (gambar 2.14).

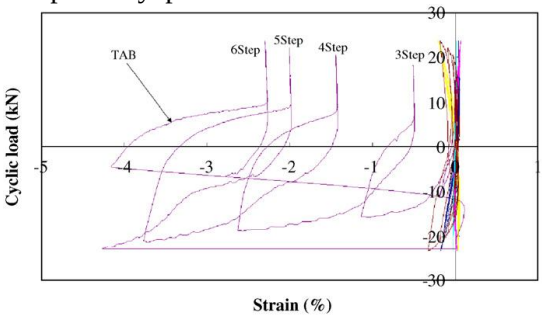


Gambar 2.13. Pengikatan yang terjadi pada spesimen DWA.

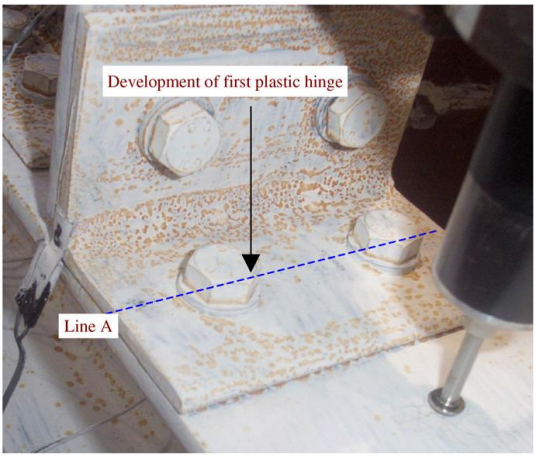


Gambar 2.14. Kegagalan sambungan badan balok pada spesimen DWA

Untuk spesimen TSD, diambil kesimpulan bahwa baut mengalami slip baut dimulai dari langkah awal. Dengan mengacu pada Gambar 2.15. dapat dilihat bahwa deformasi utama pertama dimulai dari sudut atas dan sudut bawah, dan sambungan mengalami lentur. Sehingga, deformasi ini berkembang menjadi barisan baut dari bagian atas dan bagian bawah sudut kaki yang melekat pada sayap kolom.



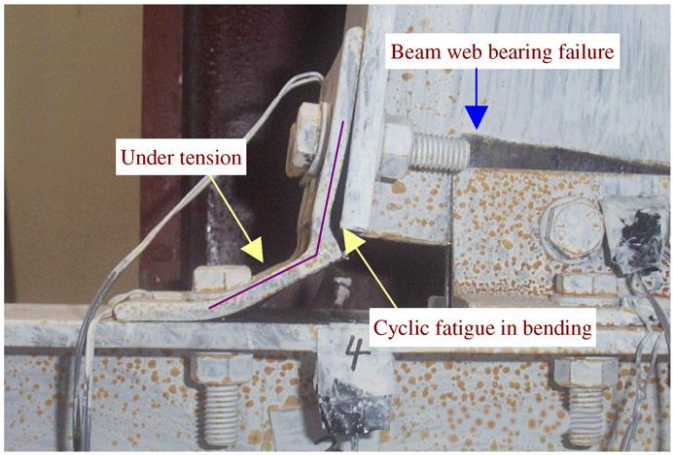
Gambar 2.15. Grafik beban siklik dibanding regangan pada spesimen TSD.



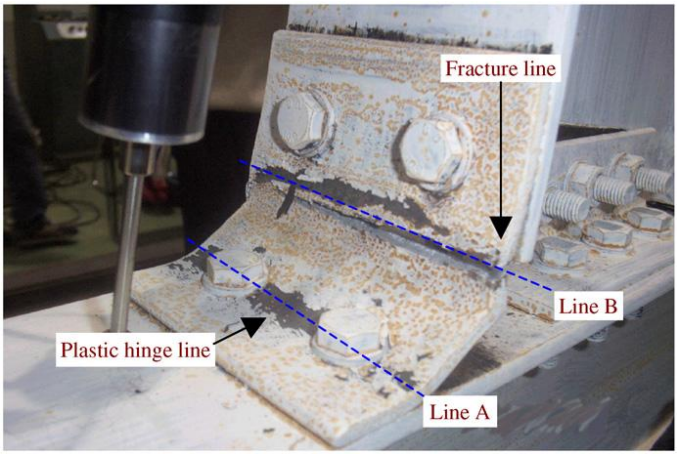
Gambar 2.16. Engsel plastis pada siku spesimen TSD

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.16, engsel plastis pertama (jalur A) terjadi di sepanjang garis baut di sudut atas dan bawah siku terjadi pada drift 1,0%. Tidak seperti pada spesimen DWA, setelah terjadi drift 5,3%, sedikit deformasi dapat diamati pada zona panel, tetapi deformasi ini tidak dikembangkan lagi pada langkah berikutnya. Tepat sebelum fraktur sudut, kaki sudut yang membentang membentuk deformasi besar, menunjukkan bahwa seluruh bagian mengalami tegangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17.

Meskipun sendi plastis pertama (jalur A) ditemukan di garis baut yang melekat pada sayap kolom, fraktur akhir dari sudut atas dan duduk ditemukan pada kedua engsel plastis (jalur B) yang melekat pada sayap balok akibat kelelahan lentur akibat beban siklik.



Gambar 2.17. Deformasi pada siku spesimen TSD



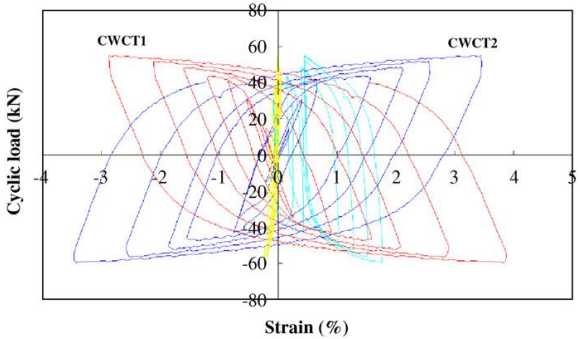
Gambar 2.18. Garis patahan pada siku spesimen TSD

2.7.2. Sambungan Las Penuh (FW)

Pada Gambar 2.19. sambungan las tidak gagal, tetapi sayap kolom menarik keluar *part* sekitarnya. Sehingga terjadi *fraktur* oleh rusak bertahap sayap kolom dan badan balok di hampir

antar muka las dan sayap kolom. Fraktur ini mengakibatkan kerugian hampir memenuhi total beban kapasitas.

Gambar 2.19. Kondisi las di sambungan sayap kolom dan badan balok spesimen FW



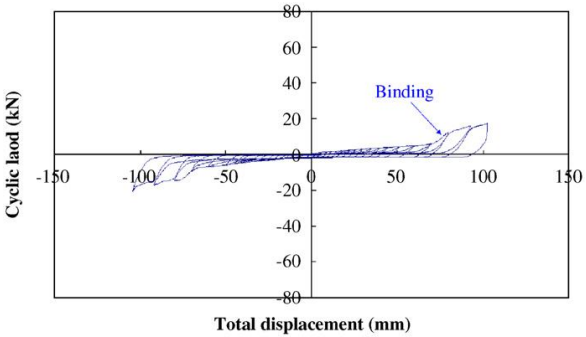
Gambar 2.20. Grafik beban siklik terhadap regangan spesimen FW

2.7.3. Kesimpulan Pengujian Eksperimen

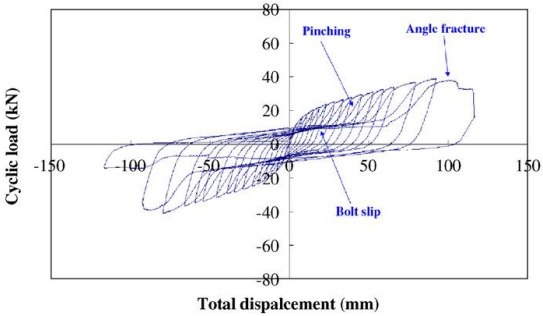
1. Untuk spesimen DWA, terjadi pertama kali jalur sendi plastis di badan siku. Setelah tes ini, terjadi kegagalan lain, yaitu kegagalan bantalan

badan balok. Khususnya, setelah pengikatan terjadi, deformasi terjadi di zona panel.

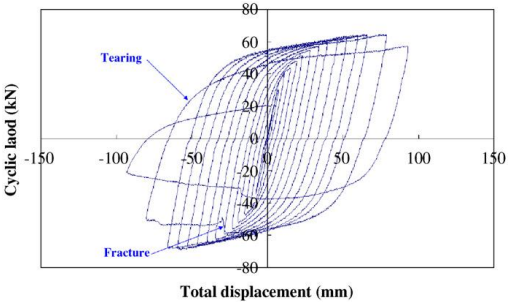
2. Untuk spesimen TSD, terjadi drift 1,0% di sudut atas dan bawah siku sepanjang garis baut. Meskipun sendi plastis pertama (jalur A) ditemukan di garis baut yang melekat pada sayap kolom, akhir fraktur sudut ditemukan di plastis kedua, yaitu pada garis engsel (jalur B) yang menempel pada sayap kolom, karena kelelahan akibat siklik dalam lentur. Akhirnya, baik sudut atas dan bawah pada siku terjadi keretakan.
3. Untuk spesimen FW, deformasi pertama terjadi di daerah badan kolom dalam kompresi atau wilayah yang diberi tegangan. Akhirnya, las pada sayap putus karena mengalami tarik dari kolom. Meskipun deformasi permanen kolom tidak bisa diamati dalam semua sendi dengan baut mutu tinggi, tetapi jelas diamati bahwa kolom yang digunakan di spesimen FW mengalami deformasi serius.
4. Dalam tes ini, perpindahan daktilitas frame dan daktilitas rotasi untuk sendi diperkirakan dari hasil tes siklik. Sekitar 2,5 dan 1,3 kali untuk spesimen DWA dan TSD bila dibandingkan dengan spesimen FW, dan daktilitas rotasi sebesar 2,2 dan 1,8 kali untuk spesimen DWA dan TSD bila dibandingkan dengan spesimen FW.



Gambar 2.21. Grafik beban siklik dibanding dengan *displacement* spesimen DWA



Gambar 2.22. Grafik beban siklik dibanding dengan *displacement* spesimen TSD

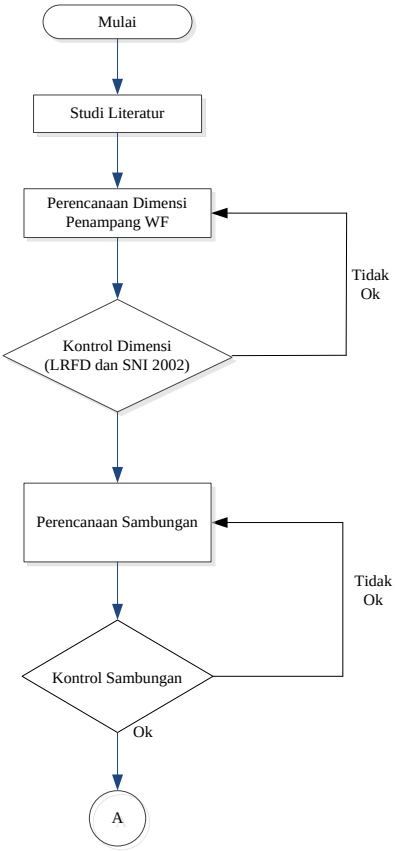


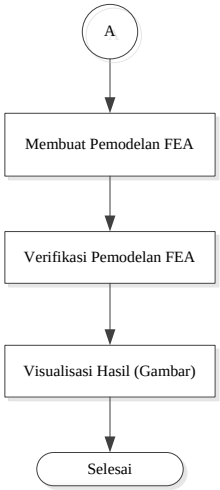
Gambar 2.23. Grafik beban siklik dibanding dengan *displacement* spesimen FW

BAB III
METODOLOGI

3.1. Diagram Alir

Pada bab ini akan dijelaskan uraian sistematika tentang langkah-langkah dari pengerjaan Tugas Akhir. Sistematika langkah-langkah Tugas Akhir akan disajikan dengan diagram alir penulisan tugas akhir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Diagram alir penulisan

3.2. Studi Literatur

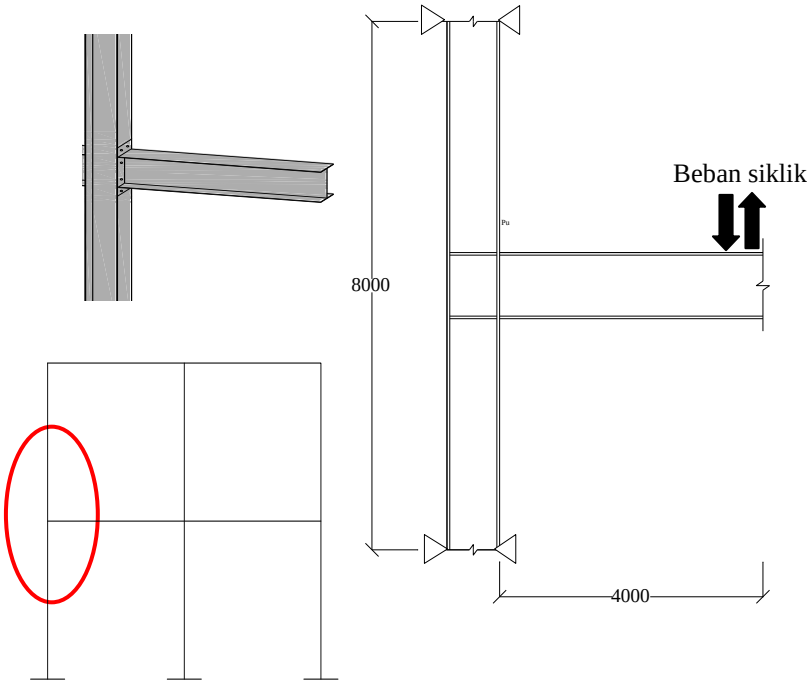
Studi literatur dilakukan dengan membaca, mengambil beberapa data referensi, dan juga kesimpulan dari beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan juga peraturan-peraturan yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Adapun beberapa referensi yang digunakan dalam studi literatur tugas akhir adalah:

1. Jurnal – jurnal penelitian terdahulu.
2. SNI 03–1729–2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.
3. Buku-buku referensi tentang perencanaan struktur baja.

3.3. Perencanaan Dimensi Penampang

Dalam Tugas Akhir ini direncanakan sambungan balok-kolom menggunakan profil WF. Sambungan balok kolom tersebut direncanakan dengan 2 penampang WF yang berbeda dengan masing-masing jenis perilaku. Kedua jenis sambungan tersebut akan dibandingkan dan akan

diketahui jenis penampang yang paling efektif dalam menahan beban siklik.



Gambar 3.2. Rencana sambungan balok-kolom

3.3.1. Data-data Perencanaan

Dalam penyelesaian tugas akhir ini direncanakan sambungan balok kolom dengan profil sebagai berikut:

- Mutu Baja : BJ41
- Tegangan Leleh (fy) : 250MPa
- Tegangan Putus (fu) : 410 Mpa
- Tinggi Kolom : 8 m
- Panjang Balok : 4 m

- Tipe profil yang digunakan :
  a. Kolom : *Wide Flange*
  b. Balok : *Wide Flange*

3.3.2. Perhitungan Profil WF

Perhitungan profil balok dihitung menurut SNI 03-1729-2002, Psl 15.7.2.3.

$$Mu = 1{,}1.Ry.Mp$$
$$= 1{,}1 \cdot Ry \cdot (fy \cdot Z) \qquad \textbf{(3.1)}$$

dimana,
Mu = Momen ultimate (Nmm)
Ry = Faktor modifikasi tegangan leleh
fy = Tegangan leleh bahan baja (Mpa)
Z = Plastis Modulus (cm^3)

Perhitungan profil kolom dihitung menurut SNI 03-1729-2002, Psl 9.3-61.

$$N_n = Ag \cdot f_{cr} = Ag \cdot \frac{fy}{\omega} \qquad \textbf{(3.2)}$$

dimana,
N_n = daya dukung nominal (N)
Ag = luas penampang bruto (mm^2)
Fcr = tegangan tekan kritis (MPa)
Fy = tegangan leleh (MPa)
Ω = faktor tekuk

3.4. Kontrol Dimensi

Setelah diketahui hasil dari perhitungan penampang profil balok dan kolom, maka dilakukan kontrol pada penampang tersebut sesuai dengan peraturan SNI 03-1729-2002.

3.4.1. Kontrol Penampang Balok

a. Kontrol Penampang (*Local Buckling*)

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2\,tf}$$

$$\lambda r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}}$$

$$\lambda p = \frac{170}{\sqrt{fy}} \qquad \textbf{(3.3)}$$

Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw}$$

$$\lambda r = \frac{2550}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} \qquad \textbf{(3.4)}$$

Penampang kompak

Syarat: $\lambda \leq \lambda p$

$Mn = Mp$

$= Z.\ fy$ **(3.5)**

Penampang tak kompak

Syarat: $\lambda p < \lambda \leq \lambda r$

$$Mn = Mp - (Mp - Mr)\frac{\lambda - \lambda p}{\lambda r - \lambda p}$$

$Mr = S\ (fy - fr)$ **(3.6)**

Penampang langsing

Syarat: $\lambda r \leq \lambda$

$$Mn = Mr\left(\frac{\lambda r}{\lambda}\right) \qquad \textbf{(3.7)}$$

dimana,

Mn = kuat lentur nominal penampang (Nmm)
Mp = momen plastis (Nmm)
Z = modulus penampang elastis (cm^3)
Mr = momen batas tekuk (Nmm)
S = modulus penampang elastis (cm^3)
f_r = tegangan tekan resiudal pelat sayap
= 70 MPa untuk baut
= 115 MPa untuk las
λ = perbandingan lebar dan tebal pelat
λp, λr = harga batas

b. Kontrol Tekuk Lateral (*Lateral Buckling*)

LB = Jarak Pengaku Lateral

Bentang Pendek (LB ≤ Lp)

$Mn = Mp \leq 1{,}5\ My$ **(3.8)**

Bentang Menengah (Lp ≤ LB ≤ LR)

$$Mn = Cb \left[M_R + (Mp - M_R) \frac{LR - LB}{LR - Lp} \right] \leq Mp \quad \textbf{(3.9)}$$

$$LR = \frac{ry\ X_1}{(fy - fr)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (fy - fr)^2}} \quad \textbf{(3.10)}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{Sc} \sqrt{\frac{EGJA}{2}};\ X_2 = 4 \frac{Cw}{fy} \left[\frac{Sx}{Gs} \right]^2 \quad \textbf{(3.4)}$$

$$Cb = \frac{12{,}5\ Mmax}{2{,}5\ Mmax + 3\ MA + 4\ MB + 3\ MC} \quad \textbf{(3.5)}$$

Bentang Panjang (Lb ≥ Lr)

$$Mn = Mcr = Cb \frac{\pi}{Lb} \sqrt{EI_y GJ + \left[\frac{\pi E}{Lb}\right]^2 i_y c_w} \leq Mp \quad \textbf{(3.6)}$$

dimana,

LB = kekuatan balok yg menerima momen lentur tergantung jarak penahan/pengekang lateral (panjang tidak tertekan dari sayap tertekan) (cm)
LP,LR = harga batas bentang pengekang lateral (cm)
Cb = koefisien momen lentur
E = modulus elastisitas (200000 MPa)
G = modulus geser (80000 MPa)
J = konstanta puntir torsi (cm^4)

c. Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

$Mu \leq \Phi Mn$ **(3.7)**

dimana,

Mu = momen lentur akibat beban berfaktor
Mn = kuat nominal penampangl (N)
Φ = factor reduksi (Φ = 0,9)

d. Kontrol Nominal Geser

- Pelat badan leleh → Plastis

Jika $\frac{h}{tw} \leq 1{,}10 \sqrt{\frac{kn\,E}{fy}}$ **(3.15)**

maka, Vn = 0,6 fy Aw **(3.8)**

- Pelat badan menekuk inelastis → *Inelastic Buckling*

  Jika $1{,}10\sqrt{\frac{kn\,E}{fy}} \leq \frac{h}{tw} \leq 1{,}37\sqrt{\frac{kn\,E}{fy}}$ **(3.9)**

  maka, $Vn = 0{,}6\ fy\ Aw\left[\frac{1{,}10\sqrt{\frac{kn\,E}{fy}}}{\left(\frac{h}{tw}\right)}\right]$ **(3.10)**

- Pelat badan menekuk elastis → *Elastic Buckling*

  Jika $1{,}37\sqrt{\frac{k_n\,E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w}$ **(3.11)**

  maka, $Vn = \left(\frac{a_w\ 0{,}9k_n\,E}{\left(\frac{h}{tw}\right)^2}\right)$ **(3.20)**

  $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^3}$ **(3.21)**

  dimana,
  h = tinggi bersih pelat badan (mm)
  a = jarak pengaku vertikal pelat badan (mm)
  t_w = tebal pelat badan (mm)
  E = Modulus Elastis (MPa)
  f_y = tegangan leleh (MPa)
  A_w = luas penampang pelat badan penuh ($A_w = d\ t_w$)

e. Kontrol Kekuatan Balok Akibat Geser

$Vu \leq \Phi\ Vn$ **(3.12)**

dimana,
Vu = kuat geser perlu (N)
Vn = kuat geser nominal (N)
Φ = factor reduksi (Φ = 0,9)

3.4.2. Kontrol Penampang Kolom

a. Kontrol Penampang (*Local Buckling*)

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf}$$

$$\lambda r = \frac{250}{\sqrt{fy}}$$

$\lambda \leq \lambda r$ (tidak langsing) **(3.13)**

Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw}$$

$$\lambda r = \frac{665}{\sqrt{fy}}$$

$\lambda \leq \lambda r$ (tidak langsing) **(3.14)**

b. Gaya Tekuk Elastis (SNI 03-1729-2002 Pasal 7.6.1)

Gaya tekuk elastis komponen struktur (N_{cr})

$$Ncr = \frac{A_g f_y}{\lambda_c{}^2} \quad \textbf{(3.15)}$$

Parameter kelangsingan kolom (λ_c)

$$\lambda c = \frac{1}{\pi}\frac{L_k}{r}\sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \textbf{(3.16)}$$

$$\lambda c = \frac{1}{\pi}\lambda\sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \textbf{(3.17)}$$

$$L_k = k_c \,.\, L \quad \textbf{(3.18)}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \quad \textbf{(3.19)}$$

dimana,
Ag = luas penampang bruto (mm^2)
fy = tegangan leleh (MPa)
E = modulus elastis baja (MPa)
LK = panjang tekuk (cm)
L = panjang batang tekan (cm)
kc = faktor panjang tekuk
λ = kelangsingan komponen tekan
r = jari-jari kelembaman= i (mm)

c. Kontrol Komponen Struktur Tekan (SNI 03-1729-2002, Psl 7.6.2)

$$Nn = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad \textbf{(3.30)}$$

$$\lambda c = \frac{kc}{\pi}\frac{L}{r}\sqrt{\frac{fy}{E}} \quad \textbf{(3.20)}$$

untuk $\lambda c \leq 0{,}25$, maka $\omega = 1$ **(3.21)**

untuk $0{,}25 < \lambda c < 1{,}2$, maka $\omega = \left[\frac{1{,}6-0{,}67\lambda c}{1{,}43}\right] f_y$ **(3.22)**

untuk $\lambda c \geq 1{,}2$, maka $\omega = \left[\frac{1}{1{,}25\lambda c^2}\right] f_y$ **(3.23)**

dimana,
N_n = daya dukung nominal (N)
Ag = luas penampang bruto (mm^2)
fcr = tegangan tekan kritis (MPa)
fy = tegangan leleh (MPa)
ω = faktor tekuk

d. Kontrol Kekuatan Kolom

$Nu \leq \Phi Nn$ **(3.24)**

dimana,

Nu = gaya normal tekan akibat beban berfaktor (N)

Nn = daya dukung nominal (N)

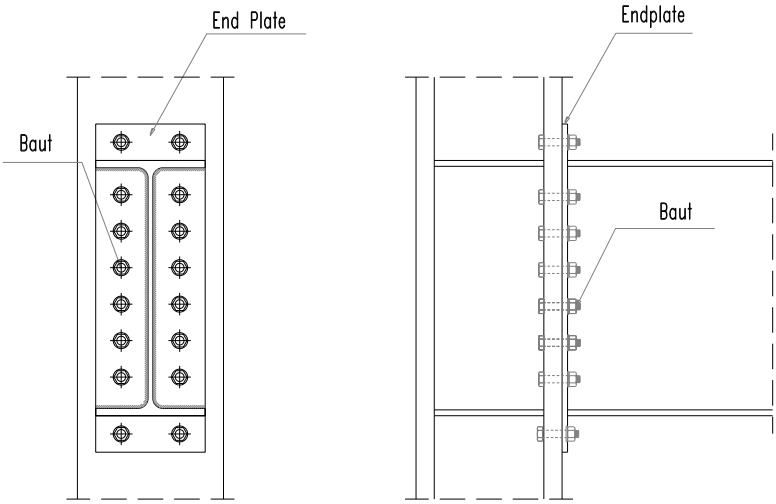
φ Nn = kuat rencana tekan (N)

φ = factor reduksi 0,85 (SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4.2)

3.5. Perencanaan Sambungan

3.5.1. Sambungan Baut

Pada sambungan baut menggunakan *End plate* seperti Gambar 3.3:



Gambar 3.3. Contoh gambar sambungan baut

- **Kekuatan Pelat**

Kuat Leleh

$Pu = Ø \cdot Ae \cdot f_y$ **(3.25)**

dimana,

Pu = Kekuatan nominal leleh pelat sambung (kg)
Ae = Luasan efektif pelat (cm^2)
f_y = Tegangan leleh pelat sambung (kg/cm^2)

Kuat Putus

$Pu = Ø \cdot Ae \cdot f_u$ **(3.26)**

dimana,

Pu = Kekuatan nominal leleh pelat sambung (kg)
Ae = Luasan efektif pelat (cm^2)
F_u = Tegangan putus pelat sambung (kg/cm^2)

- **Kekuatan Baut**

Kuat Geser

$Vd = Ø_f \cdot r_1 \cdot f_u^{\,b} \cdot m \cdot Ab$ **(3.38)**

Kuat Tumpu

$Rd = Ø_f \cdot 2{,}4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u$ **(3.39)**

Kuat Tarik

$Td = Ø_f \cdot 0{,}75 \cdot A_b \cdot f_u$ **(3.27)**

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{Ø R_n} \quad \textbf{(3.28)}$$

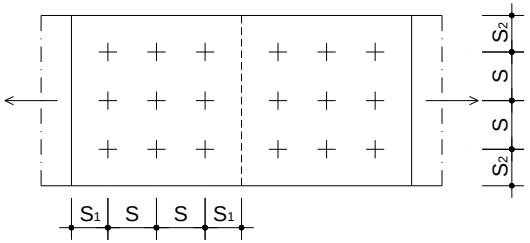
dimana,

Vd = Kuat nominal geser baut (kg)
Rd = Kuat nominal tumpu baut (kg)
Td = Kuat nominal tarik baut (kg)
r_1 = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser
r_1 = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$Ø_f$ = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur
f_u = Tegangan ultimate baut (kg/cm^2)
m = jumlah bidang geser
Ab = Luas penampang baut (cm^2)
d = Diameter baut (cm)
p = Tebal pelat penyambung (cm)

- **Jarak Pemasangan Baut**

Ketentuan jarak baut, disamping ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaannya. Jarak baut dari as ke as, dan jarak baut ke tepi pelat (Gambar 3.4) ditentukan pada peraturan SNI 03-1729-2002, Bab 13.4.



Gambar 3.4. Jarak pemasangan sambungan baut

Keterangan:
S = jarak antara baut
S_1 = jarak baut terluar ke tepi pelat yang terbebani
S_2 = jarak baut ke tepi pelat yang tidak terbebani

Kontrol jarak baut

Jarak tepi minimum	= 1.5db (pasal 13.4.2)
Jarak tepi maksimum	= (4tp + 100 mm) atau 200 mm (pasal 13.4.3)

Jarak minimum antar baut = 3db (pasal 13.4.1)
Jarak maksimum antar baut = 15tp atau 200 mm (pasal 13.4.3)

- **Kombinasi Geser dan Tarik :**

Baut yang memikul beban geser berfaktor Vu dan gaya tarik berfaktor Tu secara bersamaan harus memenuhi kedua pernyataan (SNI 03-1729-2002, Psl 13.2.2.3) sebagai berikut.

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n\,Ab} \leq r_1 \, \emptyset_f \, f_u{}^b \, m \qquad \textbf{(3.29)}$$

$$T_d = \emptyset_f \, T_n = \emptyset_f \, f_t \, A_b \geq \frac{Tu}{n} \qquad \textbf{(3.30)}$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 \, f_{uv} \leq f_2 \qquad \textbf{(3.44)}$$

dimana,
$\emptyset_f$ = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur
n = jumlah baut
m = jumlah bidang geser

Untuk Baut Mutu Tinggi,
f_1 = 807 MPa, f_2 = 621 MPa
r_2 = 1,9 untuk baut dengan ulir pada bidang geser
r_2 = 1,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

Untuk Baut Mutu Normal
f_1 = 410 MPa, f_2 = 310 MPa
r_2 = 1,9

- **Kontrol Momen Sambungan :**

Akibat momen terjadi tegangan tekan yang dipikul pelat dan tegangan tarik yang dipikul oleh

baut. Garis netral didapat dari keseimbangan gaya tekan = gaya tarik.

$f_{yp} . a . b = \Sigma T$ **(3.31)**

dimana,
T = Gaya tarik pada 1 baut
f_{yp} = Tegangan leleh pelat

Cari Garis Netral

$$a = \frac{\Sigma T}{f_{yp} . b} \quad \textbf{(3.32)}$$

Momen Rencana Yang Dapat Dipikul Sambungan

$$M_R = Ø\ M_n = \frac{0{,}90\ f_{yp}\ .a^2 b}{2} + \sum_{i=1}^{n} T_d . d_i \quad \textbf{(3.33)}$$

Kontrol Momen Berfaktor

$M_u \leq Ø\ M_n$ **(3.48)**

3.5.2. Sambungan Las

Sambungan las yang akan dipakai dalam analisa ini adalah las tumpul.

- **Ketebalan Las**

  Tebal Las Badan

  $$a_{ef\ maks} = 0{,}707x\ \frac{fu}{fE_{xx}}x\ tw \quad \textbf{(3.49)}$$

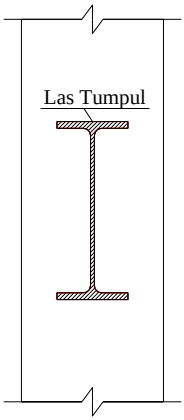
  Tebal Las Sayap

  $$a_{ef\ maks} = 1{,}41x\ \frac{fu}{fE_{xx}}x\ tw \quad \textbf{(3.50)}$$

  A = (b + h) x tebal las rencana **(3.51)**

  $$Ix = 2\left[\frac{1}{12}x\ tw\ x\ h^3 + tf\ x\ b\ \left(\frac{d}{2}\right)^2\right] \quad \textbf{(3.52)}$$

$$Sx = \frac{Ix}{y\ max} \qquad \textbf{(3.53)}$$



Gambar 3.5. Contoh gambar sambungan las tumpul

- **Kombinasi Geser dan Tarik :**

  Akibat beban geser sentris

  $f_v = \frac{V_u}{A}$ **(3.54)**

  Kontrol, $f_v < 0{,}9 \times 0{,}6 \times f_u$ las

  Akibat beban tekan

  $f_h = \frac{M_u}{S_x}$ **(3.54)**

  Kontrol, $f_h < 0{,}9 \times f_u$ las

  Kontrol akibat beban geser dan tekan

  $\sigma = \left(\frac{fv}{0{,}9\ x\ 0{,}6\ x\ f_{u\ las}}\right)^2 + \left(\frac{fh}{0{,}9\ x\ f_{u\ las}}\right)^2 < 1{,}00$ **(3.55)**

  $f_{total} = \sqrt{fv^2 + fh^2}$ **(3.56)**

$$t_{e\ perlu} = \frac{f_{total}}{\emptyset\ x\ fn} \quad \textbf{(3.57)}$$

$$a_{\ perlu} = \frac{t_{e\ perlu}}{0{,}707} \quad \textbf{(3.58)}$$

Syarat, $a_{perlu} < a_{\text{ ef maks badan}}$

dimana,
a_{ef} = Tebal las (mm)
f_u = Tegangan putus (kg/cm^2)
f_{Exx} = Mutu las (kg/cm^2)
tw = Tebal badan balok (cm)
tf = Tebal sayap balok (cm)
A = Luas bidang las (cm^2)
b = Lebar bidang las (cm)
h = Tinggi bidang las (cm)
Ix = Momen Inersia (cm^4)
Sx = Modulus Penampang (cm^3)
t_e = Tebal efektif las (cm)

3.6. Verifikasi Hasil *Software Finite Element Analysis*

Setelah diketahui besar gaya dalam yang bekerja pada perhitungan analitik, maka dapat dilakukan pemodelan sambungan balok kolom jenis dengan menggunakan sambungan baut dan sambungan las tersebut pada *software Finite Element Analysis* untuk dilakukan analisa yang lebih mendalam. Dari tahapan ini akan diketahui besarnya tegangan pada sambungan balok kolom.

Hasil dari permodelan dibuat grafik hubungan antara tegangan dengan beban yang digunakan kemudian divalidasikan dengan hasil analisa perhitungan secara teoritis.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV
KONTROL PENAMPANG

4.1. Data-data Perencanaan

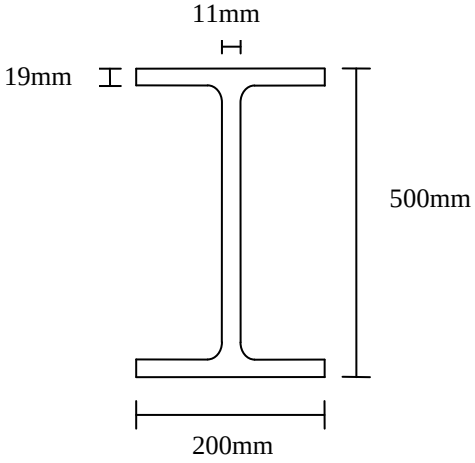
Sambungan Balok-Kolom dengan baut dan las sebelum menggnakam *Software Finite Element Analysis*, terlebih dahulu perlu diketahui dimensi profil balok dan kolom yang akan digunakan pada tugas akhir ini.

- Mutu Baja : BJ41
- Tegangan Leleh (fy) : 250MPa
- Tegangan Putus (fu) : 410 MPa
- Tipe profil yang digunakan :
  a. Kolom : WF 400 x 400 x 21 x 21
  b. Balok : WF 500 x 200 x 11 x 19

4.2. Perencanaan Dimensi

Setelah direncanakan penampang profil balok dan kolom, maka dilakukan kontrol pada penampang tersebut sesuai dengan peraturan SNI 03-1729-2002.

4.2.1. Perhitungan Dimensi Balok WF 500.200.11.19



Gambar 4.1. Penampang balok profil WF 500.200.11.19

Direncanakan balok menggunakan profil WF 500x200x11x19. Adapun data-data sebagai berikut :

W = 103 kg/m
A = 131,3 cm^2
d = 506 mm
t_w = 11 mm
b_f = 201 mm
t_f = 19 mm
r = 20 mm
I_x = 56500 cm^4
I_y = 2580 cm^4
i_x = 20,70 cm
i_y = 4,43 cm
S_x = 2230 cm^3
S_y = 257 cm^3
Z_x = 2462 cm^3
Z_y = 398 cm^3
h = d – 2 (tf + r) = 506 – 2 (19+20) = 428 mm

❖ **Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang**

• ***Local Buckling***

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2\,tf} = \frac{201}{2\,.\,19} = 5{,}29$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10{,}75$$

$\lambda \leq \lambda p$

Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{11} = 38{,}91$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106{,}25$$

$\lambda \leq \lambda p$

Dari perhitungan didapat bahwa $\lambda \leq \lambda p$, maka penampang termasuk **"penampang kompak"**.

Mn = Mp = Zx . fy
= 2462 cm^3 . 2500 kg/cm^2
= 6.155.000 kg.cm

- ***Lateral Buckling***

Jarak penahan lateral, L_b = 0 cm (diasumsikan bentang pendek, karena terhubung pelat beton penuh).

Berdasarkan tabel profil untuk BJ41, profil WF 500x200x11x19 didapatkan nilai :
Lp = 220,527 cm
Lr = 694,296 cm

Jadi, $L_b < L_p$ → **bentang pendek**

Untuk komponen struktur yang memenuhi *syarat* bentang pendek, kuat nominal komponen struktur adalah :

Mn = $M_p \leq 1{,}5$. My
= 6.155.000 kg.cm $\leq$ 1,5. S . fy
= 6.155.000 kg.cm $\leq$ 1,5. 2230cm^3. 2500
= 6.155.000kg.cm $\leq$ 8.362.500kg.cm **(OK)**

❖ **Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur**

Mu $\leq \phi$. Mn
Mu $\leq$ 0,9 x 6.155.000 kg.cm
Mu $\leq$ 5.539.500 kg.cm

❖ **Kontrol Nominal Geser**

$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$

$\frac{428}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$

38,91 ≤ 69,57

Termasuk penampang **Plastis**

$V_n = 0{,}6 \cdot f_y \cdot A_w$

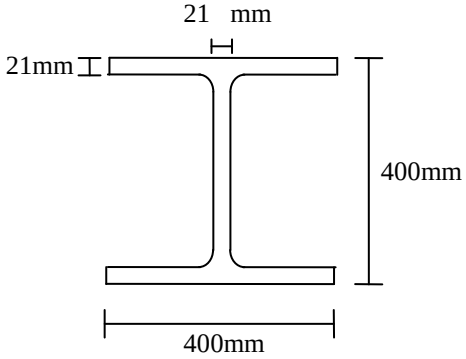
$= 0{,}6 \cdot 2500\ kg/cm^2 \cdot (1{,}1\ cm \cdot 50{,}6\ cm)$

$= 83.490\ kg$

$V_u \leq \phi\ V_n$

$V_u \leq 0{,}9 \times 83.490\ kg = 75.141\ kg$

4.2.2. Perhitungan Dimensi Kolom WF 400.400.21.21



Gambar 4.2**.** Penampang kolom WF 400.400.21.21

Direncanakan kolom menggunakan profil WF 400x400x21x21. Adapun data-data sebagai berikut :

W	= 197	kg/m
A	= 250.7	cm^2
d	= 400	mm
t_w	= 21	mm
b_f	= 408	mm

t_f = 21 mm
r = 22 mm
I_x = 70900 cm^4
I_y = 23800 cm^4
i_x = 17,5 cm
i_y = 9,75 cm
S_x = 3540 cm^3
S_y = 1170 cm^3
Z_x = 3920 cm^3
Z_y = 1787 cm^3
h = d – 2 (tf + r) = 400 – 2 (21+22) = 314 mm

❖ **Kontrol Penampang**

- ***Local Buckling***

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{408}{2\,.21} = 9{,}71$$

$$\lambda_p = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15{,}81$$

$\lambda \leq \lambda p$

Pelat badan

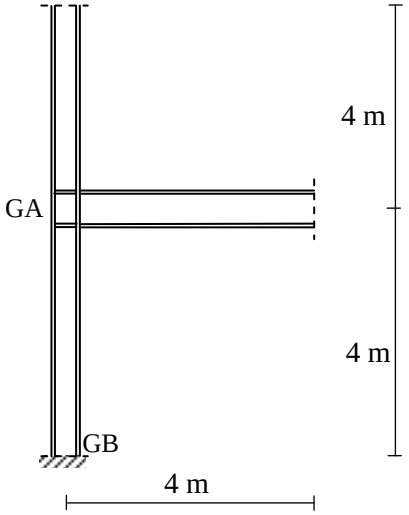
$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{314}{21} = 14{,}95$$

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42{,}06$$

$\lambda \leq \lambda p$

Maka penampang termasuk **tidak langsing**.

❖ **Kelangsingan Komponen Struktur**



Gambar 4.3**.** Hubungan Balok dan Kolom

Bagian dasar kolom diasumsikan jepit, sehingga nilai $G_B = 1$.

$$G_A = \frac{\Sigma\left(\frac{I_X}{L}\right)_{kolom}}{\Sigma\left(\frac{I_X}{L}\right)_{balok}}$$

$$= \frac{2\left(\frac{70900}{400}\right)}{\left(\frac{56500}{400}\right)} = 3.76$$

Jenis rangka tidak berpengaku (*unbraced frame*), sehingga dari nomogram didapatkan nilai $k_{cx} = 1.6$.

- Lk = kc . L = 1,6 x 400 cm = 640 cm
- $\lambda_x = \frac{Lk}{ix} = \frac{640\ cm}{17,5\ cm}$ = 36,57
- $\lambda_y = \frac{Lk}{iy} = \frac{640\ cm}{9,75\ cm}$ = 65,64... **(menentukan)**
- $\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} x \sqrt{\frac{f_y}{E}}$
  $= \frac{65,64}{\pi} x \sqrt{\frac{250}{2x10^5}}$
  = 0,739

Karena 0,25 ≤ λ_c ≤ 1,2, maka termasuk kategori kolom menengah (inelastis), dimana:

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67.\lambda_c}$$
$$= \frac{1,43}{1,6-0,67\ x\ 0,739} = 1,294$$

❖ **Daya Dukung Nominal Komponen Struktur Tekan**

$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{2500\ kg/cm^2}{1,294}$ = 1931,59 kg/cm^2

Nn = A_g x f_{cr}
= 250.7 cm^2 x 1931,59 kg/cm^2
= 484.249,84 kg

❖ **Kekuatan Kolom yang Diijinkan**

$N_u \leq \phi N_n$
≤ 0,85 x 484.249,84 kg
≤ 411.612,36 kg

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
PERENCANAAN SAMBUNGAN

5.1. Sambungan Baut

Berikut adalah perencanaan tipe sambungan balok dan kolom menggunakan sambungan baut. Adapun data perencanaan sebagai berikut:

- Tipe profil yang digunakan :
  a. Balok : WF 500 x 200 x 11 x 19
  b. Kolom : WF 400 x 400 x 21 x 21
  c. Endplate : tebal 21 mm
- Mutu baja : BJ 41
- Tegangan leleh (fy) : 250 MPa
- Tegangan Putus (fu) : 410 MPa
- Tinggi Kolom : 8 m
- Panjang Balok : 4 m

❖ **Kontrol Desain Sambungan**

Momen dan gaya geser yang bekerja pada sambungan diambil dari kapasitas penampang balok. Momen yang bekerja direncanakan sesuai SNI 03-1792-2002 pasal 15.9.2

$$\begin{aligned} Mu &= 1{,}1 \cdot Ry \cdot Z \cdot fy \\ &= 1{,}1 \cdot 1{,}5 \cdot 2462\ cm^3 \cdot 2500\ kg/cm^2 \\ &= 10155750\ kg.cm \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja pada sambungan diperoleh dari kuat geser balok.

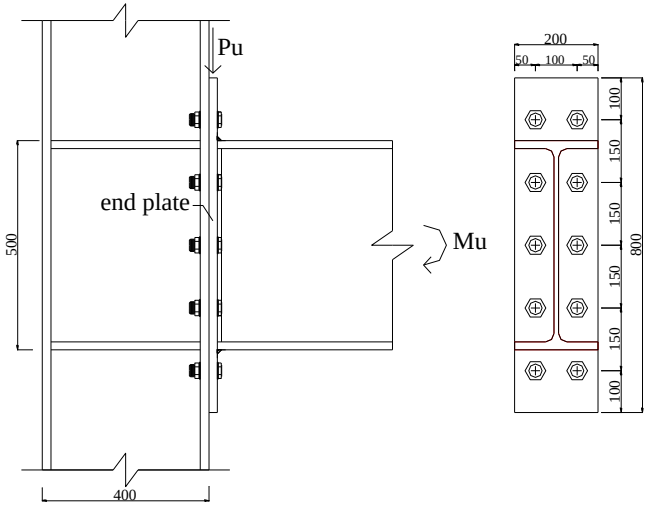
$$\begin{aligned} Vu &\leq Ø \cdot Vn \\ &\leq 0{,}9 \cdot 0{,}6 \cdot fy \cdot Aw \\ &\leq 0{,}9 \cdot 0{,}6 \cdot 2500\ kg/cm^2 \cdot (50{,}6\ cm \cdot 1{,}1\ cm) \\ &\leq 75141\ kg \end{aligned}$$

❖ **Kontrol Jarak Baut**

- Jarak antar baut
  $3.d_b \leq S \leq 15.t_p$
  $3 . 32 \leq S \leq 15 . 21$
  $92 \text{ mm} \leq S \leq 315 \text{ mm}$ atau 200 mm
  Jarak antar baut dipasang sejarak 150 mm

- Jarak baut ke tepi horizontal
  $1{,}5.d_b \leq S_1 \leq (4tp +100)$
  $1{,}5 . 32 \leq S_1 \leq (4 . 21 +100)$
  $48 \text{ mm} \leq S_1 \leq 184 \text{ mm}$ atau 200 mm
  Jarak baut ke tepi horizontal dipasang sejarak 50 mm

- Jarak baut ke tepi vertikal
  $1{,}5.d_b \leq S_2 \leq 240$
  $1{,}5 . 32 \leq S_2 \leq 240$
  $48 \text{ mm} \leq S_2 \leq 240 \text{ mm}$ atau 200 mm
  Jarak baut ke tepi vertikal dipasang sejarak 100 mm



Gambar 5.1. Perencanaan sambungan baut

❖ **Kontrol Kekuatan Sambungan Baut**

Rencana sambungan baut :

- Baut tipe : A490 (f_u^b = 10350 kg/cm^2)
- Diameter Baut (∅) : 32 mm (Bor)
- r_1 : 0,5 (bid. geser baut tanpa ulir)
- ϕ : 0,75
- n_{baut} : 10
- A_{baut} : ¼ . π .(32^2) = 803,84 mm^2

- <u>Kuat Rencana Baut</u>

  Geser (V_d) = Ø . r_1 . f_u^b . A_b . m
  = 0,75 . 0,5. 10350 . 8,0384 . 1
  = 31199,04 kg

  Tarik (T_d) = Ø . 0,75 . f_u^b . A_b
  = 0,75 . 0,75. 10350 . 8,0384
  = 46798,56 kg

  Tumpu (R_d) = Ø . 2,4 . d_b . t_p . f_u^b
  = 0,75 . 2,4 . 3,2 . 2,1 . 4100
  = 49593,6 kg

  Diambil nilai kuat baut terkecil, maka nilai yang menentukan adalah kuat geser baut sebesar 31199,04 kg.

- <u>Kekuatan Baut</u>

  V_u ≤ n . V_d
  75141 kg ≤ 10 . 31199,04 kg
  75141 kg ≤ 311990,4 kg **(OK)**

- <u>Kuat Rencana Baut (Interaksi Geser + Tarik)</u>

  Baut yang memikul beban geser berfaktor (Vu) dan gaya tarik berfaktor (Tu) secara bersamaan harus memenuhi persamaan :

  - $f_{uv} = \frac{Vu}{n\ x\ Ab} = \frac{75141\ kg}{10\ x\ 8{,}0384} = 934{,}78\ kg/cm^2$

- f_{uv} $\leq Ø \times r_1 \times f_u^{\,b} \times m$
  934,78 $\leq 0{,}75 \times 0{,}5 \times (10350\ kg/cm^2) \times 1$
  934,78 $\leq 3.881{,}25\ kg/cm^2$ **(OK)**

- $f_t = (f_1 - t_2 \,.\, f_{uv}) \leq f_2$
  $= (8070 - 1{,}5 \,.\, 934{,}78) \leq 6210\ kg/cm^2$
  $= 6667{,}84\ kg/cm^2 > 6210\ kg/cm^2$

- Maka dipakai nilai f terkecil, ft = 6210 kg/cm^2

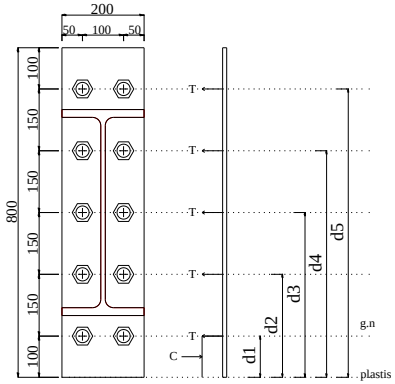
➢ $T_d = Ø \,.\, A_b \,.\, f_t$
$= 0{,}75 \,.\, 8{,}0384\ cm^2 \,.\, 6210\ kg/cm^2$
$= 37438{,}85\ kg$

Kuat Rencana Tarik Baut (Td) = 46798,56 kg

Dipilih nilai Td terkecil, maka :
$T_u = T_d = 37438{,}85\ kg$

❖ **Garis Netral (Anggap di bawah baut terbawah)**

- $a = \frac{\sum T}{b \,x\, fy} = \frac{10 \,x\, 37438{,}85\ kg}{20\ cm \,x\, 2500\ kg/cm^2}$
  $= 7{,}49\ cm < 10\ cm$ **(OK)**



Gambar 5.2. Garis netral sambungan baut

d_1 = 10,00 – 7,49 = 2,51 cm
d_2 = 15,00 – 7,49 = 7,51 cm
d_3 = 30,00 – 7,49 = 22,51 cm
d_4 = 45,00 – 7,49 = 37,51 cm
d_5 = 60,00 – 7,49 = 52,51 cm +
=122,55 cm

- $Ø.M_n = \frac{0,9 \times fy \times a^2 \times b}{2} + \Sigma T \times d$

$= \frac{0,9 \times 2500 \times 7,49^2 \times 20}{2} + 2 \times 37438,85 \times 122,5$

$= 10434770,5$ kg.cm

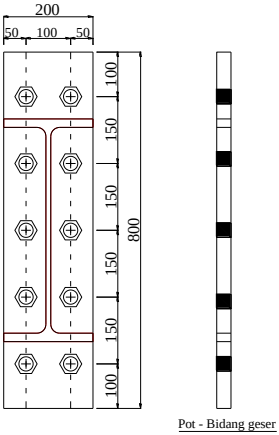
Syarat :

$M_u \leq Ø.M_n$

10155750 kg.cm $\leq$ 10434770,5 kg.cm **(OK)**

Maka, Sambungan cukup kuat menerima beban momen.

❖ **Kontrol Kekuatan Pelat Sambungan Akibat Geser**



Gambar 5.3. Kontrol kekuatan pelat sambungan baut

$Ø_{perlemahan}$ (bor) : 1,5 + 3,2 cm = 4,7 cm

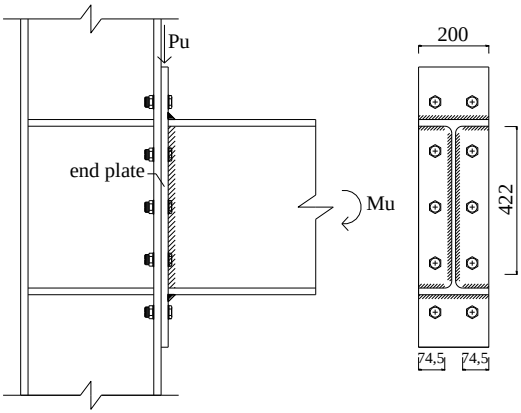
A_n = 2 . (t_p . h – 2 . n . $Ø_{perlemahan}$)
= 2 . (2,1 . 80 cm – 2 x 5 x 4,7 cm)
= 242 cm^2

$Ø.V_n$ = 0,75 . 0,6 . f_u . A_n
= 0,75 . 0,6 kg. 4100 . 242
= 446490 kg

Syarat :
$Ø.V_n \leq Vu$
446490 kg $\leq$ 75141 kg **(OK)**

Maka, pelat pada sambungan baut cukup kuat menerima beban akibat geser.

❖ **Kontrol Kekuatan Sambungan Las Sudut**
Rencana sambungan las :
- Elektroda (E) : 80 Ksi
- Mutu Las F_{E70xx} : 80 x 70,3 = 5624 kg/cm^2



Gambar 5.4. Kontrol sambungan las pada balok ke *endplate*

- Tebal pelat : 21mm
- a_{min} : 6 mm
  (SNI 03-1729-2002, tabel 13.5.1)

- Tebal efektif las badan :

$$a_{ef1} = 0{,}707x\frac{f_u}{F_{E_{xx}}}x\ tw$$
$$= 0{,}707x\frac{4100}{5624}x\ 11 = 5{,}67\ mm$$

- Tebal efektif las sayap :

$$a_{ef2} = 1{,}41x\frac{f_u}{F_{E_{xx}}}x\ tf$$
$$= 1{,}41x\frac{4100}{5624}x\ 19 = 19{,}53\ mm$$

- Dimisalkan tebal las pada badan = las pada sayap
  - t_e = 2 cm
  - A_{las} = 2.(2.(20+7,45+42,2) = 278,6 cm^2
  - I_x $= 2\left[\begin{array}{c}\left(\frac{1}{12}x2x42{,}2^3\right)+\left(\frac{1}{12}x20x2^3\right)+\\ \left(2x20x(\frac{50{,}6}{2})^2\right)+\left(\frac{1}{12}x7{,}45x2^3\right)+\left(2x7{,}45x(\frac{42{,}2}{2})^2\right)\end{array}\right]$
    = 2.[12525,24+13,33+25603,6+4,97+6633,63]
    = 89561,54 cm^4
  - S_x $= \frac{Ix}{y_{max}} = \frac{89561{,}54}{25{,}3} = 3539{,}98\ cm^3$

- <u>Akibat geser</u>

$f_v = \frac{V_u}{A}$
$= \frac{75141\ kg}{278{,}6\ cm^2} = 269{,}71\ kg/cm^2$

- Akibat momen lentur

  $f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{10155750 \text{ kg.cm}}{3539{,}98 \text{ cm}^3} = 2868{,}87 \text{ kg/cm}^2$

- $f_{total} = \sqrt{fv^2 + fh^2} = \sqrt{269{,}71^2 + 2826{,}87}$
  $= 3138{,}58 \text{ kg/cm}^2$

- Kuat Rencana Las

  $t_{e\ perlu} = \frac{f_{total}}{\emptyset\ x\ f_n} = \frac{3138{,}58}{0{,}75\ x\ 0{,}6\ x\ 80\ x\ 70{,}3} = 1{,}24\ cm$

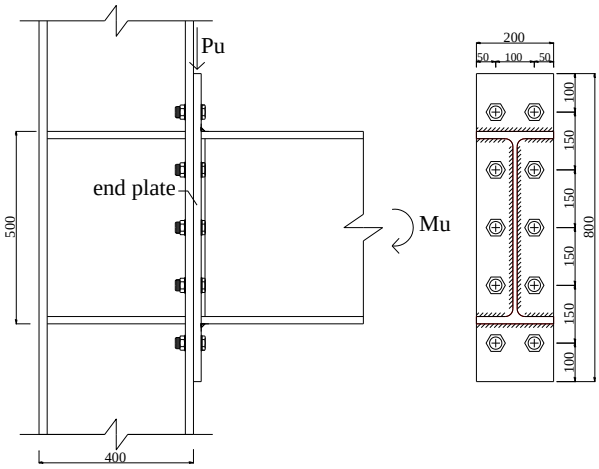
  $a_{perlu} = \frac{te_{perlu}}{0{,}707} = \frac{1{,}24}{0{,}707} = 1{,}75\ mm$

  Syarat,

  $a_{perlu} < a_{ef\ las\ badan}$

  1,75 cm < 5,67 mm **.....(OK)**

Maka, dipakai tebal las untuk sambungan las sudut = tebal las minimum = 6 mm.

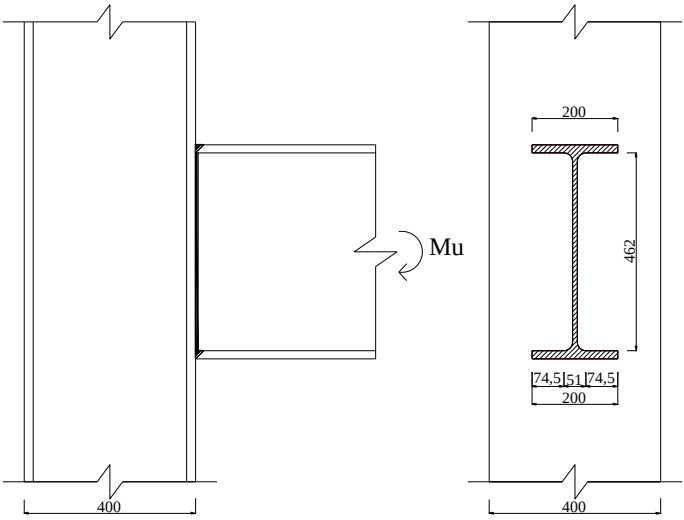


Gambar 5.5. Sambungan baut yang direncanakan

5.2. Sambungan Las

Sambungan balok dan kolom direncanakan menggunakan sambungan las tumpul. Adapun data perencanaan sebagai berikut:

- Tipe profil yang digunakan :
  a. Balok : WF 500 x 200 x 11 x 19
  b. Kolom : WF 400 x 400 x 21 x 21
- Mutu baja : BJ 41
- Tegangan leleh (f_y) : 250 MPa
- Tegangan Putus (f_u) : 410 MPa
- Tinggi Kolom : 8 m
- Panjang Balok : 4 m
- Elektroda (E) : 80 Ksi
- Mutu Las F_{E80xx} : 80 x 70,3 = 5624 kg/cm^2
- M_u : 10155750 kg.cm
- V_u : 75141 kg



Gambar 5.6. Perencanaan sambungan las tumpul

❖ **Kontrol Sambungan Las**

- Direncanakan tebal las sama dengan tebal profil balok.
  - Tebal las badan = 1,1 cm
  - Tebal las sayap = 1,9 cm

A_{las} = (46,2 . 1,1) + (2 . 20 . 1,9) = 127,15 cm^2

$I_x = \left[\frac{1}{12}x1,1x(42,8)^3\right] + \left[2x\left(\frac{1}{12}x20x(1,9)^3 + 1,9x20x\left(\frac{50,6}{2}\right)^2\right)\right]$

= (7168,92) + (2 (11,43+24323,42))

= 55838,62 cm^4

$Sx = \frac{Ix}{y_{max}} = \frac{55838,62}{25,3} = 2207,06\ cm^3$

- Akibat beban geser sentris

$f_v = \frac{V_u}{A} = \frac{75141\ kg}{127,15\ cm^2} = 590,96\ kg/cm^2$

Syarat :

$f_v < 0,9 . 0,6 . f_u$ las

590,96 kg/cm^2 < 0,9 . 0,6 . 5624 kg/cm^2

590,96 kg/cm^2 < 3036,96 kg/cm^2 **(OK)**

- Akibat beban tekan

$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{10155750\ kg.cm}{2207,06\ cm^3} = 4601,48\ kg/cm^2$

Syarat :

$f_h < 0,9 . f_u$ las

4601,48 kg/cm^2 < 0,9 . 5624 kg/cm^2

4601,48 kg/cm^2 < 5061,6 kg/cm^2 **(OK)**

- Kontrol akibat beban geser dan tekan

$$\sigma = \left(\frac{fv}{0{,}9\ x\ 0{,}6\ x\ f_{u\ las}}\right)^2 + \left(\frac{fh}{0{,}9\ x\ f_{u\ las}}\right)^2 < 1{,}00$$

$$= \left(\frac{590{,}96}{3036{,}96}\right)^2 + \left(\frac{4601{,}48}{5061{,}6}\right)^2 < 1{,}00$$

$$= 0{,}0378 + 0{,}8264 < 1{,}00$$

$$= 0{,}8642 < 1{,}00$$ **(OK)**

Maka, dari hasil perhitungan didapatkan nilai ketebalan las = ketebalan profil balok.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB VI
PEMODELAN DAN ANALISA HASIL

6.1. Pemodelan Dengan *Finite Element*

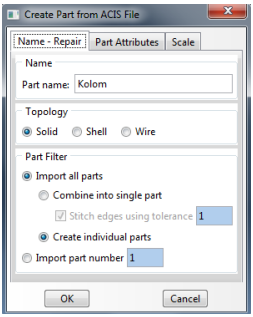
Sebelum menganalisis perilaku sambungan balok kolom pada program bantu *software*, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan diantaranya yaitu:

6.2. *Pre-Processing*

Pada tahap ini, dilakukan pemodelan geometrik struktur dengan bentuk yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah pekerjaan *pre-processing*.

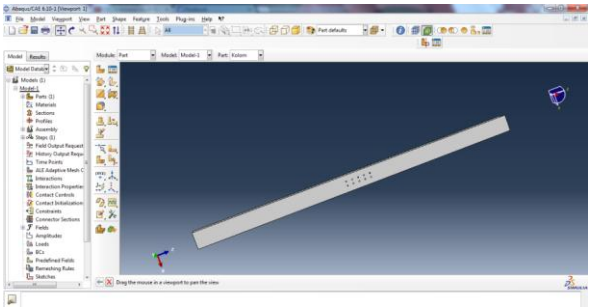
6.2.1. *Part*

Part adalah langkah pertama membuat bentuk awal pemodelan 3D dari geometrik struktur menggunakan titik koordinat dalam penggambaran dengan menggunakan progaram bantu CAD. Setelah pemodelan 3D pada CAD selesai, part diimport ke program bantu *finite element* dalam bentuk file berekstensi ".ACIS", dengan cara pilih *Menu Bar* > *File* > *Import* > *Part*. Setelah itu, muncul dialog box seperti Gambar 6.1, lakukan dengan cara yang sama untuk masing-masing elemen.

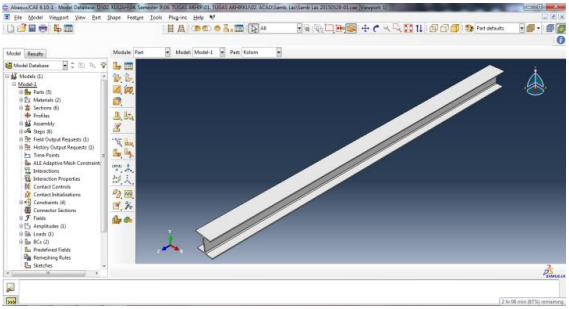


Gambar 6.1. *Dialog box* untuk *input part*

- Kolom
  Penampang kolom menggunakan profil WF 400x400x21x21, dengan tinggi 8000 mm. Pemodelan *part* kolom dapat dilihat sebagai berikut :

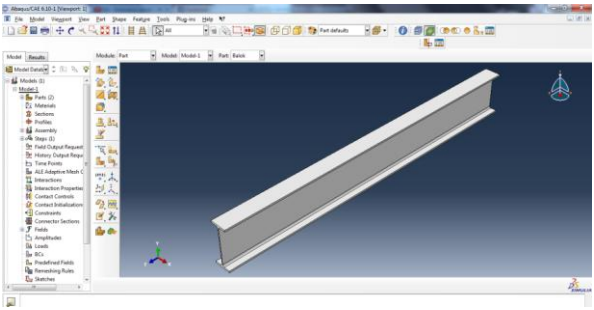


Gambar 6.2. Pemodelan *part* kolom sambungan baut



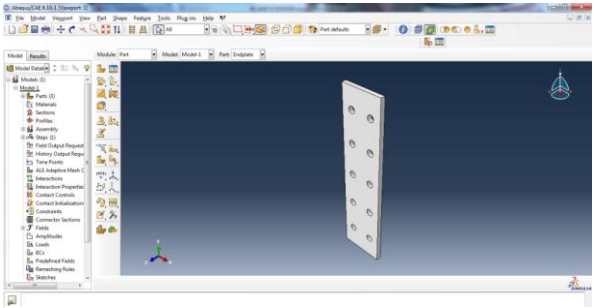
Gambar 6.3. Pemodelan *part* kolom sambungan las

- Balok
  Penampang balok menggunakan profil WF 500x200x11x19, dengan tinggi 4000 mm. Pemodelan *part* balok dapat dilihat sebagai berikut :

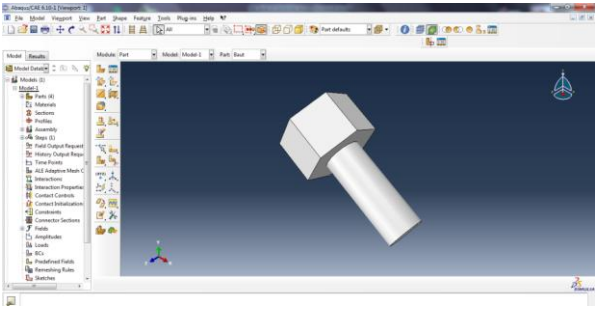


Gambar 6.4. Pemodelan *part* balok

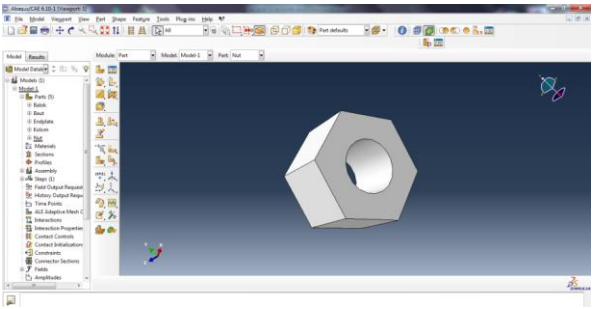
- Elemen Sambungan



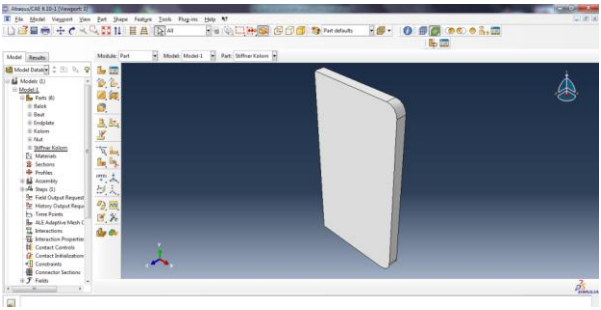
Gambar 6.5. Pemodelan *part endplate*



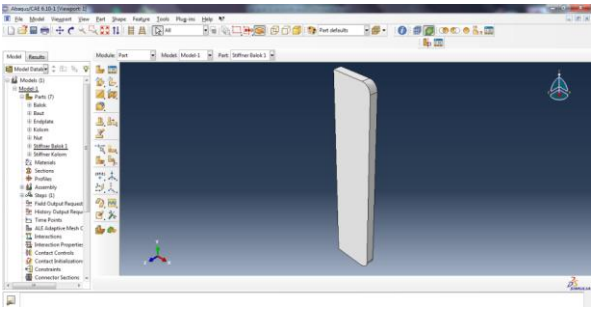
Gambar 6.6. Pemodelan *part* baut



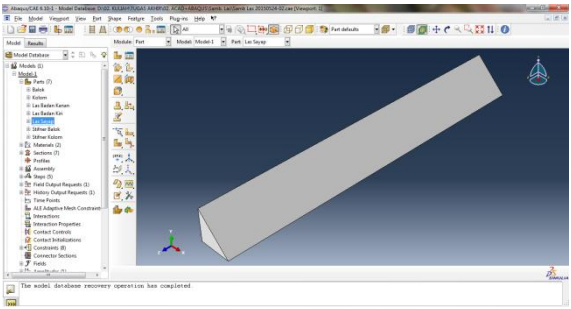
Gambar 6.7. Pemodelan *part nut*



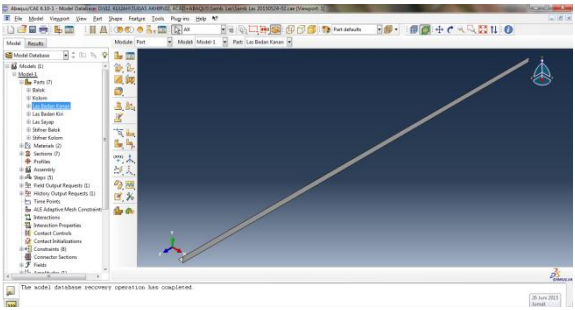
Gambar 6.8. Pemodelan *part stiffner* kolom



Gambar 6.9. Pemodelan *part stiffner* balok



Gambar 6.10. Pemodelan isi las pada sayap balok



Gambar 6.11. Pemodelan isi las pada badan balok

6.2.2. *Property*

Tahap ini merupakan penentuan jenis material yang akan digunakan untuk masing-masing elemen yang telah dibuat dengan mengisi mass density, elastisitas material dan plastisitas material. Input material dilakukan dengan cara, pilih : *Context Bar* > *Module* > *Property* > *Toolbox Area* > *Create Material*. Berikut adalah data material yang diinput :

- *Density*

  Mass density = 7850 kg/m^3 = 7.70E-005 N/mm

- *Elastic*

  E = 200000 MPa dan *poissons ratio* = 0,3

- *Plastic*

- BJ41

Tabel 6.1. *Plastic strain* BJ41

No.	*Yield Stress*	*Plastic Strain*
1	250	0
2	250	0.017500
3	360	0.025625
4	1034	0.036250

- HTB A-490

Tegangan awal diasumsikan akibat adanya pengencangan baut pada saat pemasangan (*Proof stress)* sebesar 827 MPa dan tegangan putus baut, fu = 1034 MPa.

Tabel 6.2. *Plastic strain* baut mutu HTB A-490

No.	*Yield Stress*	*Plastic Strain*
1	827	0
2	827	0.017500
3	960	0.025625
4	1034	0.036250

- F_{E80xx}

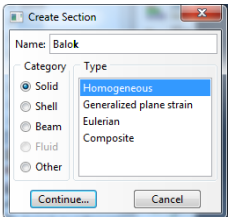
Tabel 6.3. *Plastic strain* las mutu F_{E80xx}

No.	*Yield Stress*	*Plastic Strain*
1	462	0
2	462	0.017500
3	530	0.025625
4	552	0.036250

6.2.3. *Section Assigment*

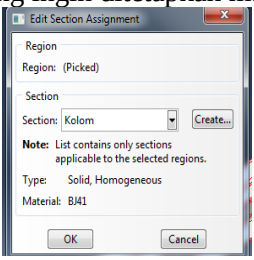
Section Assigment adalah langkah pemberian material untuk masing-masing elemen sesuai dengan material yang digunakan. Pemberian material dilakukan dengan cara pilih *Context Bar* > *Module* >

Property > *Toolbox Area* > *Create Section*, kemudian buat *section* untuk masing-masing elemen.



Gambar 6.12. *Input section assignment* pemodelan

Setelah membuat *section* maka dilanjutkan dengan *section assignment*, pilih *Context Bar* > *Module* > *Property* > *Toolbox Area* > *Assign Section*, blok *Part* yang ingin ditetapkan materialnya.

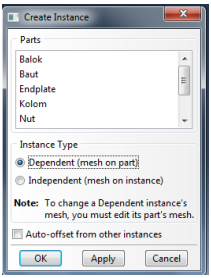


Gambar 6.13. *Input section* pada pemodelan

6.2.4. *Assembly*

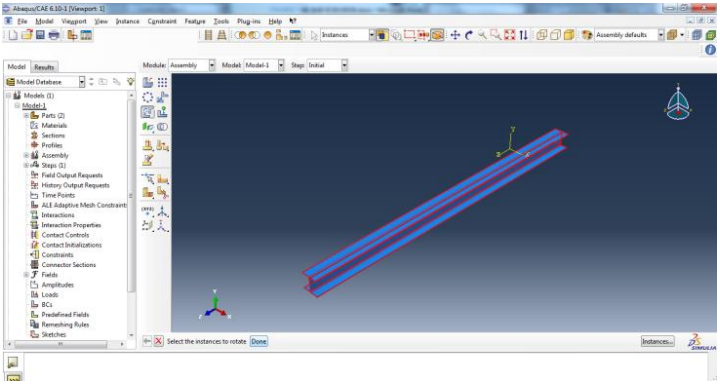
Pada tahap ini merupakan penggabungan dari elemen-elemen yang telah dibuat menjadi satu kesatuan sebelum melakukan *Interaction* . Dalam tahap ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

- *Instances* (memanggil *parts* untuk dibentuk)
  Instances adalah tahap untuk memanggil *part-part* untuk dibentuk menjadi satu kesatuan. Pilih *Context Bar* > *Module* > *Assembly* > *Menu Bar* > *Instance* > *Create Instance*, pilih masing-masing elemen yang akan di *assembly*.

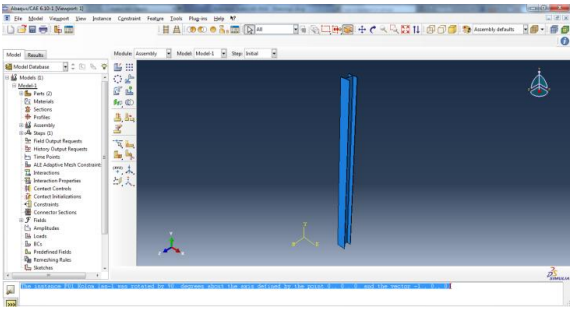


Gambar 6.14. *Create instance* pada pemodelan

- *Rotate Instance* :
  Tahap merotasi elemen, tahap ini dilakukan untuk memutar elemen-elemen menjadi tegak dengan arah rotasi sebesar 90º. Dengan memilih frame yang akan diputar setelah itu isi start point 0,0,0 dan end point -1,0,0. Setelah itu masukan sudut yang akan diputar yaitu 90º seperti terlihat pada Gambar 6.15 dan Gambar 6.16.

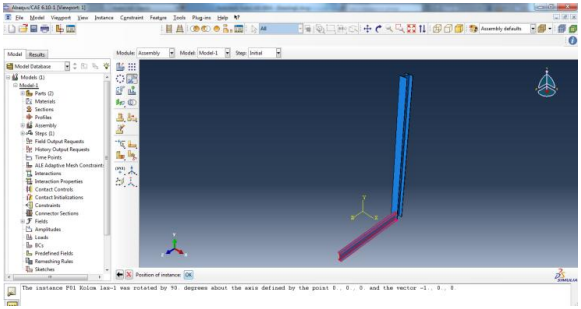


Gambar 6.15. Kolom sebelum *rotate*

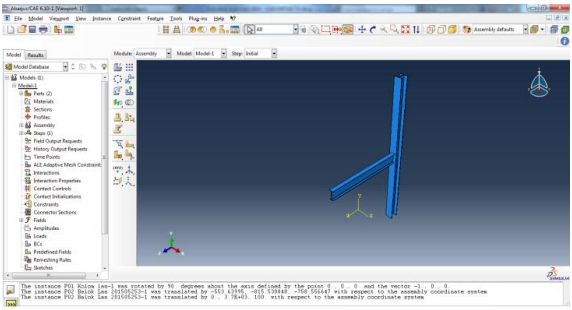


Gambar 6.16. Kolom setelah *rotate*

- *Translate Instance* :
  Tahap ini dilakukan jika akan memindahkan elemen balok atau kolom berada pada tempat yang diinginkan sehingga menjadi satu kesatuan.
  Contoh memindahkan balok, Hal pertama yang dilakukan yaitu mengeblok balok (Gambar 6.17) yang akan dipindahkan setelah itu isi start point 0,0,0 dan untuk memindahkan balok pada arah y setinggi 3700 mm dan arah z sebesar 100 mm, isi end point 0,3700,100 sehingga balok tersebut akan berpindah searah sumbuh y dan z (Gambar 6.18).

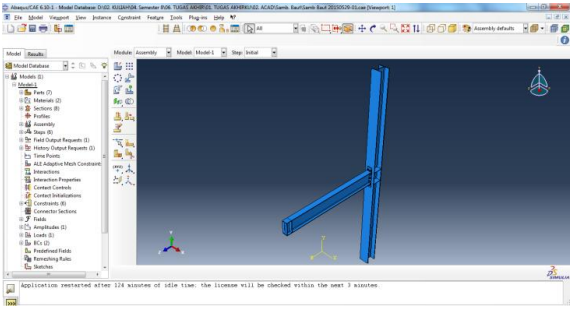


Gambar 6.17. Balok sebelum *translate*

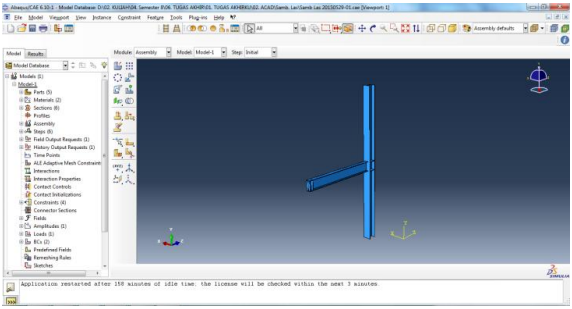


Gambar 6.18. Balok sesudah *translate*

Lakukan perintah *instance part* pada *assembly*, sampai membentuk pemodelan yang diinginkan.



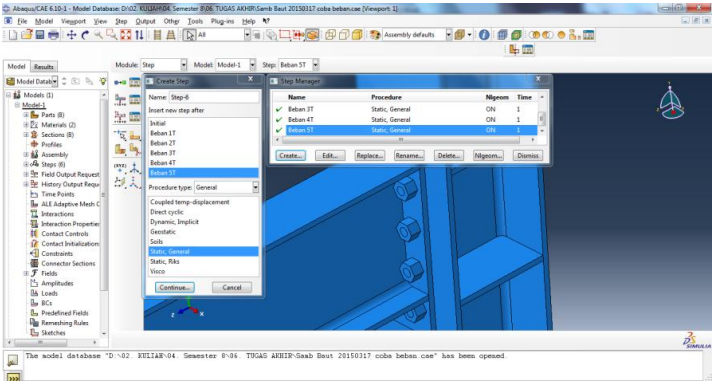
Gambar 6.19. Pemodelan *assembly* sambungan baut



Gambar 6.20. Pemodelan *assembly* sambungan las

6.2.5. *Step*

Step adalah langkah pendefinisian elemen,pada tugas akhir ini menggunakan 2 jenis step yaitu, *initial step* yang merupakan pendefinisian dari input-input gaya interior elemen, dan *load step* yang merupakan pendefinisian dari inpu-input beban. Pilih *Context Bar* > *Module* > *Step* > *Toolbox Area* > *Create step* > *Procedure Type* > *General* > *Static, General*, untuk analisa permodelan non-linear pada *Nlgeom* pilih off. *Load step* pada tugas akhir ini ada 5 *step*, yaitu: Beban 1, Beban 2, Beban 3, Beban 4, dan Beban 5

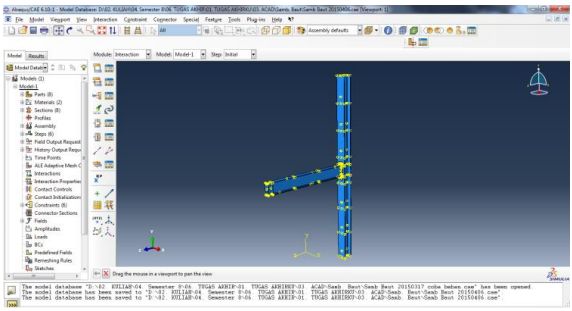


Gambar 6.21. Tahap pengisian *step*

6.2.6. *Interaction*

Interactions adalah input lekatan antar elemen.Ada dua macam lekatan *master surface* dan *slave surface*. *Master surface* adalah elemen yang menjadi pusat lekatan, sedangkan *slave surface* adalah elemen yang melekat pada *master surface.* Interaksi yang digunakan untuk permodelan ini adalah *tie*. Pilih *Context Bar* > *Module* > *Interaction* > *Toolbox Area* > *Create Create Constraint* > *Tie*,

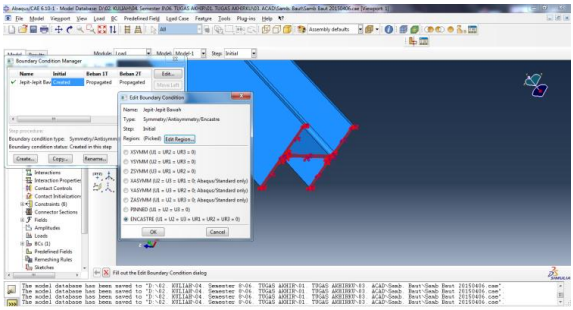
kemudian pilih elemen yang menjadi *master surface* dan *slave surface*.



Gambar 6.22. *Interaction* (lekatan antar elemen)

6.2.7. *Boundary Condition*

Tahap selanjutnya adalah pemberian beban dan *boundary condition*. *Boundary condition* adalah input perletakan, perletakan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah jepit-jepit. Untuk menginput *Boundary condition* pilih *Context Bar* > *Module* > *Load* > *Toolbox Area* > *Create Boundary Condition* > *Symmetry/Antisymmetry/Encaster* > kemudian pilih daerah yang akan diberikan perletakan dan pilih *Encaster*.

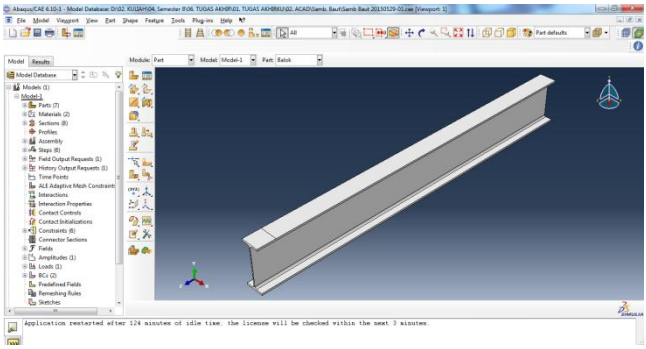


Gambar 6.23. *Boundary condition* (perletakan)

6.2.8. *Load*

Untuk tahap pemberian beban, langkah yang dilakukan *Context Bar* > *Module* > *Load* > *Toolbox Area* > *Create Load*> *Pressure* > kemudian pilih permukaan balok yang akan dibebani dan masukan besarnya beban untuk masing-masing *step*.

Cara membuat pemukaan balok yang akan diberi beban, adalah *Context Bar* > *Module* > *Part* > Pilih *part* balok > *Toolbox* > *Partition Face : Sketch* > buat luasan sebesar 200 mm x 200 mm seperti pada Gambar 2.24.



Gambar 6.24. Permukaan balok yang akan diberi beban

Pembebanan pada sambungan baut dan sambungan las direncanakan sama, menjadi lima *step* di mulai dari beban 1 ton, 5 ton, 10 ton, 15 ton, dan 16 ton.

- <u>Beban 1 Ton (STEP 1)</u>

  Beban = 1 ton . 9.8 . 1000
  = 9800 N

  Luas permukaan balok = 200 mm . 200mm
  = 40000 mm^2

  Beban per luasan = $\frac{9800}{40000} = 0.245\ N/mm^2$

- Beban 5 Ton (STEP 2)

  Beban = 5 ton . 9.8 . 1000
  = 49000 N
  Luas permukaan balok = 200 mm . 200mm
  = 40000 mm^2
  Beban per luasan = $\frac{49000}{40000} = 1.225\ N/mm^2$

- Beban 10 Ton (STEP 3)

  Beban = 10 ton . 9.8 . 1000
  = 98000 N
  Luas permukaan balok = 200 mm . 200mm
  = 40000 mm^2
  Beban per luasan = $\frac{98000}{40000} = 2.450\ N/mm^2$

- Beban 15 Ton (STEP 4)

  Beban = 15 ton . 9.8 . 1000
  = 14700 N
  Luas permukaan balok = 200 mm . 200mm
  = 40000 mm^2
  Beban per luasan = $\frac{14700}{40000} = 3.675\ N/mm^2$

- Beban 16 Ton (STEP 5)

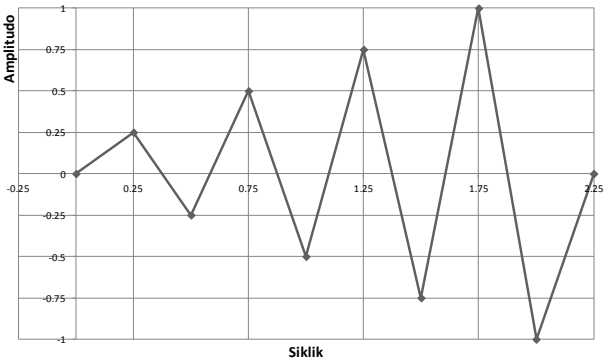
  Beban = 16 ton . 9.8 . 1000
  = 156800 N
  Luas permukaan balok = 200 mm . 200mm
  = 40000 mm^2
  Beban per luasan = $\frac{156800}{40000} = 3.920\ N/mm^2$

Karena pembebanan berupa beban siklik, maka pada saat pengisian beban, selain nilai *Magnitude* di atas, nilai *Amplitude* diberi nilai untuk menentukan waktu atau frekuensi sikliknya, seperti pada tabel 6.4. Beban siklik yang dimasukkan pada tugas akhir ini adalah dalam waktu satu kali siklik.

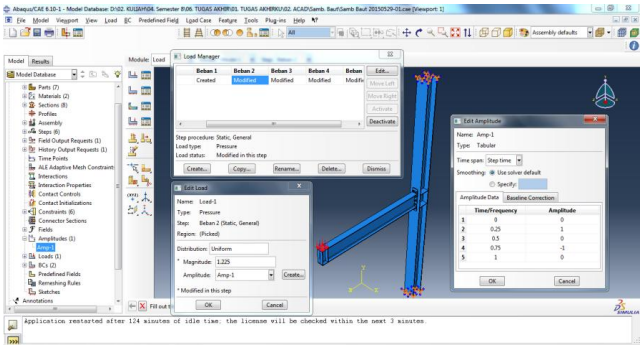
Tabel 6.4. Nilai *amplitude* beban siklik

No.	*Time / Frequency*	*Amplitude*
1	0	0
2	0.25	1
3	0.5	0
4	0.75	-1
5	1	0

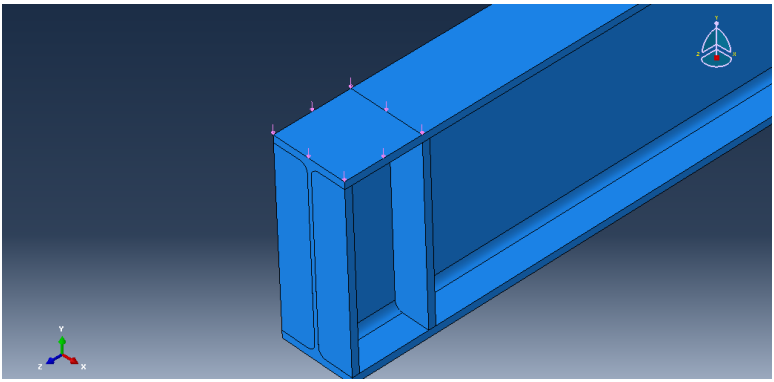
Secara grafis, dapat ditampilkan seperti ilustrasi di bawah ini :



Gambar 6.25. *Loading history* beban siklik



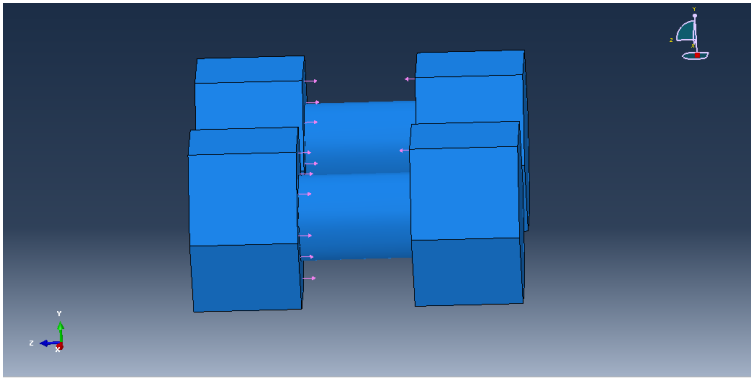
Gambar 6.26. Pemodelan tahap *load*



Gambar 6.27. Beban siklik pada balok

Pada sambungan baut, dimasukkan pembebanan akibat tarik satu baut (T_d) sesuai perhitungan pada kontrol sambungan.

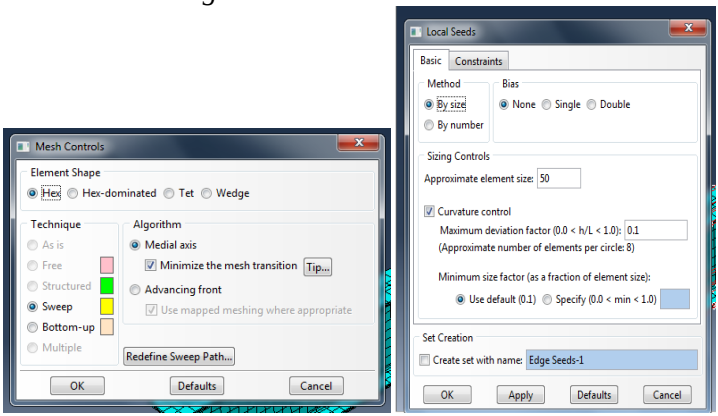
- Beban (T_d) = 37438,85 kg
  = 367275,12 N
- Luas permukaan baut = 2378,39 mm^2
- Beban per luasan = $\frac{367275,12}{2378,39}$
  = 154,42 N/mm^2



Gambar 6.28. Beban tarik pada baut

6.2.9. *Mesh*

Meshing merupakan langkah paling penting dalampermodelan, karena keakuratan hasil permodelan tergantung dari *meshing*. Pada permodelan ini digunakan *meshing hex*. Untuk menginput *meshing* pilih *Context Bar* > *Module* > *Mesh* > *Toolbox Area* > *Assign Mesh Control* > *Hex*. Selanjutnya adalah memasukkan ukuran *meshing Toolbox Area* > *Seed Edges* > kemudian pilih part yang akan di *meshing* setelah itu masukkan ukuran *meshing*.



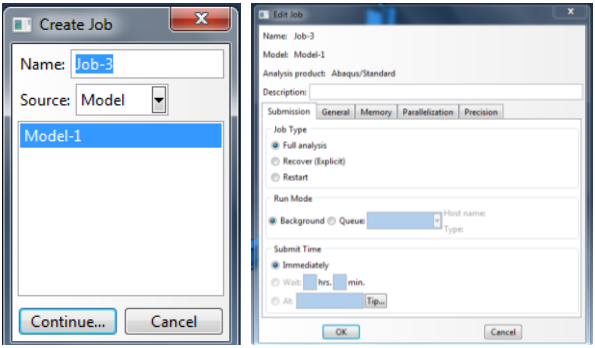
Gambar 6.29. *Input meshing* pada pemodelan

6.3. *Processing*

Langkah ini merupakan langkah *running* program. Pada tahap *processing* meliputi pembuatan *Job* dan *Visualization*.

Pada modul ini bisa dikontrol apakah simulasi yang dilakukan berhasil atau tidak, jika terjadi *error message* maka bisa kembali ke modul sebelumnya untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi selama proses interasi. Langkah pembuatan *job* yaitu *Context Bar* > *Module* > *Job* > *Create Job* > Isi nama untuk *Job* > *Ok*.

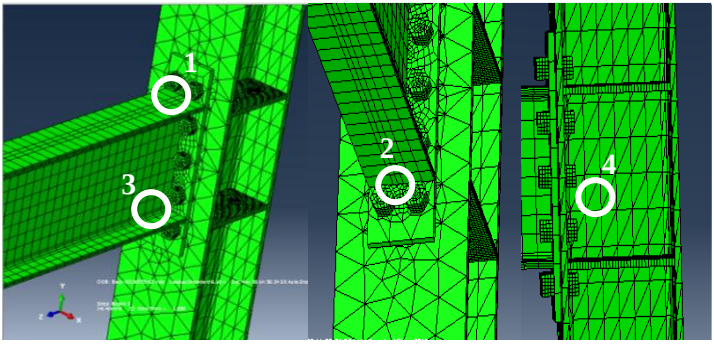
Dari *processing* ini akan didapat, gaya dalam yang terjadi pada elemen yang ditinjau untuk masing-masing sambungan. Untuk melihat gaya-gaya dalam pada permodelan terdapat pada Modul *Visualization*.



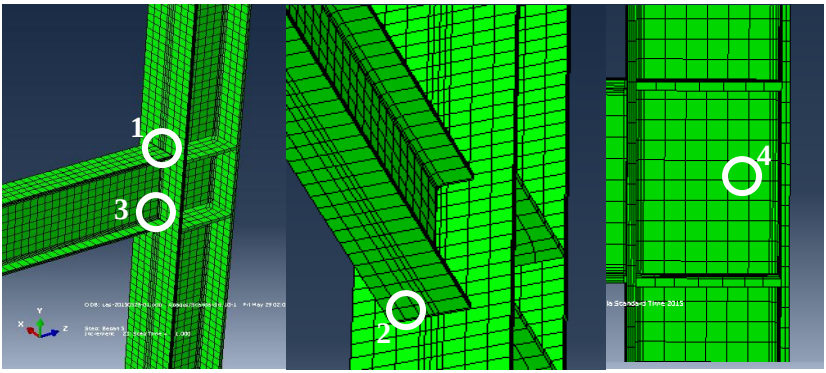
Gambar 6.30. *Input job* pada pemodelan

6.4. Analisa Hasil

Untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada sambungan baut dan sambungan las, ada beberapa titik yang harus ditinjau. Di bawah ini adalah gambar titik-titik yang ditinjau untuk masing-masing sambungan.



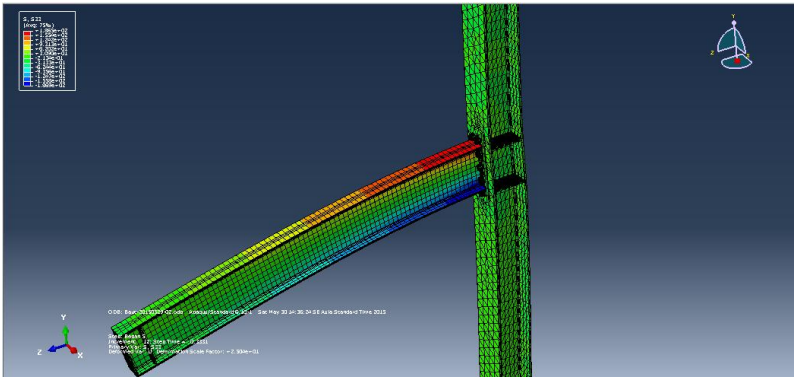
Gambar 6.31. Titik-titik yang ditinjau pada sambungan baut



Gambar 6.32. Titik-titik yang ditinjau pada sambungan las

6.4.1. Hasil Sambungan Baut

Dari hasil analisa permodelan sambungan baut didapatkan tegangan yang terjadi di setiap titik yang ditinjau. Nilai tegangan dan regangan maksimum untuk masing-masing titik dapat dilihat pada tabel 6.5 sampai dengan tabel 6.12.



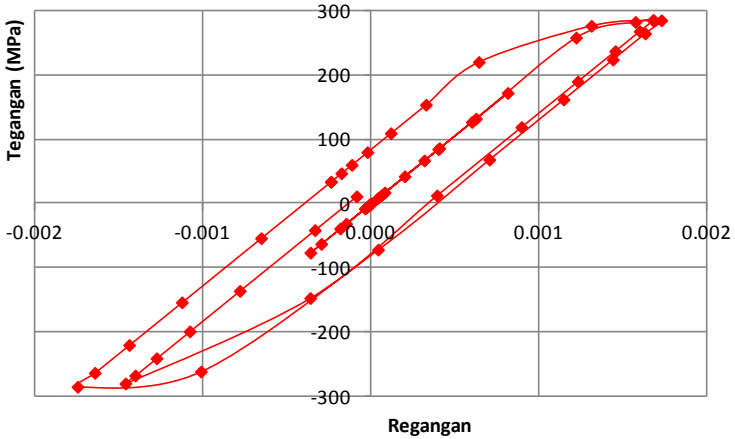
Gambar 6.33. Tegangan yang terjadi pada sambungan baut

Tabel 6.5. Nilai regangan sayap atas balok pada sambungan baut

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Sayap Atas Balok	0	0	14	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000010	0.000002	0.000002	0.000008	0.000010	0.000081
	2	5		0.000050	0.000012	0.000010	0.000042	0.000050	0.000407
	3	10		0.000098	0.000023	0.000020	0.000082	0.000098	0.000815
	4	15		0.000488	0.000155	0.000060	0.000526	0.000494	0.001731
	5	16		0.000393	0.000104	0.000047	0.000367	0.000413	0.001684

Tabel 6.6. Nilai tegangan sayap atas balok pada sambungan baut

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Sayap Atas Balok	0	0	14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		1.324	0.182	0.151	1.891	0.766	17.258
	2	5		6.622	0.908	0.753	9.456	3.830	86.289
	3	10		13.243	1.782	1.506	18.912	7.523	172.577
	4	15		43.484	8.757	3.429	38.328	27.371	285.927
	5	16		43.688	6.915	3.257	38.805	27.895	286.185



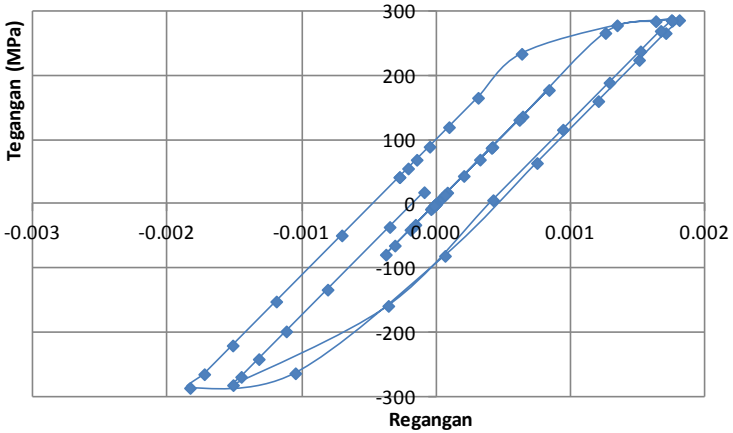
Gambar 6.34. Grafik tegangan-regangan sayap atas balok pada sambungan baut terhadap beban siklik

Tabel 6.7. Nilai regangan sayap bawah balok pada sambungan baut

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Sayap Bawah Balok	0	0	44	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000020	0.000003	0.000004	0.000023	0.000008	0.000084
	2	5		0.000098	0.000016	0.000021	0.000113	0.000039	0.000421
	3	10		0.000196	0.000032	0.000041	0.000226	0.000076	0.000842
	4	15		0.000415	0.000193	0.000259	0.000649	0.000398	0.001813
	5	16		0.000398	0.000137	0.000170	0.000613	0.000327	0.001760

Tabel 6.8. Nilai tegangan sayap bawah balok pada sambungan baut

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Sayap Bawah Balok	0	0	44	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		0.824	0.251	0.322	0.615	0.596	17.790
	2	5		4.121	1.256	1.612	3.073	2.980	88.951
	3	10		8.099	2.466	3.163	6.036	5.853	177.901
	4	15		57.093	10.389	13.594	29.930	21.158	286.938
	5	16		44.591	8.922	10.535	29.292	21.557	286.987



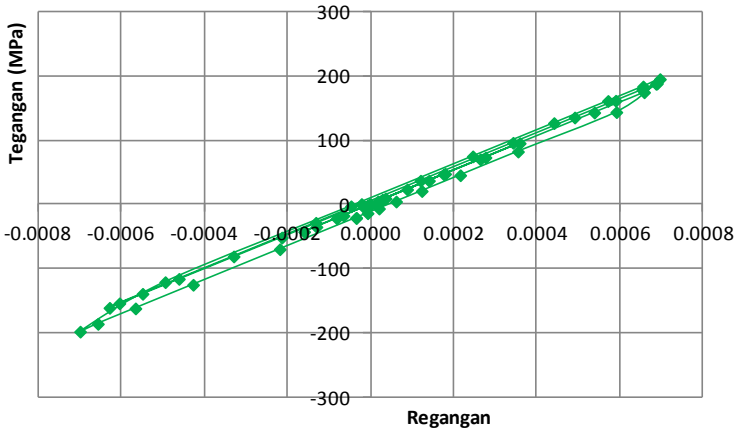
Gambar 6.35. Grafik tegangan-regangan sayap bawah balok pada sambungan baut terhadap beban siklik

Tabel 6.9. Nilai regangan badan balok pada sambungan baut

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Badan Balok	0	0	71	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000019	0.000000	0.000000	0.000000	0.000016	0.000036
	2	5		0.000095	0.000001	0.000000	0.000002	0.000082	0.000179
	3	10		0.000191	0.000001	0.000000	0.000004	0.000160	0.000359
	4	15		0.000385	0.000004	0.000000	0.000025	0.000699	0.000696
	5	16		0.000372	0.000003	0.000001	0.000023	0.000628	0.000689

Tabel 6.10. Nilai tegangan badan balok pada sambungan baut

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Badan Balok	0	0	71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		0.115	0.010	0.000	1.246	1.254	9.570
	2	5		0.575	0.049	0.000	6.232	6.271	47.848
	3	10		1.150	0.099	0.001	12.240	12.290	95.696
	4	15		2.488	0.274	0.019	53.610	53.778	195.685
	5	16		2.331	0.237	0.041	43.971	48.338	188.907



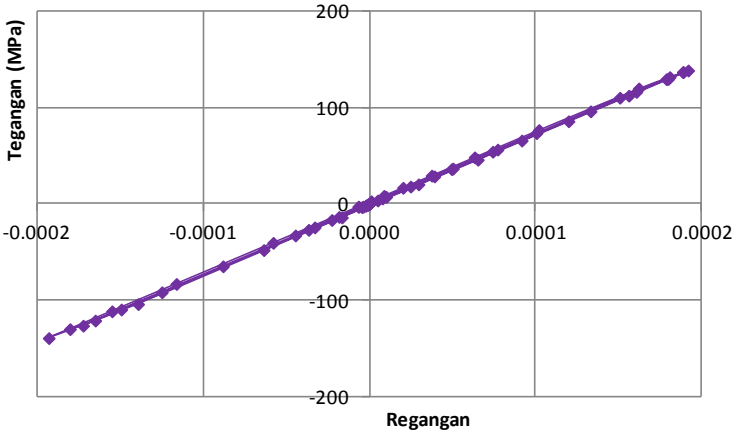
Gambar 6.36. Grafik tegangan-regangan badan balok pada sambungan baut terhadap beban siklik

Tabel 6.11. Nilai regangan *panel zone* kolom pada sambungan baut

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Panel Zone Kolom	0	0	8447	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000001	0.000001	0.000000	0.000000	0.000096	0.000010
	2	5		0.000003	0.000003	0.000001	0.000002	0.000479	0.000050
	3	10		0.000005	0.000007	0.000002	0.000005	0.000958	0.000100
	4	15		0.000010	0.000013	0.000010	0.000021	0.001806	0.000192
	5	16		0.000010	0.000013	0.000008	0.000018	0.001785	0.000189

Tabel 6.12. Nilai tegangan *panel zone* kolom pada sambungan baut

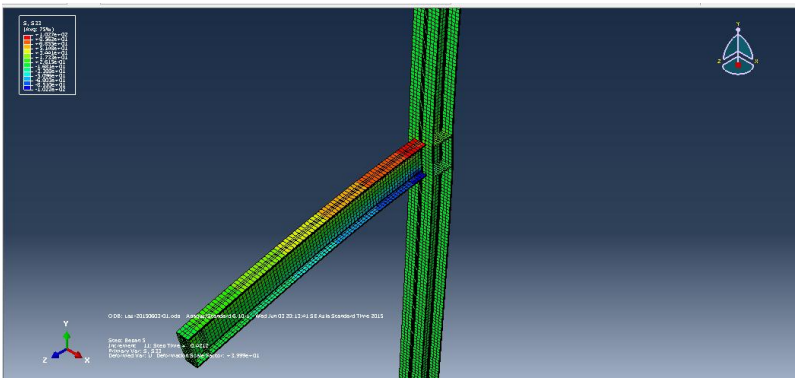
Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Panel Zone Kolom	0	0	8447	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		1.178	0.053	0.016	0.943	7.372	2.645
	2	5		5.889	0.264	0.081	4.715	36.860	13.227
	3	10		11.779	0.528	0.160	9.430	73.719	26.455
	4	15		22.439	0.968	0.740	17.735	138.891	50.407
	5	16		22.123	0.970	0.647	17.607	137.293	49.676



Gambar 6.37. Grafik tegangan-regangan *panel zone* kolom pada sambungan baut terhadap beban siklik

6.4.2. Hasil Sambungan Las

Dari hasil analisa permodelan sambungan las didapatkan tegangan yang terjadi di setiap titik yang ditinjau. Nilai tegangan dan regangan maksimum untuk masing-masing titik dapat dilihat pada tabel 6.13 sampai dengan tabel 6.20.



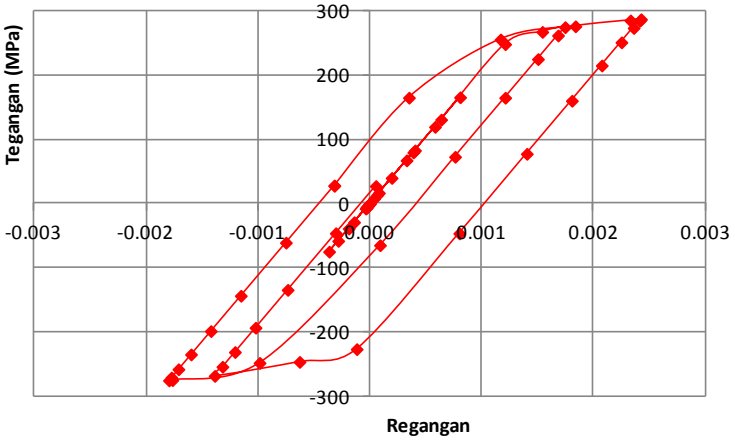
Gambar 6.38. Tegangan yang terjadi pada sambungan las

Tabel 6.13. Nilai regangan sayap atas balok pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Sayap Atas Balok	0	0	47	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000013	0.000006	0.000000	0.000008	0.000008	0.000081
	2	5		0.000064	0.000028	0.000001	0.000040	0.000038	0.000403
	3	10		0.000123	0.000056	0.000002	0.000078	0.000073	0.000807
	4	15		0.000632	0.000150	0.000036	0.000496	0.000399	0.001746
	5	16		0.000521	0.000223	0.000027	0.000241	0.000229	0.002425

Tabel 6.14. Nilai tegangan sayap atas balok pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Sayap Atas Balok	0	0	47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		0.013	0.434	0.019	1.520	0.581	16.582
	2	5		0.065	2.171	0.094	7.599	2.904	82.909
	3	10		0.117	4.342	0.177	15.197	5.579	165.810
	4	15		22.037	8.223	2.049	35.617	21.075	275.232
	5	16		44.379	8.720	1.343	39.732	19.612	287.590



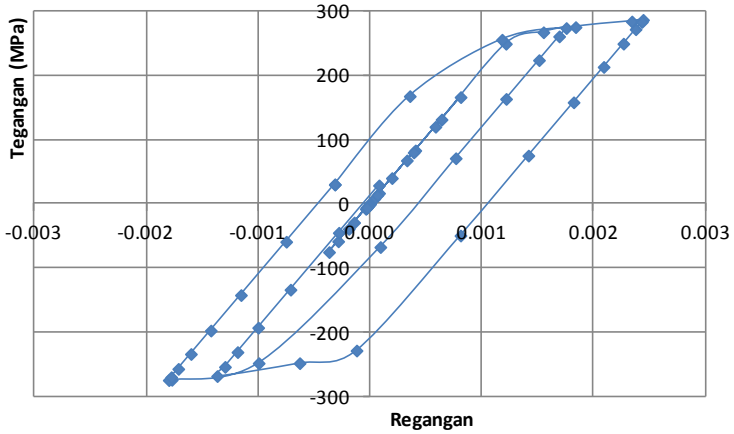
Gambar 6.39. Grafik tegangan-regangan sayap atas balok pada sambungan las terhadap beban siklik

Tabel 6.15. Nilai regangan sayap bawah balok pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Sayap Bawah Balok	0	0	17	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000029	0.000006	0.000000	0.000016	0.000008	0.000081
	2	5		0.000144	0.000028	0.000000	0.000080	0.000040	0.000405
	3	10		0.000287	0.000055	0.000001	0.000160	0.000078	0.000810
	4	15		0.000657	0.000151	0.000027	0.000436	0.000423	0.001755
	5	16		0.000943	0.000216	0.000105	0.000765	0.000237	0.002442

Tabel 6.16. Nilai tegangan sayap bawah balok pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Sayap Bawah Balok	0	0	17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		0.233	0.426	0.004	0.815	0.622	16.655
	2	5		1.166	2.128	0.021	4.076	3.111	83.272
	3	10		2.332	4.255	0.042	7.838	5.977	166.535
	4	15		22.569	8.214	1.545	40.263	22.253	274.278
	5	16		24.518	8.375	4.652	36.468	20.681	287.105



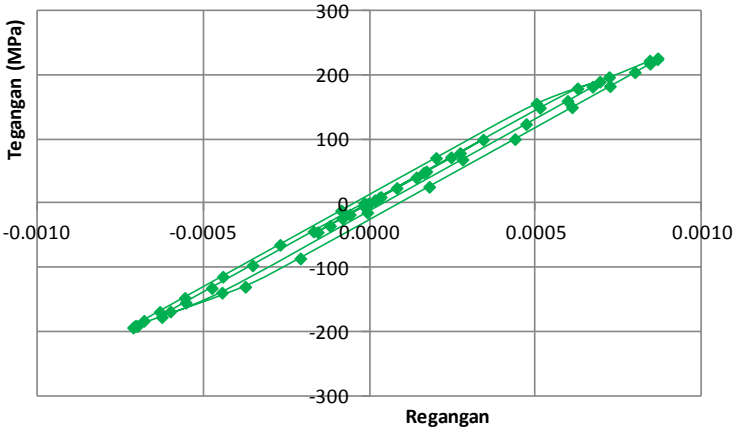
Gambar 6.40. Grafik tegangan-regangan sayap bawah balok pada sambungan las terhadap beban siklik

Tabel 6.17. Nilai regangan badan balok pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Badan Balok	0	0	75	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000009	0.000000	0.000001	0.000001	0.000016	0.000034
	2	5		0.000046	0.000000	0.000003	0.000007	0.000081	0.000171
	3	10		0.000088	0.000001	0.000007	0.000014	0.000156	0.000342
	4	15		0.000381	0.000001	0.000012	0.000063	0.000711	0.000693
	5	16		0.000342	0.000003	0.000013	0.000100	0.000625	0.000867

Tabel 6.18. Nilai tegangan badan balok pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Badan Balok	0	0	75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		0.117	0.005	0.052	2.271	1.252	9.948
	2	5		0.583	0.023	0.261	11.355	6.258	49.739
	3	10		1.121	0.045	0.522	22.709	11.966	99.472
	4	15		4.561	0.099	0.950	42.870	54.706	189.934
	5	16		4.282	0.195	0.999	61.907	48.062	226.341



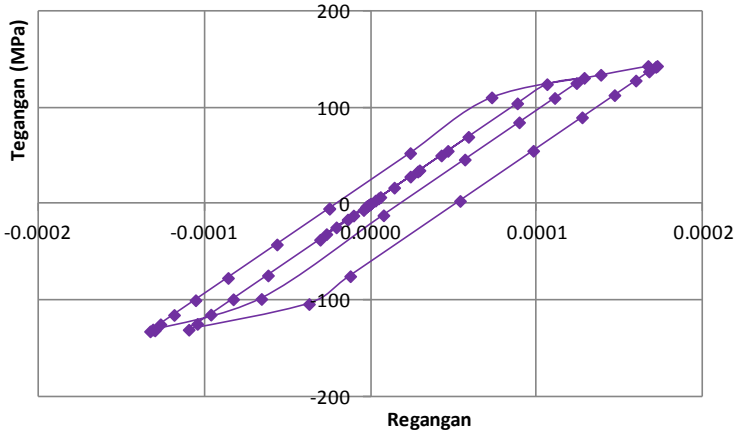
Gambar 6.41. Grafik tegangan-regangan badan pada sambungan las terhadap beban siklik

Tabel 6.19. Nilai regangan *panel zone* kolom pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	REGANGAN					
				E11	E12	E13	E22	E23	E33
Panel Zone Kolom	0	0	6892	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	1	1		0.000000	0.000000	0.000004	0.000003	0.000091	0.000006
	2	5		0.000002	0.000001	0.000022	0.000016	0.000453	0.000029
	3	10		0.000004	0.000002	0.000044	0.000031	0.000906	0.000059
	4	15		0.000029	0.000003	0.000084	0.000137	0.001704	0.000128
	5	16		0.000036	0.000005	0.000118	0.000195	0.002525	0.000172

Tabel 6.20. Nilai tegangan *panel zone* kolom pada sambungan las

Elemen	Step	Beban (Ton)	Node	TEGANGAN (MPa)					
				S11	S12	S13	S22	S23	S33
Panel Zone Kolom	0	0	6896	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1		0.002	0.014	0.341	0.532	6.969	0.836
	2	5		0.011	0.070	1.704	2.658	34.842	4.178
	3	10		0.021	0.140	3.408	5.118	69.680	8.355
	4	15		0.201	0.244	6.498	25.854	131.047	22.256
	5	16		0.614	0.289	6.702	41.767	143.407	27.950

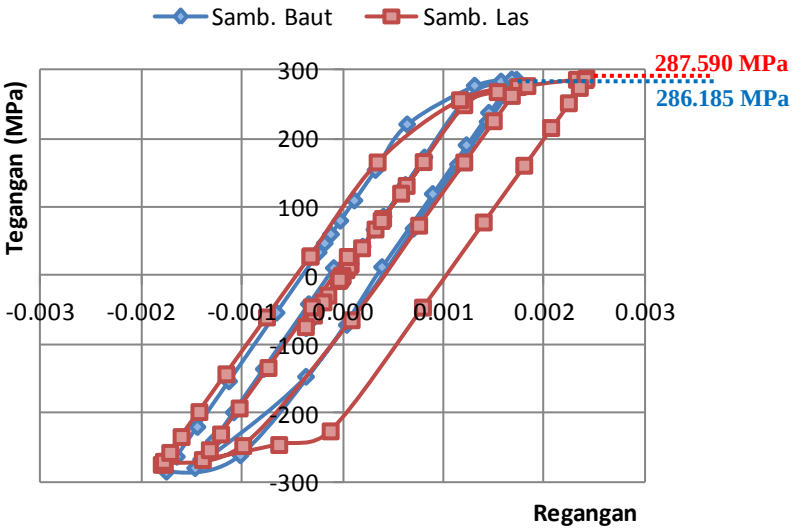


Gambar 6.42. Grafik tegangan-regangan *panel zone* kolom pada sambungan las terhadap beban siklik

6.4.3. Perbandingan Hasil *Finite Element Analysis*

Setelah mendapatkan hasil tegangan maksimum pada sambungan baut dan sambungan las, kemudian hasil dari kedua sambungan itu dibandingkan.

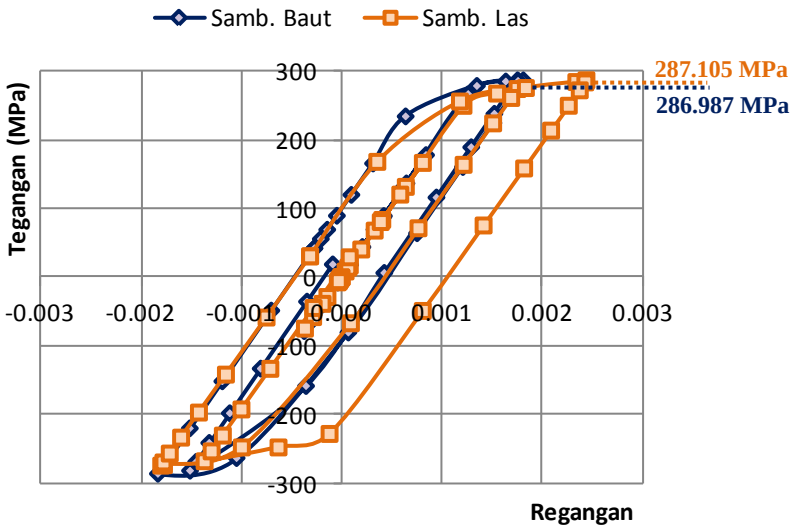
6.4.3.1. Daerah Tarik Balok



Gambar 6.43. Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah tarik balok

Dari perbandingan nilai tegangan untuk sambungan baut dan sambungan las di atas, nilai tegangan maksimum pada daerah tarik balok sebesar 286.590 MPa. Dimana tegangan tersebut telah melewati batas leleh fy = 250 MPa.

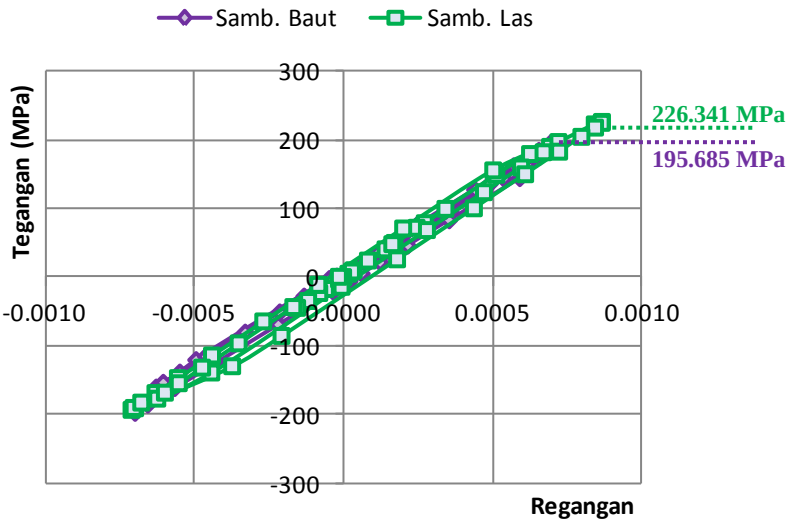
6.4.3.2. Daerah Tekan Balok



Gambar 6.44. Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah tekan balok

Dari perbandingan nilai tegangan untuk sambungan baut dan sambungan las di atas, nilai tegangan maksimum pada daerah tekan balok sebesar 287.105 MPa. Dimana tegangan tersebut telah melewati batas leleh fy = 250 MPa.

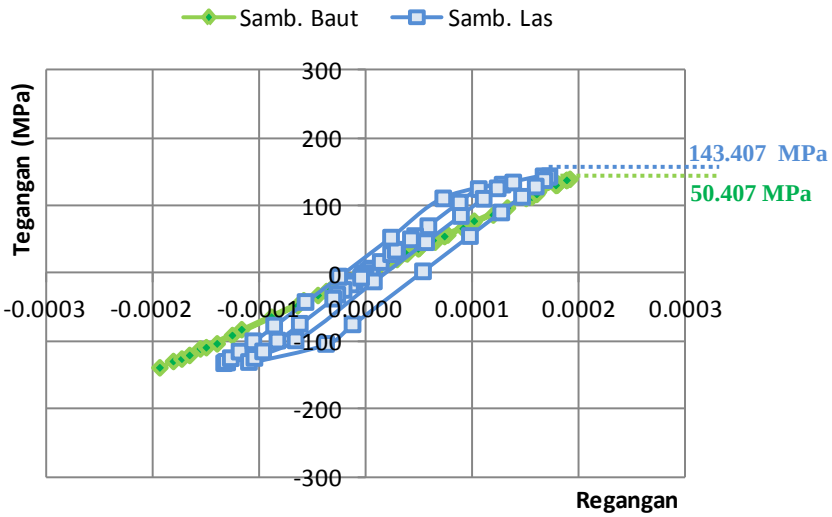
6.4.3.3. Daerah Geser Balok



Gambar 6.45. Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah geser balok

Dari perbandingan nilai tegangan untuk sambungan baut dan sambungan las di atas, nilai tegangan maksimum pada daerah geser balok sebesar 226.341 MPa. Dimana tegangan tersebut telah melewati batas leleh fy = 150 MPa.

6.4.3.4. Daerah Geser Kolom



Gambar 6.46. Grafik perbandingan tegangan-regangan sambungan baut dengan sambungan las terhadap beban siklik pada daerah geser kolom *(panel zone)*

Dari perbandingan nilai tegangan untuk sambungan baut dan sambungan las di atas, nilai tegangan maksimum pada daerah geser kolom (*panel zone*) sebesar 226.341 MPa. Dimana tegangan tersebut belum melewati batas leleh fy = 150 MPa.

Dapat diambil kesimpulan, dengan pemberian beban dan penampang yang sama, sambungan baut lebih kuat dibandingkan sambungan las dikarenakan nilai tegangan pada sambungan baut lebih rendah.

6.5. Validasi Analisa Hasil Pemodelan Dengan Penghitungan Manual

Pada permodelan sambungan baut dan sambungan las, balok dimodelkan kantilever dengan menggunakan profil balok WF 500x200x11x19 dengan panjang balok sebesar 4 m. Pembebanan pada sambungan diperoleh dari kapasitas penampang balok.

Dari hasil analisa permodelan didapatkan tegangan maksimum terjadi pada sayap balok untuk masing-masing sambungan pada pembebanan 16 ton, kemudian tegangan tersebut divalidasikan dengan momen yang bekerja di sambungan pada pembebanan 16 ton. Berikut ini adalah detail perhitungannya:

- M = 6.400.000 kg.cm = 627.200.000 N.mm
- h = 506 mm
- Ix = 56500 x 10^4 mm

1. Sambungan Baut

   Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 286,987 Mpa

$$\sigma = \frac{Mu\ x\ \frac{h}{2}}{Ix} = \frac{627200000\ x\ \frac{506}{2}}{56500\ x\ 10^4} = 280{,}852$$

$$\Delta = \frac{286{,}987 - 280{,}852}{280{,}852} x100\% = 2{,}18\%$$

   Maka, didapat selisih perhitungan analitik dan perhitungan *finite element analysis pada* sambungan baut sebesar 2,18%.

2. Sambungan Las

   Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 287,590 Mpa

$$\sigma = \frac{Mu\ x\ \frac{h}{2}}{Ix} = \frac{627200000\ x\ \frac{506}{2}}{56500\ x\ 10^4} = 280{,}852$$

$$\Delta = \frac{287{,}590 - 280{,}852}{280{,}852} x100\% = 2{,}39\%$$

   Maka, didapat selisih perhitungan analitik dan perhitungan *finite element analysis pada* sambungan las sebesar 2,39%.

BAB VII
KESIMPULAN

7.1. Kesimpulan

Berikut ini adalah hasil yang dapat disimpulkan berdasarkan pemodelan sambungan baut dan sambungan las menggunakan *software finite element analysis* sebagai berikut :

1. Perencanaan profil pada balok WF 500. 200.11 .19 dan kolom WF 400. 400. 21. 21 sudah memenuhi kontrol kekuatan penampang dan kontrol kekuatan sambungan.
2. Hasil tegangan lentur pada sambungan baut memiliki nilai pada daerah tarik balok sebesar 286.185 MPa, pada daerah tekan balok sebesar 286.987 MPa. Sedangkan untuk sambungan las memiliki nilai tegangan pada daerah tarik balok sebesar 287.590 MPa, pada daerah tekan balok sebesar 287.105 MPa. Maka, kedua sambungan ini telah melewati batas leleh fy = 250Mpa.
3. Hasil tegangan geser pada sambungan baut memiliki nilai pada daerah geser balok sebesar 195.685 MPa, dan pada daerah geser kolom (*panel zone*) sebesar 50,407 MPa. Sedangkan untuk sambungan las memiliki nilai tegangan pada daerah geser balok sebesar 226.341 MPa, dan pada daerah geser kolom (*panel zone*) sebesar 143,407 MPa. Maka, geser balok di kedua sambungan telah melewati batas leleh fy = 150MPa.
4. Pada perhitungan manual, nilai tegangan sebesar 280,852 MPa, bila dibandingkan nilai tegangan maksimum sambungan baut sebesar 286,987 MPa, maka didapatkan selisih perhitungan sebesar 2,18%. Sedangkan pada sambungan las nilai tegangan maksimum sebesar 287,590 MPa, maka didapatkan selisih sebesar 2,39%.

7.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sesuai dengan Tugas Akhir ini adalah :

1. Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk mengetahui perilaku sambungan balok kolom agar menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan, yaitu kuat, ekonomis, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Badan Standardisasi Nasional. 2002. **SNI 03 –1729 2002 Tata Cara Perencaaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung**. Departemen Pekerjaan Umum.

Cheol Min Yang, Young Moon Kim, Nov. 2006. "Cyclic Behavior of Bolted and Welded Beam-to-Column Joints". **International Journal of Mechanical Sciences** 49 (2007) 635–649.

Costa Neves L, da Silva LS, Vellasco P., 2005. "A model for predicting the stiffness of beam to concrete filled column and minor axis joints under static monotonic loading". **Journal of Engineering structures** 4, 10:131–138.

Eka Maulana, Herrys., 2013. **Analisa Numerik Pada Portal Beton Bertulang Akibat Beban *Cyclic***. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Elnashai AS., Elghazouli AY., 1994. "Seismic Behaviour of Semi-rigid Steel Frames". **Journal Construction Steel Research 29** (1994) 149–174.

Jones SW., Kirby PA., Nethercot DA., 1982. "Columns With Semi-Rigid Joints". **Journal of the Structural Division ASCE** 1982;108:361–72.

Kusuma Dewi, Febriyani., 2014. **Studi Perilaku Sambungan Pada Balok Kolom Jenis *Semirigid* dan *Rigid* Dengan Menggunakan *Software Finite Element Analysis***. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Marwan dan Isdarmanu. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I**. Jurusan Teknik Sipil-FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mulyani, Dinda., 2015. **Studi Perilaku Sambungan *Extended End-Plate* Dengan Program Bantu *Finite Element***. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Salmon dan Johson, 1995. **Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 2 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh Ir. Wira M.S.CE**. Jakarta: Erlangga

Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD.** Jakarta: Erlangga.

Soewardojo. **Buku Ajar Struktur Baja II**. Jurusan Teknik Sipil-FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Zulfiana, Andi., 2013. **Studi Perilaku Sambungan Jenis *Semirigid Connection* dan *Rigid Connection* Pada Struktur Gedung Rangka Baja Di Daerah Rawan Gempa Dengan Menggunakan Abaqus 6.7**. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

LAMP. 1 :
OUTPUT SAMBUNGAN BAUT – SAYAP ATAS BALOK

TIME	REGANGAN						TEGANGAN (MPa)					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	-0.000011	-0.000003	0.000001	-0.000009	-0.000011	0.000040	0.652	-0.197	0.074	0.930	-0.833	8.493
0.2	-0.000022	-0.000005	0.000002	-0.000018	-0.000022	0.000081	1.324	-0.401	0.151	1.891	-1.694	17.258
0.35	-0.000017	-0.000004	0.000002	-0.000014	-0.000017	0.000063	1.030	-0.313	0.118	1.473	-1.319	13.432
0.575	0.000008	0.000002	-0.000001	0.000007	0.000008	-0.000030	-0.483	0.146	-0.055	-0.689	0.617	-6.291
0.9125	0.000010	0.000002	-0.000001	0.000008	0.000010	-0.000037	-0.598	0.182	-0.068	-0.855	0.766	-7.800
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000001	-0.021	0.007	-0.003	-0.032	0.029	-0.284
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000001	-0.021	0.007	-0.003	-0.032	0.029	-0.284
1.1	-0.000054	-0.000013	0.000005	-0.000045	-0.000054	0.000200	3.259	-0.986	0.370	4.651	-4.164	42.455
1.2	-0.000111	-0.000026	0.000010	-0.000092	-0.000110	0.000407	6.622	-2.006	0.753	9.456	-8.468	86.289
1.35	-0.000086	-0.000020	0.000008	-0.000072	-0.000086	0.000317	5.148	-1.563	0.589	7.364	-6.597	67.162
1.575	0.000040	0.000009	-0.000004	0.000034	0.000040	-0.000148	-2.416	0.730	-0.273	-3.445	3.084	-31.454
1.9125	0.000050	0.000012	-0.000004	0.000042	0.000050	-0.000184	-2.990	0.908	-0.342	-4.276	3.830	-38.999
2	0.000002	0.000000	0.000000	0.000001	0.000002	-0.000007	-0.106	0.034	-0.014	-0.158	0.143	-1.419
2	0.000002	0.000000	0.000000	0.000001	0.000002	-0.000007	-0.106	0.034	-0.014	-0.158	0.143	-1.419
2.1	-0.000109	-0.000026	0.000010	-0.000091	-0.000108	0.000401	6.517	-1.972	0.739	9.299	-8.326	84.885
2.2	-0.000221	-0.000052	0.000020	-0.000184	-0.000220	0.000815	13.243	-4.012	1.506	18.912	-16.935	172.577
2.35	-0.000170	-0.000040	0.000015	-0.000141	-0.000169	0.000625	10.160	-3.083	1.159	14.524	-13.010	132.491
2.575	0.000081	0.000019	-0.000007	0.000067	0.000080	-0.000297	-4.833	1.461	-0.547	-6.893	6.171	-62.933
2.9125	0.000098	0.000023	-0.000009	0.000082	0.000098	-0.000362	-5.878	1.782	-0.670	-8.400	7.523	-76.636
3	0.000004	0.000001	0.000000	0.000003	0.000004	-0.000013	-0.208	0.067	-0.027	-0.311	0.281	-2.792
3	0.000004	0.000001	0.000000	0.000003	0.000004	-0.000013	-0.208	0.067	-0.027	-0.311	0.281	-2.792
3.1	-0.000163	-0.000038	0.000014	-0.000136	-0.000162	0.000601	9.774	-2.957	1.109	13.947	-12.487	127.307
3.2	-0.000332	-0.000078	0.000030	-0.000276	-0.000330	0.001222	19.828	-6.009	2.275	28.384	-25.418	258.933
3.2375	-0.000427	-0.000126	0.000043	-0.000428	-0.000451	0.001576	38.447	-7.722	2.625	38.325	-27.541	283.386
3.25156	-0.000479	-0.000155	0.000060	-0.000517	-0.000493	0.001731	43.484	-8.704	3.429	38.328	-26.969	285.927
3.27266	-0.000452	-0.000149	0.000057	-0.000495	-0.000467	0.001634	41.889	-8.231	3.255	36.082	-24.966	265.333
3.3043	-0.000400	-0.000137	0.000053	-0.000452	-0.000415	0.001442	38.768	-7.286	2.900	31.625	-20.975	224.657
3.35176	-0.000320	-0.000118	0.000046	-0.000385	-0.000335	0.001148	33.987	-5.836	2.354	24.793	-14.856	162.327
3.42295	-0.000200	-0.000089	0.000035	-0.000285	-0.000216	0.000705	26.799	-3.656	1.534	14.520	-5.654	68.604
3.52974	-0.000020	-0.000047	0.000019	-0.000135	-0.000036	0.000042	16.020	-0.387	0.305	-0.885	8.143	-71.933
3.68992	0.000285	0.000026	-0.000016	0.000136	0.000274	-0.001015	-7.879	4.469	-2.016	-26.850	27.371	-262.131
3.74998	0.000488	0.000155	-0.000065	0.000526	0.000494	-0.001750	-43.943	8.757	-3.532	-37.966	26.858	-285.988
3.77251	0.000460	0.000149	-0.000063	0.000503	0.000466	-0.001648	-42.258	8.258	-3.349	-35.594	24.742	-264.232
3.8063	0.000405	0.000136	-0.000058	0.000457	0.000411	-0.001442	-38.922	7.248	-2.969	-30.831	20.478	-220.767
3.85698	0.000319	0.000116	-0.000050	0.000386	0.000326	-0.001128	-33.817	5.700	-2.386	-23.534	13.942	-154.195
3.933	0.000191	0.000085	-0.000039	0.000279	0.000198	-0.000656	-26.141	3.372	-1.510	-12.563	4.116	-54.114
4	0.000078	0.000059	-0.000029	0.000185	0.000085	-0.000239	-19.378	1.321	-0.739	-2.898	-4.540	34.057
4	0.000078	0.000059	-0.000029	0.000185	0.000085	-0.000239	-19.378	1.321	-0.739	-2.898	-4.540	34.057
4.01	0.000061	0.000055	-0.000027	0.000171	0.000069	-0.000177	-18.369	1.015	-0.624	-1.456	-5.832	47.217
4.02	0.000045	0.000051	-0.000026	0.000157	0.000052	-0.000115	-17.360	0.709	-0.509	-0.013	-7.124	60.378
4.035	0.000019	0.000045	-0.000023	0.000136	0.000027	-0.000022	-15.846	0.249	-0.336	2.151	-9.062	80.118
4.0575	-0.000019	0.000036	-0.000020	0.000104	-0.000011	0.000118	-13.574	-0.439	-0.077	5.396	-11.969	109.729
4.09125	-0.000075	0.000022	-0.000015	0.000057	-0.000068	0.000327	-10.168	-1.473	0.311	10.265	-16.329	154.145
4.14187	-0.000161	0.000002	-0.000007	-0.000014	-0.000153	0.000642	-5.105	-3.011	0.916	17.590	-22.890	220.856
4.21781	-0.000348	-0.000078	0.000014	-0.000281	-0.000387	0.001314	28.944	-6.400	1.769	36.172	-28.372	277.331
4.24629	-0.000461	-0.000145	0.000047	-0.000482	-0.000488	0.001680	43.602	-8.665	3.211	38.805	-27.227	286.158
4.25697	-0.000462	-0.000145	0.000047	-0.000485	-0.000490	0.001684	43.688	-8.692	3.257	38.783	-27.222	286.185
4.27299	-0.000440	-0.000140	0.000045	-0.000466	-0.000468	0.001602	42.346	-8.291	3.108	36.881	-25.522	268.780
4.29701	-0.000400	-0.000131	0.000042	-0.000433	-0.000428	0.001456	39.968	-7.571	2.837	33.485	-22.482	237.794
4.33305	-0.000340	-0.000117	0.000036	-0.000383	-0.000368	0.001233	36.339	-6.470	2.423	28.298	-17.836	190.473
4.38711	-0.000249	-0.000095	0.000028	-0.000307	-0.000277	0.000897	30.880	-4.814	1.800	20.497	-10.849	119.302
4.46821	-0.000112	-0.000063	0.000016	-0.000193	-0.000141	0.000393	22.695	-2.332	0.866	8.799	-0.372	12.581
4.58984	0.000093	-0.000014	-0.000002	-0.000022	0.000064	-0.000363	10.417	1.391	-0.533	-8.748	15.344	-147.497
4.7723	0.000393	0.000104	-0.000038	0.000367	0.000413	-0.001465	-34.045	6.915	-2.186	-37.693	27.895	-280.814
4.78653	0.000377	0.000100	-0.000037	0.000353	0.000398	-0.001406	-33.078	6.632	-2.084	-36.341	26.690	-268.377
4.80788	0.000343	0.000092	-0.000034	0.000325	0.000363	-0.001279	-31.013	6.008	-1.850	-33.395	24.054	-241.487
4.8399	0.000289	0.000079	-0.000029	0.000280	0.000310	-0.001081	-27.793	5.031	-1.483	-28.794	19.933	-199.507
4.88793	0.000208	0.000060	-0.000022	0.000212	0.000229	-0.000783	-22.946	3.561	-0.930	-21.868	13.729	-136.318
4.95997	0.000087	0.000031	-0.000011	0.000111	0.000108	-0.000335	-15.674	1.356	-0.101	-11.474	4.420	-41.498
5	0.000019	0.000015	-0.000005	0.000055	0.000041	-0.000086	-11.633	0.130	0.360	-5.700	-0.751	11.177

LAMP. 2 :
OUTPUT SAMBUNGAN BAUT – SAYAP BAWAH BALOK

TIME	REGANGAN						TEGANGAN					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	0.000010	-0.000004	-0.000005	0.000011	-0.000008	-0.000041	-0.898	-0.273	-0.350	-0.669	-0.648	-8.755
0.2	0.000020	-0.000007	-0.000009	0.000023	-0.000017	-0.000084	-1.824	-0.555	-0.712	-1.359	-1.318	-17.790
0.35	0.000015	-0.000006	-0.000007	0.000018	-0.000013	-0.000066	-1.419	-0.433	-0.555	-1.058	-1.026	-13.847
0.575	-0.000007	0.000003	0.000003	-0.000008	0.000006	0.000031	0.665	0.202	0.259	0.495	0.480	6.485
0.9125	-0.000009	0.000003	0.000004	-0.000010	0.000008	0.000038	0.824	0.251	0.322	0.615	0.596	8.041
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.030	0.010	0.013	0.023	0.022	0.293
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.030	0.010	0.013	0.023	0.022	0.293
1.1	0.000048	-0.000018	-0.000023	0.000056	-0.000042	-0.000207	-4.488	-1.364	-1.748	-3.343	-3.240	-43.764
1.2	0.000098	-0.000036	-0.000046	0.000113	-0.000086	-0.000421	-9.121	-2.775	-3.558	-6.795	-6.588	-88.951
1.35	0.000076	-0.000028	-0.000036	0.000088	-0.000067	-0.000328	-7.096	-2.164	-2.777	-5.292	-5.132	-69.237
1.575	-0.000036	0.000013	0.000017	-0.000041	0.000031	0.000153	3.326	1.010	1.294	2.476	2.400	32.423
1.9125	-0.000044	0.000016	0.000021	-0.000051	0.000039	0.000190	4.121	1.256	1.612	3.073	2.980	40.204
2	-0.000002	0.000001	0.000001	-0.000002	0.000001	0.000007	0.148	0.048	0.063	0.113	0.111	1.465
2	-0.000002	0.000001	0.000001	-0.000002	0.000001	0.000007	0.148	0.048	0.063	0.113	0.111	1.465
2.1	0.000096	-0.000035	-0.000045	0.000111	-0.000084	-0.000414	-8.974	-2.728	-3.496	-6.683	-6.479	-87.501
2.2	0.000196	-0.000072	-0.000093	0.000226	-0.000171	-0.000842	-18.242	-5.551	-7.116	-13.591	-13.177	-177.901
2.35	0.000151	-0.000055	-0.000071	0.000174	-0.000132	-0.000646	-14.001	-4.266	-5.472	-10.437	-10.122	-136.582
2.575	-0.000071	0.000026	0.000034	-0.000083	0.000062	0.000307	6.654	2.022	2.589	4.954	4.802	64.872
2.9125	-0.000087	0.000032	0.000041	-0.000100	0.000076	0.000374	8.099	2.466	3.163	6.036	5.853	79.002
3	-0.000003	0.000001	0.000002	-0.000004	0.000003	0.000014	0.292	0.094	0.124	0.223	0.218	2.882
3	-0.000003	0.000001	0.000002	-0.000004	0.000003	0.000014	0.292	0.094	0.124	0.223	0.218	2.882
3.1	0.000145	-0.000053	-0.000068	0.000167	-0.000126	-0.000621	-13.459	-4.092	-5.243	-10.023	-9.716	-131.231
3.2	0.000294	-0.000108	-0.000139	0.000339	-0.000257	-0.001263	-27.364	-8.326	-10.673	-20.386	-19.766	-266.859
3.2375	0.000369	-0.000162	-0.000198	0.000538	-0.000362	-0.001638	-49.879	-9.528	-11.623	-30.062	-21.236	-285.277
3.25156	0.000415	-0.000195	-0.000249	0.000649	-0.000399	-0.001813	-56.133	-10.363	-13.381	-30.423	-20.707	-286.938
3.27266	0.000391	-0.000187	-0.000238	0.000622	-0.000378	-0.001712	-53.947	-9.710	-12.552	-28.809	-19.146	-266.711
3.3043	0.000345	-0.000170	-0.000217	0.000569	-0.000338	-0.001514	-49.646	-8.403	-10.876	-25.607	-16.041	-224.776
3.35176	0.000274	-0.000144	-0.000183	0.000487	-0.000276	-0.001210	-43.057	-6.397	-8.304	-20.697	-11.280	-160.519
3.42295	0.000168	-0.000104	-0.000133	0.000364	-0.000183	-0.000753	-33.152	-3.380	-4.435	-13.315	-4.121	-63.901
3.52974	0.000008	-0.000046	-0.000057	0.000180	-0.000044	-0.000067	-18.299	1.144	1.367	-2.244	6.614	80.977
3.68992	-0.000269	0.000053	0.000087	-0.000180	0.000219	0.001048	16.467	6.914	9.846	19.050	21.158	264.169
3.74998	-0.000427	0.000193	0.000259	-0.000656	0.000398	0.001833	57.093	10.389	13.594	29.930	20.541	287.057
3.77251	-0.000403	0.000184	0.000248	-0.000627	0.000376	0.001727	54.782	9.700	12.719	28.226	18.893	265.630
3.8063	-0.000353	0.000166	0.000225	-0.000570	0.000333	0.001515	50.186	8.303	10.929	24.803	15.574	220.818
3.85698	-0.000278	0.000138	0.000189	-0.000483	0.000267	0.001190	43.148	6.160	8.181	19.560	10.489	152.186
3.933	-0.000164	0.000096	0.000135	-0.000352	0.000168	0.000702	32.570	2.939	4.050	11.676	2.844	49.012
4	-0.000064	0.000059	0.000088	-0.000236	0.000080	0.000272	23.252	0.101	0.410	4.731	-3.890	-41.882
4	-0.000064	0.000059	0.000088	-0.000236	0.000080	0.000272	23.252	0.101	0.410	4.731	-3.890	-41.882
4.01	-0.000049	0.000054	0.000081	-0.000219	0.000067	0.000208	21.861	-0.323	-0.133	3.695	-4.896	-55.448
4.02	-0.000034	0.000048	0.000074	-0.000202	0.000054	0.000144	20.470	-0.746	-0.677	2.658	-5.901	-69.015
4.035	-0.000011	0.000040	0.000063	-0.000176	0.000034	0.000048	18.384	-1.382	-1.492	1.103	-7.409	-89.365
4.0575	0.000022	0.000028	0.000047	-0.000137	0.000005	-0.000097	15.254	-2.335	-2.714	-1.229	-9.671	-119.890
4.09125	0.000073	0.000009	0.000024	-0.000079	-0.000039	-0.000314	10.560	-3.764	-4.548	-4.728	-13.063	-165.678
4.14187	0.000148	-0.000019	-0.000012	0.000009	-0.000105	-0.000639	3.517	-5.909	-7.298	-9.976	-18.153	-234.370
4.21781	0.000303	-0.000110	-0.000119	0.000357	-0.000314	-0.001350	-38.324	-8.403	-10.044	-27.687	-22.154	-278.827
4.24629	0.000396	-0.000183	-0.000222	0.000610	-0.000398	-0.001755	-56.151	-10.220	-13.167	-30.497	-20.920	-286.987
4.25697	0.000398	-0.000184	-0.000224	0.000613	-0.000399	-0.001760	-56.280	-10.257	-13.256	-30.515	-20.915	-286.034
4.27299	0.000378	-0.000177	-0.000215	0.000590	-0.000382	-0.001675	-54.435	-9.702	-12.549	-29.148	-19.592	-270.091
4.29701	0.000343	-0.000164	-0.000199	0.000549	-0.000351	-0.001524	-51.158	-8.706	-11.272	-26.708	-17.226	-238.145
4.33305	0.000289	-0.000144	-0.000173	0.000487	-0.000304	-0.001293	-46.156	-7.183	-9.319	-22.981	-13.612	-189.360
4.38711	0.000208	-0.000114	-0.000135	0.000394	-0.000233	-0.000946	-38.633	-4.892	-6.381	-17.375	-8.175	-115.989
4.46821	0.000087	-0.000070	-0.000078	0.000254	-0.000127	-0.000425	-27.354	-1.457	-1.976	-8.969	-0.023	-5.972
4.58984	-0.000095	-0.000003	0.000008	0.000044	0.000032	0.000355	-10.436	3.695	4.633	3.641	12.204	159.049
4.7723	-0.000343	0.000137	0.000170	-0.000457	0.000327	0.001513	44.591	8.922	10.535	29.292	21.557	282.622
4.78653	-0.000329	0.000132	0.000163	-0.000440	0.000315	0.001452	43.269	8.531	10.040	28.320	20.617	269.807
4.80788	-0.000298	0.000121	0.000149	-0.000405	0.000288	0.001321	40.426	7.667	8.934	26.203	18.566	242.087
4.8399	-0.000251	0.000103	0.000126	-0.000350	0.000246	0.001116	35.989	6.316	7.202	22.897	15.359	198.811
4.88793	-0.000179	0.000077	0.000093	-0.000267	0.000184	0.000808	29.310	4.282	4.593	17.919	10.533	133.671
4.95997	-0.000071	0.000037	0.000042	-0.000143	0.000089	0.000345	19.289	1.230	0.679	10.450	3.290	35.922
5	-0.000011	0.000015	0.000013	-0.000074	0.000037	0.000088	13.722	-0.465	-1.496	6.301	-0.733	-18.379

LAMP. 3 :
OUTPUT SAMBUNGAN BAUT – BADAN BALOK

TIME	REGANGAN						TEGANGAN					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	0.000009	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000018	-0.000022	0.057	0.005	0.000	-1.355	-1.355	-4.711
0.2	0.000019	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000036	-0.000044	0.115	0.010	0.000	-2.755	-2.761	-9.570
0.35	0.000015	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000028	-0.000034	0.089	0.008	0.000	-2.147	-2.162	-7.443
0.575	-0.000007	0.000000	0.000000	0.000000	0.000013	0.000016	-0.042	-0.004	0.000	1.004	1.002	3.490
0.9125	-0.000009	0.000000	0.000000	0.000000	0.000016	0.000020	-0.052	-0.004	0.000	1.246	1.254	4.322
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	-0.002	0.000	0.000	0.047	0.053	0.154
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	-0.002	0.000	0.000	0.047	0.053	0.154
1.1	0.000047	0.000000	0.000000	0.000001	-0.000088	-0.000108	0.283	0.024	0.000	-6.775	-6.775	-23.550
1.2	0.000095	0.000001	0.000000	0.000002	-0.000179	-0.000219	0.575	0.049	-0.001	-13.776	-13.805	-47.848
1.35	0.000074	0.000000	0.000000	0.000001	-0.000140	-0.000171	0.447	0.038	-0.001	-10.734	-10.808	-37.214
1.575	-0.000035	0.000000	0.000000	-0.000001	0.000065	0.000080	-0.210	-0.018	0.000	5.018	5.009	17.452
1.9125	-0.000043	0.000000	0.000000	-0.000001	0.000082	0.000099	-0.260	-0.022	0.000	6.232	6.271	21.611
2	-0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000003	0.000004	-0.009	-0.001	0.000	0.233	0.263	0.771
2	-0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000003	0.000004	-0.009	-0.001	0.000	0.233	0.263	0.771
2.1	0.000094	0.000001	0.000000	0.000002	-0.000176	-0.000216	0.566	0.049	-0.001	-13.546	-13.544	-47.085
2.2	0.000191	0.000001	0.000000	0.000004	-0.000359	-0.000439	1.150	0.099	-0.002	-27.553	-27.610	-95.696
2.35	0.000146	0.000001	0.000000	0.000003	-0.000277	-0.000337	0.883	0.075	-0.001	-21.166	-21.275	-73.432
2.575	-0.000070	0.000000	0.000000	-0.000002	0.000130	0.000160	-0.420	-0.036	0.001	10.040	10.023	34.918
2.9125	-0.000085	-0.000001	0.000000	-0.000002	0.000160	0.000195	-0.511	-0.044	0.001	12.240	12.290	42.483
3	-0.000003	0.000000	0.000000	0.000000	0.000007	0.000007	-0.018	-0.001	0.000	0.458	0.518	1.516
3	-0.000003	0.000000	0.000000	0.000000	0.000007	0.000007	-0.018	-0.001	0.000	0.458	0.518	1.516
3.1	0.000141	0.000001	0.000000	0.000003	-0.000264	-0.000324	0.849	0.073	-0.001	-20.316	-20.313	-70.617
3.2	0.000286	0.000002	0.000000	0.000006	-0.000538	-0.000658	1.725	0.148	-0.002	-41.330	-41.418	-143.544
3.2375	0.000345	0.000002	0.000000	0.000021	-0.000658	-0.000808	2.185	0.143	0.008	-47.632	-50.638	-175.169
3.25156	0.000385	0.000004	0.000000	0.000025	-0.000696	-0.000903	2.488	0.274	-0.017	-52.944	-53.566	-195.685
3.27266	0.000363	0.000003	0.000000	0.000024	-0.000656	-0.000850	2.350	0.262	-0.017	-49.687	-50.444	-184.188
3.3043	0.000318	0.000003	0.000000	0.000023	-0.000571	-0.000746	2.079	0.239	-0.016	-43.194	-43.944	-161.629
3.35176	0.000249	0.000003	0.000000	0.000022	-0.000441	-0.000588	1.664	0.203	-0.016	-33.239	-33.949	-127.077
3.42295	0.000145	0.000002	0.000000	0.000020	-0.000246	-0.000350	1.039	0.150	-0.015	-18.268	-18.914	-75.125
3.52974	-0.000010	0.000001	0.000000	0.000017	0.000047	0.000007	0.103	0.070	-0.014	4.180	3.630	2.777
3.68992	-0.000243	0.000000	0.000000	0.000003	0.000494	0.000553	-1.349	-0.012	-0.028	36.527	38.029	121.139
3.74998	-0.000391	-0.000004	0.000000	-0.000026	0.000699	0.000915	-2.553	-0.289	0.019	53.610	53.778	198.374
3.77251	-0.000367	-0.000004	0.000000	-0.000025	0.000656	0.000859	-2.407	-0.276	0.018	50.170	50.486	186.225
3.8063	-0.000319	-0.000003	0.000000	-0.000024	0.000566	0.000749	-2.118	-0.251	0.018	43.232	43.540	162.120
3.85698	-0.000245	-0.000003	0.000000	-0.000022	0.000427	0.000580	-1.674	-0.214	0.017	32.599	32.864	125.217
3.933	-0.000135	-0.000002	0.000000	-0.000020	0.000219	0.000325	-1.007	-0.156	0.016	16.613	16.809	69.740
4	-0.000037	-0.000001	0.000000	-0.000018	0.000035	0.000101	-0.420	-0.106	0.016	2.529	2.666	20.866
4	-0.000037	-0.000001	0.000000	-0.000018	0.000035	0.000101	-0.420	-0.106	0.016	2.529	2.666	20.866
4.01	-0.000023	-0.000001	0.000000	-0.000018	0.000007	0.000068	-0.332	-0.099	0.016	0.427	0.555	13.571
4.02	-0.000008	-0.000001	0.000000	-0.000017	-0.000020	0.000034	-0.244	-0.091	0.015	-1.675	-1.556	6.275
4.035	0.000014	-0.000001	0.000000	-0.000017	-0.000061	-0.000016	-0.113	-0.080	0.015	-4.828	-4.723	-4.667
4.0575	0.000046	-0.000001	0.000000	-0.000016	-0.000123	-0.000091	0.084	-0.063	0.015	-9.558	-9.473	-21.081
4.09125	0.000095	0.000000	0.000000	-0.000015	-0.000216	-0.000204	0.380	-0.038	0.015	-16.652	-16.598	-45.702
4.14187	0.000169	0.000000	0.000000	-0.000014	-0.000355	-0.000373	0.824	0.000	0.014	-27.295	-27.289	-82.634
4.21781	0.000285	0.000000	0.000001	0.000011	-0.000592	-0.000663	1.682	-0.005	0.041	-40.486	-45.503	-144.191
4.24629	0.000371	0.000003	0.000000	0.000023	-0.000687	-0.000868	2.319	0.234	-0.011	-51.145	-52.838	-188.340
4.25697	0.000372	0.000003	0.000000	0.000023	-0.000689	-0.000871	2.331	0.237	-0.011	-51.312	-53.022	-188.907
4.27299	0.000353	0.000003	0.000000	0.000023	-0.000654	-0.000827	2.215	0.227	-0.011	-48.548	-50.324	-179.217
4.29701	0.000318	0.000003	0.000000	0.000022	-0.000590	-0.000748	2.008	0.209	-0.011	-43.602	-45.369	-162.033
4.33305	0.000266	0.000002	0.000000	0.000021	-0.000491	-0.000627	1.693	0.182	-0.010	-36.044	-37.781	-135.801
4.38711	0.000188	0.000002	0.000000	0.000019	-0.000343	-0.000447	1.219	0.141	-0.010	-24.675	-26.364	-96.350
4.46821	0.000070	0.000001	0.000000	0.000017	-0.000120	-0.000175	0.508	0.080	-0.009	-7.629	-9.245	-37.193
4.58984	-0.000107	0.000000	0.000000	0.000013	0.000214	0.000232	-0.559	-0.011	-0.007	17.940	16.433	51.542
4.7723	-0.000318	-0.000001	0.000000	-0.000019	0.000628	0.000743	-2.024	-0.049	-0.030	43.971	48.338	161.198
4.78653	-0.000304	-0.000001	0.000000	-0.000018	0.000605	0.000711	-1.941	-0.041	-0.030	42.012	46.500	154.234
4.80788	-0.000274	0.000000	0.000000	-0.000018	0.000549	0.000643	-1.761	-0.026	-0.030	37.722	42.219	139.314
4.8399	-0.000228	0.000000	0.000000	-0.000017	0.000461	0.000536	-1.482	-0.002	-0.031	31.018	35.489	116.041
4.88793	-0.000158	0.000000	0.000000	-0.000015	0.000330	0.000375	-1.060	0.034	-0.031	20.925	25.353	81.015
4.95997	-0.000053	0.000001	0.000000	-0.000013	0.000132	0.000134	-0.429	0.088	-0.032	5.779	10.143	28.454
5	0.000005	0.000002	0.000000	-0.000012	0.000022	0.000000	-0.078	0.119	-0.033	-2.635	1.693	-0.745

LAMP. 4 :

OUTPUT SAMBUNGAN BAUT – *PANEL ZONE* KOLOM

TIME	REGANGAN						TEGANGAN					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0	0	0	0	0
0.1	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000001	0.000047	0.000005	0.5797	0.026	-0.0178	0.464	3.62815	1.30215
0.2	0.000001	0.000001	0.000000	-0.000001	0.000096	0.000010	1.1779	0.0528	-0.036	0.943	7.37198	2.64549
0.35	0.000000	0.000001	0.000000	-0.000001	0.000075	0.000008	0.9165	0.0411	-0.028	0.7341	5.73669	2.05807
0.575	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000035	-0.000004	-0.4295	-0.0192	0.01316	-0.3437	-2.68767	-0.964706
0.9125	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000043	-0.000005	-0.5322	-0.0239	0.01626	-0.4263	-3.33121	-1.19513
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000002	0.000000	-0.0192	-0.0009	0.00056	-0.0156	-0.12058	-0.042932
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000002	0.000000	-0.0192	-0.0009	0.00056	-0.0156	-0.12058	-0.042932
1.1	0.000001	0.000002	-0.000001	-0.000003	0.000236	0.000025	2.8981	0.1299	-0.0887	2.3196	18.1371	6.50945
1.2	0.000003	0.000003	-0.000002	-0.000005	0.000479	0.000050	5.8895	0.2641	-0.1802	4.715	36.8598	13.2274
1.35	0.000002	0.000003	-0.000002	-0.000004	0.000373	0.000039	4.5827	0.2057	-0.14	3.6705	28.6835	10.2904
1.575	-0.000001	-0.000001	0.000001	0.000002	-0.000175	-0.000018	-2.1473	-0.0962	0.06582	-1.7185	-13.4383	-4.82353
1.9125	-0.000001	-0.000002	0.000001	0.000002	-0.000217	-0.000023	-2.6611	-0.1194	0.08128	-2.1313	-16.656	-5.97566
2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000008	-0.000001	-0.0961	-0.0044	0.00278	-0.0779	-0.60289	-0.21466
2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000008	-0.000001	-0.0961	-0.0044	0.00278	-0.0779	-0.60289	-0.21466
2.1	0.000002	0.000003	-0.000002	-0.000005	0.000471	0.000049	5.7944	0.2597	-0.1775	4.6379	36.2632	13.015
2.2	0.000005	0.000007	-0.000005	-0.000010	0.000958	0.000100	11.779	0.5282	-0.3604	9.4299	73.7193	26.4547
2.35	0.000004	0.000005	-0.000004	-0.000008	0.000736	0.000077	9.0412	0.4057	-0.2763	7.2403	56.5883	20.3035
2.575	-0.000002	-0.000003	0.000002	0.000004	-0.000350	-0.000037	-4.2964	-0.1925	0.13167	-3.4383	-26.8873	-9.65085
2.9125	-0.000002	-0.000003	0.000002	0.000005	-0.000426	-0.000045	-5.23	-0.2346	0.1599	-4.1878	-32.7338	-11.7454
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000015	-0.000002	-0.189	-0.0087	0.00548	-0.1533	-1.18588	-0.422241
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000015	-0.000002	-0.189	-0.0087	0.00548	-0.1533	-1.18588	-0.422241
3.1	0.000004	0.000005	-0.000003	-0.000008	0.000707	0.000074	8.6902	0.3895	-0.2661	6.9557	54.3863	19.5195
3.2	0.000008	0.000010	-0.000007	-0.000015	0.001438	0.000151	17.667	0.7918	-0.5464	14.138	110.578	39.6645
3.2375	0.000009	0.000012	-0.000009	-0.000019	0.001716	0.000181	21.189	0.9385	-0.6799	16.88	131.996	47.5477
3.25156	0.000010	0.000013	-0.000010	-0.000021	0.001806	0.000192	22.439	0.968	-0.7318	17.735	138.891	50.4065
3.27266	0.000009	0.000012	-0.000009	-0.000019	0.001691	0.000180	21.029	0.9049	-0.689	16.612	130.075	47.2354
3.3043	0.000008	0.000010	-0.000008	-0.000017	0.001465	0.000156	18.253	0.7802	-0.6045	14.389	112.699	40.9992
3.35176	0.000006	0.000008	-0.000006	-0.000013	0.001119	0.000120	14	0.5892	-0.4749	10.983	86.0751	31.4462
3.42295	0.000004	0.000004	-0.000004	-0.000008	0.000599	0.000065	7.6035	0.3021	-0.2796	5.8617	46.0431	17.0823
3.52974	-0.000001	-0.000002	0.000000	0.000001	-0.000182	-0.000017	-1.9873	-0.1282	0.01345	-1.8181	-13.9845	-4.45628
3.68992	-0.000007	-0.000010	0.000006	0.000013	-0.001354	-0.000139	-16.41	-0.769	0.4878	-13.303	-104.158	-36.7546
3.74998	-0.000010	-0.000013	0.000010	0.000021	-0.001814	-0.000193	-22.564	-0.9674	0.73988	-17.785	-139.53	-50.699
3.77251	-0.000009	-0.000012	0.000009	0.000020	-0.001693	-0.000180	-21.075	-0.9007	0.69475	-16.599	-130.217	-47.3483
3.8063	-0.000008	-0.000010	0.000008	0.000017	-0.001451	-0.000155	-18.108	-0.7673	0.60467	-14.224	-111.648	-40.6844
3.85698	-0.000006	-0.000007	0.000006	0.000013	-0.001082	-0.000116	-13.565	-0.5631	0.46643	-10.586	-83.2127	-30.4812
3.933	-0.000003	-0.000003	0.000003	0.000007	-0.000526	-0.000058	-6.7354	-0.2566	0.25796	-5.1174	-40.4648	-15.1428
4	-0.000001	0.000000	0.000001	0.000002	-0.000036	-0.000007	-0.7183	0.0134	0.07415	-0.2992	-2.80457	-1.62991
4	-0.000001	0.000000	0.000001	0.000002	-0.000036	-0.000007	-0.7183	0.0134	0.07415	-0.2992	-2.80457	-1.62991
4.01	0.000000	0.000001	0.000001	0.000001	0.000037	0.000001	0.1798	0.0537	0.04671	0.4199	2.81666	0.387056
4.02	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000110	0.000009	1.0779	0.094	0.01928	1.1391	8.43784	2.404
4.035	0.000001	0.000002	0.000000	-0.000001	0.000219	0.000020	2.4251	0.1545	-0.0219	2.2178	16.8696	5.42941
4.0575	0.000002	0.000003	-0.000001	-0.000002	0.000384	0.000037	4.4458	0.2452	-0.0836	3.8359	29.5172	9.96752
4.09125	0.000003	0.000005	-0.000002	-0.000005	0.000630	0.000063	7.477	0.3811	-0.1763	6.2631	48.4886	16.7747
4.14187	0.000005	0.000008	-0.000004	-0.000009	0.001000	0.000102	12.021	0.5845	-0.323	9.8945	76.9444	26.9623
4.21781	0.000008	0.000011	-0.000008	-0.000016	0.001562	0.000162	19.075	0.8829	-0.5912	15.416	120.175	42.7563
4.24629	0.000010	0.000013	-0.000009	-0.000020	0.001783	0.000189	22.094	0.97	-0.7094	17.589	137.139	49.6136
4.25697	0.000010	0.000013	-0.000009	-0.000020	0.001785	0.000189	22.123	0.9703	-0.7112	17.607	137.293	49.6759
4.27299	0.000009	0.000012	-0.000009	-0.000019	0.001688	0.000179	20.933	0.9169	-0.675	16.657	129.849	47.0007
4.29701	0.000008	0.000011	-0.000008	-0.000017	0.001516	0.000161	18.818	0.8218	-0.6107	14.964	116.612	42.2502
4.33305	0.000007	0.000009	-0.000007	-0.000014	0.001253	0.000133	15.589	0.6767	-0.5125	12.378	96.3995	34.9974
4.38711	0.000005	0.000006	-0.000005	-0.000010	0.000858	0.000092	10.732	0.4587	-0.3643	8.489	66.0001	24.0898
4.46821	0.000002	0.000002	-0.000002	-0.000003	0.000265	0.000030	3.4491	0.1318	-0.1419	2.6573	20.4164	7.73385
4.58984	-0.000003	-0.000005	0.000002	0.000006	-0.000623	-0.000064	-7.4752	-0.3583	0.19199	-6.0903	-47.9576	-16.7995
4.7723	-0.000009	-0.000012	0.000008	0.000018	-0.001646	-0.000172	-20.234	-0.9067	0.64718	-16.141	-126.601	-45.3715
4.78653	-0.000009	-0.000011	0.000008	0.000017	-0.001577	-0.000165	-19.382	-0.8687	0.6208	-15.463	-121.274	-43.4528
4.80788	-0.000008	-0.000010	0.000007	0.000015	-0.001427	-0.000149	-17.546	-0.7864	0.56463	-13.994	-109.785	-39.3291
4.8399	-0.000007	-0.000009	0.000006	0.000013	-0.001194	-0.000125	-14.681	-0.6579	0.4771	-11.7	-91.8542	-32.8949
4.88793	-0.000005	-0.000006	0.000004	0.000009	-0.000843	-0.000088	-10.369	-0.4644	0.34535	-8.2472	-64.8644	-23.2107
4.95997	-0.000002	-0.000002	0.000002	0.000004	-0.000317	-0.000033	-3.8977	-0.1741	0.14759	-3.0657	-24.3638	-8.6786
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000024	-0.000002	-0.303	-0.0128	0.03772	-0.1872	-1.86477	-0.605674

LAMP. 5 :
OUTPUT SAMBUNGAN LAS – SAYAP ATAS BALOK

TIME	REGANGAN						TEGANGAN					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	-0.000013	0.000003	0.000000	-0.000008	-0.000008	0.000039	-0.011	0.209	-0.018	0.734	-0.594	8.008
0.2	-0.000027	0.000006	0.000000	-0.000017	-0.000016	0.000081	-0.024	0.434	-0.038	1.520	-1.232	16.582
0.35	-0.000022	0.000005	0.000000	-0.000014	-0.000013	0.000066	-0.023	0.354	-0.033	1.238	-1.005	13.486
0.575	0.000010	-0.000002	0.000000	0.000006	0.000006	-0.000028	0.007	-0.152	0.013	-0.532	0.431	-5.813
0.9125	0.000013	-0.000003	0.000000	0.000008	0.000008	-0.000038	0.013	-0.205	0.019	-0.715	0.581	-7.797
1	0.000001	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	-0.000003	0.003	-0.017	0.002	-0.058	0.048	-0.621
1	0.000001	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	-0.000003	0.003	-0.017	0.002	-0.058	0.048	-0.621
1.1	-0.000066	0.000014	-0.000001	-0.000042	-0.000039	0.000195	-0.054	1.046	-0.090	3.664	-2.967	39.998
1.2	-0.000136	0.000028	-0.000002	-0.000086	-0.000080	0.000403	-0.121	2.171	-0.192	7.599	-6.159	82.909
1.35	-0.000111	0.000023	-0.000002	-0.000070	-0.000065	0.000328	-0.114	1.770	-0.164	6.188	-5.024	67.429
1.575	0.000048	-0.000010	0.000001	0.000030	0.000028	-0.000141	0.037	-0.759	0.064	-2.661	2.153	-29.066
1.9125	0.000064	-0.000013	0.000001	0.000040	0.000038	-0.000190	0.065	-1.023	0.094	-3.577	2.904	-38.987
2	0.000005	-0.000001	0.000000	0.000003	0.000003	-0.000015	0.014	-0.084	0.012	-0.289	0.240	-3.106
2	0.000005	-0.000001	0.000000	0.000003	0.000003	-0.000015	0.014	-0.084	0.012	-0.289	0.240	-3.106
2.1	-0.000131	0.000027	-0.000002	-0.000083	-0.000077	0.000389	-0.108	2.089	-0.180	7.316	-5.924	79.871
2.2	-0.000273	0.000056	-0.000005	-0.000172	-0.000160	0.000807	-0.242	4.342	-0.384	15.197	-12.316	165.810
2.35	-0.000216	0.000045	-0.000004	-0.000136	-0.000127	0.000637	-0.211	3.436	-0.313	12.017	-9.751	131.003
2.575	0.000096	-0.000020	0.000002	0.000061	0.000056	-0.000283	0.074	-1.522	0.129	-5.333	4.315	-58.251
2.9125	0.000123	-0.000026	0.000002	0.000078	0.000073	-0.000365	0.117	-1.966	0.177	-6.879	5.579	-75.015
3	0.000010	-0.000002	0.000000	0.000006	0.000006	-0.000029	0.026	-0.162	0.023	-0.557	0.463	-5.989
3	0.000010	-0.000002	0.000000	0.000006	0.000006	-0.000029	0.026	-0.162	0.023	-0.557	0.463	-5.989
3.1	-0.000197	0.000041	-0.000004	-0.000125	-0.000115	0.000582	-0.161	3.131	-0.270	10.966	-8.879	119.717
3.2	-0.000409	0.000085	-0.000007	-0.000259	-0.000240	0.001210	-0.363	6.513	-0.576	22.795	-18.474	248.710
3.2375	-0.000540	0.000120	-0.000018	-0.000381	-0.000328	0.001542	11.503	7.388	-1.128	31.018	-20.193	267.885
3.25156	-0.000610	0.000150	-0.000027	-0.000471	-0.000385	0.001746	21.557	8.223	-1.551	35.617	-20.882	275.232
3.27266	-0.000589	0.000145	-0.000027	-0.000457	-0.000373	0.001683	21.537	7.896	-1.542	34.454	-19.964	262.330
3.3043	-0.000528	0.000133	-0.000026	-0.000419	-0.000337	0.001503	21.583	6.932	-1.460	31.074	-17.229	225.412
3.35176	-0.000429	0.000112	-0.000024	-0.000356	-0.000279	0.001210	21.675	5.353	-1.318	25.552	-12.751	165.177
3.42295	-0.000278	0.000081	-0.000022	-0.000260	-0.000190	0.000762	21.820	2.936	-1.099	17.097	-5.893	72.996
3.52974	-0.000050	0.000034	-0.000017	-0.000117	-0.000057	0.000090	22.037	-0.683	-0.771	4.439	4.374	-65.028
3.68992	0.000333	-0.000049	-0.000007	0.000147	0.000170	-0.000987	12.821	-5.895	0.024	-17.315	18.279	-248.646
3.74998	0.000619	-0.000152	0.000031	0.000481	0.000390	-0.001767	-22.083	-8.260	1.761	-35.683	20.946	-275.523
3.75562	0.000632	-0.000156	0.000036	0.000496	0.000399	-0.001797	-22.881	-8.322	2.049	-35.844	21.075	-275.982
3.76406	0.000625	-0.000155	0.000036	0.000491	0.000395	-0.001775	-22.870	-8.210	2.047	-35.441	20.759	-271.476
3.77673	0.000604	-0.000150	0.000035	0.000477	0.000382	-0.001713	-22.880	-7.875	2.021	-34.262	19.809	-258.566
3.79574	0.000566	-0.000142	0.000035	0.000453	0.000360	-0.001600	-22.913	-7.269	1.968	-32.142	18.092	-235.425
3.82425	0.000506	-0.000130	0.000034	0.000416	0.000325	-0.001423	-22.969	-6.315	1.882	-28.803	15.384	-199.010
3.86701	0.000415	-0.000111	0.000032	0.000358	0.000271	-0.001155	-23.055	-4.870	1.751	-23.747	11.283	-143.877
3.93116	0.000279	-0.000083	0.000029	0.000272	0.000191	-0.000751	-23.186	-2.696	1.554	-16.143	5.115	-60.965
4	0.000132	-0.000053	0.000027	0.000180	0.000105	-0.000318	-23.326	-0.363	1.343	-7.984	-1.504	28.003
4	0.000132	-0.000053	0.000027	0.000180	0.000105	-0.000318	-23.326	-0.363	1.343	-7.984	-1.504	28.003
4.1	-0.000094	-0.000006	0.000022	0.000037	-0.000027	0.000349	-23.540	3.235	1.018	4.601	-11.711	165.239
4.2	-0.000405	0.000067	0.000008	-0.000214	-0.000219	0.001169	-3.842	6.320	-0.083	22.937	-18.956	256.052
4.2375	-0.000651	0.000158	-0.000042	-0.000514	-0.000410	0.001838	24.194	8.408	-2.436	35.843	-21.186	276.639
4.25156	-0.000824	0.000213	-0.000120	-0.000775	-0.000576	0.002330	40.429	8.720	-5.859	39.125	-23.491	285.769
4.25684	-0.000855	0.000223	-0.000135	-0.000827	-0.000610	0.002425	43.907	8.712	-6.464	39.732	-24.017	287.590
4.26475	-0.000852	0.000222	-0.000135	-0.000825	-0.000608	0.002415	43.881	8.662	-6.476	39.548	-23.886	285.449
4.27661	-0.000833	0.000218	-0.000135	-0.000813	-0.000597	0.002359	43.884	8.366	-6.456	38.505	-23.049	274.008
4.29441	-0.000796	0.000210	-0.000134	-0.000790	-0.000576	0.002250	43.913	7.780	-6.406	36.452	-21.388	251.588
4.32111	-0.000737	0.000198	-0.000133	-0.000752	-0.000541	0.002074	43.968	6.833	-6.322	33.139	-18.702	215.457
4.36115	-0.000646	0.000179	-0.000132	-0.000695	-0.000488	0.001807	44.054	5.391	-6.191	28.097	-14.612	160.470
4.42122	-0.000510	0.000151	-0.000129	-0.000609	-0.000408	0.001404	44.184	3.220	-5.995	20.501	-8.450	77.641
4.51132	-0.000306	0.000109	-0.000125	-0.000480	-0.000287	0.000799	44.379	-0.037	-5.700	9.110	0.790	-46.563
4.64647	0.000013	0.000042	-0.000122	-0.000280	-0.000104	-0.000118	43.017	-4.949	-5.240	-8.509	14.293	-227.164
4.69715	0.000226	-0.000007	-0.000121	-0.000096	0.000019	-0.000629	18.074	-6.099	-3.569	-20.723	16.533	-247.091
4.77318	0.000521	-0.000112	-0.000052	0.000241	0.000229	-0.001389	-12.546	-8.478	1.026	-32.018	19.612	-268.946
4.79218	0.000498	-0.000107	-0.000052	0.000226	0.000216	-0.001319	-12.535	-8.113	1.009	-30.723	18.582	-254.646
4.81119	0.000460	-0.000099	-0.000053	0.000202	0.000194	-0.001208	-12.562	-7.514	0.959	-28.624	16.885	-231.701
4.8397	0.000398	-0.000086	-0.000054	0.000162	0.000157	-0.001023	-12.618	-6.520	0.870	-25.144	14.064	-193.737
4.88246	0.000300	-0.000066	-0.000056	0.000101	0.000100	-0.000736	-12.711	-4.972	0.729	-19.730	9.672	-134.697
4.94661	0.000155	-0.000036	-0.000059	0.000009	0.000014	-0.000305	-12.850	-2.654	0.519	-11.619	3.093	-46.257
5	0.000034	-0.000011	-0.000061	-0.000067	-0.000057	0.000053	-12.966	-0.724	0.344	-4.869	-2.382	27.338

LAMP. 6 :
OUTPUT SAMBUNGAN LAS – SAYAP BAWAH BALOK

TIME	REGANGAN						TEGANGAN					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	0.00001	0.00000	0.00000	0.00001	-0.00001	-0.00004	0.111	0.205	-0.005	-0.836	-0.636	-8.043
0.2	0.00003	0.00001	0.00000	0.00002	-0.00002	-0.00008	0.233	0.426	-0.010	-1.732	-1.319	-16.655
0.35	0.00002	0.00000	0.00000	0.00001	-0.00001	-0.00007	0.194	0.347	-0.006	-1.410	-1.077	-13.542
0.575	-0.00001	0.00000	0.00000	-0.00001	0.00001	0.00003	-0.080	-0.149	0.004	0.607	0.461	5.840
0.9125	-0.00001	0.00000	0.00000	-0.00001	0.00001	0.00004	-0.112	-0.200	0.003	0.815	0.622	7.830
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.011	-0.016	-0.001	0.066	0.052	0.623
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.011	-0.016	-0.001	0.066	0.052	0.623
1.1	0.00007	0.00001	0.00000	0.00004	-0.00004	-0.00020	0.556	1.026	-0.026	-4.175	-3.177	-40.175
1.2	0.00014	0.00003	0.00000	0.00008	-0.00009	-0.00041	1.166	2.128	-0.048	-8.659	-6.596	-83.272
1.35	0.00012	0.00002	0.00000	0.00006	-0.00007	-0.00033	0.970	1.734	-0.028	-7.050	-5.383	-67.712
1.575	-0.00005	-0.00001	0.00000	-0.00003	0.00003	0.00014	-0.400	-0.745	0.021	3.033	2.305	29.198
1.9125	-0.00007	-0.00001	0.00000	-0.00004	0.00004	0.00019	-0.560	-1.002	0.017	4.076	3.111	39.152
2	-0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002	-0.057	-0.082	-0.005	0.329	0.258	3.113
2	-0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002	-0.057	-0.082	-0.005	0.329	0.258	3.113
2.1	0.00014	0.00003	0.00000	0.00008	-0.00008	-0.00039	1.110	2.048	-0.053	-8.337	-6.343	-80.226
2.2	0.00029	0.00006	0.00000	0.00016	-0.00017	-0.00081	2.332	4.255	-0.096	-17.317	-13.191	-166.535
2.35	0.00023	0.00004	0.00000	0.00013	-0.00014	-0.00064	1.870	3.366	-0.062	-13.691	-10.446	-131.561
2.575	-0.00010	-0.00002	0.00000	-0.00006	0.00006	0.00028	-0.802	-1.492	0.042	6.078	4.620	58.514
2.9125	-0.00013	-0.00003	0.00000	-0.00007	0.00008	0.00037	-1.065	-1.927	0.038	7.838	5.977	75.337
3	-0.00001	0.00000	0.00000	-0.00001	0.00001	0.00003	-0.109	-0.157	-0.009	0.634	0.498	6.002
3	-0.00001	0.00000	0.00000	-0.00001	0.00001	0.00003	-0.109	-0.157	-0.009	0.634	0.498	6.002
3.1	0.00021	0.00004	0.00000	0.00012	-0.00012	-0.00059	1.664	3.069	-0.079	-12.497	-9.507	-120.250
3.2	0.00043	0.00008	0.00000	0.00024	-0.00026	-0.00122	3.497	6.383	-0.144	-25.975	-19.786	-249.796
3.2375	0.00057	0.00012	0.00000	0.00036	-0.00035	-0.00155	-8.642	7.435	-0.229	-35.180	-21.520	-267.708
3.25156	0.00066	0.00015	0.00002	0.00044	-0.00041	-0.00175	-16.919	8.214	1.335	-39.923	-21.981	-274.278
3.27266	0.00063	0.00015	0.00002	0.00042	-0.00040	-0.00169	-17.043	7.891	1.370	-38.595	-21.004	-261.294
3.3043	0.00057	0.00013	0.00002	0.00039	-0.00036	-0.00151	-17.551	6.945	1.396	-34.743	-18.076	-224.209
3.35176	0.00047	0.00011	0.00002	0.00033	-0.00030	-0.00122	-18.403	5.399	1.429	-28.451	-13.280	-163.713
3.42295	0.00031	0.00008	0.00002	0.00024	-0.00020	-0.00077	-19.715	3.031	1.475	-18.818	-5.933	-71.136
3.52974	0.00007	0.00004	0.00002	0.00011	-0.00006	-0.00009	-21.677	-0.515	1.545	-4.396	5.066	67.481
3.68992	-0.00034	-0.00005	0.00003	-0.00014	0.00019	0.00100	-14.204	-5.812	1.530	20.323	19.846	248.653
3.74998	-0.00067	-0.00015	-0.00003	-0.00044	0.00041	0.00177	17.494	-8.247	-1.518	40.043	22.075	274.626
3.75562	-0.00068	-0.00016	-0.00003	-0.00046	0.00042	0.00180	18.298	-8.301	-1.854	40.263	22.253	275.117
3.76406	-0.00067	-0.00015	-0.00003	-0.00045	0.00042	0.00178	18.334	-8.189	-1.870	39.801	21.917	270.576
3.77673	-0.00065	-0.00015	-0.00003	-0.00044	0.00041	0.00172	18.503	-7.860	-1.883	38.457	20.901	257.602
3.79574	-0.00061	-0.00014	-0.00003	-0.00042	0.00038	0.00160	18.826	-7.267	-1.898	36.040	19.062	234.357
3.82425	-0.00054	-0.00013	-0.00003	-0.00038	0.00034	0.00142	19.342	-6.331	-1.917	32.236	16.161	197.785
3.86701	-0.00045	-0.00011	-0.00003	-0.00033	0.00029	0.00115	20.125	-4.915	-1.945	26.475	11.768	142.414
3.93116	-0.00031	-0.00008	-0.00003	-0.00025	0.00020	0.00075	21.304	-2.786	-1.987	17.811	5.161	59.146
4	-0.00015	-0.00005	-0.00003	-0.00016	0.00011	0.00031	22.569	-0.500	-2.032	8.515	-1.929	-30.204
4	-0.00015	-0.00005	-0.00003	-0.00016	0.00011	0.00031	22.569	-0.500	-2.032	8.515	-1.929	-30.204
4.1	0.00009	-0.00001	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00036	24.518	3.025	-2.102	-5.825	-12.864	-168.030
4.2	0.00042	0.00007	-0.00004	0.00020	-0.00024	-0.00118	5.659	6.298	-1.875	-26.602	-20.496	-256.092
4.2375	0.00069	0.00016	0.00003	0.00047	-0.00044	-0.00184	-19.454	8.375	2.364	-40.359	-22.378	-275.758
4.25156	0.00090	0.00021	0.00008	0.00072	-0.00061	-0.00234	-33.576	8.240	4.003	-44.202	-24.735	-284.507
4.25684	0.00094	0.00022	0.00009	0.00076	-0.00065	-0.00244	-36.392	8.286	4.445	-44.866	-25.312	-287.105
4.26475	0.00094	0.00022	0.00009	0.00076	-0.00065	-0.00243	-36.384	8.236	4.465	-44.656	-25.176	-283.942
4.27661	0.00092	0.00021	0.00009	0.00075	-0.00064	-0.00238	-36.525	7.945	4.481	-43.468	-24.282	-272.444
4.29441	0.00088	0.00020	0.00009	0.00073	-0.00062	-0.00227	-36.835	7.370	4.497	-41.128	-22.503	-249.923
4.32111	0.00082	0.00019	0.00009	0.00069	-0.00058	-0.00209	-37.346	6.443	4.516	-37.354	-19.626	-213.636
4.36115	0.00072	0.00017	0.00009	0.00064	-0.00052	-0.00182	-38.127	5.031	4.545	-31.608	-15.245	-158.412
4.42122	0.00058	0.00015	0.00009	0.00056	-0.00044	-0.00142	-39.305	2.903	4.586	-22.953	-8.644	-75.227
4.51132	0.00036	0.00010	0.00009	0.00044	-0.00031	-0.00081	-41.071	-0.287	4.649	-9.975	1.254	49.509
4.64647	0.00002	0.00004	0.00009	0.00025	-0.00011	0.00012	-40.807	-5.104	4.652	10.234	15.659	228.983
4.69715	-0.00020	-0.00002	0.00011	0.00008	0.00003	0.00063	-16.971	-6.614	3.855	24.072	18.029	248.674
4.77318	-0.00052	-0.00012	0.00002	-0.00022	0.00024	0.00137	9.491	-8.536	-1.836	36.468	20.681	268.830
4.79218	-0.00050	-0.00011	0.00002	-0.00020	0.00022	0.00130	9.645	-8.176	-1.867	34.990	19.584	254.443
4.81119	-0.00046	-0.00010	0.00001	-0.00018	0.00020	0.00119	9.958	-7.589	-1.885	32.597	17.767	231.392
4.8397	-0.00039	-0.00009	0.00001	-0.00014	0.00016	0.00100	10.492	-6.614	-1.907	28.632	14.746	193.261
4.88246	-0.00029	-0.00007	0.00001	-0.00009	0.00010	0.00071	11.331	-5.098	-1.937	22.462	10.041	133.967
4.94661	-0.00014	-0.00004	0.00001	0.00000	0.00001	0.00028	12.589	-2.826	-1.982	13.221	2.993	45.147
5	-0.00001	-0.00002	0.00001	0.00007	-0.00007	-0.00008	13.635	-0.935	-2.019	5.531	-2.872	-28.765

LAMP. 7 :
OUTPUT SAMBUNGAN LAS – BADAN BALOK

TIME	REGANGAN						TEGANGAN					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	-0.000009	0.000000	0.000000	-0.000002	-0.000016	0.000023	-0.119	0.002	0.025	1.095	-1.263	4.807
0.2	-0.000020	0.000000	0.000001	-0.000003	-0.000034	0.000047	-0.248	0.005	0.052	2.271	-2.630	9.948
0.35	-0.000016	0.000000	0.000001	-0.000003	-0.000028	0.000038	-0.202	0.003	0.042	1.853	-2.168	8.078
0.575	0.000007	0.000000	0.000000	0.000001	0.000012	-0.000016	0.087	-0.002	-0.018	-0.794	0.911	-3.492
0.9125	0.000009	0.000000	0.000000	0.000001	0.000016	-0.000022	0.117	-0.002	-0.025	-1.071	1.252	-4.672
1	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	-0.000002	0.009	0.000	-0.002	-0.089	0.115	-0.366
1	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	-0.000002	0.009	0.000	-0.002	-0.089	0.115	-0.366
1.1	-0.000047	0.000000	0.000002	-0.000008	-0.000082	0.000113	-0.597	0.011	0.126	5.470	-6.305	24.012
1.2	-0.000098	0.000000	0.000003	-0.000016	-0.000171	0.000234	-1.238	0.023	0.261	11.355	-13.152	49.739
1.35	-0.000080	0.000000	0.000003	-0.000013	-0.000141	0.000190	-1.008	0.016	0.212	9.264	-10.838	40.393
1.575	0.000034	0.000000	-0.000001	0.000006	0.000059	-0.000082	0.433	-0.009	-0.092	-3.970	4.556	-17.460
1.9125	0.000046	0.000000	-0.000002	0.000007	0.000081	-0.000110	0.583	-0.010	-0.123	-5.355	6.258	-23.358
2	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000008	-0.000009	0.047	0.000	-0.010	-0.443	0.577	-1.828
2	0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000008	-0.000009	0.047	0.000	-0.010	-0.443	0.577	-1.828
2.1	-0.000094	0.000000	0.000003	-0.000016	-0.000164	0.000225	-1.192	0.023	0.251	10.922	-12.587	47.950
2.2	-0.000196	0.000001	0.000007	-0.000032	-0.000342	0.000467	-2.476	0.045	0.522	22.709	-26.302	99.472
2.35	-0.000155	0.000000	0.000005	-0.000025	-0.000272	0.000369	-1.958	0.033	0.413	17.978	-20.961	78.516
2.575	0.000069	0.000000	-0.000002	0.000011	0.000119	-0.000164	0.869	-0.017	-0.183	-7.956	9.133	-34.990
2.9125	0.000088	0.000000	-0.000003	0.000014	0.000156	-0.000211	1.121	-0.020	-0.236	-10.287	11.966	-44.975
3	0.000007	0.000000	0.000000	0.000001	0.000014	-0.000016	0.091	0.001	-0.019	-0.853	1.112	-3.525
3	0.000007	0.000000	0.000000	0.000001	0.000014	-0.000016	0.091	0.001	-0.019	-0.853	1.112	-3.525
3.1	-0.000141	0.000000	0.000005	-0.000023	-0.000245	0.000337	-1.786	0.034	0.377	16.370	-18.864	71.872
3.2	-0.000293	0.000001	0.000010	-0.000048	-0.000513	0.000701	-3.714	0.068	0.783	34.063	-39.451	149.205
3.2375	-0.000351	0.000001	0.000012	-0.000062	-0.000626	0.000844	-4.392	0.092	0.939	40.145	-48.149	179.437
3.25156	-0.000372	0.000000	0.000012	-0.000064	-0.000693	0.000892	-4.535	-0.003	0.950	42.870	-53.304	189.934
3.27266	-0.000357	0.000000	0.000012	-0.000061	-0.000671	0.000855	-4.346	-0.011	0.910	41.177	-51.624	182.043
3.3043	-0.000313	0.000000	0.000010	-0.000053	-0.000596	0.000751	-3.796	-0.022	0.793	36.135	-45.838	159.866
3.35176	-0.000242	0.000000	0.000008	-0.000042	-0.000471	0.000581	-2.896	-0.038	0.604	27.879	-36.251	123.743
3.42295	-0.000133	-0.000001	0.000004	-0.000024	-0.000280	0.000322	-1.519	-0.062	0.314	15.234	-21.529	68.483
3.52974	0.000030	-0.000001	-0.000002	0.000002	0.000007	-0.000067	0.544	-0.098	-0.121	-3.698	0.507	-14.260
3.68992	0.000275	-0.000002	-0.000010	0.000046	0.000444	-0.000655	3.613	-0.159	-0.772	-31.609	34.123	-139.353
3.74998	0.000375	0.000000	-0.000012	0.000063	0.000699	-0.000899	4.544	0.009	-0.949	-43.597	53.777	-191.565
3.75562	0.000381	0.000000	-0.000012	0.000060	0.000711	-0.000909	4.561	0.016	-0.952	-44.704	54.706	-193.807
3.76406	0.000375	0.000000	-0.000012	0.000059	0.000704	-0.000896	4.496	0.020	-0.938	-44.122	54.163	-191.032
3.77673	0.000360	0.000000	-0.000012	0.000057	0.000679	-0.000859	4.304	0.025	-0.897	-42.370	52.196	-183.253
3.79574	0.000333	0.000000	-0.000011	0.000052	0.000631	-0.000794	3.958	0.031	-0.824	-39.204	48.540	-169.364
3.82425	0.000290	0.000001	-0.000009	0.000045	0.000556	-0.000691	3.414	0.041	-0.709	-34.211	42.738	-147.529
3.86701	0.000225	0.000001	-0.000007	0.000035	0.000441	-0.000536	2.591	0.055	-0.536	-26.650	33.940	-114.476
3.93116	0.000127	0.000001	-0.000004	0.000019	0.000269	-0.000303	1.352	0.076	-0.275	-15.277	20.702	-64.771
4	0.000022	0.000001	0.000000	0.000002	0.000084	-0.000053	0.022	0.099	0.005	-3.073	6.498	-11.436
4	0.000022	0.000001	0.000000	0.000002	0.000084	-0.000053	0.022	0.099	0.005	-3.073	6.498	-11.436
4.1	-0.000140	0.000002	0.000006	-0.000024	-0.000200	0.000334	-2.029	0.135	0.438	15.747	-15.396	70.842
4.2	-0.000304	0.000003	0.000011	-0.000059	-0.000502	0.000734	-4.035	0.195	0.881	33.627	-38.647	155.611
4.2375	-0.000388	0.000000	0.000012	-0.000058	-0.000721	0.000923	-4.573	-0.023	0.956	46.222	-55.457	197.003
4.25156	-0.000448	-0.000003	0.000013	-0.000028	-0.000843	0.001031	-4.797	-0.223	0.988	59.704	-64.841	222.726
4.25684	-0.000457	-0.000004	0.000013	-0.000023	-0.000867	0.001046	-4.854	-0.270	0.999	61.907	-66.702	226.341
4.26475	-0.000454	-0.000004	0.000013	-0.000022	-0.000866	0.001040	-4.825	-0.273	0.992	61.664	-66.614	224.953
4.27661	-0.000441	-0.000004	0.000012	-0.000019	-0.000844	0.001007	-4.655	-0.278	0.956	60.122	-64.921	218.039
4.29441	-0.000414	-0.000004	0.000012	-0.000015	-0.000798	0.000944	-4.321	-0.285	0.886	57.059	-61.399	204.575
4.32111	-0.000371	-0.000004	0.000010	-0.000008	-0.000723	0.000842	-3.781	-0.294	0.772	52.107	-55.649	182.908
4.36115	-0.000307	-0.000004	0.000008	0.000002	-0.000609	0.000687	-2.960	-0.308	0.599	44.565	-46.876	149.941
4.42122	-0.000209	-0.000004	0.000004	0.000018	-0.000437	0.000454	-1.722	-0.330	0.338	33.204	-33.652	100.286
4.51132	-0.000062	-0.000005	-0.000001	0.000042	-0.000180	0.000105	0.134	-0.362	-0.053	16.168	-13.822	25.828
4.64647	0.000158	-0.000005	-0.000008	0.000078	0.000208	-0.000420	2.915	-0.408	-0.632	-9.312	15.997	-85.989
4.69715	0.000242	-0.000006	-0.000011	0.000100	0.000374	-0.000630	3.892	-0.450	-0.874	-17.876	28.739	-130.185
4.77318	0.000342	-0.000002	-0.000012	0.000078	0.000625	-0.000839	4.282	-0.168	-0.906	-36.304	48.062	-177.491
4.79218	0.000325	-0.000002	-0.000011	0.000075	0.000599	-0.000798	4.072	-0.160	-0.861	-34.407	46.093	-168.787
4.81119	0.000298	-0.000002	-0.000010	0.000071	0.000553	-0.000734	3.730	-0.153	-0.789	-31.277	42.518	-154.995
4.8397	0.000253	-0.000002	-0.000009	0.000063	0.000474	-0.000627	3.163	-0.143	-0.670	-26.077	36.494	-132.221
4.88246	0.000184	-0.000002	-0.000006	0.000052	0.000352	-0.000461	2.281	-0.127	-0.484	-17.978	27.065	-96.829
4.94661	0.000079	-0.000001	-0.000003	0.000035	0.000168	-0.000212	0.959	-0.105	-0.205	-5.848	12.945	-43.811
5	-0.000008	-0.000001	0.000000	0.000021	0.000016	-0.000005	-0.140	-0.086	0.027	4.247	1.196	0.309

LAMP. 8 :
OUTPUT SAMBUNGAN LAS – *PANEL ZONE* KOLOM

TIME	REGANGAN						TEGANGAN (MPa)					
	E11	E12	E13	E22	E23	E33	S11	S12	S13	S22	S23	S33
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	0.000000	0.000000	0.000002	-0.000003	0.000044	0.000003	-0.002	0.007	0.165	-0.547	3.366	0.404
0.2	0.000000	0.000000	0.000004	-0.000007	0.000091	0.000006	-0.005	0.014	0.341	-1.132	6.969	0.836
0.35	0.000000	0.000000	0.000004	-0.000006	0.000074	0.000005	-0.004	0.011	0.277	-0.919	5.666	0.679
0.575	0.000000	0.000000	-0.000002	0.000002	-0.000032	-0.000002	0.002	-0.005	-0.120	0.397	-2.443	-0.293
0.9125	0.000000	0.000000	-0.000002	0.000003	-0.000043	-0.000003	0.002	-0.006	-0.160	0.532	-3.276	-0.393
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000003	0.000000	0.000	0.000	-0.013	0.042	-0.260	-0.031
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000003	0.000000	0.000	0.000	-0.013	0.042	-0.260	-0.031
1.1	0.000001	0.000000	0.000011	-0.000017	0.000219	0.000014	-0.012	0.035	0.822	-2.732	16.810	2.016
1.2	0.000002	0.000001	0.000022	-0.000035	0.000453	0.000029	-0.024	0.070	1.704	-5.659	34.842	4.178
1.35	0.000002	0.000001	0.000018	-0.000028	0.000368	0.000024	-0.019	0.055	1.385	-4.597	28.330	3.395
1.575	-0.000001	0.000000	-0.000008	0.000012	-0.000159	-0.000010	0.008	-0.026	-0.598	1.986	-12.217	-1.466
1.9125	-0.000001	0.000000	-0.000010	0.000016	-0.000213	-0.000014	0.011	-0.032	-0.801	2.658	-16.381	-1.963
2	0.000000	0.000000	-0.000001	0.000001	-0.000017	-0.000001	0.001	-0.001	-0.063	0.209	-1.302	-0.155
2	0.000000	0.000000	-0.000001	0.000001	-0.000017	-0.000001	0.001	-0.001	-0.063	0.209	-1.302	-0.155
2.1	0.000002	0.000001	0.000021	-0.000033	0.000436	0.000028	-0.023	0.069	1.642	-5.455	33.568	4.027
2.2	0.000004	0.000002	0.000044	-0.000069	0.000906	0.000059	-0.048	0.140	3.408	-11.318	69.680	8.355
2.35	0.000003	0.000001	0.000035	-0.000055	0.000716	0.000046	-0.037	0.108	2.691	-8.935	55.045	6.597
2.575	-0.000001	-0.000001	-0.000016	0.000024	-0.000318	-0.000021	0.017	-0.051	-1.198	3.980	-24.484	-2.938
2.9125	-0.000002	-0.000001	-0.000020	0.000031	-0.000410	-0.000027	0.021	-0.062	-1.541	5.118	-31.522	-3.779
3	0.000000	0.000000	-0.000002	0.000002	-0.000033	-0.000002	0.002	-0.002	-0.122	0.402	-2.510	-0.298
3	0.000000	0.000000	-0.000002	0.000002	-0.000033	-0.000002	0.002	-0.002	-0.122	0.402	-2.510	-0.298
3.1	0.000003	0.000001	0.000032	-0.000050	0.000654	0.000042	-0.035	0.103	2.462	-8.177	50.315	6.035
3.2	0.000006	0.000003	0.000066	-0.000104	0.001359	0.000088	-0.071	0.210	5.112	-16.977	104.518	12.533
3.2375	0.000006	0.000003	0.000080	-0.000120	0.001618	0.000106	-0.059	0.244	6.123	-19.451	124.478	15.368
3.25156	-0.000016	0.000003	0.000084	-0.000091	0.001704	0.000128	0.051	0.237	6.498	-11.511	131.047	22.256
3.27266	-0.000016	0.000003	0.000081	-0.000086	0.001633	0.000124	0.055	0.220	6.230	-10.616	125.608	21.598
3.3043	-0.000017	0.000002	0.000071	-0.000070	0.001431	0.000111	0.065	0.187	5.471	-8.093	110.092	19.736
3.35176	-0.000019	0.000002	0.000055	-0.000045	0.001102	0.000089	0.083	0.137	4.233	-3.983	84.780	16.701
3.42295	-0.000021	0.000001	0.000030	-0.000007	0.000599	0.000057	0.109	0.061	2.339	2.306	46.045	12.058
3.52974	-0.000024	-0.000001	-0.000006	0.000051	-0.000155	0.000008	0.149	-0.054	-0.496	11.721	-11.952	5.106
3.68992	-0.000030	-0.000003	-0.000062	0.000137	-0.001287	-0.000066	0.201	-0.221	-4.759	25.854	-98.968	-5.330
3.74998	0.000018	-0.000003	-0.000085	0.000088	-0.001712	-0.000130	-0.067	-0.239	-6.516	10.648	-131.682	-22.799
3.75562	0.000021	-0.000003	-0.000085	0.000083	-0.001725	-0.000133	-0.088	-0.241	-6.535	9.468	-132.666	-23.723
3.76406	0.000021	-0.000003	-0.000084	0.000081	-0.001700	-0.000131	-0.089	-0.234	-6.441	9.154	-130.764	-23.492
3.77673	0.000021	-0.000003	-0.000080	0.000076	-0.001629	-0.000126	-0.093	-0.222	-6.175	8.269	-125.336	-22.840
3.79574	0.000022	-0.000003	-0.000074	0.000066	-0.001503	-0.000118	-0.100	-0.202	-5.699	6.689	-115.610	-21.673
3.82425	0.000023	-0.000002	-0.000064	0.000051	-0.001304	-0.000105	-0.110	-0.171	-4.951	4.205	-100.309	-19.839
3.86701	0.000024	-0.000002	-0.000050	0.000028	-0.001003	-0.000086	-0.126	-0.126	-3.819	0.443	-77.142	-17.062
3.93116	0.000026	-0.000001	-0.000027	-0.000007	-0.000550	-0.000056	-0.150	-0.057	-2.115	-5.213	-42.302	-12.886
4	0.000029	0.000000	-0.000004	-0.000044	-0.000064	-0.000025	-0.175	0.017	-0.287	-11.282	-4.918	-8.405
4	0.000029	0.000000	-0.000004	-0.000044	-0.000064	-0.000025	-0.175	0.017	-0.287	-11.282	-4.918	-8.405
4.1	0.000032	0.000002	0.000033	-0.000101	0.000686	0.000024	-0.215	0.131	2.532	-20.645	52.749	-1.492
4.2	0.000036	0.000003	0.000070	-0.000158	0.001440	0.000073	-0.239	0.235	5.386	-30.073	110.735	5.472
4.2375	-0.000025	0.000003	0.000085	-0.000079	0.001745	0.000138	0.091	0.245	6.518	-8.136	134.256	25.277
4.25156	-0.000063	0.000005	0.000111	-0.000042	0.002381	0.000167	0.314	0.289	6.702	2.754	143.367	27.950
4.25684	-0.000065	0.000005	0.000118	-0.000047	0.002525	0.000172	0.466	0.288	6.679	2.451	143.407	27.273
4.26475	-0.000065	0.000005	0.000117	-0.000046	0.002513	0.000172	0.467	0.282	6.633	2.608	142.495	27.159
4.27661	-0.000066	0.000005	0.000114	-0.000041	0.002451	0.000167	0.470	0.271	6.397	3.394	137.683	26.580
4.29441	-0.000066	0.000005	0.000108	-0.000032	0.002328	0.000160	0.477	0.251	5.936	4.926	128.260	25.450
4.32111	-0.000067	0.000004	0.000098	-0.000017	0.002131	0.000147	0.487	0.221	5.194	7.391	113.078	23.629
4.36115	-0.000068	0.000004	0.000084	0.000006	0.001831	0.000127	0.503	0.175	4.064	11.142	89.972	20.860
4.42122	-0.000070	0.000003	0.000062	0.000041	0.001378	0.000098	0.527	0.107	2.362	16.793	55.167	16.688
4.51132	-0.000074	0.000001	0.000028	0.000092	0.000700	0.000054	0.562	0.004	-0.189	25.266	2.977	10.432
4.64647	-0.000078	-0.000001	-0.000021	0.000170	-0.000318	-0.000012	0.614	-0.150	-4.019	37.976	-75.315	1.048
4.69715	-0.000078	-0.000001	-0.000040	0.000195	-0.000694	-0.000037	0.599	-0.195	-5.485	41.767	-104.256	-2.785
4.77318	0.000000	-0.000001	-0.000054	0.000082	-0.001041	-0.000109	0.444	-0.215	-6.504	12.259	-130.951	-26.152
4.79218	0.000001	-0.000001	-0.000050	0.000076	-0.000963	-0.000104	0.439	-0.198	-6.208	11.270	-124.927	-25.425
4.81119	0.000001	-0.000001	-0.000044	0.000067	-0.000838	-0.000096	0.433	-0.177	-5.736	9.701	-115.282	-24.267
4.8397	0.000002	-0.000001	-0.000034	0.000051	-0.000630	-0.000083	0.422	-0.145	-4.955	7.110	-99.328	-22.354
4.88246	0.000004	0.000000	-0.000018	0.000026	-0.000308	-0.000062	0.405	-0.096	-3.742	3.083	-74.520	-19.381
4.94661	0.000006	0.000001	0.000006	-0.000010	0.000175	-0.000030	0.380	-0.023	-1.926	-2.951	-37.358	-14.926
5	0.000008	0.000002	0.000025	-0.000041	0.000577	-0.000004	0.359	0.038	-0.414	-7.971	-6.433	-11.219

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

NAMA PEMBIMBING : Budi Suswanto, ST., MT., PhD

NAMA MAHASISWA : I Wayan Dody S. NRP. 3112106009

JUDUL TUGAS AKHIR : Studi Perilaku Sambungan Balok-Kolom dengan Menggunakan Sambungan Baut dan Sambungan Las Akibat Beban Siklik.

TGL PROPOSAL : 20 JUNI 2014

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	5/11 - 2014	Ubah format kertas menjadi A5 sesuai ketentuan Pelajari Kontrol Penampang Pelajari Kontrol Sambungan	Lanjutkan perhitungan kontrol penampang akibat momen lentur	
2	13/11 - 2014	• Perbaiki perhitungan M_u $M_u \leq \phi M_n$ • $M_u = 1.1 \cdot R_y \cdot f_y \cdot Z$ digunakan untuk kontrol sambungan • f_y = tegangan leleh f_{ye} = tegangan leleh aktual dimana, $f_{ye} = R_y \cdot f_y$. • Penampang kolom diubah 400 x 400 X21 X21 • Penampang balok diubah 500 X 200 X 11 X19 • Kolom hanya menerima aksial	Lanjutkan perhitungan kontrol sambungan	
3	20/11 - 2014	• Perbaiki gambar pemodelan kolom (dibuat proporsional) • tebal endplate = tebal flens kolom cek. di lapangan apakah ada ukuran endplate tebal 21 mm • Perbaiki hitungan sambungan baut	• Perbaiki hitungan sambungan baut • Lanjutkan perhitungan sambungan las	
4	29/11 - 2014	• Sambungan baut masih belum OK! • Coba ganti/perbesar tipe baut • Perhitungan kontrol Penampang sudah OK!	• Lanjutkan perhitungan sambungan las	
5	28/11 - 2014	• Sambungan las masih belum OK! • Tinggikan mutu las yang direncanakan	• Perbaiki perhitungan sambungan las.	

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST. MT. Ph D.
NAMA MAHASISWA	: I Wayan Dody Septianta
NRP	: 3112106009
JUDUL TUGAS AKHIR	: STUDI PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS AKIBAT BEBAN SIKLIK
TANGGAL PROPOSAL	: 20 JUNI 2014
NO. SP-MMTA	: 062944 / IT2.3.I.1/PP.05.02.00/2014

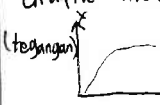
NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	2/12-2014	• Mu ditulis kembali di sambungan las. • Las pada sayap ditambah (sayap balok) → dihitung 4x • Jika belum masuk, mutu las ditinggikan. • yang diambil tebal las (a: . cm) (tebal kaki las)	• Lanjutkan membuat pemodelan sambungan baut dan sambungan las.	
7	16/12-2014	• Untuk sambungan "baut, tambahkan perhitungan sambungan las, pada balok dengan end plate. • Perbaiki hitungan las, hitungan I_x masih salah.	• Perbaikan • Buat pemodelan sambungan baut dan sambungan lasnya	
8	27/1-2015	• Untuk sambungan las di sambungan las sudut, diceh momen-momen yg berpengaruh, karena kebutuhan las terlalu besar. • Cek. syarat las berimbang karena sambungan las terlalu besar.	• Mengerjakan pemodelan dengan Abaqus (Lanjutkan)	
9	9/3-2015	• Perbaiki pemodelan, lanjutkan pembuatan part dan perbaiki • Property, nilai density, elastic, dan plastic nya diperhatikan sesuai mutu rencana	• Lanjutkan pemodelan dengan Abaqus • Lanjutkan bab 6	
10	10/3-2015	• Part sambungan las sudah OK • Property sambungan las sudah OK • Jangan lupa section assignment sebelum melakukan assembly	• Lanjutkan pemodelan sambungan baut dengan Abaqus	
11	16/3-2015	• Assembly pada balok, diberi stiffner untuk pembebanan • Pada sayap balok, diberi dimensi 200x200 untuk pembebanan	• Lanjutkan pemodelan sambungan baut •	

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, ST., MT, PH.D
NAMA MAHASISWA	: I WAYAN ODDY SEPTIANTA
NRP	: 3112106009
JUDUL TUGAS AKHIR	: STUDI PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS AKIBAT BEBAN SIKLIK
TANGGAL PROPOSAL	: 20 JUNI 2014
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
12	17/3 -2015	• Buat step pembebanan, sesuai jumlah pembebanan yang diinginkan • Buat interaction antar elemen perhatikan master surface dan slave surface nya • Load yang dimasukkan dalam Abaqus dicoba mulai dari beban 1T, 2T, 4T, 6T, 8T, 10T	• Lanjutkan pemodelan sambungan baut sampai running job.	
13	9/5-2015	• Result belum OK, tegangan belum mencapai tegangan leleh (fy) : 250MPa • Perbesar nilai pembebanan	• Lanjutkan pemodelan sambungan baut, perbaiki	
14	13/5-2015	• Setelah pembesaran beban, ternyata beban rencana 1T, 5T, 10T, 15T, 20T. result menjadi aborted setelah mencapai step 4. • Pembebanan dibuat sampai 15T (dicoba)	• Perbaiki pemodelan sambungan baut pada Abaqus	
15	1/5-2015	• Perbaiki dan cek tegangan terbesar pada sambungan baut • Perbaiki pemodelan sambungan las	• Perbaiki pemodelan • Cari output untuk sambungan baut	
16	1/5-2015	• Perbaiki output regangan, karena masih terlalu kecil nilainya apabila ingin mencari nilai regangan sebelum leleh, gunakan LE. setelah leleh gunakan PE	• Perbaiki • Cari output tegangan untuk sambungan baut	
17	22/5-2015	• Hasil output sambungan baut sudah melewati leleh rencana, fy : 250 MPa • Grafik masih salah, ganti menjadi 	• Cari output tegangan, regangan LE regangan PE, dan deformasi, kemudian buat grafik. • Buat pemodelan sambungan las	

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST. MT. PhD.
NAMA MAHASISWA	: I Wayan Dody Septianta
NRP	: 3112106009
JUDUL TUGAS AKHIR	: STUDI PERILAKU SAMBUNGAN BALOK - KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS AKIBAT BEBAN SIKLIK
TANGGAL PROPOSAL	: 20 JUNI 2014
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
18	26/5-2015	• Hasil output grafik belum OK, coba ganti property BJ41 pada element, dengan metode pendekatan	• Cari grafik output sambungan baut • Buat pemodelan sambungan las • Cari grafik output sambungan las	

BIODATA PENULIS

I Wayan Dody Septianta,
Penulis dilahirkan di Surabaya, 3 September 1989, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Mekarsari II Surabaya, SDN Kertajaya XII / 218 Surabaya, SMP Negeri 19 Surabaya, SMA Negeri 17 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Negeri 17 Surabaya tahun 2008, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP - ITS pada tahun 2008 dan terdaftar dengan NRP 3108 030 035. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Penulis juga pernah aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus diantaranya BEM D3 Teknik Sipil ITS . Setelah lulus dari D3 tahun 2011, Penulis mengikuti ujian masuk Sarjana ITS program Lintas Jalur Teknik Sipil ITS dan diterima serta terdaftar dengan NRP 3112 106 009. Penulis mengambil Tugas Akhir di bidang struktur.

Apabila pembaca ingin sharing sesuatu yang berkaitan dengan tugas akhir ini dapat menghubungi alamat email penulis.
e-mail : wayan.dody@yahoo.co.id