TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING TENGAH KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun oleh:

MUHAMMAD YUSUF
1607210076

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Muhammad Yusuf
NPM	: 1607210076
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisis Kekuatan Bekisting Dinding Tengah Kantung Lumpur Kanan Proyek Bendung D.I Serdang
Bidang Ilmu	: Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 26 September 2021

Dosen pembimbing

Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Muhammad Yusuf
NPM	: 1607210076
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisis Kekuatan Bekisting Dinding Tengah Kantung Lumpur Kanan Proyek Bendung D.I Serdang
Bidang Ilmu	: Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 September 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T.

Dosen Pembanding I

Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc.

Dosen Pembanding II

Rizki Efrida, S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil

Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T., M.Sc.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: Muhammad Yusuf
Temapat, Tanggal Lahir	: Gunung Sitoli, 13 Agustus 1998
NPM	: 1607210076
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

"Analisis Kekuatan Bekisting Dinding Tengah Kantung Lumpur Kanan Proyek Bendung D.I Serdang"

Bukan merupakan plagiarism, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapiun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeritas Muhammdiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 September 2021

Saya yang menyatakan,

Muhammad Yusuf

ABSTRAK

ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING TENGAH KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG

Muhammad Yusuf
1607210076
Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T.

Bekisting (*formwork*) adalah suatu sarana pembantu struktur beton untuk mencetak beton sesuai ukuran, bentuk, rupa, ataupun posisi serta alinyemen yang dikehendaki. Tujuan dari studi tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbandingan tegangan, dan tarik antara besi *tie rod* jarak 0,64 m dengan jarak 0,32 m, untuk mengetahui hubungan tegangan-regangan pada *tie rod* dan *plywood*, untuk mengetahui perbandingan tegangan, tegangan geser, dan defleksi yang terjadi pada *tie rod* dan multipleks terhadap tekanan beton pada saat 1/4, 1/2, 3/4, dan *full* pengecoran, untuk mengetahui pengaruh jarak *tie rod* terhadap multipleks (*plywood*), untuk mengetahui *tie rod* dan *plywood* sudah aman digunakan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa bekisting dalam tugas akhir ini diambil hanya menganalisisis *Tie rod* dan *plywood* saja dikarenakan keterbatasan alat untuk menggunakan apikasi elemen hingga. Dimana *tie rod* mengalami elastis linier sehingga tegangan *tie rod* terbesar terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m yakni sebesar 80,376 Mpa dengan tarik sebesar 10,663 Mpa. Adapun pada *plywood* tegangan lentur dan geser yang diterima oleh *plywood* masih memenuhi batas izin yakni tegangan terbesar yang terjadi pada *plywood* jarak antar *tie rod* 0,64 m sebesar 0,077487 Mpa dan 0,10178 Mpa. Sedangkan defleksi belum memnuhi izin dikarenakan *plywood* tidak menggunakan pengaku (*Hollow*) untuk memperkecil lendutan yang terjadi pada bekisting dimana lendutan terbesar yang terjadi yaitu pada *plywood* jarak antar *tie rod* 0,64 m sebebsar 82,059 mm.

Kata kunci: ***Formwork*, *tie rod*, *plywood***

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE FORMORK STRENGTH OF THE RIGHT SIDE MUD BAG CENTRAL WALL OF THE DAM PROJECT IN D.I SERDANG

Muhammad Yusuf
1607210076
Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T.

Formwork is a means of supporting concrete structures to mold concrete according to the size, shape, appearance or position and alignment desired. The objectives of this final project study are to determine the ratio of stress and tension between tie rod iron at distance of 0.64 m and of 0.32 m, to determine the stress-strain relationship on the tie rod and plywood, to determine the ratio of stress, shear stress, and the deflection that occurs in the tie rod and the plywood against the concrete pressure at 1/4, 1/2, 3/4, and full casting, to determine the effect of tie rod spacing on the plywood, to determine whether tie rod and plywood are safe used in accordance with predetermined conditions. Based on the results of the analysis and discussion, it can be concluded that the formwork in this final project was taken only to analyze tie rods and plywood due to the limitations of the tools to use the application of finite element. The tie rod has linear elasticity so that the tie rod tension has the greatest value at the tie rod with a distance of 0.64 m, which is 80.376 Mpa with a tensile strength of 10.663 Mpa. As for the plywood, the bending and shear stress received by plywood still meet the permit limit, i.e the largest stress occurs in the plywood, the tie rod at the distance of 0.64 m are 0.077487 Mpa and 0.10178 Mpa, respectively. While the deflection has not fulfilled the permit limit because the plywood does not use stiffeners (Hollow) to minimize deflection that occurs in the formwork where the largest deflection occurs, i.e in the plywood where the tie rod at the distance of 0.64 m is 82.059 mm.

Keywords: ***Formwork*****,** ***tie rod*****,** ***plywood***

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Kekuatan Bekisting Dinding Tengah Kantung Lumpur Kanan Proyek Bendung D.I Serdang” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembanding I
3. Ibu Rizki Efrida, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembanding II
4. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Orang tua saya yaitu papa dan mama, saudara-saudara kandung saya serta seluruh keluarga besar penulis atas dukungan moril maupun material, semangat, bimbingan dan kasih sayang tulus selama ini kepada penulis.

9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teman-teman dekat penulis yaitu Aldrin Dhio Pratama, Niky Arianto, Bambang Yudhayana, Prima Ramadhanti, Farida Sirait, Dwi Saputri, serta seluruh teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Proposal ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan dalam penulisan Laporan Proposal Tugas Akhir ini kedepannya.

Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih kepada para pembaca atas perhatiannya. Semoga proposal ini bermanfaat bagi penulis, bagi para pembaca umumnya dan bagi dunia konstruksi khusunya.

Medan, 02 September 2021

Muhammad Yusuf

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iv
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xviii
DAFTAR NOTASI xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 3
1.4. Batasan Masalah 3
1.5. Manfaat 4
1.6. Sistematika Penulisan 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Pengertian Bekisting 5
2.2. Persyaratan Umum 6
2.3. Bekisting Dinding 6
2.4. Tahapan-Tahapan Pemasangan Bekisting Dinding 12
2.5. Material Cetakan Beton 16
2.5.1. Material Besi 16
2.5.2. Material Kayu 17
2.5.3. Material *Plywood* 18
2.5.4. Material Aluminium 18
2.5.5. Material *Fiberglass* 18
2.5.6. Material Karton 19
2.5.7. Material *PVC* 20
2.6. Beton 20

2.7. Beban Pengecoran *ACI Comitte* 347 21
2.8. Analisis Kekuatan Bekisting 23
2.8.1. Tegangan Izin Pada Kayu Bekisting 24
2.8.2. Lendutan Izin Kayu Bekisting 25
2.8.3. Tegangan Izin Pada *Tie Rod* 25
2.9. Kestabilan dan Kekakuan Bekisting 26
2.10. Tegangan-Regangan 28
2.11. Literatur Terdahulu 30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN
3.1. Lokasi Proyek 32
3.2. Deskripsi Umum Proyek 33
3.3. Struktur Organisasi Proyek Bendung D.I Serdang 34
3.4. Teknik Pengumpulan Data 35
3.4.1. Literatur 35
3.4.2. Data Primer 36
3.5. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data 36
3.5.1. Mulai 38
3.5.2. Studi Kasus 38
3.5.3. Data Bekisting 38
3.5.4. Perhitungan Beban Pengecoran 38
3.5.5. Permodelan Struktur Bekisting 39
3.5.6. Input Data *Software* 39
3.5.7. Analisis 39
3.5.8. Kontrol Keamanan Bekisting 39
3.5.9. Hasil dan Pembahasan 39
3.5.10. Kesimpulan 40
3.6. Permodelan Bekisting 40
3.7. Input Permodelan 44
3.7.1. Engineering Data 44
3.7.2. Geometri 46
3.7.3. Contact 47
3.7.4. Meshing 50

3.7.5. Pembebanan Bekisting 51

3.7.6. *Newton Raphson* 51

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Beban Pengecoran 52

4.1.1. Data Pengecoran 52

4.1.2. Kecepatan Tuang Beton (R) 52

4.1.3. Nilai Koefisien C_w dan C_c 53

4.1.4. Tekanan Beton Segar 53

4.2. Perbandingan Tegangan Pada *Tie Rod* 54

4.2.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m 54

4.2.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m 58

4.3. Tegangan Tarik *Tie Rod* 61

4.3.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m 61

4.3.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m 70

4.4. Kontrol *Tie Rod* 79

4.4.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m 80

4.4.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m 81

4.5. Tegangan Pada *Plywood* 83

4.5.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m 83

4.5.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m 92

4.6. Tegangan Geser Pada *Plywood* 100

4.6.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m 100

4.6.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m 108

4.7. Defleksi 117

4.7.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m 117

4.7.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m 125

4.8. Kontrol *Plywood* 134

4.8.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m 134

4.8.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m 137

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 140

5.2. Saran 141

DAFTAR PUSTAKA 142
LAMPIRAN
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien C_w	22
Tabel 2.2	Koefisien C_c	23
Tabel 2.3	Tegangan dan Geser Izin Serta Nilai Modulus Kayu	25
Tabel 2.4	Literatur Terdahulu	30
Tabel 3.1	*Contact* Bekisting	47
Tabel 4.1	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran	63
Tabel 4.2	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran	65
Tabel 4.3	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran	67
Tabel 4.4	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat *full* Pengecoran	69
Tabel 4.5	Perbandingan Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,64 m	70
Tabel 4.6	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran	72
Tabel 4.7	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran	74
Tabel 4.8	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran	76
Tabel 4.9	Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat *Full* Pengecoran	78
Tabel 4.10	Perbandingan Tarik Pada *Tie Rod* Jarak 0,64 m	79
Tabel 4.11	Hasil Tarik Tarik Terbesar *Tie Rod* Jarak 0,64 m	81
Tabel 4.12	Hasil Tarik Tarik Terbesar *Tie Rod* Jarak 0,32 m	82
Tabel 4.13	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran	85
Tabel 4.14	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran	87
Tabel 4.15	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran	89
Tabel 4.16	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran	91
Tabel 4.17	Perbandingan Tegangan pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m	92
Tabel 4.18	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran	93
Tabel 4.19	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran	95
Tabel 4.20	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran	97
Tabel 4.21	Tegangan *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran	99
Tabel 4.22	Perbandingan Tegangan pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m	100
Tabel 4.23	Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran	101
Tabel 4.24	Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran	103
Tabel 4.25	Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran	105

Tabel 4.26 Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 107
Tabel 4.27 Perbandingan Geser pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m 108
Tabel 4.28 Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 110
Tabel 4.29 Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 112
Tabel 4.30 Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 114
Tabel 4.31 Geser Pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran 116
Tabel 4.32 Perbandingan Geser pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m 117
Tabel 4.33 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran 118
Tabel 4.34 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran 120
Tabel 4.35 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran 122
Tabel 4.36 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 124
Tabel 4.37 Perbandingan Defleksi pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,64 m 125
Tabel 4.38 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 127
Tabel 4.39 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 129
Tabel 4.40 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 131
Tabel 4.41 Defleksi *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran 133
Tabel 4.42 Perbandingan Defleksi pada *Plywood* Jarak *Tie Rod* 0,32 m 134
Tabel 4.43 Tegangan *Plywood* Terbesar Pada Jarak *Tie Rod* 0,64 m 135
Tabel 4.44 Tegangan Geser *Plywood* Terbesar Pada Jarak *Tie Rod* 0,64 m 135
Tabel 4.45 Defleksi *Plywood* Terbesar Pada Jarak *Tie Rod* 0,64 m 136
Tabel 4.46 Tegangan *Plywood* Terbesar Pada Jarak *Tie Rod* 0,32 m 137
Tabel 4.47 Tegangan Geser *Plywood* Terbesar Pada Jarak Tie Rod 0,32 m 137
Tabel 4.48 Defleksi *Plywood* Terbesar Pada Jarak *Tie Rod* 0,32 m 138
Tabel L2.1 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.2 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.3 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.4 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.5 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.6 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.7 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.8 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.9 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Tabel L2.10 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.11 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.12 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.13 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.14 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.15 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.16 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.17 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.18 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.19 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.20 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.21 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.22 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.23 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.24 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.25 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.26 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.27 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.28 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.29 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.30 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.31 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.32 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.33 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.34 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.35 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.36 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.37 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.38 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.39 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.40 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.41 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 9 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Tabel L2.42 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 10 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.43 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 11 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.44 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 12 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.45 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 13 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.46 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 14 Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L2.47 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.48 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.49 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.50 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.51 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.52 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.53 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.54 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.55 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 9 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.56 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 10 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.57 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 11 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.58 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 12 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.59 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 13 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.60 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 14 Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L2.61 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.62 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.63 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.64 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.65 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.66 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.67 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.68 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.69 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 9 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.70 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 10 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.71 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 11 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.72 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 12 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.73 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 13 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Tabel L2.74 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 14 Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L2.75 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.76 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.77 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.78 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.79 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 5 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.80 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 6 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.81 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 7 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.82 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 8 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.83 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 9 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.84 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 10 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.85 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 11 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.86 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 12 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.87 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 13 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.88 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 14 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L2.75 Data Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L3.1 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L3.2 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L3.3 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L3.4 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran
Tabel L3.5 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran
Tabel L3.6 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran
Tabel L3.7 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran
Tabel L3.8 Data Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampak Depan Bekisting Dinding 7

Gambar 2.2 Tampak Samping Bekisting Dinding 7

Gambar 2.3 *Kickers wall formwork* 8

Gambar 2.4 Multipleks *Phenolic* 8

Gambar 2.5 Besi *Hollow* 9

Gambar 2.6 *Horizontal waller* (penguat datar) 9

Gambar 2.7 Penyokong (*support*) 10

Gambar 2.8 *Tie Rod* 10

Gambar 2.9 Pengecoran Kaki Dinding 12

Gambar 2.10 Pemasangan Tulangan 12

Gambar 2.11 Pemasangan Spacer (Beton *Decking*) 13

Gambar 2.12 Pemasangan Panel Pada Sisi Lainnya 13

Gambar 2.13 Pemasangan Pembagi Gaya Ketebalan 14

Gambar 2.14 Detail Sistem Pembagi Gaya 14

Gambar 2.15 Penyokong Saat Pengecoran 14

Gambar 2.16 Tampak Samping Bekisting Dinding 15

Gambar 2.17 Tampak Depan Bekisting Dinding 15

Gambar 2.18 Stereometri Bekisting Dinding 16

Gambar 2.19 Bekisting Kayu 17

Gambar 2.20 Bekisting Dengan Menggunakan *Plywood* 18

Gambar 2.21 Bekisting Menggunakan Bahan *Fiberglass* 19

Gambar 2.22 Bekisting Dengan Menggunakan Karton 20

Gambar 2.23 Tekanan Lateral Beton Pada Dinding 21

Gambar 2.24 Tekanan Spesi Beton Terhadap Bekisting Dinding 22

Gambar 2.25 Skema 1 Stabilitas Bekisting 26

Gambar 2.26 Skema 2 Stabilitas Bekisting 27

Gambar 2.27 Skema 3 Stabilitas Bekisting 27

Gambar 2.28 Skema 4 Stabilitas Bekisting 27

Gambar 2.29 Skema 5 Stabilitas Bekisting 28

Gambar 2.30 Skema 6 Kestabilan Bekisting 28

Gambar 2.31	Grafik Tegangan-Regangan Baja	29
Gambar 3.1	Peta Lokasi Bendung D.I Serdang	32
Gambar 3.2	Proyek Bendung D.I Serdang	33
Gambar 3.3	Struktur Organisasi Proyek Bendung D.I Serdang	35
Gambar 3.4	Bagan Alir Pengumpulan Dan Pengolahan Data	37
Gambar 3.5	Model 1 (Satu) Bekisting	40
Gambar 3.6	Model 2 (Dua) Bekisting	40
Gambar 3.7	Permodelan 3D Bekisting Jarak Tie Rod 0,64 m	41
Gambar 3.8	Permodelan 3D Bekisting Jarak Tie Rod 0,32 m	41
Gambar 3.9	Tampak Depan Bekisting Jarak Tie Rod 0,64 m	42
Gambar 3.10	Tampak Depan Bekisting Jarak Tie Rod 0,32 m	42
Gambar 3.11	Tampak Samping Bekisting Jarak Tie Rod 0,64 m	43
Gambar 3.12	Tampak Samping Bekisting Jarak Tie Rod 0,32 m	43
Gambar 3.13	Engineering Data	44
Gambar 3.14	Spesifikasi *Plywood*	44
Gambar 3.15	Spesifikasi *Tie Rod*	45
Gambar 3.16	Spesifikasi Mur	45
Gambar 3.17	Spesifikasi Pipa Baja	45
Gambar 3.18	Model Bekisting Jarak *Tie Rod* 0,64 m	46
Gambar 3.19	Model Bekisting Jarak *Tie Rod* 0,32 m	46
Gambar 3.20	*Contact* Pipa Baja dengan *Plywood*	48
Gambar 3.21	*Contact Tie Rod* dengan Mur	48
Gambar 3.22	*Contact Tie Rod* dengan *Plywood*	49
Gambar 3.23	*Contact* Mur dengan *Plywood*	49
Gambar 3.24	Meshing Pada Bekisting Jarak *Tie Rod* 0,64 m	50
Gambar 3.25	Meshing Pada Bekisting Jarak *Tie Rod* 0,32 m	50
Gambar 3.26	Pembebanan *Pressure* Pada Bekisting Dinding	51
Gambar 4.1	Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran	54
Gambar 4.2	Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran	55
Gambar 4.3	Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran	56
Gambar 4.4	Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 m Saat *Full* Pengecoran	56
Gambar 4.5	Grafik GabunganTegangan *Tie Rod* Jarak 0,64 m	57

Gambar 4.6 Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 58
Gambar 4.7 Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 59
Gambar 4.8 Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 59
Gambar 4.9 Grafik Tegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 m Saat *Full* Pengecoran 60
Gambar 4.10 Grafik GabunganTegangan *Tie Rod* Jarak 0,32 m 61
Gambar 4.11 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Saat 1/4 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,64 m 62
Gambar 4.12 Tegangan *Tie Rod* 1 Saat 1/4 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,64 m 62
Gambar 4.13 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 1 Saat 1/2 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,64 m 64
Gambar 4.14 Tegangan *Tie Rod* 1 Saat 1/2 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,64 m 64
Gambar 4.15 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Saat 3/4 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,64 m 66
Gambar 4.16 Tegangan *Tie Rod* 3 Saat 3/4 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,64 m 66
Gambar 4.17 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Saat *Full* Pengecoran Jarak Tie Rod 0,64 m 68
Gambar 4.18 Tegangan *Tie Rod* 4 Saat *Full* Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,64 m 68
Gambar 4.19 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 2 Saat 1/4 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,32 m 70
Gambar 4.20 Tegangan *Tie Rod* 2 Saat 1/4 Pengecoran Jarak Tie Rod 0,32 m 71
Gambar 4.21 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Saat 1/2 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,32 m 73
Gambar 4.22 Tegangan *Tie Rod* 4 Saat 1/2 Pengecoran Jarak Tie Rod 0,32 m 73
Gambar 4.23 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 4 Saat 3/4 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,32 m 75
Gambar 4.24 Tegangan *Tie Rod* 4 Saat 3/4 Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,32 m 75
Gambar 4.25 Grafik Tegangan-Regangan *Tie Rod* 3 Saat *Full* Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,32 m 77
Gambar 4.26 Tegangan *Tie Rod* 3 Saat *Full* Pengecoran Jarak *Tie Rod* 0,32 m 77
Gambar 4.27 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran 84
Gambar 4.28 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran 84
Gambar 4.29 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran 86

Gambar 4.30 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran 86
Gambar 4.31 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran 88
Gambar 4.32 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran 88

Gambar 4.33 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 90
Gambar 4.34 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 90
Gambar 4.35 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 92
Gambar 4.36 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 93
Gambar 4.37 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 94
Gambar 4.38 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 94
Gambar 4.39 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 96
Gambar 4.40 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 96
Gambar 4.41 Tegangan *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran 98
Gambar 4.42 Tegangan *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran 98
Gambar 4.43 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran 100
Gambar 4.44 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran 101
Gambar 4.45 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran 102
Gambar 4.46 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran 103
Gambar 4.47 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran 104
Gambar 4.48 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran 105

Gambar 4.49 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 106

Gambar 4.50 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 107

Gambar 4.51 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 109

Gambar 4.52 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 109

Gambar 4.53 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 111

Gambar 4.54 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 111

Gambar 4.55 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 113

Gambar 4.56 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 113

Gambar 4.57 Tegangan Geser *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran 115

Gambar 4.58 Tegangan Geser *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran 115

Gambar 4.59 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran 117

Gambar 4.60 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/4 Pengecoran 118

Gambar 4.61 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran 119

Gambar 4.62 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 1/2 Pengecoran 120

Gambar 4.63 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran 121

Gambar 4.64 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat 3/4 Pengecoran 122

Gambar 4.65 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 123

Gambar 4.66 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,64 m Saat *Full* Pengecoran 124

Gambar 4.67 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 126

Gambar 4.68 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/4 Pengecoran 126

Gambar 4.69 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 128

Gambar 4.69 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 1/2 Pengecoran 128
Gambar 4.71 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 130
Gambar 4.72 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat 3/4 Pengecoran 130
Gambar 4.73 Defleksi *Plywood* 1 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran132
Gambar 4.74 Defleksi *Plywood* 2 Jarak *Tie Rod* 0,32 m Saat *Full* Pengecoran132
Gambar L1.1 Surat Pengantar Uji Beton
Gambar L1.2 Hasil Uji Kuat Tarik Besi Tie Rod
Gambar L4.1 Pekerjaan Pembesiam Lantai Dan Dinding Bekisting Dinding Samping Kanan Kantung Lumpur Kanan
Gambar L4.2 Persiapan Pengecoran Lantai Kantung Lumpur Kanan
Gambar L4.3 Pengecoran Lantai Dan Kickers Kantung Lumpur Kanan
Gambar L4.4 Pemasangan Bekisting Dinding Samping Kanan Kantung Lumpur Kanan
Gambar L4.5 Pengecoran Dinding Samping Kanan Kantung Lumpur Kanan
Gambar L4.6 Monitoring Kanan Kantung Lumpur Kanan Saat Penulis Sebagai Supervisor Pada Pelaksanaan Program Magang Mahasiswa Bersertifikat
Gambar L4.7 Kegiatan Survei Saluran Penghubung Kanan Saat Penulis Sebagai Surveyor
Gambar L4.8 Pengambilan Sample Beton Dan Uji Slump Saat Penulis Sebagai *Quality Control*
Gambar L4.9 Uji Kuat Tekan Beton Saat Penulis Sebagai *Quality Control*
Gambar L4.10 Pemasangan Bekisting Dinding Samping Kanan Kantung Lumpur Kanan
Gambar L4.11 Toolbox Meeting Pekerjaan Pemancangan Sheet Pile Saat Penulis Di Bagian Safety
Gambar L4.12 Kegiatan Saat Penulis Di Bagian Engineering

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas Penampang
ACI	= *American Concrete Institute*
C_C	= *Chemical Coefficient*
C_w	= *Coefficient Due To Unit Weight*
DI	= Daerah Irigasi
E	= Modulus elastisitas (MPa)
G//	= Modulus Geser Kayu Sejajar Serat
G⊥	= Modulus Geser Kayu Tegak Lrus Serat
I	= Momen Inersia
Kn	= Satuan Kilo Newton
ℓ1,ℓ2	= Panjang awal dan Panjang Akhir
M	= Momen
m	= Satuan Meter
mm	= Satuan Millimeter
MPa	= Satuan Mega Pascal
P	= Tekanan Beton Segar
Pa	= Satuan Pascal
P1,2,3,Dst	= Plywood
R	= Kecepatan Tuang Beton
SF	= Safety Factor (Faktor Keamanan)
T	= Suhu
T1,2,3,Dst	= Tie Rod
W	= Momen Lawan
Δ	= Defleksi
ε	= Regangan
∅	= Diameter
σ	= Tegangan (MPa)
σ_{izin}	= Tegangan Izin (MPa)
σ_{max}	= Tegangan Maksimum (MPa)

σ_y = Tegangan Leleh (MPa)

τ = Tegangan Geser

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Deli Serdang merupakan salah satu kabupaten yang berada di kawasan pantai timur provinsi sumatera utara. Dengan posisi yang sangat strategis, karena berbatasan langsung dengan Selat Malaka, sebagai salah satu daerah lintas pelayaran paling sibuk di dunia. Kabupaten ini mengelilingi 2 (dua) kota utama di Sumatera Utara. Dengan posisi strategis, sumber daya alam dan tenaga kerja yang dimiliki oleh Kabupaten Deli Serdang akan menjadi potensi yang dapat dikembangkan menjadi keunggulan yang kompetitif dalam menghadapi persaingan dalam menarik investor untuk mengembangkan usahanya di daerah ini dan sasaran lainnya dalam memasarkan produk/jasa yang dihasilkan.

Sumber alam yang melimpah sehingga dimanfaatkan masyarakat setempat untuk berkebun dan bertani. Sehingga pemerintah setempat membangun bending demi ketersediaan air bagi petani sekitar.

Dalam pembangunan areal Daerah Irigasi ini awalnya bernama Daerah Irigasi Batang Kuis yang berada di sebelah kiri Sungai Serdang dan melayani areal sekitar 1.032 Ha. Selain itu, disebelah kanan sungai Serdang terdapat areal sawah tadah hujan seluas ±3.244 Ha. Pada saat ini daerah irigasi ini masih mengandalkan air hujan dan karena letaknya di bagian hilir, areal sawah di dalamnya pada musim kemarau masih mengandalkan air drainase dari areal sawah yang berada di hulu. Sehingga dilakukanlah pembagunan Bendung Daerah Irigasi Serdang untuk memudahkan masyarakat dalam bercocok tanam.

Dalam pekerjaan Bendung D.I Serdang terdapat beberapa item-item pekerjaan yang cukup banyak, salahsatu pekerjaan dalam Proyek ini yaitu pekerjaan Kantung Lumpur Kanan. Pekerjaan Kantung Lumpur kanan memiliki tahapan-tahapan pekerjaan, mulai dari pekerjaan galian, timbunan, pengececoran tanggul. Salah satu tahapan pekerjaan Kantung Lumpur yaitu pengecoran Dinding. Dalam pekerjaan pengecoran dinding, maka dibutuhkan bekisting untuk menahan volume beton cair

dari basah hingga mengeras, karena itu bentuk beton akan mengikuti bentuk bekisting bagian dalam. Kekuatan beton dalam pengecoran maupun pada saat pengerasan harus ditanggung oleh bekisting. Pekerjaan pengecoran dinding tidak dapat dilakukan sekaligus ataupun terus menerus karena akan mengakibatkan karena akan merusak bekisting. Hal ini disebabkan ketidakmampuan bekisting menahan volume beton. Maka pengerjaan pengecoran dilakukan persegmen sesuai kemampuan bekisting penahannya. Bekisting yang baik adalah bekisting yang mempunyai nilai lendutan lebih kecil dari lendutan yang diijinan. Lendutan ini terjadi karena kekuatan menahan beban beton dan beban konstruksi. Bekisting yang baik memiliki kekuatan setara dengan beban yang akan ditopang. Kekuatan yang dimaksud mampu menjaga tingkat kestabilan selama proses pengecoran maupun setelah selesai pengecoran atau selama proses pengerasan beton. Dengan demikian pembangunan konstruksipun dapat berjalan lancar sesuai rencana dan mempunyai resiko yang rendah.

Pemasangan bekisting seringkali dianggap sebelah mata oleh Kontraktor demi menghemat biaya dengan tidak memperhatikan kualitas kayu ataupun perlengkapan bekisting yang akan mempengaruhi kekuatan bekisting tersebut. Sehingga banyak kasus terjadinya keruntuhan bekisting akibat tidak mampunya bekisting menahan volume beton pada saat pengecoran maupun telah mengeras. Maka dari itu dalam pembahasan tugas akhir ini melakukan suatu analisa dengan judul **"Analisis Kekuatan Bekisting Dinding Tengah Kantung Lumpur Kanan Proyek Bendung D.I Serdang".**

1.2 Rumusan Masalah

Di dalam analisa ini terdapat beberapa permasalahan yang akan dijadikan bahan dalam penulisan ini. Bertolak dari latar belakang alasan pemilihan judul yang telah di kemukakan diatas, maka muncul permasalahan:

1. Bagaimana perbandingan tegangan, dan tarik antara besi *tie rod* jarak 0,64 m dengan jarak 0,32 m?
2. Bagaimana hubungan tegangan-regangan pada *tie rod*?

3. Bagaimana perbandingan tegangan, tegangan geser, dan defleksi yang terjadi pada *tie rod* dan multipleks terhadap tekanan beton pada saat 1/4, 1/2, 3/4, dan *full* pengecoran antara jarak tie rod 0,64 m dan 0,32 m?
4. Bagaimana pengaruh jarak *tie rod* terhadap multipleks (*plywood*)?
5. Apakah *tie rod* dan *plywood* sudah aman digunakan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai adalah:

1. Untuk mengetahui perbandingan tegangan, dan tarik antara besi *tie rod* jarak 0,64 m dengan jarak 0,32 m.
2. Untuk mengetahui hubungan tegangan-regangan pada *tie rod* dan *plywood*.
3. Untuk mengetahui perbandingan tegangan, tegangan geser, dan defleksi yang terjadi pada *tie rod* dan multipleks terhadap tekanan beton pada saat 1/4, 1/2, 3/4, dan *full* pengecoran.
4. Untuk mengetahui pengaruh jarak *tie rod* terhadap multipleks (*plywood*).
5. Untuk mengetahui *tie rod* dan *plywood* sudah aman digunakan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan.

1.4 Batasan Masalah

Agar mempermudah pengerjaan tugas akhir dan mempersempit pembahasan, maka dalam tugas akhir ini dibatasi hanya membahas tentang:

1. Sistem pelaksanaan pekerjaan bekisting adalah semi modern.
2. Perbandingan yang ditinjau hanya mengecek tegangan terbesar, dan tarik *tie rod* antara jarak 0,64 m dengan 0,32 m, serta pengecekan tegangan, tegangan geser, dan defleksi pada *plywood* dengan menggunakan salah satu aplikasi metode elemen hingga.
3. Bekisting yang ditinjau hanya *tie rod* dan *plywood* saja dikarenakan keterbatasan perangkat dalam menggunakan aplikasi elemen hingga.
4. Permodelan struktur dilakukan hanya mengambil 1 sampel yakni seukuran 1 multipleks *phenolic* (1,22 × 2,44 m).

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari pembahasan ini yaitu:

1. Menambah wawasan kepada peneliti tentang pekerjaan bekisting dan menganalisis kekuatan bekisting.
2. Dengan menggunakan aplikasi elemen hingga dalam menganalisis kekuatan bekisting dinding ini dapat menghemat biaya sehingga dapat mengetahui jumlah kebutuhan *tie rod* sesuai jarak, jumlah pengaku (*Hollow*) dan juga penyokong bekisting.
3. Memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu bidang konstruksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat beberapa bab yang akan ditulis dalam laporan ini, yakni meliputi:

BAB 1 Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan rumus-rumus perhitungan yang digunakan.

BAB 3 Metode Penelitian

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Merupakan hasil analisa dan pembahasan singkat mengenai hasil analisis yang dilakukan untuk memecahkan persoalan laporan akhir ini dan menarik kesimpulan.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Bekisting

Bentuk cetakan beton (*formwork*) disesuaikan dengan gambar rencana, biasanya dibuat di lokasi pekerjaan dan hanya dimanfaatkan satu kali dan kemudian dibongkar. Dengan adanya inovasi teknologi dalam bidang cetakan (*formwork*), saat ini cetakan diproduksi oleh pabrik dengan menggunakan metode prefabrikasi yang memungkinkan penggunaan lebih dari satu kali,

Biaya yang dibutuhkan untuk menyediakan cetakan (*formwork*) berkisar antara 25% sampai dengan 75% dari biaya struktur total. Efisiensi biaya cetakan beton dapat dilakukan dengan melakukan desain yang terdiri dari beberapa jenis bentuk dan ukuran. Hal ini untuk mengantisipasi pemakaian cetakan hanya satu kali.

Bekisting (*formwork*) adalah suatu sarana pembantu struktur beton untuk mencetak beton sesuai ukuran, bentuk, rupa, ataupun posisi serta alinyemen yang dikehendaki. Dengan demikian bekisting harus mampu berfungsi sebagai struktur sementara yang mampu memikul berat sendiri, berat beton basah, beban hidup dan beban peralatan kerja selama proses pengecoran.

Dalam proses desain cetakan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kualitas material cetakan yang digunakan harus mampu menghasilkan permukaan beton yang baik, ketetapan dimensi.
2. Keamanan dari cetakan harus diperhitungkan akibat beban tidak menentu dari pembebanan aggregate beton.
3. Memperhatikan factor ekonomis dari cetakan agar dapat mereduksi biaya.

2.2 Persyaratan Umum

Cetakan merupakan unsur yang sangat penting dalam mekanisme pengecoran beton. Biaya persyaratan yang harus dipenuhi adalah dimensi yang akurat guna menghasilkan beton yang tepat dimensi.

Persyaratan umum yang harus dipenuhi bagi suatu cetakan beton adalah:

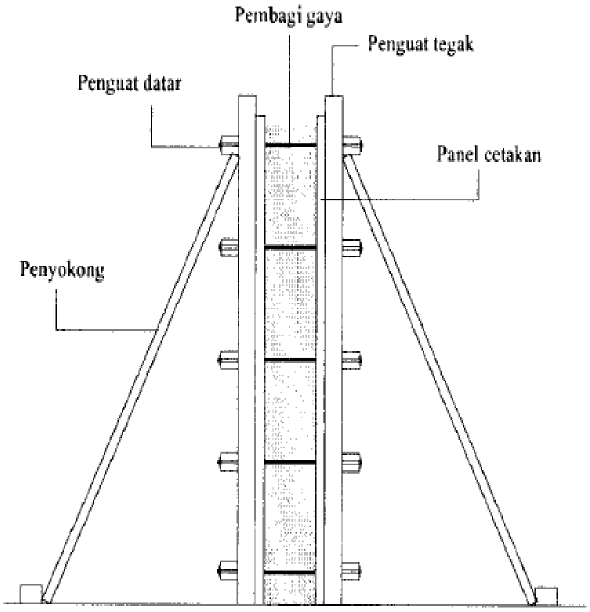
1. Mempunyai volume stabil sehingga dapat dihasilkan dimensi beton yang akurat.
2. Tahan terhadap beban beton.
3. Dapat digunakan berulang kali.
4. Mudah dibongkar pasang serta dipindahkan.
5. Rapat air sehingga tidak memungkinkan air agregat keluar dari cetakan.
6. Mempunyai daya rekat rendah dengan beton dan mudah membersihkannya.
7. Tahan terhadap getaran vibrator baik didalam maupun diluar.

Perencanaan bekisting harus dapat memenuhi aspek bisnis (biaya) dan aspek teknologi (*strength, workability*). Oleh karena itu harus memenuhi hal-hal berikut:

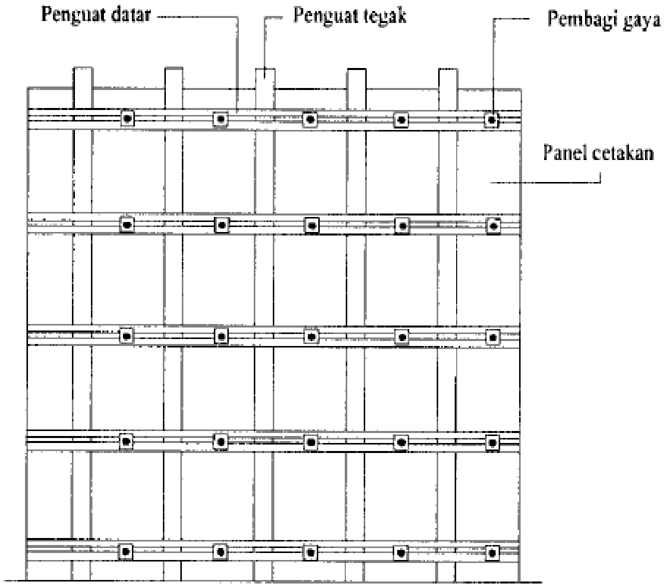
1. Ekonomis.
2. Kuat dan kokoh.
3. Tidak berubah bentuk.
4. Memenuhi persyaratan permukaan.

2.3 Bekisting Dinding

Dalam pembangunan Bendung, konstruksi dinding merupakan salah satu elemen utama. Salah satunya yaitu pada bagian Kantung Lumpur. Bermacam cara dapat digunakan untuk melaksanakan pembentukan elemen ini. Salahsatunya menggunakan cara semi modern, yaitu memasang cetakan dan menuangkan agregat beton ke dalamnya. Setelah cukup waktu maka cetakan pembentuk elemen tersebut dapat dibongkar kembali. Untuk mendapatkan hasil yang baik (mengingat proses pembentukannya) dapat dikatakan bahwa ketepatan dimensi dan permukaannya sangat bergantung pada alat cetaknya.



Gambar 2.1: Tampak Depan Bekisting Dinding (Salmani, 2019).

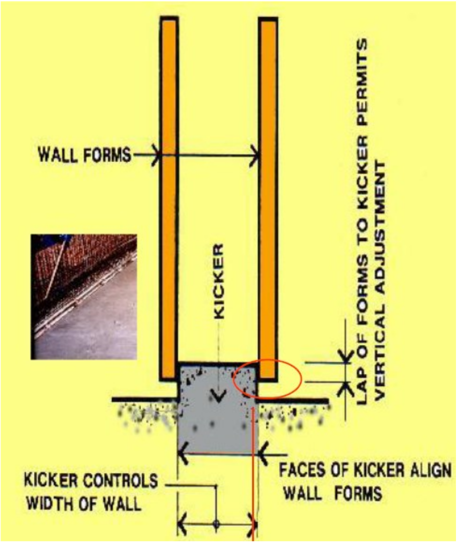


Gambar 2.2: Tampak Samping Bekisting Dinding (Salmani, 2019).

Cetakan dinding secara umum memiliki lima bagian utama, yaitu:

1. *Kickers* (sepatu dinding beton)

    Kickers berfungsi untuk menjaga konsistensi keseluruhan dinding, menjaga konsistensi lebar dinding dan tempat *overlapping* bekisting kearah vertikal. *Kickers* membuat rapat sambungan sehingga air semen tidak keluar. *Kickers* juga digunakan untuk memulai bekisting pada level yang sama.



Gambar 2.3: *Kickers wall formwork*
(https://www.academia.edu/38012347/BEKISTING_DINDING_WALL_FORM).

2. Pelapis cetakan (*Sheating*)

   Pelapis cetakan (*sheating*) berfungsi menahan dan membentuk permukaan beton dalam proses pengerasan, umumnya menggunakan bahan kayu, *plywood*, pelat baja, aluminium, dll. Dalam pembahasan ini yang dipakai adalah multipleks *phenolic* 15 mm.

Gambar 2.4: Multipleks *Phenolic*.

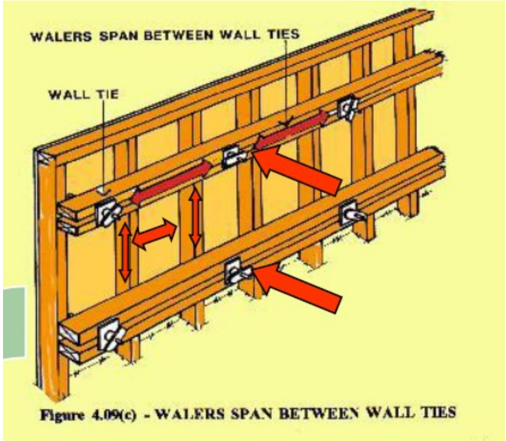
3. Penguat tegak atau rangka panel (*Stud*)

   Penguat tegak atau rangka panel (*stud*) berfungsi sebagai perkuatan atau perangkai bagian pelapis, biasanya merupakan satukesatuan dengan pelapis. Rangka panel yang digunkan yaitu Besi *Hollow* 40 mm×40 mm.

Gambar 2.5: Besi *Hollow*.

4. Penguat datar

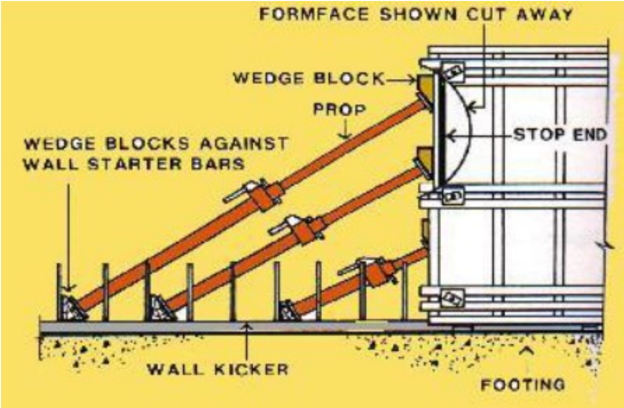
Penguat datar berfungsi untuk menopang penguat tegak dan menjaga alinyemen dari cetakan. Adapun penguat datar yang digunakan dalam pembahasan ini yaitu Pipa Besi $\emptyset 2''$.



Gambar 2.6: *Horizontal waller* (penguat datar) (https://www.academia.edu/38012347/BEKISTING_DINDING_WALL_FORM).

5. Penyokong (*Brace*)

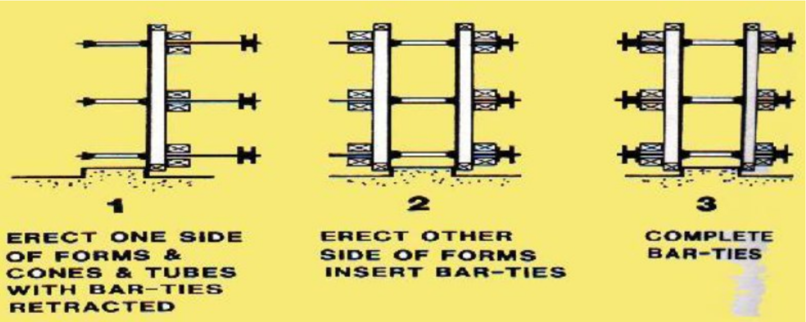
Penyokong (*brace*) berfungsi menjaga agar cetakan tidak berubah posisi selama menerima tekanan horizontal, menhan angin dari segala arah, menahan benturan pada saat pengecoran (benturan *bucket*) Penyokong yang digunakan yaitu Pipa Besi $\emptyset 2''$.



Gambar 2.7: Penyokong (*support*)
(https://www.academia.edu/38012347/BEKISTING_DINDING_WALL_FORM).

6. Pembagi gaya (*spleader*) atau unit ikat

Pembagi gaya (*spleader*) atau unit ikat berfungsi menjaga ketebalan dinding beton sesuai dengan rencana. Dalam pembahasan ini digunakan pembagi gaya yaitu besi *tie rod* Ø10 mm.



Gambar 2.8: *Tie Rod*
(https://www.academia.edu/38012347/BEKISTING_DINDING_WALL_FORM).

Tie rod bekisting adalah alat bantu berupa besi yang ditujukan untuk mengamankan bekisting pada kolom atau dinding bangunan. Di sisi lain, *tie rod* bekisting dapat menetralkan tekanan pada rangka beton sebelum mengeras. Umumnya, *tie rod* dibuat dengan menggunakan besi beton yang disambungkan

pada plat besi dan *as drat*. Diameter tie rod bekisting adalah sekitar 10 mm dengan ukuran panjang sesuai dengan ukuran kolom dinding struktur.

a. Bagian terpenting pada bekisting kayu

Perlu diketahui bahwa *tie rod* bekisting adalah bagian terpenting pada penggunaan bekisting kayu. Ini dikarenakan *tie rod* berperan untuk menjaga bentuk beton ketika proses pengecoran kolom atau dikenal dengan istilah *bunting.* Ukuran tie rod bekisting harus dibuat dengan tepat, karena jika terlalu kecil justru akan menimbulkan terjadinya perubahan bentuk beton. Sebaliknya, jika ukuran dibuat terlalu besar justru akan membuat pengecoran gagal karena terjadi perubahan bentuk pada beton.

b. Cara membuat *tie rod* sendiri

Pada dasarnya *tie rod* bekisting bias dibeli dalam bentuk jadi di toko-toko bangunan. Namun, jika tertarik untuk membuatnya sendiri pun tidak masalah. Cara membuat *tie rod* bekisting cukup mudah. hanya membutuhkan *as drat* berukuran 13 mm, plat besi setebal 3 – 5 mm, dan besi ulir 13 mm. Ingat, karena berperan penting untuk mengunci balok, maka *tie rod* bekisting harus dibuat dengan ukuran yang tepat sesuai kebutuhan.

c. Pemasangan *tie rod* bekisting

Tie rod bekisting adalah material kecil namun memiliki peran besar, sehingga tidak dapat diabaikan begitu saja keberadaannya. untuk pemasangan *tie rod* sendiri jaraknya akan sangat tergantung dari tinggi dinding yang dibuat. Jika tinggi dinding berada dikisaran 3 – 4 meter, maka jumlah sabuk balok yang dibutuhkan sebanyak empat buah, dengan jarak yang dibagi rata. Sebaliknya, untuk kolom dengan ketinggian lebih dari 4 meter, maka pemasangan *tie rod* bekisting akan menyesuaikan prinsip ilmu konstruksi. Di mana sabuk beton di buat semakin pendek di bagian bawah karena beban yang besar.

d. Spesifikasi tie rod bekisting

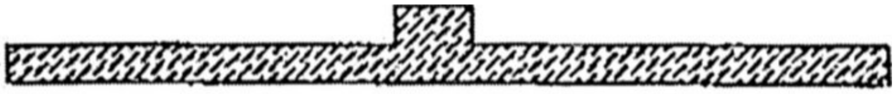
Tidak kalah pentingnya, juga harus mengenal spesifikasi *tie rod* bekisting. Mengingat ini adalah besi as ulir perancah yang digunakan untuk memperkuat

sistem bekisting dinding pada proyek bendung, maka ada beberapa ukuran panjang *tie rod* bekisting yang bisa dipilih. Secara umum, *tie rod* bekisting akan dijual dengan ukuran panjang mulai dari 1 m, 1.5 m, 2 m, dan 3 meter. Namun, untuk kebutuhan proyek-proyek tertentu ukuran *tie rod* bekisting dapat dikustomisasi hingga mencapai panjang 6 meter.

2.4 Tahapan-Tahapan Pemasangan Bekisting Dinding

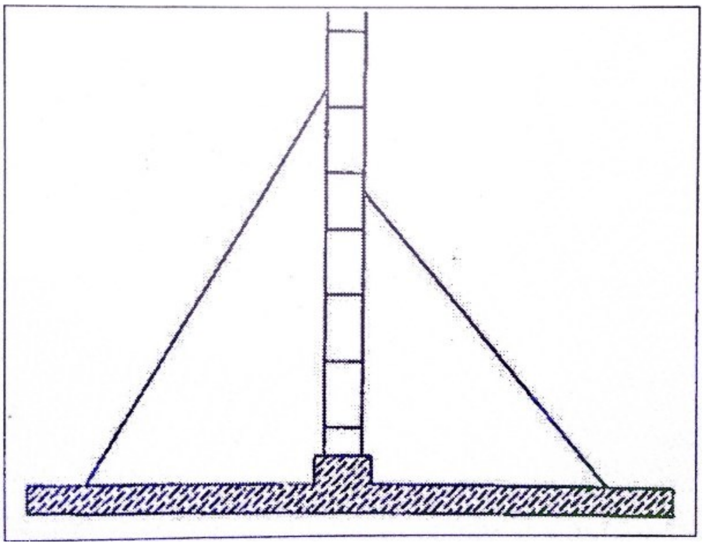
Adapun tahapan-tahapan pemasangan bekisting dinding dapat dilihat seperti dibawah ini:

1. Pengecoran kaki dinding berdasarkan alinyemen yang telah ditentukan.



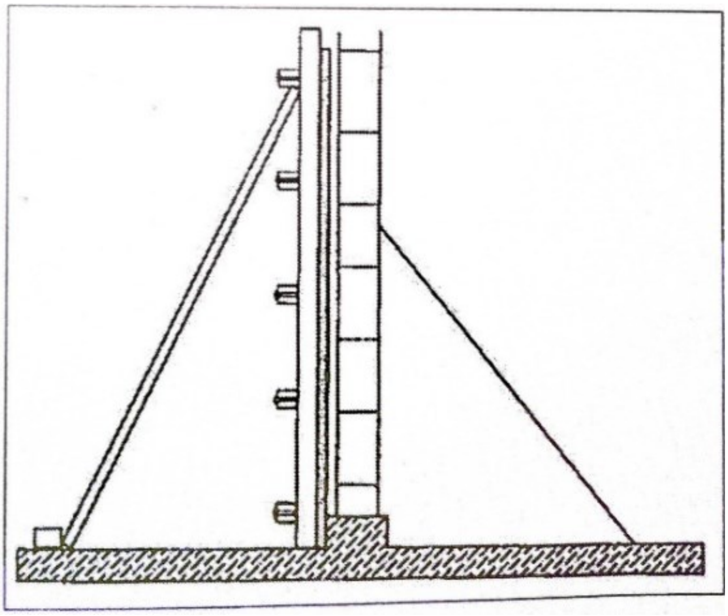
Gambar 2.9: Pengecoran kaki dinding (Salmani, 2019).

2. Pemasangan tulangan dinding minimal setinggi panel cetakan/bekisting.



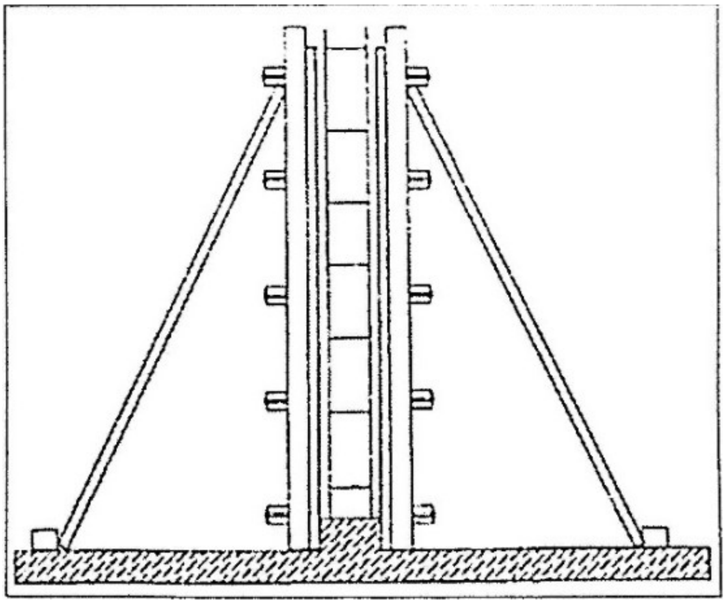
Gambar 2.10: Pemasangan tulangan (Salmani, 2019).

3. Pemasangan panel salah satu sisi dilengkapi dengan *spacer* (beton *decking*) untuk menjamin tulangan tidak rapat dengan cetakan.



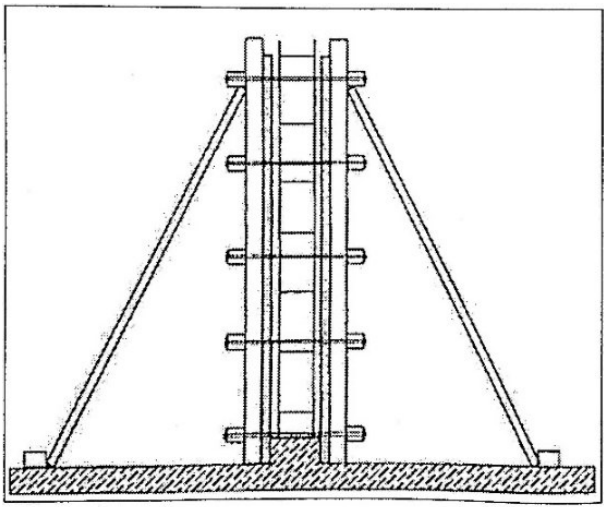
Gambar 2.11: Pemasangan *spacer* (beton *decking*) (Salmani, 2019).

4. Pemasangan panel pada sisi-sisi yang lain yang kemudian diikuti dengan pemasangan *spacer* (beton deking).

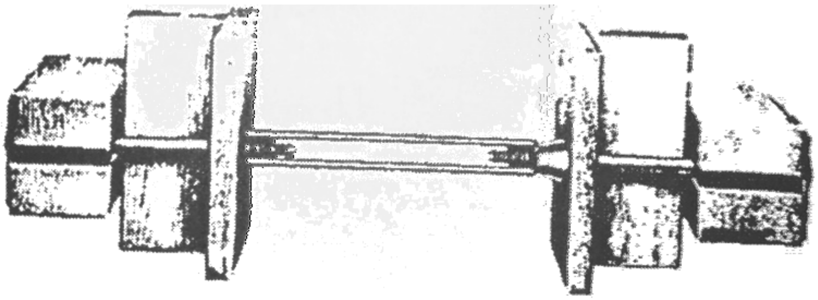


Gambar 2.12: Pemasangan panel pada sisi lainnya (Salmani, 2019).

5. Pemasangan *form tie* (menjaga ketebalan dinding) sesuai dengan perencanaan.

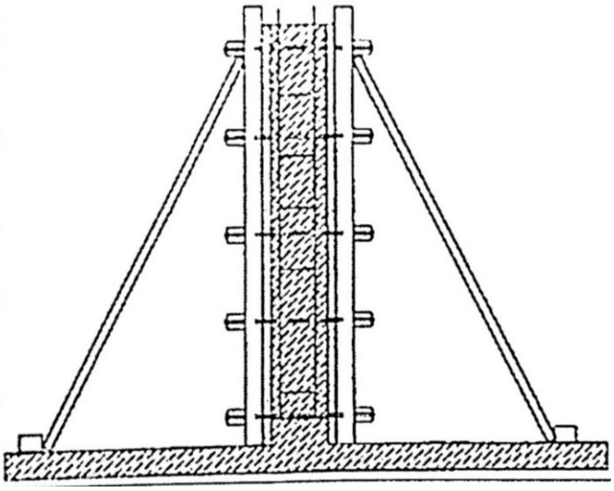


Gambar 2.13: Pemasangan pembagi gaya ketebalan (Salmani, 2019).



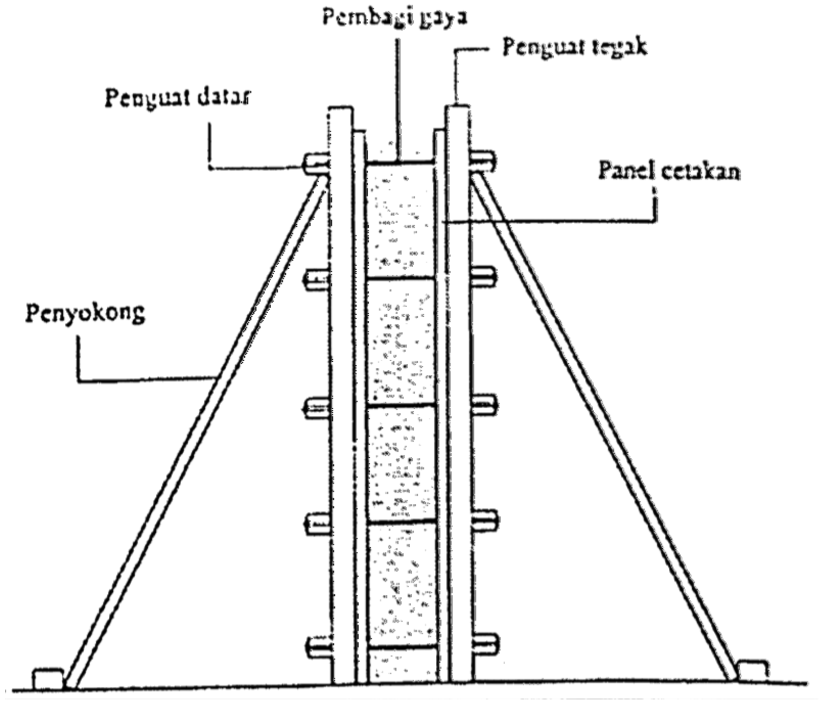
Gambar 2.14: Detail sistem Pembagi Gaya (Salmani, 2019).

6. Pemasangan penyokong (*steel support*) secukupnya.

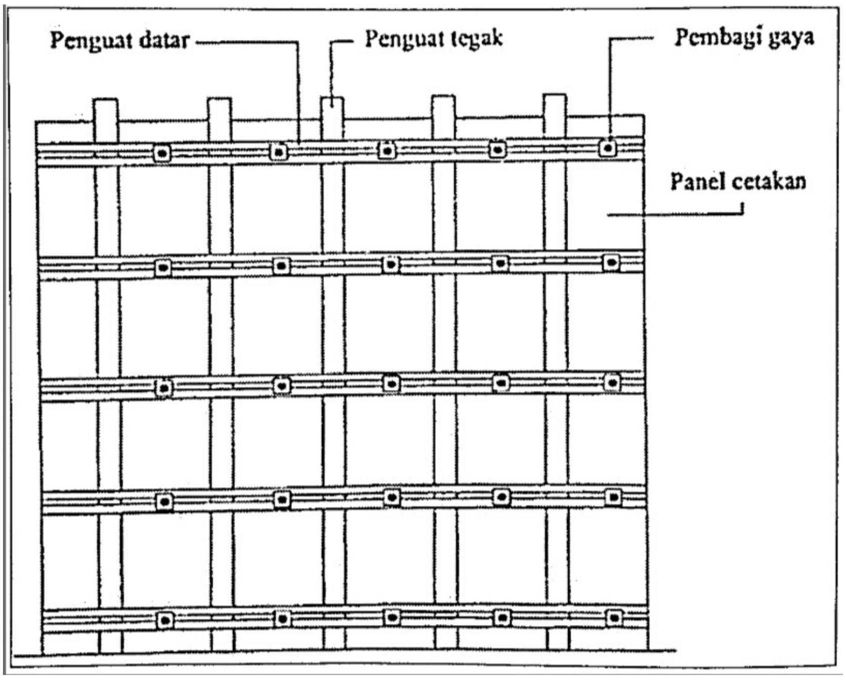


Gambar 2.15: Penyokong Saat Pengecoran (Salmani, 2019).

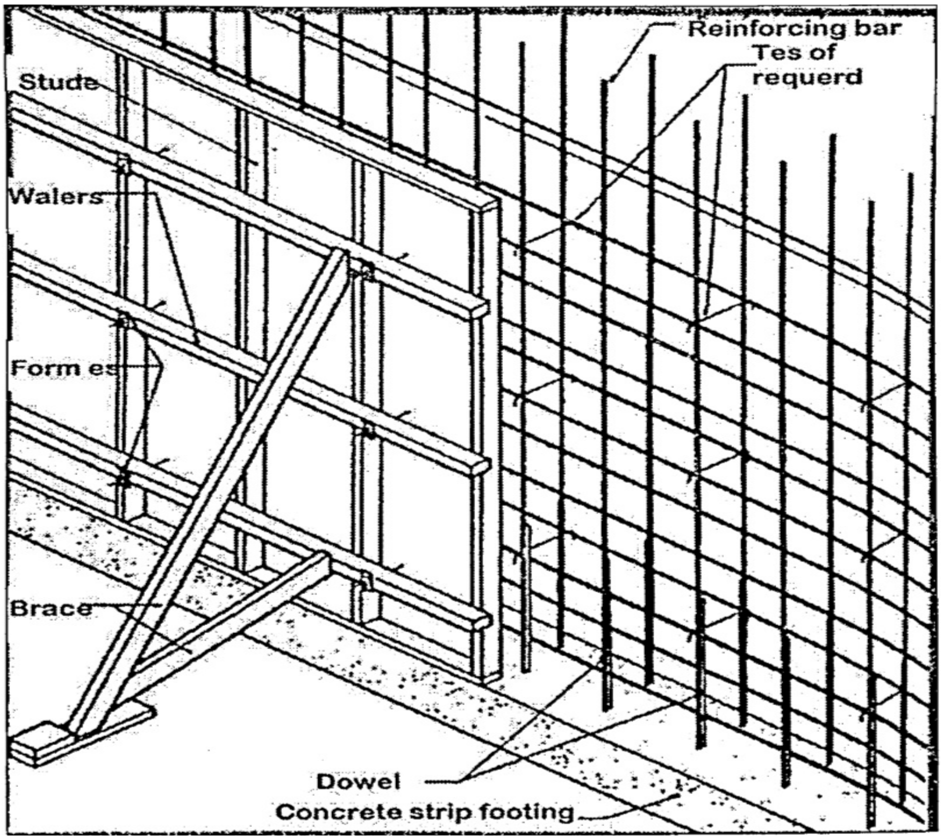
7. Pengecekan vertikal bekisting/cetakan dinding.
8. Pada saat pelaksanaan pengecoran posisi cetakan harus selalu diperiksa terhadap kemungkinan terjadinya perubahan dimensi dan volume cetakan.



Gambar 2.16: Tampak samping bekisting dinding (Salmani, 2019).



Gambar 2.17: Tampak depan bekisting dinding (Salmani, 2019).



Gambar 2.18: Stereometri bekisting dinding (Salmani, 2019).

2.5 Material Cetakan Beton

Dalam konstruksi bekisting, material yang digunkan beraneka ragam. Dibawah ini di jelaskan material-material yang digunakan untuk pembuatan bekisting sebagai berikut.

2.5.1. Material Besi

Material besi merupakan bahan yang hampir memenuhi seluruh persyaratan umum cetakan di atas, hanya saja dari segi biaya relatif mahal. Material jenis ini biasanya diproduksi secara pabrikasi dalam bentuk dan disain khusus. Elemen struktur yang sering menggunakan cetakan besi/baja adalah plat lantai. Seringkali cetakan besi tidak diambil kembali setelah pencoran dan bahkan didisain untuk ikut memikul beban konstruksi. Karena kemampuan material besi/baja dalam memikul beban yang besar maka kadang-kadang sama sekali tidak memerlukan perancah pendukung.

2.5.2. Material Kayu

Jenis kayu yang dapat dimanfaatkan untuk cetakan dapat dibedakan berdasarkan kekerasan kayu. Kayu lunak digunakan sebagai cetakan beton pada umumnya, sedangkan kayu keras dapat digunakan jika hasil pencoran beton diharapkan memenuhi standar tertentu, misalnya dalam pembuatan alur/celah dalam beton, diharapkan untuk mendapatkan sudut-sudut yang tajam dari hasil pencoran, dihasilkan permukaan yang halus sehingga persyaratan yang harus dipenuhi adalah bahwa kayu harus bebas dari mata kayu, cetakan harus mampu manahan goyangan, dihindarkan terjadinya puntir, dan lain sebagainya yang dapat menyebabkan cetakan menjadi rusak.

Kelembaban kayu yang digunakan untuk cetakan beton menjadi hal yang sangat penting. Pada musim kemarau kayu akan menjadi kering dan menjadi lembab pada musim hujan.

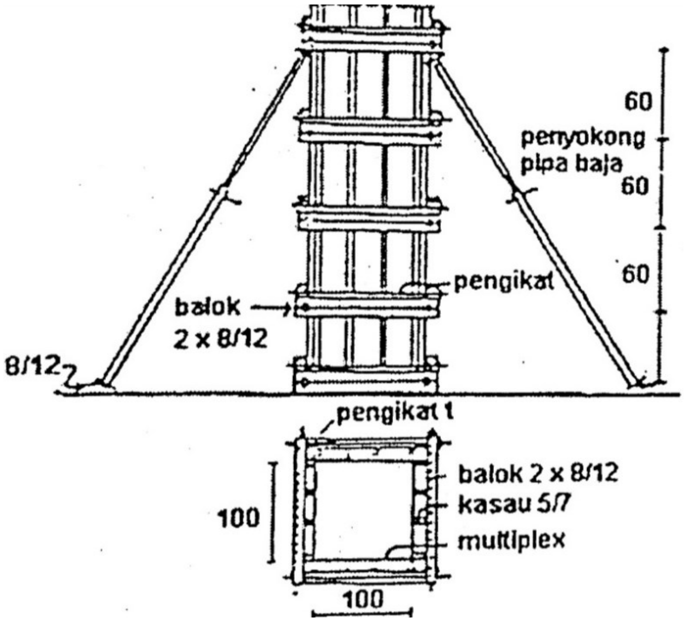
Penggunaan cetakan kayu terkadang tidak lebih mudah dibandingkan cetakan besi. Daya lekat antara kayu dengan beton cukup besar sehingga diperlukan material lain sebagai pelapis untuk menghambat daya lekat keduanya (biasanya plastik). Keuntungan penggunaan kayu adalah mudah dikerjakan.

Sampai saat ini material kayu paling sering dan paling banyak digunakan di Indonesia. Biasanya terdiri dari dari papan dengan tebal 2-3 cm yang dirangkai dan diperkuat dengan balok kayu. Penggunaan kayu sebagai cetakan harus memperhatikan berbagai macam persyaratan tegangan yang diizinkan,

Gambar 2.19: Bekisting Kayu (Salmani, 2019).

2.5.3. Material *Plywood*

Cetakan ini digunakan karena tuntutan kualitas permukaan beton yang dihasilkan. Banyak digunakan untuk cetakan kolom, balok, dinding, dan plat. *Plywood* lebih kuat dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan papan kayu.



Gambar 2.20: Bekisting dengan menggunakan *plywood* (Salmani, 2019).

2.5.4. Material Aluminium

Cetakan jenis ini merupakan pengembangan dari cetakan besi/baja. Kelebihan aluminium adalah ringan dan tidak berkarat. Cetakan aluminium dapat digunakan untuk berbagai bentuk dan ukuran beton. Pada umumnya penguat dan penyokong untuk cetakan ini adalah profil baja/aluminium. Cetakan jenis ini biasanya diproduksi secara pabrikasi berupa panel-panel berukuran tertentu dan dirangkai satu dengan yang lain dengan menggunakan baut.

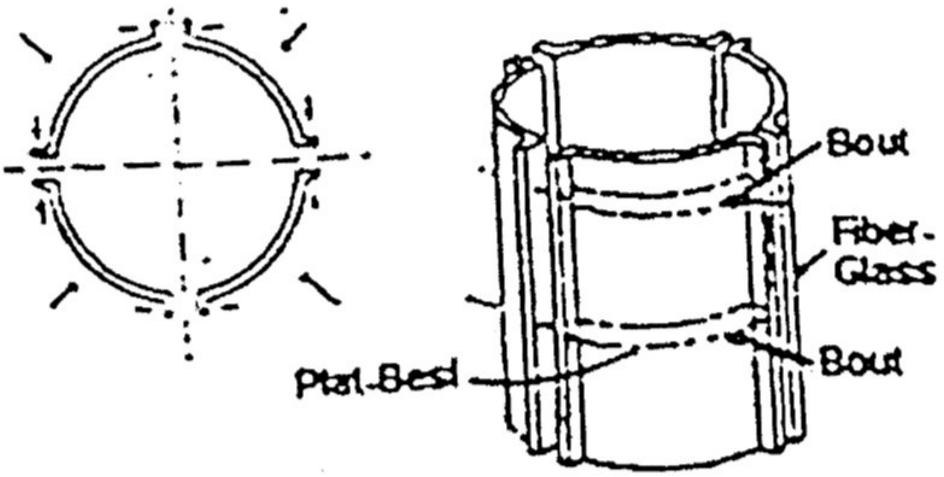
2.5.5. Material *Fiberglass*

Cetakan jenis ini sesuai untuk pelaksanaan beton arsitektural atau untuk beton pracetak, akan menghasilkan beton dengan permukaan halus. Pada umumnya ketebalan bahan yang digunakan antara 3 mm s/d 15 mm.

Karena sifat material jenis cetakan ini, maka bentuk cetakan jenis ini mudah mengikuti bentuk yang diinginkan.

Keunggulan cetakan *fiberglass* di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Sangat fleksibel dengan disain yang diinginkan
2. Dapat menghasilkan tekstur yang beraneka ragam
3. Dapat dipakai berulang kali
4. Ringan sehingga mudah diangkut
5. Tidak berkarat
6. Pemasangan dan pembongkaran di lapangan mudah dikerjakan

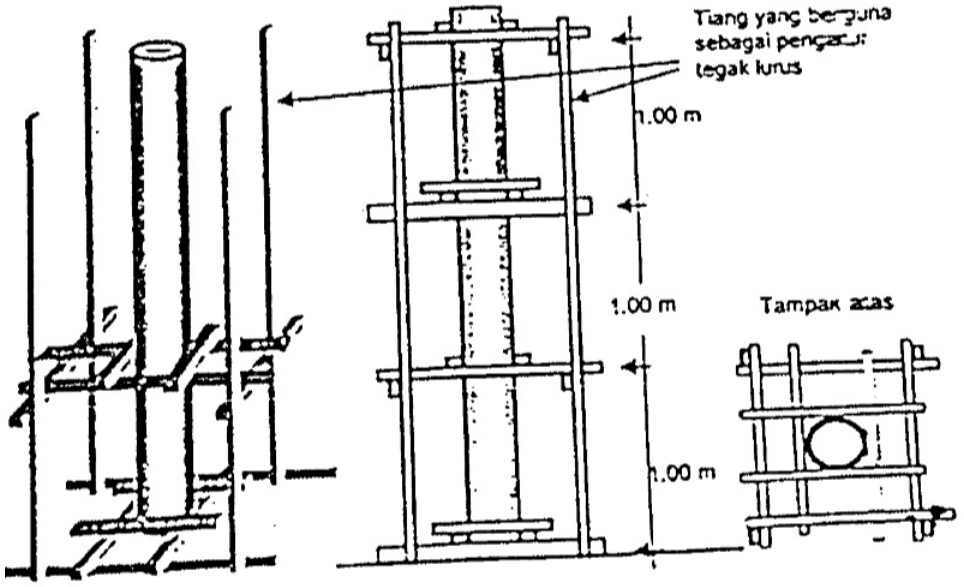


Gambar 2.21: Bekisting menggunakan bahan *fiberglass* (Salmani, 2019).

2.5.6. Material Karton

Karton yang berbentuk tabung sudah banyak dipakai untuk menggulung kain dan kertas atau bahan tipis lainnya. Bahan dasar karton terbuat dari krafliner board yang seratnya memiliki kekuatan tarik yang cukup kuat sehingga kemudian dicoba sebagai alternatif untuk bahan cetakan untuk beton kolom bulat.

Cetakan jenis ini hanya dapat dimanfaatkan satu kali saja dan menghasilkan permukaan beton yang kasar. Saat ini ukuran yang diproduksi di Indonesia adalah dengan diameter 20 cm s/d 55 cm dengan panjang 10 meter dan ketebalan 3 mm s/d 5 mm. Untuk memanfaatkan cetakan ini diperlukan klem/pengaku untuk tiap jarak 1 meter, untuk mengatur kelurusan vertikal dan memperkuatnya.



Gambar 2.22: Bekisting dengan menggunakan karton (Salmani, 2019).

2.5.7. Material PVC

Cetakan beton dengan menggunakan PVC khusus diaplikasikan pada kolom bulat. Biasanya digunakan pipa PVC tipis (untuk saluran air kotor yang tidak bertekanan) agar diperoleh harga yang murah. Dalam prakteknya pipa ini harus diiperkuat dengan kayu dan ditopang di beberapa tempat. Cetakan jenis ini dapat digunakan berulang-ulang.

2.6 Beton

Beton adalah campuran pasir dan agregat yang disatukan dengan pasta semen dan air. Lima tipe semen yang biasa digunakan dalam campuran beton yaitu:

Tipe I	=	Semen portland biasa
Tipe II	=	Semen tahan sulfat dengan panas rendah
Tipe III	=	Semen yang mengeras dengan cepat dan mempunyai kekuatan awal yang tinggi
Tipe IV	=	Hidrasi dengan suhu rendah
Tipe V	=	Tahan zat sulfat

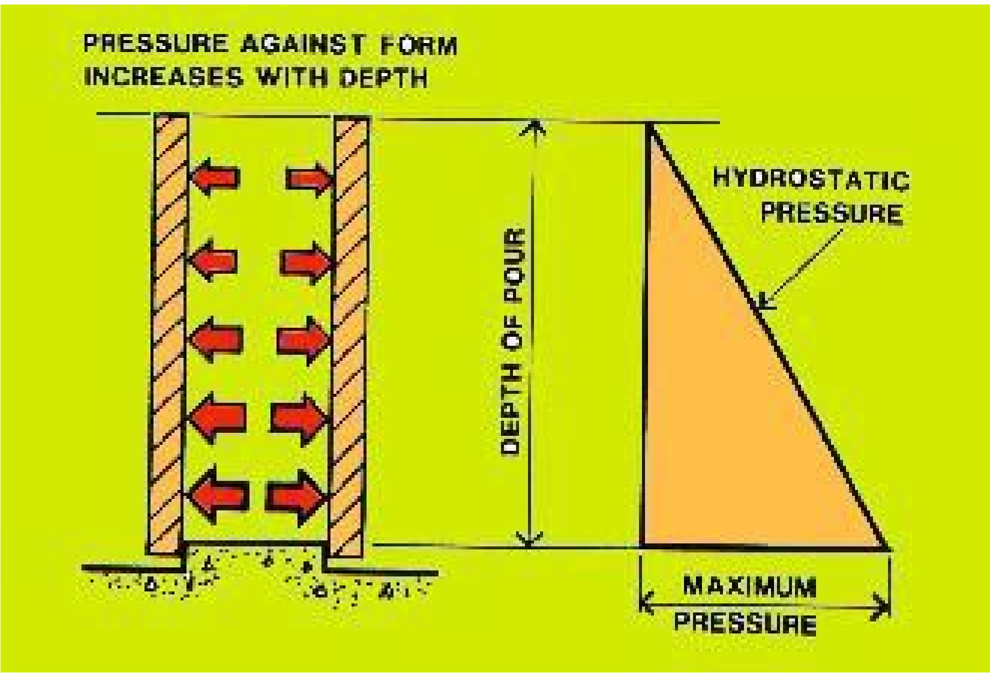
Campuran zat-zat aditif dalam bentuk cair, padat, ataupun bubuk biasa digunakan dalam campuran beton. Campuran-campuran zat tambahan tersebut dapat mempercepat atau memperlambat *setting* time beton, mengurangi

permeabilitas air, atau menambah kekuatan, meningkatkan kadar udara dan *workability*. Zat campuran tersebut tersebut termasuk pozzolan seperti *silica flume, blast-furnace slag* dan *fly ash*. Tekanan beton pada bekisting sangat bergantung pada tipe semen dan campuran tambahan yang ada pada campuran beton.

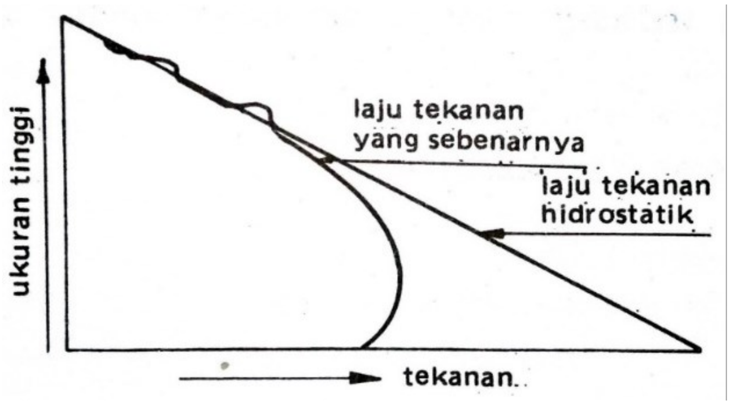
2.7 Beban Pengecoran *ACI* Comitte 347

Bekistig dinding dalam analisisnya hanya menahan beban beban *concreate pressure* (beban pengecoran atau beban beton segar) saja. Dimana dalam melakukan analisa kekuatan bekisting, cara menghitung pembebanan bekisting dinding diambil metode perhitungan manual beban pengecoran berdasarkan *ACI Comitte 347*.

Beban yang dilakukan oleh spesi beton baru terhadap bekisting dinding atau bekisting kolom, lebih banyak merupakan sebuah tekanan yang mengarah tekanan horizontal. Beton semi cair diisikan kedalam bekisting dan akan mengerahkan tekanan lateral terhadap bekistingnya, sebagaimana halnya dengan cairan manapun.



Gambar 2.23: Tekanan lateral beton pada dinding
(https://www.academia.edu/38012347/BEKISTING_DINDING_WALL_FORM).



Gambar 2.24: Tekanan spesi beton terhadadap bekisting dinding (https://www.academia.edu/38012347/BEKISTING_DINDING_WALL_FORM).

ACI Committee 347 mengeluarkan standar perhitungan tekanan lateral beton pada bekisting dinding dengan mempertimbangkan parameter-parameter sebagai berikut:

$$P = C_w C_c \left[7.2 + \frac{1156}{T + 17.8} + \frac{244R}{T + 17.8} \right] \quad (2.1)$$

Keterangan:

P = Tekanan lateral beton (kN/m^2)

C_W = Koefisien

C_C = Koefisien

T = Suhu (^{0}C)

R = Kecepatan Pengecoran (m/jam)

Untuk melihat koefisien C_C dan C_W dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.1: Koefisien Cw (*ACI Comitte* 347, 2004).

Density of concrete	**C_w**
Less than 2240 Kg/m^3	*C_w = 0,5 [1+(w/2320 kg/m^3)* *but not less than 0,80*
2240 to 2400 kN/m^3	***1,0***
More than 2400 Kg/m^3	*C_w = w/2320 kg/m^3*

Tabel 2.2: Koefisien Cc (*ACI Comitte* 347, 2004).

Cement Type or Blend	**Cc**
Types I, II, and III without retarders	**1,0**
Types I, II, and III with a retarder	1,2
Other types or blends containing less than 70% slag or 40% fly ash without retarders	1,2
Other types or blends containing less than 70% slag or 40% fly ash with retarder	1,4
Blends containing more than 70% slag or 40% fly ash	1,4

2.8. Analisis Kekuatan Bekisting Dinding

Bekisting yang baik memiliki kekuatan setara dengan beban yang akan ditopang. Kekuatan yang dimaksud mampu menjaga tingkat kestabilan selama proses pengecoran maupun setelah selesai pengecoran atau selama proses pengerasan beton. Dengan demikian pembangunan konstruksipun dapat berjalan lancar sesuai rencana dan mempunyai resiko yang rendah.

Bentuk dari bekisting harus sedemikian rupa sesuai dengan konstruksi beton yang diinginkan. Kerataan dan ketegakkan bekisting juga harus diperhatikan. Bekisting yang baik selalu memiliki tingkat kerataan yang kokoh.Bekisting juga harus tahan terhadap kekuatan getar dari vibrator supaya tidak ada rongga yang terjadi di beton sehingga karakteristik beton terpenuhi (K 225) atau 19 Mpa.

Persyaratan selanjutnya yaitu pemasangan bekisting harus serapat mungkin sehingga tidak bocor atau air yang terkandung di dalam mix beton tidak mengalir keluar, sehingga dimensi beton sesuai dengan yang diinginkan dan akurat. Selain itu material yang digunakan pada penggunaan bekisting harus bersifat kedap air supaya bekisting tidak menyerap air yang dikandung didalam beton. Hal ini memungkinkan pada saat bekisting dilepas sangat mudah dan tidak ada yang menempel di bekisting, sehingga permukaan beton akan mulus. Karena bekisting merupakan struktur non permanen jadi setelah beton mengeras, bekisting harus mudah dibongkar tanpa merusak beton yang telah keras dengan tidak mengurangi dimensi maupun bentuk beton.

Untuk membuat dimensi beton sesuai dengan diinginkan maka kekuatan atau kekokohan bekisting dilihat dari nilai lendutannya yang tidak boleh melebihi nilai ijinnya yaitu dengan rumus berikut ini.

$$\tau = \frac{S}{I \times b} \tag{2.5}$$

Dimana:

I = Momen inersia

τ = Teganga geser

$$\sigma = \frac{M}{W} \tag{2.6}$$

Dimana:

M = Momen

σ = tegangan

W = Momen lawan

$$\Delta = \frac{l_1}{l_2} \tag{2.7}$$

Dimana:

Δ = lendutan

l = bentang

2.5.1. Tegangan izin pada kayu bekisting

Tegangan dan modulus kekenyalan yang diperkenankan untuk kayu bekisting berlaku untuk kayu papan dari kayu cemara Eropa, kelas I dan untuk kayu balok dari kayu cemara Eropa, kayu-bangunan standar.

Pada umumnya, untuk jenis-jenis kayu lain dan kelas-kelas kekuatan lain berlaku nilainilai yang lebih tinggi. Dalam hal ini tegangan yang diperkenankan berlaku untuk kelaskering II dan III. Untuk kelas-kering IV, nilai-nilai ini harus dikalikan dengan 0,9. Namun demikian dikarenakan tekanan spesi beton dan beban angin, tegangan-tegangan yang timbul dapat kita kalikan dengan sebuah faktor 0,7.

Untuk perhitungan adalah praktis untuk mengalihkan tegangan-tegangan yang ditimbulkan oleh bobot sendiri dengan faktor 1/0,7. Dengan demikian tegangan yang ditimbulkan oleh bobot sendiri dan oleh spesi beton dapat kita satukan (lihat tabel).

Tabel 2.3: Tegangan maksimum, geser yang diperkenankan serta nilai modulus pada material kayu (F. Wigbout Ing, 1992).

Item	Kelas Keing II dan III (N/mm^2)	Kelas Keing IV (N/mm2)	Kayu Bekisting (N/mm2)
$\bar{\sigma}_b$	7,0	6,3	9,0
$\bar{\bar{\tau}}$	1,0	0,9	1,3
E //	10000	9000	9000
E ⊥	300	270	270
G //	500	450	450
G ⊥	40	36	36

2.5.2. Lendutan izin kayu bekisting

Penetapan besarnya lendutan yang diijinkan pada struktur kayu, diatur melalui Pasal 12 ayat 5 PKKI, dengan isi pokok sebagai berikut :

1. Lendutan maksimum yang diperbolehkan, untuk balok pada struktur terlindung < L/300 panjang bentang, dengan L adalah panjang bentang.
2. Untuk balok pada struktur tidak terlindung < L/400 panjang bentang.
3. Untuk balok yang digunakan pada struktur kuda-kuda, misalnya gording, < L/200 panjang bentang.
4. Untuk rangka batang yang tidak terlindung < L/700 panjang bentang.

2.5.3. Tegangan Izin Pada Tie Rod

Metode tegangan kerja atau sering disebut juga dengan metode tegangan ijin, hal ini dikarenakan penggunaan tegangan ijin yang merupakan tegangan leleh (runtuh) bahan dibagi dengan angka tertentu yang disebut dengan faktor keamanan (SF) seperti Pers. 2.8.

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{SF} \tag{2.8}$$

Dimana:

σ_{izin} : Tegangan izin

σ_y : Tegangan leleh/ ultimit

SF : Faktor keamanan

2.9. Kestabilan dan Kekakuan Bekisting

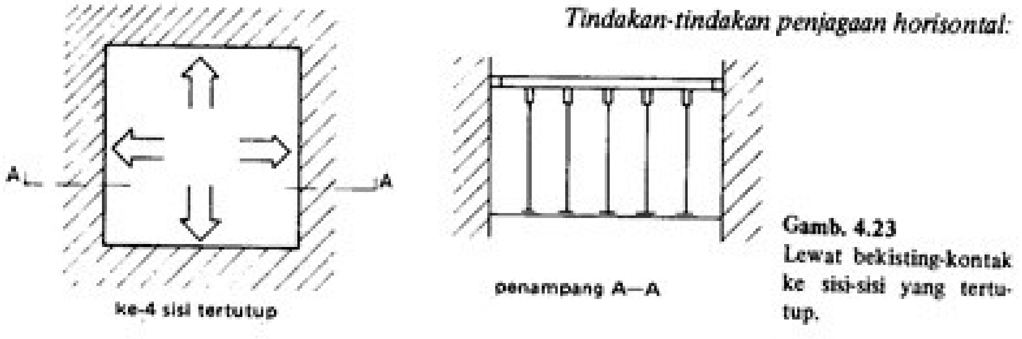
Stabilitas merupakan suatu yang sangat penting bagi sebuah konstruksi bekisting.Sering terjadi keruntuhan pada bekisting akibat kurang memperhatikan kekuatan dan kestabilan bekisting, oleh sebab itu penting untuk diperhatikan dalam perencanaan bekisting yang disertai dengan penekanan pada bracing atau penguat.

Untuk menjaga kestabilan bekisting,maka perlu penempatan skur yang cukup dan tepat sehingga dapat mengantisipasi kemungkinan terjadi tekuk. Tidak stabilnya bekisting dapat diakibatkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Ketidakstabilan juga terjadi akibat cara pengecoran.
2. Kecepatan pengecoran tidak terkendali akan mengakibatkan penumpukan beton segar sehingga akan terjadi ketidakmampuan bekisting pada saat memikul beban.

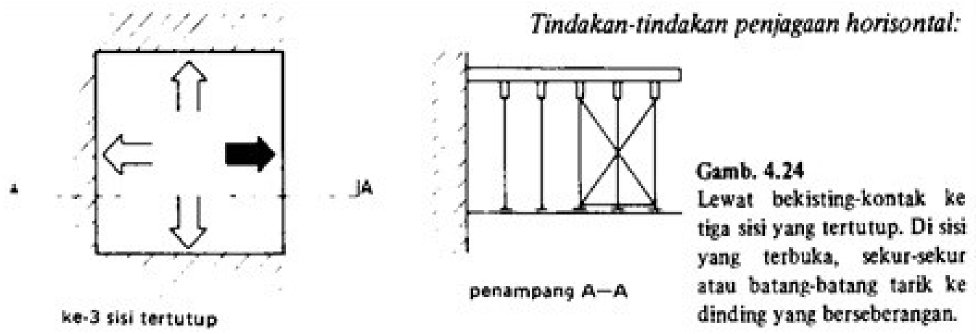
Di bawah ini digambarkan stabilitas dalam sebuah prinsip skema-skema:

Skema 1



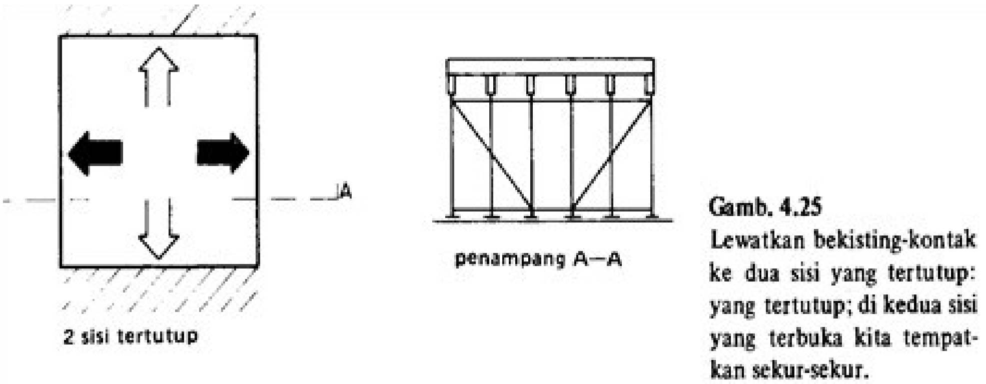
Gambar 2.25: Skema 1 stabilitas bekisting (F. Wigbout Ing, 1992).

Skema 2



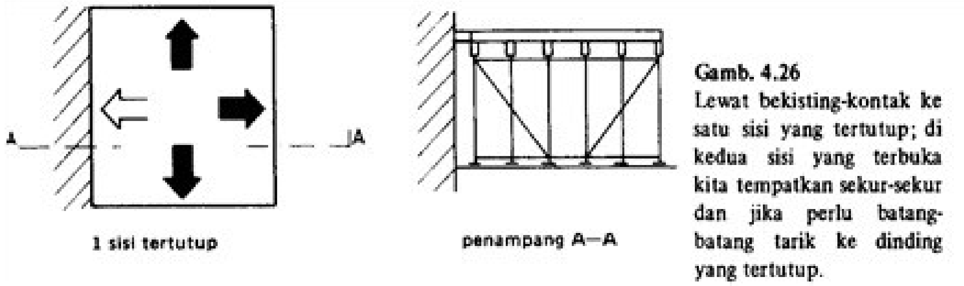
Gambar 2.26: Skema 2 stabilitas bekisting (F. Wigbout Ing, 1992).

Skema 3



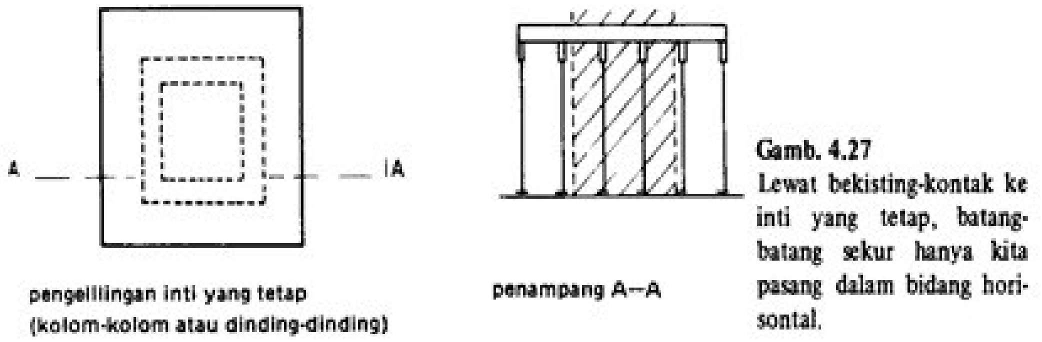
Gambar 2.27: Skema 3 stabilitas bekisting (F. Wigbout Ing, 1992).

Skema 4



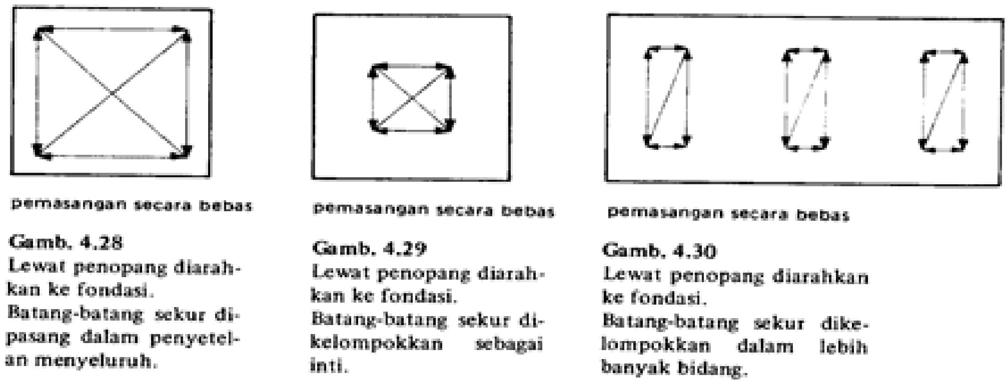
Gambar 2.28: Skema 4 stabilitas bekisting (F. Wigbout Ing, 1992).

Skema 5



Gambar 2.29: Skema 5 stabilitas bekisting (F. Wigbout Ing, 1992).

Skema 6



Gambar 2.30: Skema 6 kestabilan bekisting (F. Wigbout Ing, 1992).

2.10. Tegangan-Regangan

Hubungan antar tegangan-regangan dideskripsikan oleh Robert Hooke dapat dieksperisikan dengan pers. 2.9 sebagai berikut:

$$\sigma = E.\varepsilon \qquad (2.9)$$

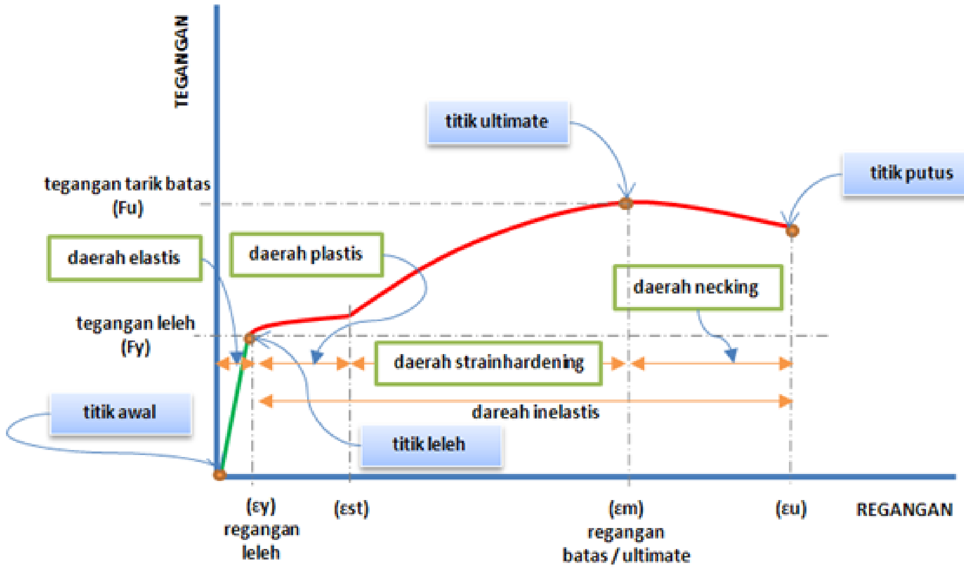
Dimana:

σ = tegangan (MPa)

E = modulus elastisitas (MPa)

ε = regangan

Terdapat grafik hubungan tegangan-regangan yang terjadi pada material baja pada gambar 2.31.



Gambar 2.31: Grafik tegangan-regangan baja (http://kampusteknikisipil.blogspot.com/2012/07/berkenalan-dengan-tegangan-regangan.html).

Perilaku materal baja tulangan dinyatakan dalam bentuk kurva hubungan tegangan-regangan seperti diatas. Terdapat empat fase kurva tegangan-regangan dari baja tulangan, dimulai dari titik awal (tegangan = 0, regangan= 0), kemudian secara kontinue beban terus ditingkatkan hingga akhirnya baja mengalami keruntuhan (putus). Beberapa karakteristik material dapat dilihat dari grafik diatas (Wijaya 2008):

1. Perilaku elastis yaitu perilaku elastis terjadi apabila tegangan yang terjadi masih dalam area elastis. Dimana pada daerah elastis ini kurva yang terbentuk adalah garis linier. Jadi pada daerah ini tegangan yang terjadi proporsional terhadap regangan yang terjadi. Titik akhir dari garis linier ini disebut dengan batas elastis.
2. Leleh yaitu tegangan yang terjadi sedikit diatas area elastis akan menyebabkan material berdeformasi secara permanen. Perlaku ini disebut dengan leleh. Peristiwa leleh ini terjadi pada dua buah titik antara tegangan leleh bawah

dimana tegangan tidak berubah tetapi regangan terus maningkat hingga titik leleh atas.

3. *Strain hardening* yaitu ketika material telah mencapai titik leleh atas tegangan dapat ditingkatkan dan menghasilkan kurva yang terus meningkat tetapi semakin datar hingga mencapai tegangan ultimate.
4. *Necking* yaitu setelah melewati tegangan ultimate kurva menurun hingga mencapai tegangan patah. Pada area kurva ini tegangan turun kemudian regangan bertambah tetapi luas permukaan berkurang pada sebuah titik.

2.11. Literatur Terdahulu

Dalam penyusunan skripsi ini ada beberapa literatur sebagai acuan berupa jurnal dan skripsi peneliti terdahulu. Dibawah ini dijelaskan beberapa literatur jurnal dan skripsi dalam analisis kekuatan bekisting yang dirangkum dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4: Literatur Terdahulu

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
1.	Hasriyasti Saptowati (2018)	Analisis Bekisting Pada Pengecoran Dinding Bunker Gedung Iradiator Merah-Putih	Untuk mengetahui ketahanan bekisting selama proses pengecoran	Melakukan analisa manual sesuai kondisi di lapangan	Kekuatan bekisting sangt menentukan untuk mendapatkan dimensi dan bentuk beton yang akurat sehingga nilai kekuatan beton k350 dengan densitas 2,35 t/m^3 yang diinginkan tercapai.

Tabel 2.4: Lanjutan

2.	George Ilinoiu (2004)	*Wall Formwork design*	Untuk mengetahui kekuatan bekisting dari segi kekuatan dan ekonomis	Melakukan perhitungan berdasarkan gambar kerja	Bekisting telah aman digunakan sesuai izin yang ditentukan.
3.	Budhi Dharma (2010)	*Formwork*/ Bekisting Pada Bangunan Gedung Bertingkat	Untuk mengetahui kekuatan bekisting dan memudahkan pemasangan dan juga efisiensi waktu dalam pelaksanaan pembongkaran dan pemasangan perlu konstruksi yang benar dan baik.	Melakukan analisa manual dengan prhitungan sesuai peraturan	Dalam pembangunan Gedung bertingkat, akan lebih efisien apabila bekisting menggunakan bahan yang kuat sehingga dapat dipakai beberapa kali
4.	Fardatul Husniah	Metode Pelaksanaan, Analisis Kekuatan Dan Rab Bekisting Semi Sistem Struktur Sub Dam 1 Wo-C2 Rehabilitasi Dan Rekonstruksi Sabo Dam Merapi Kali Woro Prov. Jawa Tengah	Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisis metode pelaksanaan bekisting semi sistem, menganalisis kekuatan bekisting terhadap beban beton basah dan Rencana Anggaran Biaya pada struktur Sub Dam 1 WO-C2 proyek Sabo Dam Kaliworo.	Melakukan analisa manual sesuai kondisi di lapangan dan melakukan perhitungan berdasarkan gambar kerja	Dengan tekanan lateral beton yang telah dihitung semua komponen bekisting yang digunakan dalam pembangunan struktur Sub Dam 1 WO-C2 yaitu multiplek phenol film, besi hollow 50×25×1,5 dan *plastic cone* Aman terhadap momen lentur, gaya geser, defleksi dan tegangan ijin.

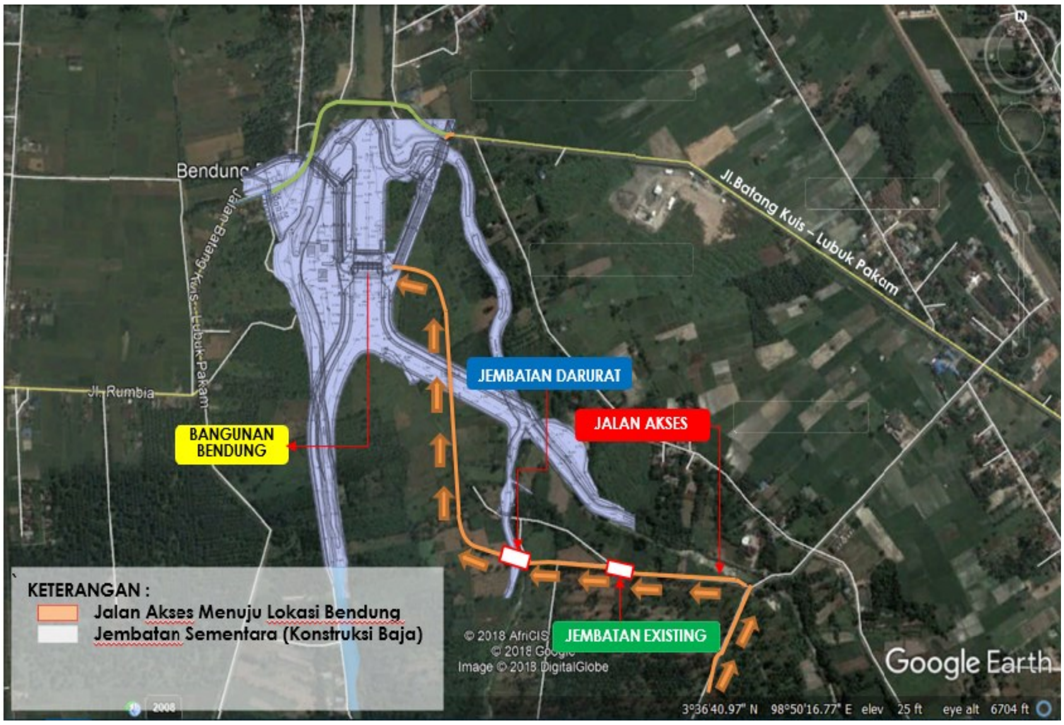
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Proyek

Kabupaten Deli Serdang merupakan salahsatu kabupaten yang berada di Kawasan Pantai Timur Sumatera Utara terletak diantara 2^0 57” LU dan 3^0 16” LS dan 980 33” – 99^0 27” BT dengan ketinggian antara 0 – 500 m diatas permukaan laut. Dengan luas wilayah 2.497,72 Km2 atau 3,48% luas Provinsi Sumatera Utara.

Secara geografis Lokasi Bendung Serdang direncanakan berada pada koordinat $03^0$36’47,83” LS dan $98^0$50’11,70” BT dan secara administratif masuk wilayah desa Araskabu, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang. Sedangkan Daerah Irigasi Serdang masuk dalam 3 (tiga) Kecamatan, yaitu kecamatan Batang Kuis, Kecamatan Beringin dan Kecamatan Pantai Labu.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Bendung D.I Serdang

Gambar 3.2: Proyek Bendung D.I Serdang

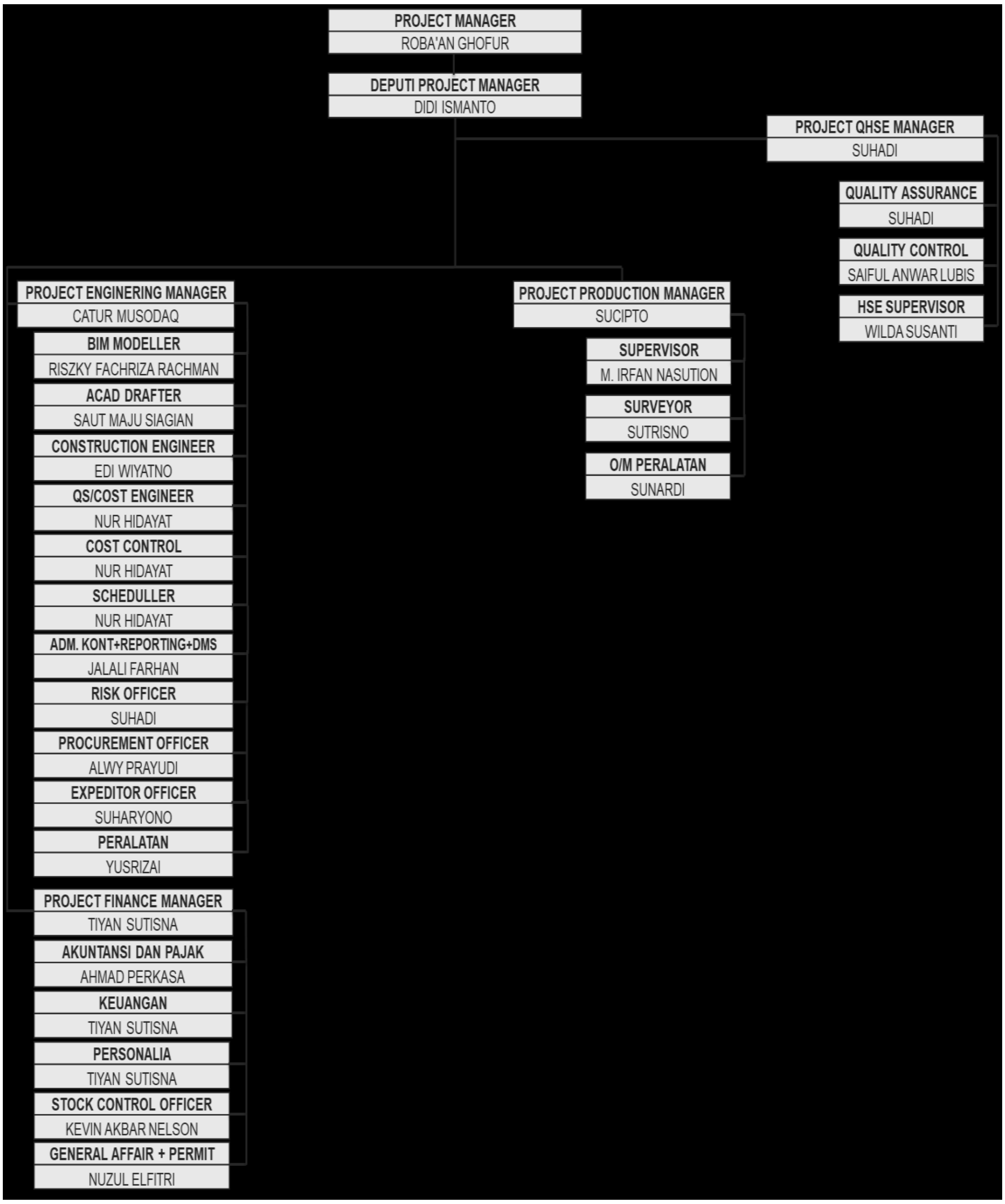
3.2 Deskripsi umum proyek

Nama Proyek	:	Proyek Bendung D.I Serdang
Owner	:	Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Provinsi Sumatera Utara Pokja SNVT Pelaksanaan Jaringan Pemanfaatan Air Sumatera II
Lokasi	:	Tumpatan Nibung, Kecamatan Batang Kuis, Kabupaten Deli Serdang
Konsultan Supervisi	:	PT. Mettana – Esconsoil Ensan, KSO
Kontraktor Pelaksana	:	PT. Adhi Karya (Persero),Tbk – Minarta Duta Hutama, KSO
Nilai Kontrak	:	Rp. 234.232.887.900,00
Sifat kontrak	:	Harga Satuan
Project Manager	:	Roba’an Ghofur, S.T.
Deputi *Project Manager*	:	Didi Ismanto, S.T.
Project Engineering Manager	:	Catur Musodaq, S.T.

Project Production Manager	:	Sucipto, S.T.
Project Finance Manager	:	Tiyan Sutisna, S.E.
Pelaksanaan	:	22 Oktober 2018 - 21 Oktober 2021
Masa Pelaksanaan	:	1080 Hari Kalender (36 Bulan)
Masa Pemeliharaan	:	365 Hari Kalender (12 Bulan)
Lingkup Umum Pekerjaan	:	- Pekerjaan Pembangunan Bendung - Pekerjaan Pembangunan Kantong Lumpur - Pekerjaan Pembangunan Pintu Mekanikal Elektrikal - Pekerjaan Pembangunan Saluran Penghubung - Pekerjaan Pembangunan Bangunan Pelengkap

3.3 Struktur Organisasi Proyek Bendung D.I Serdang

Struktur organisasi adalah faktor lingkungan perusahaan yang dapat mempengaruhi tersedianya sumber daya dan memberikan dampak bagaimana proyek tersebut dilaksanakan. Sistem dalam struktur organisasi proyek menggambarkan hubungan antara pihak-pihak yang terlibat dan terkait dalam proyek. Setiap pihak dalam struktur memiliki tugasnya masing-masing yang dalam istilah keorganisasian lebih dikenal dengan *job description*. Posisi paling tinggi di struktur organisasi memiliki tanggung jawab yang paling besar dan bersifat sangat luas, dan pihak yang berada di bawahnya merupakan penjabaran detail dari tugas pihak yang berada di puncak struktur organisasi. Semakin bawah posisi pihak yang ada di dalam struktur organisasi, mengartikan bahwa *job description* yang dilakukan akan semakin detail. Dibawah ini struktur organisasi pekerjaan proyek Bendung D.I Serdang.



Gambar 3.3: Struktur Organisasi Proyek Bendung D.I Serdang

3.4 Teknik Pengumpulan Data

3.4.1. Literatur

Literatur adalah upaya mencari data tentang analisis yang akan dilakukan yang berupa buku, jurnal, ataupun makalah serta materi pembelajaran online yang berhubungan dengan Bekisting dan sebagainya. Adapun data yang diambil berupa rumus-rumus, cara menganalisis, dan teori-teori tentang bekististing.

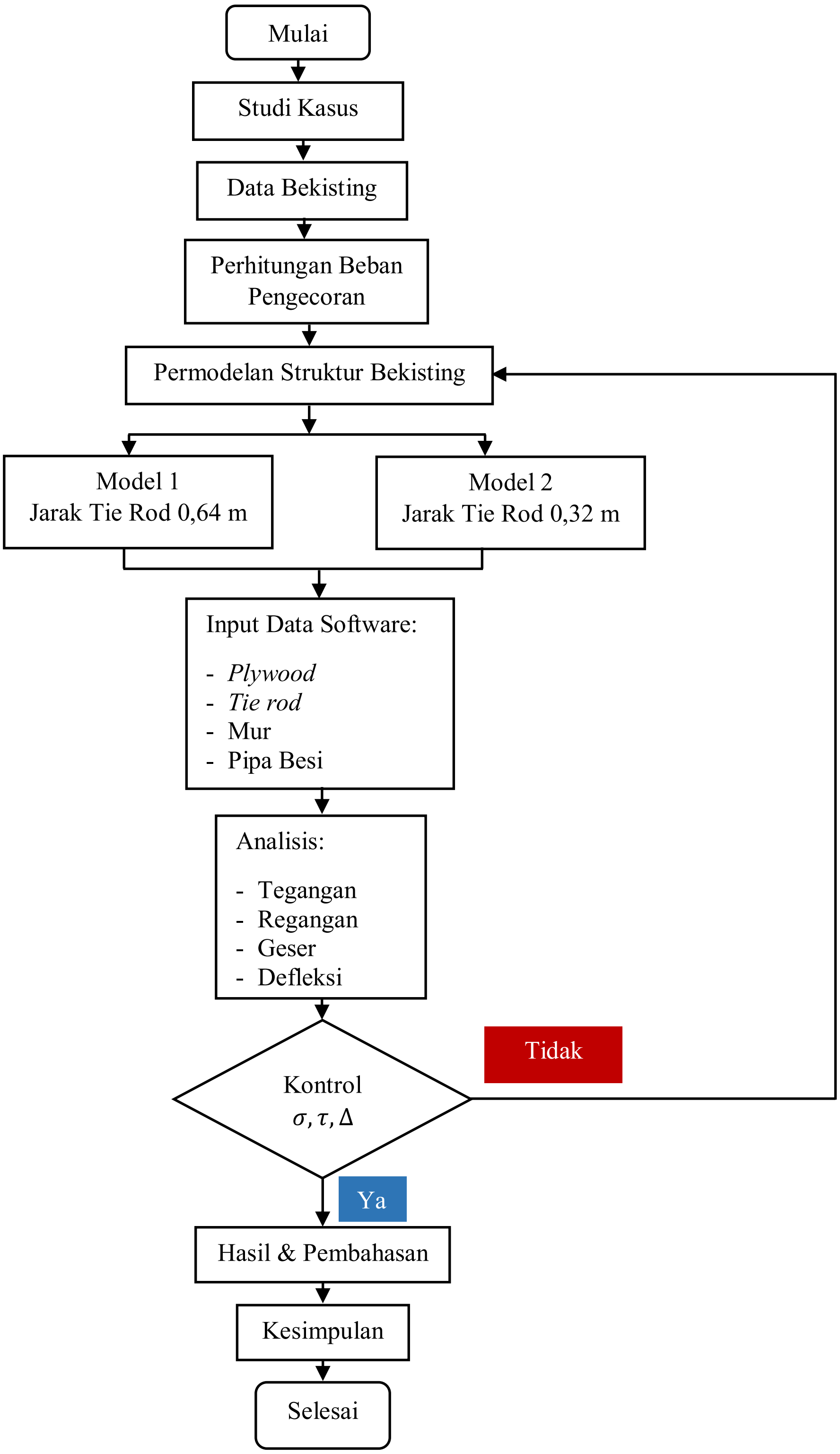
3.4.2. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari lapangan ataupun dari Proyek Bendung D.I Serdang di desa Araskabu, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang. Pengambilan data dialakukan pada saat Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) selama 6 bulan. Adapun data yang diambil yaitu:

1. Data Dinding Tengah Kantung Lumpur yang akan ditinjau baik dari segi tinggi, tebal dinding, dan Panjang dinding.
2. Jenis bekisting yang digunakan.
3. Material penyusun ataupun bagian-bagian, serta dimensi dan mutu setiap material yang digunakan pada bekisting dinding Kantung Lumpur Kanan Bendung D.I Serdang.
4. Peta lokasi Bendung D.I Serdang.
5. Data lokasi dan informasi tentang Bendung D.I Serdang.

3.5 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Dalam penyusunan pengumpulan dan pengolahan data ini menggunakan bagan alir agar dengan mudah pembaca mengetahui langkah-langkah pelaksanaan analisis kekuatan bekisting yang terdapat dalam Gambar 3.4 dibawah. Dibawah ini tahapan-tahapan dalam menganalisis kekuatan bekisting:



Gambar 3.4: Bagan alir pengumpulan dan pengolahan data

Adapun Tahapan-tahapan dalam pengumpulan dan pengolahan data tugas akhir ini adalah:

3.5.1 Mulai

Awal dilakukannya pengumpulan data tugas akhir ini.

3.5.2 Studi Kasus

Untuk mengetahui Data-data bekisting dan kondisi sesungguhnya yang terjadi di lapangan.

3.5.3 Data Bekisting

Data-data bekisting diambil dari proyek Bendung D.I Serdang pada waktu proses Program Magang Mahasiswa Bersertifikat di Adhi Karya proyek Bendung D.I Serdang. Adapun Data-data Dalam menganalisi kekuatan bekisting yaitu:

1.	Tipe Bekisting	: Bekisting Semi Modern
2.	Keceepatan Pengecoran	: 20 m^3/h
3.	Tinggi Dinding (H)	: 2,33 m
4.	Tebal Dinding	: 0,3 m
5.	Panjang Dinding	: 12,1 m
6.	Berat Jenis Betan Cair (Wo)	: 2,5 ton/m^3
7.	Mutu Beton	: K-225
8.	Besi Tie Rod Ø 13	: Panjang 0,5 m
9.	Multipleks Phenolic	: - Dimensi 2,44 × 1,22 m
		- Tebal 0,015 m
10.	Pipa Galvanis	: $\emptyset 2''$

3.5.4 Perhitungan Beban Pengecoran

Perhitungan pembebanan dilakukan dengan rumus tekanan beton cair pada saat pengecoran sesuai standar acuan dari ACI dengan memperhatikan koefisien Cc, Cw, kecepatan pengecoran, dan suhu sehingga didapatkan nilai tekanan beton sebagai beban pengecoran dalam menganalisa kekuatan bekisting dinding Kantung Lumpur Kanan.

3.5.5 Permodelan Struktur Bekisting

Melakukan permodelan 3D Bekisting dinding dengan mengambil sample Panjang 1,22 m, lebar 0,3 m, dan tinggi 2,44 m dan membuat model *tie rod* dengan jarak 0,64 m dan 0,32 m.

3.5.6 Input Data Software

Melakukan input data material-material yang diguakan dalam analisa bekisting dengan menggunakan aplikasi elemen hingga. Diamana material-material tersebut terbagi dua yaitu isotropic (*tie rod*, mur, dan pipa baja) dan *orthotropic* (*plywood*).

3.5.7 Analisis

Menganalisa permodelan 3D dengan menggunakan software elemen hingga dan mengecek tegangan terbesar pada tie rod jarak 0,64 m dengan tie rod jarak 0,32 m dan membandingkan besar tegangan *tie rod* antara kedua model tersebut, serta mengecek tegangan, tegangan geser, dan lendutan yang terjadi pada plywood.

3.5.8 Kontrol Keamanan Bekisting

Setelah dilakukannya analisis menggunakan aplikasi elemen hingga dan mendapatkan nilai tegangan *tie rod*, tegangan, geser, dan lendutan pada *plywood* maka dilakukan kontrol keamanan sesuai yang telah di isyaratkan dalam pertauran. Dimana tegangan max ≤ tegangan izin ($\sigma_{max} \leq \sigma_{izin}$), tegangan geser max ≤ tegangan geser izin ($\tau_{max} \leq \tau_{izin}$), dan Defleksi max (lendutan) ≤ defleksi izin ($\Delta_{max} \leq \Delta_{izin}$) pada kontrol keamanan *multipleks phenolic,* Sedangkan besi *tie rod* keamanannya hanya ditinjau dari gaya tarik dimana gaya tarik $\sigma_{geser\ max} < \sigma_{geser\ izin}$.

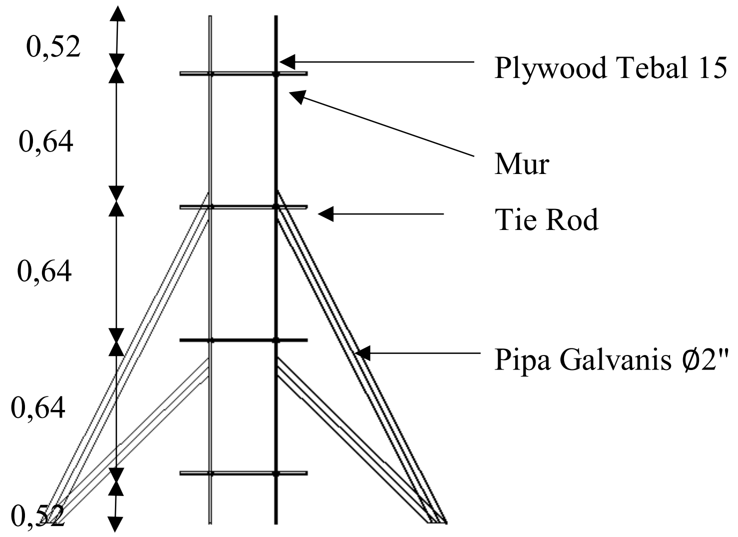
3.5.9 Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan Kontrol bekisting dan bekisting aman, maka didapatkan hasil dan pembahasan dari perhitungan tersebut. Dimana setiap bagian-Bagian bekisting yang dianalisa harus aman terhadap tegangan (σ), tegangan geser (τ), dan defleksi (Δ).

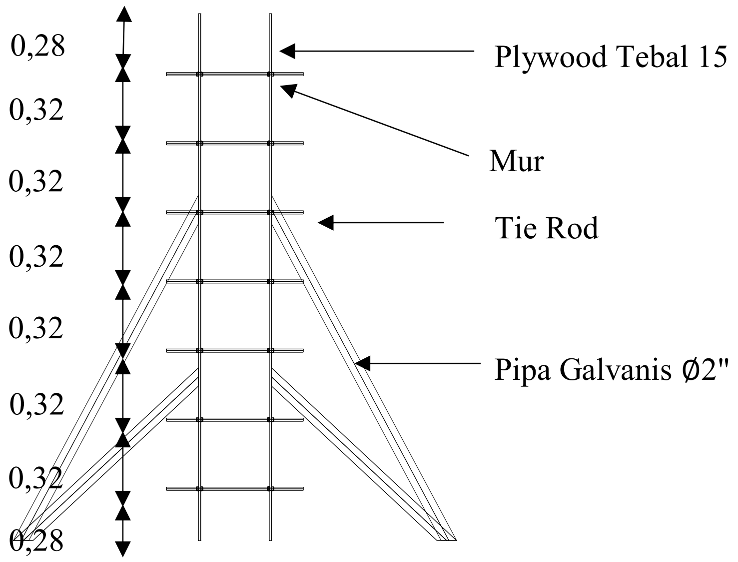
3.5.10 Kesimpulan

Menyimpulkan semua dari hasil data Analisa dan pembahasan sesuai tujuan dari skripsi ini serta memberikan saran atau masukan dari kesimpulan yang diperoleh.

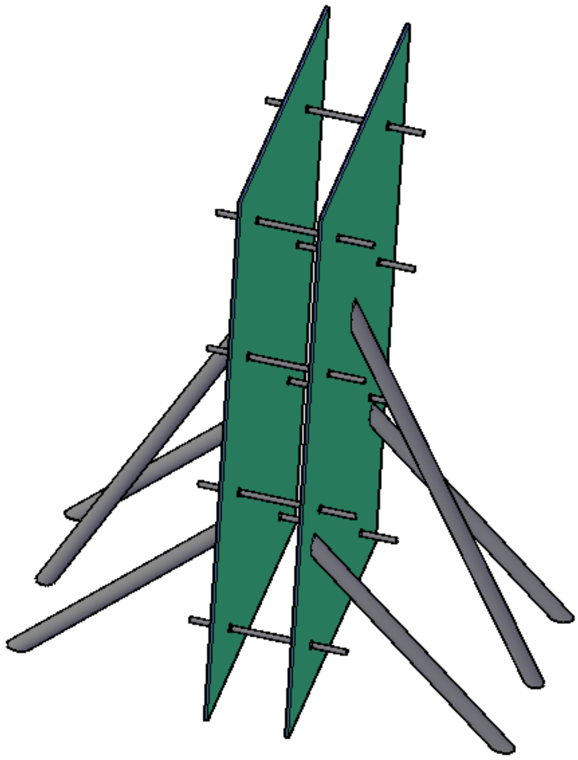
3.6 Permodelan Bekisting



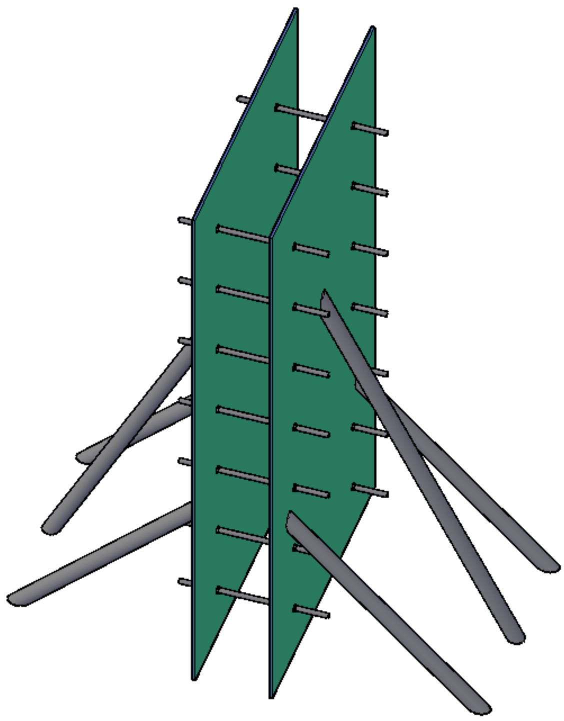
Gambar 3.5: Model 1 (satu) bekisting.



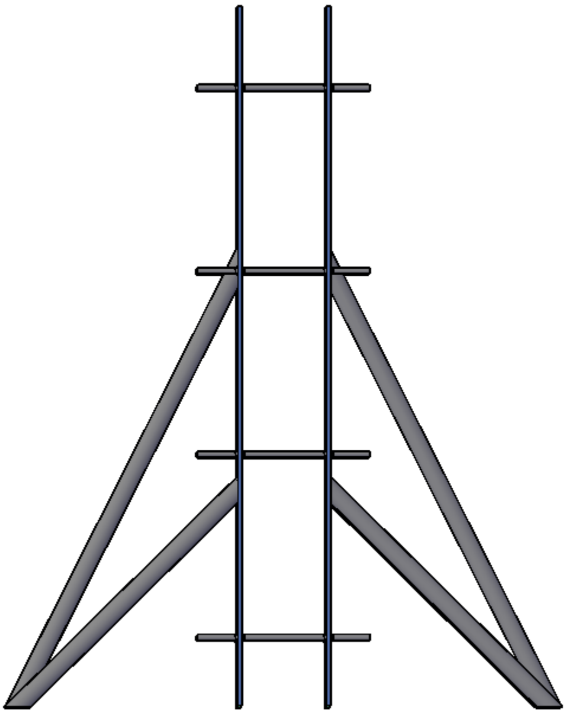
Gambar 3.6: Model 2 (dua) bekisting.



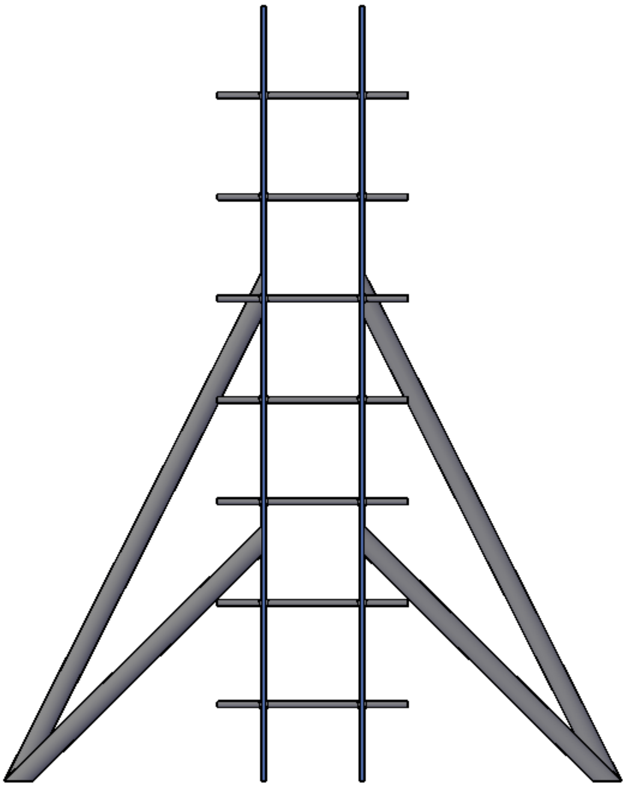
Gambar 3.7: Permodelan 3D bekisting jarak *tie rod* 0,64 m.



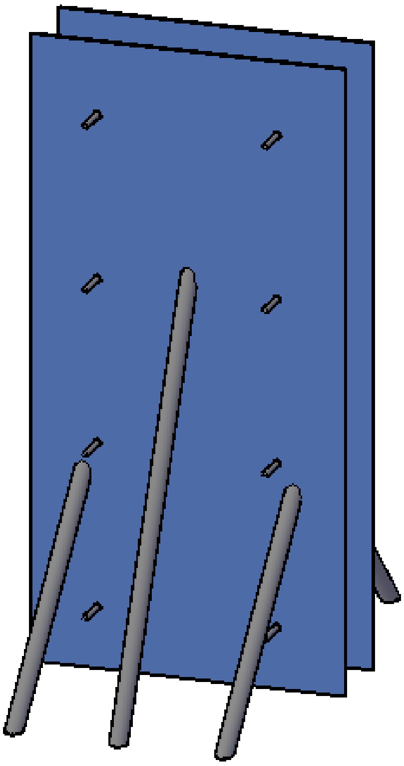
Gambar 3.8: Permodelan 3D bekisting jarak *tie rod* 0,32 m.



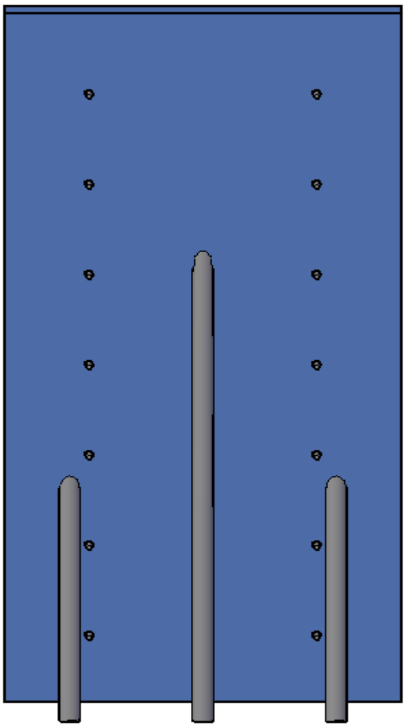
Gambar 3.9: Tampak depan bekisting jarak *tie rod* 0,64 m.



Gambar 3.10: Tampak depan bekisting jarak *tie rod* 0,32 m.



Gambar 3.11: Tampak samping bekisting jarak *tie rod* 0,64 m.

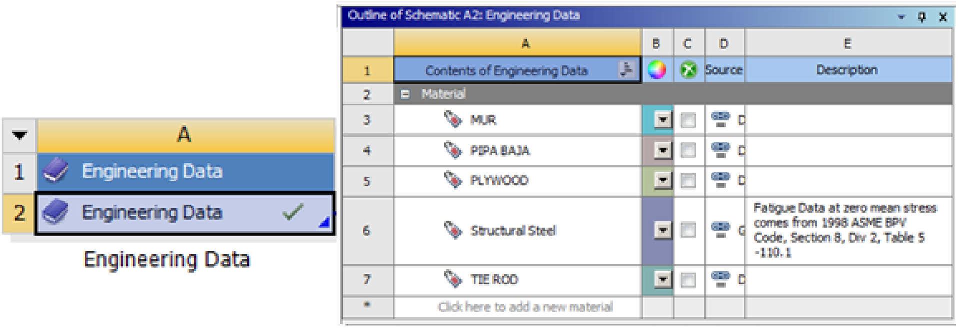


Gambar 3.12: Tampak samping bekisting jarak *tie rod* 0,32 m.

3.7 Input Permodelan

3.5.1 Engineering Data

Saat melakukan analisis permodelan di aplikasi elemen hingga, langkah pertama yang harus dilakukan yaitu dengan menginput atau mendefinisikan material-material yang terdapat pada permodelan yang digunakan. Seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.13: Enggineering data.

Pada engineering data, dilakukan pendefinisian material-material yang akan digunakan pada permodelan bekisting dinding. Adapun spesifikasi material yang digunakan dalam model bekisting dinding yang akan di analisis yaitu:

1. *Plywood* (Multipleks)

Properties of Outline Row 5: PLYWOOD

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	500	kg m^-3		
4	Orthotropic Elasticity				
5	Young's Modulus X direction	9000	MPa		
6	Young's Modulus Y direction	270	MPa		
7	Young's Modulus Z direction	270	MPa		
8	Poisson's Ratio XY	0,3			
9	Poisson's Ratio YZ	0,3			
10	Poisson's Ratio XZ	0,3			
11	Shear Modulus XY	450	MPa		
12	Shear Modulus YZ	36	MPa		
13	Shear Modulus XZ	36	MPa		

Gambar 3.14: Spesifikasi *plywood.*

2. *Tie Rod*

Properties of Outline Row 7: TIE ROD

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^-3		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's ...			
6	Young's Modulus	2E+05	MPa		
7	Poisson's Ratio	0,3			
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa		
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa		
10	Tensile Yield Strength	390	MPa		
11	Tensile Ultimate Strength	500	MPa		

Gambar 3.15: Spesifikasi *Tie Rod*

3. Mur

Properties of Outline Row 3: MUR

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^-3		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's ...			
6	Young's Modulus	2E+05	MPa		
7	Poisson's Ratio	0,3			
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa		
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa		

Gambar 3.16: Spesifikasi Mur

4. Pipa Baja

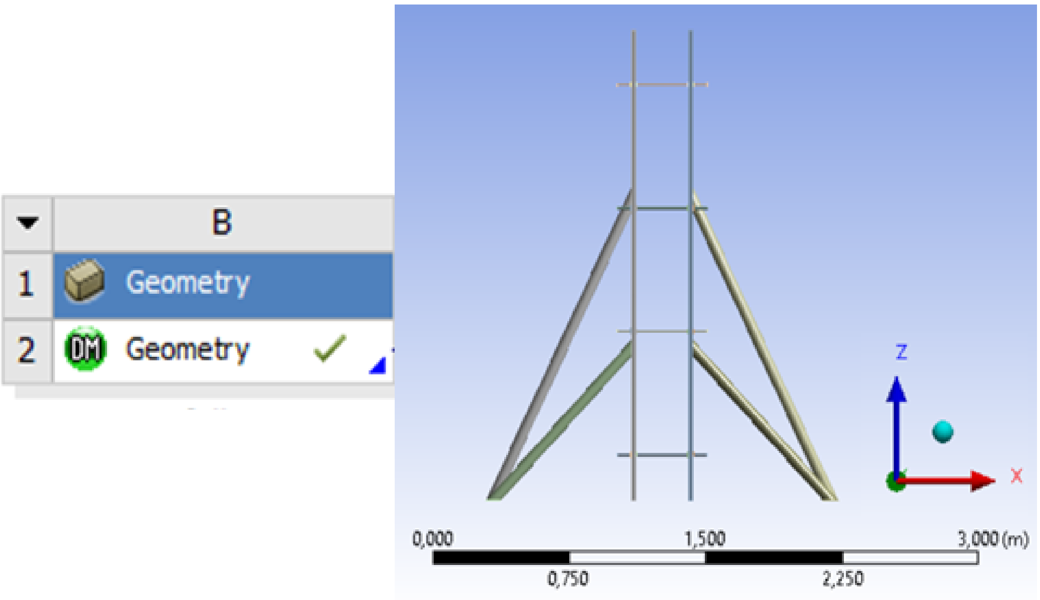
Properties of Outline Row 4: PIPA BAJA

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^-3		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's ...			
6	Young's Modulus	2E+05	MPa		
7	Poisson's Ratio	0,3			
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa		
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa		

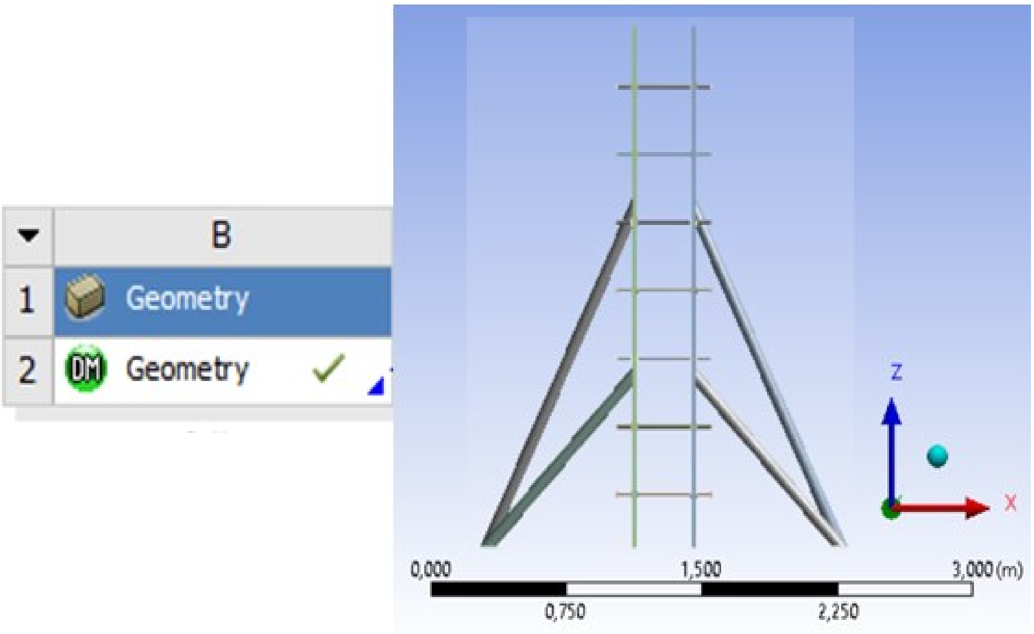
Gambar 3.17: Spesifikasi pipa baja

3.5.2 Geometri

Saat menganalisis bekisting dalam aplikasi elemen hingga ini digunakan 2 model utama yaitu bekisting dengan jarak 0,62 m dan 0,32 m.



Gambar 3.18: Model bekisting jarak 0,64 m



Gambar 3.19: Model bekisting jarak 0,32 m

3.5.3 Contact

Didalam aplikasi elemen hingga, setelah mendefinisikan material dan menginput model (geometri) langkah berikutnya yaitu *connection*. Saat masuk pada connection terdapat dua bagian yaitu *contact* dan mesh. Sebelum melakukan mesh, langkah pertama yang harus dilakukan yaitu mendefinisikan *contact*.

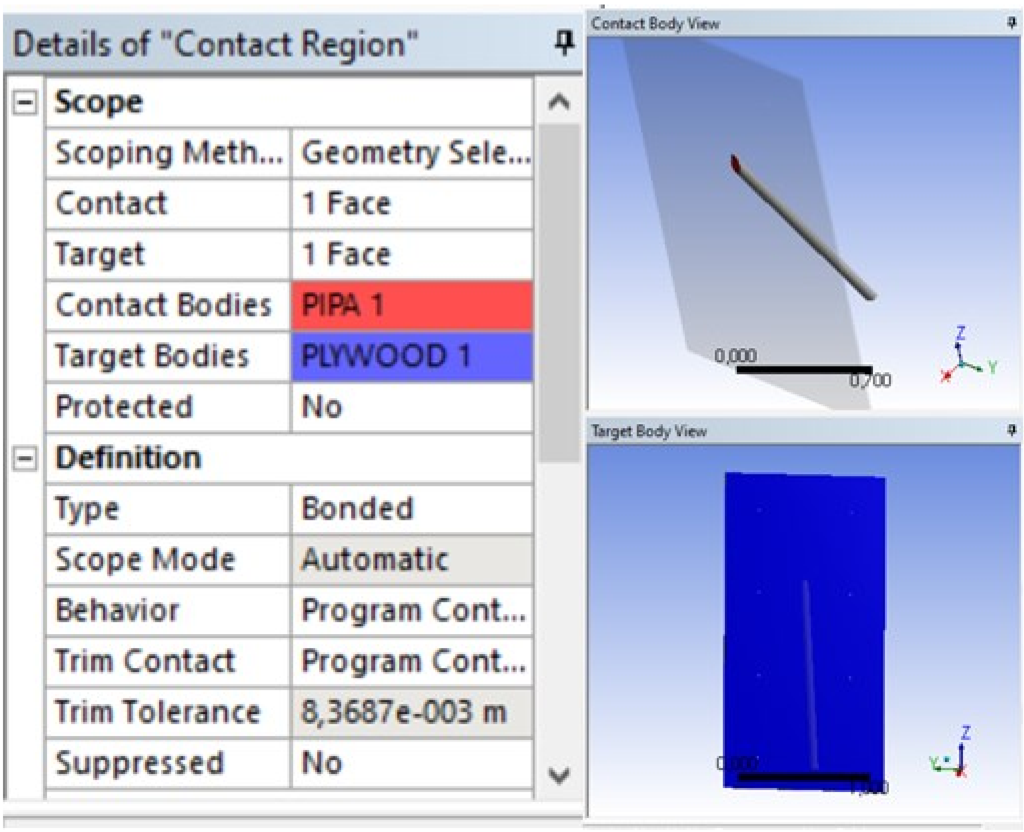
Contact merupakan penghubung antara dua geometri yang memiliki fungsi tersendiri sesuai dengan perilaku material tersebut. Dalam analisis *base plate* ini digunakan empat tipe *contact* yang berbeda, diantaranya ialah *bonded*, *frictional*, *rough*, dan *frictionless*.

- *Bonded* berfungsi sebagai penghubung yang saling melekat ketika diberi beban material, yang terhubung dengan tipe kontak ini akan terikut sesuai dengan arah beban yang diterapkan. Dengan kontak *bonded* tidak mengizinkan terjadinya *sliding* maupun *gap*.
- *Frictional* berfungsi sebagai penghubung yang saling menempel tetapi tidak bersentuhaan.
- *Frictionless* merupakan tipe contact yang koefisien friksinya nol atau contact tanpa gesekan. Contact ini mengizikan terjadinya *sliding* dan *gap.*
- *Rough* mirip dengan *frictionless*, *contact* ini memiliki gesekan yang sangat kasar dimana kontak ini tidak mengizinkan terjadinya *sliding.*

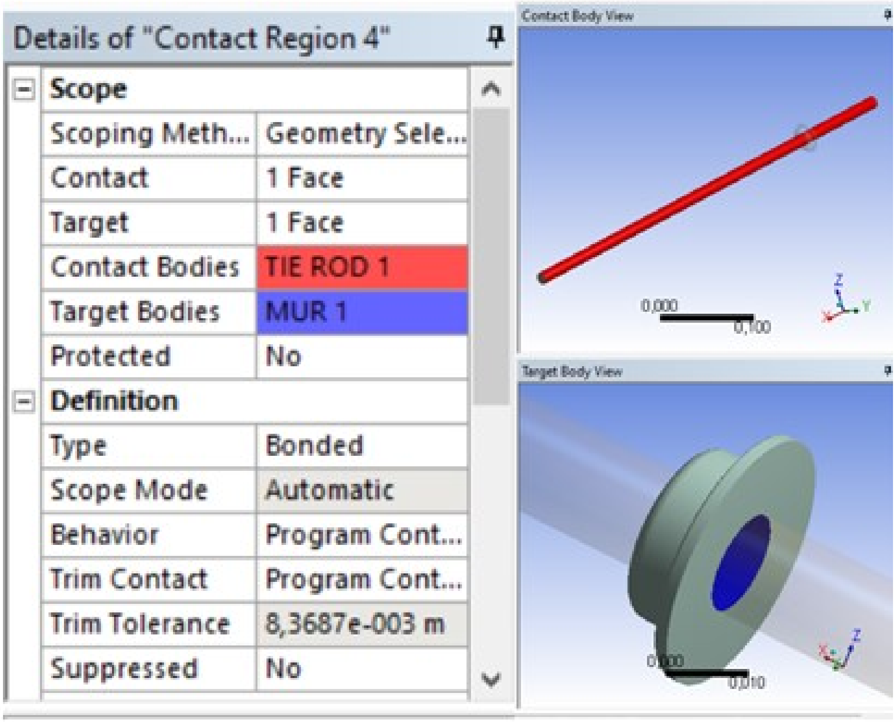
Adapun kontak-kontak yang terdapat pada analisis bekisting ini dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3.1: *Contact* Bekisting

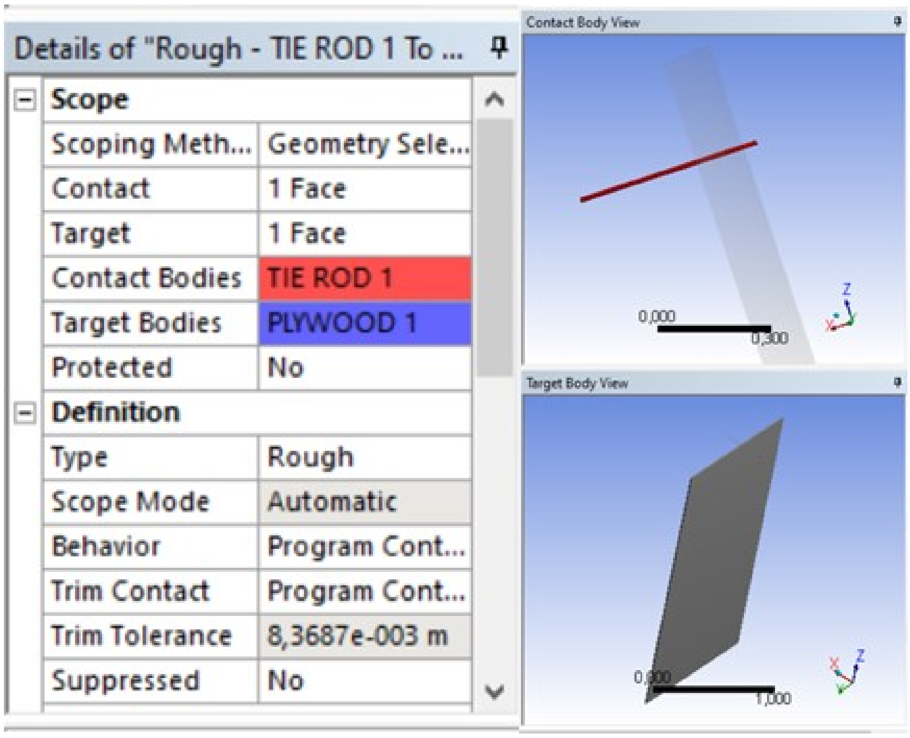
Contact Body	**Target Body**	**Type**
Pipa Baja	*Plywood*	*Bonded*
Mur	Tie Rod	*Bonded*
Tie Rod	Plywood	*Rought*
Mur	Plywood	*Bonded*



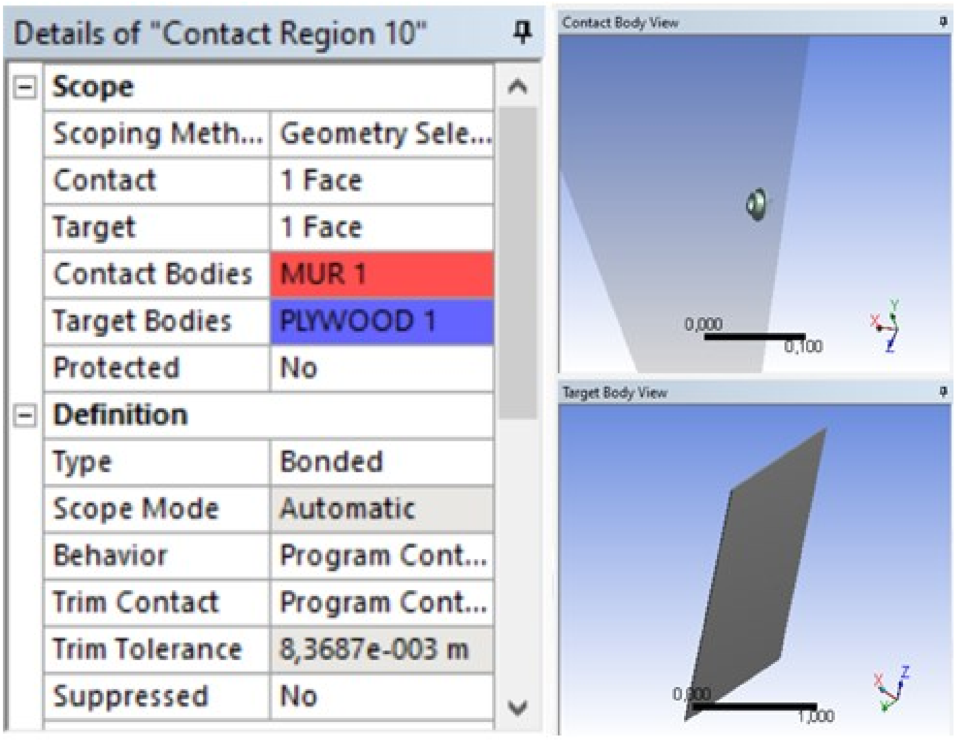
Gambar 3.20: Contact Pipa Baja dengan *Plywood*



Gambar 3.21: Contact *tie rod* dengan mur



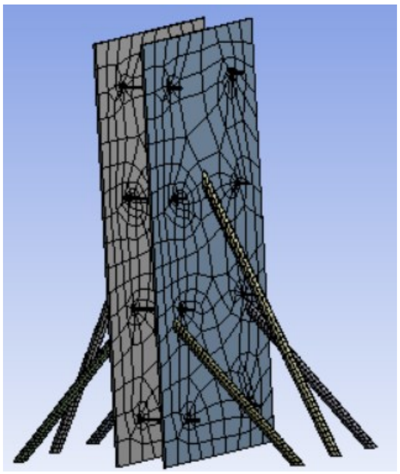
Gambar 3.22: Contact *tie rod* dengan *plywood*



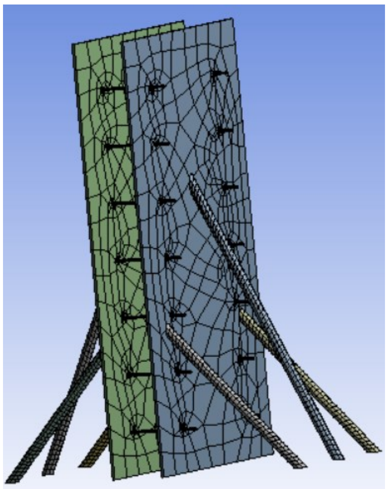
Gambar 3.23: Contact mur dengan *plywood*

3.5.4 *Meshing*

Meshing merupakan proses simulasi yang membagi geometri menjadi elemen-elemen sederhana. *Meshing* juga dapat mempengaruhi akurasi serta kecepatan saat melakukaan running analisis. Semakin kecil *meshing* yang dibuat maka semakin bagus pula akurasi yang di dapat saat melakukan running analisis. Dalam analisis bekisting ini dilakukan meshing secara *default* tanpa mengatur tipe dari *meshing* tersebut tetapi hanya mengubah size mesh pada model bekisting pada saat pengecoran 1/4, ½, dan ¾ dikarenakan perubahan geometri untuk pengecorn tersebut dapat mengakibatkan mesh yang terlalu kecil sehingga analisis yang lama dan hanya mampu dilakukan oleh PC. Dibawah ini merupakan *meshing* pada tiap model:



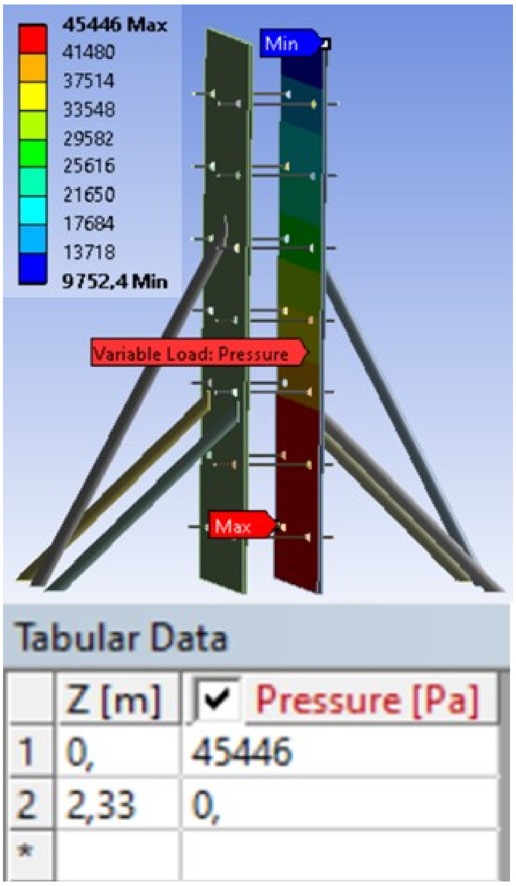
Gambar 3.24: Meshing pada bekisting jarak *tie rod* 0,64 m



Gambar 3.25: Meshing pada bekisting jarak *tie rod* 0,32 m

3.5.5 Pembebanan Bekisting

Pengaplikasian pembebanan pada bekisting dinding untuk menganalisis bekisting dinding pada aplikasi elemen hingga yaitu beban pressure (segitiga) sebesar 45446 Pa. dimana dalam pendefenisian beban pressure pada aplikasi elemen hingga tersebut dilakukan dengan tabular data sehingga muncul *independent variable* untuk menentukan arah pembebananya yaitu arah Z. sehingga beban pressure dapat terbagi dari atas sampai bawah bekisting.



Gambar 3.26: Pembebanan *pressure* pada bekisting dinding

3.5.6 Newton Raphson

Sebelum melakukan running analisis perlu mengatur dahulu nilai pada *newton rahpson* sebesar 10^{-7}. *Newton Rahpson* berguna untuk mengatasi error saat melakukan *solve* pada software.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Beban Pengecoran

Dalam perencanaan bekisting, harus mampu menahan tekanan beton basah agar bekisting tidak runtuh pada saat pengecoran. Adapun beban tekanan beton basah dapat dilihat dibawah ini.

4.1.1. Data pengecoran

Mutu beton	: K-225
Tipe semen	: Tipe I (Semen *Portland* biasa)
Berat jenis	: 2325 Kg/m^3
Tinggi dinding (h)	: 2,33 m
Tebal dinding (t)	: 0,3 m
Panjang Dinding (P)	: 12,1 m
Suhu beton	: 30°C
Volume (V)	: 8,4579 m^3
Frekuensi penyediaan Beton (Q)	: 10 m^3/jam
Koefisien C_c	: 1
Koefisien C_w	: 1

4.1.2. Kecepatan Tuang Beton (R)

Pada proyek Bendung D.I Serdang, dalam pengecoran dinding Kantung Lumpur Kanan per segmen frekuensi penyediaan beton (Q) yaitu 10 m^3/jam. Adapun kecepatan tuang beton (R) dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Waktu} = \frac{\text{Volume}}{\text{Q}}$$

$$\text{Waktu} = \frac{(\text{Panjang} \times \text{tebal} \times \text{tinggi dinding})}{\text{Q}}$$

$$\text{Waktu} = \frac{(12{,}1 \times 0{,}3 \times 2{,}33)}{10}$$

$$\text{Waktu} = 0{,}84579 \text{ jam}$$

Maka nilai kecepatan tuang beton (R) yaitu:

$$R = \frac{\text{Tinggi}}{\text{Waktu}}$$

$$R = \frac{2{,}33}{0{,}84579}$$

$$R = 2{,}75482 \text{ m/jam}$$

4.1.3. Nilai koefisien C_w dan C_c

Adapun nilai koefisien C_w (*Coefficient Due To Unit Weight*) dan C_c (*Chemical Coefficient*) dapat dilihat dalam tabel C_w dan C_c pada bab 2. Dari tabel C_w dan C_c didapatkan bahwa nilai koefisien Cw yaitu 1,0 dikarenakan nilai berat jenis beton segar yaitu 2325 kg/m^3. Sedangkan nilai koefisien Cc yaitu 1,0 karena tipe semen yang digunakan yaitu Semen *Portland* biasa (Tipe I).

4.1.4. Tekanan Beton Segar

Adapun tekanan beton segar pada saat pengecoran dinding Kantung Lumpur Kanan pada proyek Bendung D.I Serdang dapat dilihat sebagai berikut.

$$P = C_w C_c \left[7.2 + \frac{1156}{T + 17.8} + \frac{244R}{T + 17.8}\right]$$

$$P = 1{,}0 \times 1{,}0 \left[7.2 + \frac{1156}{30 + 17.8} + \frac{244 \times 2{,}75482}{30 + 17.8}\right]$$

$$P = 45{,}4464 \text{ kN/m}^2$$

$$P = 45.446{,}4 \text{ Pa}$$

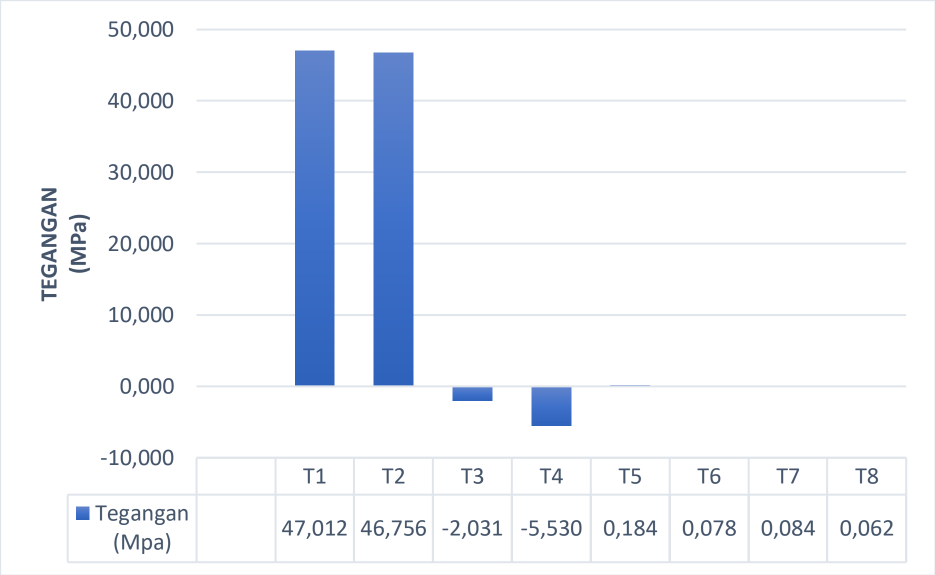
4.2. Perbandingan Tegangan Pada *Tie Rod*

Dari hasil analisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, maka didapatkah hasil tegangan masing-masing *tie rod* yang akan dipaparkan dibawah ini.

4.2.1. Jarak *tie rod* 0,64 m

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Tegangan yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m saat 1/4 pengecoran dapat dilihat pada grafik 4.1 dibawah ini.



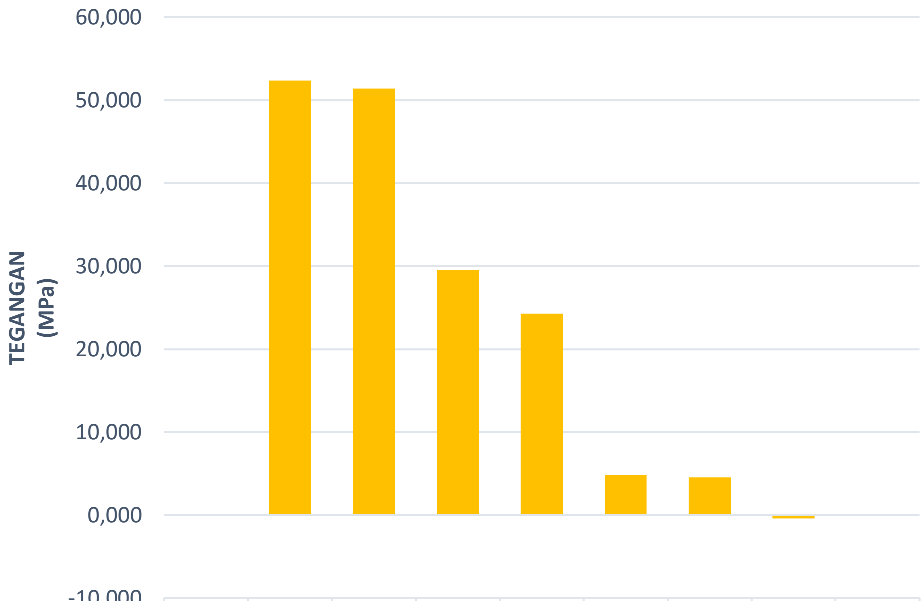
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tegangan (Mpa)	47,012	46,756	-2,031	-5,530	0,184	0,078	0,084	0,062

Gambar 4.1: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,64 m saat 1/4 pengecoran

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa pada saat 1/4 pengecoran dinding Kantung Lumpur Kanan *tie rod* yang mengalamai tegangan terbesar terjadi pada *tie rod* satu yaitu sebesar 47,012 MPa. Sedangkan pada *tie rod* tiga dan empat mengalami tekan dikarenakan pada saat 1/4 pengecoran beban *pressure* yang terjadi dibawah *tie rod* tiga dan empat dimana pada saat *plywood* mencapai defleksi maksimum pada 1/4 pengecoran yaitu pada saat ketinggian bekisting 0,61 m, maka *plywood* yang setinggi 0,61m akan tertarik sehingga serat *plywood* diatasnya mengalami tekan sehingga mengakibatkan *tie rod* tiga dan empat tertekan yaitu masing-masing sebesar -2,031 dan -5,530 MPa.

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Hasil analisis Tegangan melalui aplikasi elemengga yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m saat 1/2 pengecoran dapat dilihat pada grafik 4.2 dibawah ini.



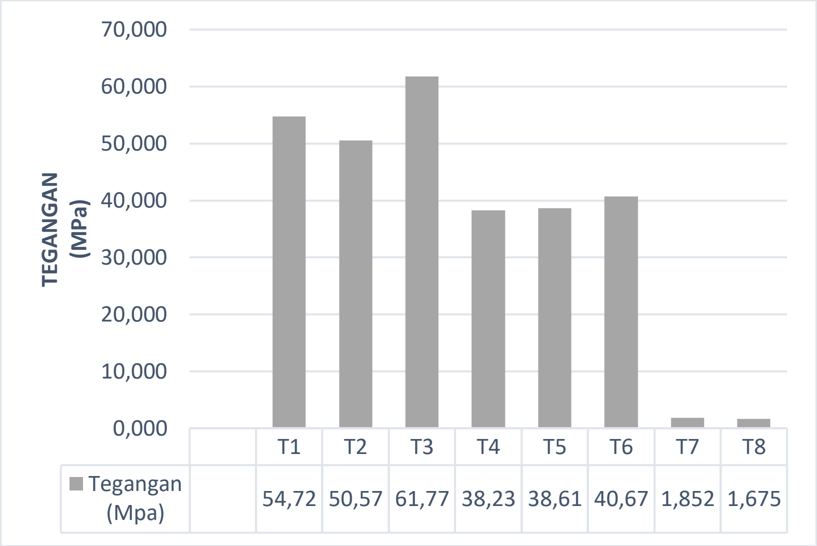
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tegangan (Mpa)	52,343	51,401	29,559	24,295	4,789	4,557	-0,424	-0,005

Gambar 4.2: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,64 m saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.2 diatas, tegangan terbesar yang terjadi pada *tie rod* akibat beban pengecoran yaitu pada *tie rod* 1 (satu) dengan besar tegang yaitu 52,343 MPa. Sedangkan pada *tie rod* 7 (tujuh) dan 8 (delapan) terjadi tekan diakibatkan serat atas *plywood* mengalami tekan sehingga serat *plywood* bagian atas terdorong kedalam dan mengakibatkan tertekannya *tie rod* 7 (tujuh) dan 8 (delapan) dengan masing-masing nilai yaitu -0,424 dan -0,005 MPa.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada saat pengecoran 3/4 hasil analisis tegangan dengan menggunakan *software* elemen hingga yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m akibat beban pengecoran, dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.

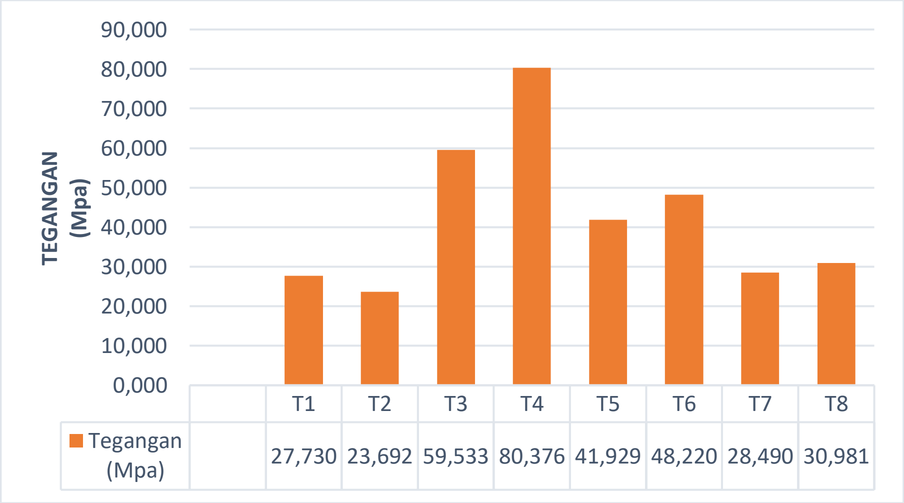


Gambar 4.3: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,64 m saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.3 diatas, dapat dilihat bahwa tegangan terbesar akibat tekanan *pressure* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m pada saat 3/4 pengecoran yaitu pada *tie rod* 3 (tiga) dengan besar tegangan 61,771 MPa. Sedangkan tegangan yang paling kecil yaitu terdapat pada *tie rod* 8 (delapan) dengan nilai 1,675 MPa.

4. Pada saat *full* pengecoran

Nilai tegangan yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m pada saat *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam gambar 4.4 dibawah ini.

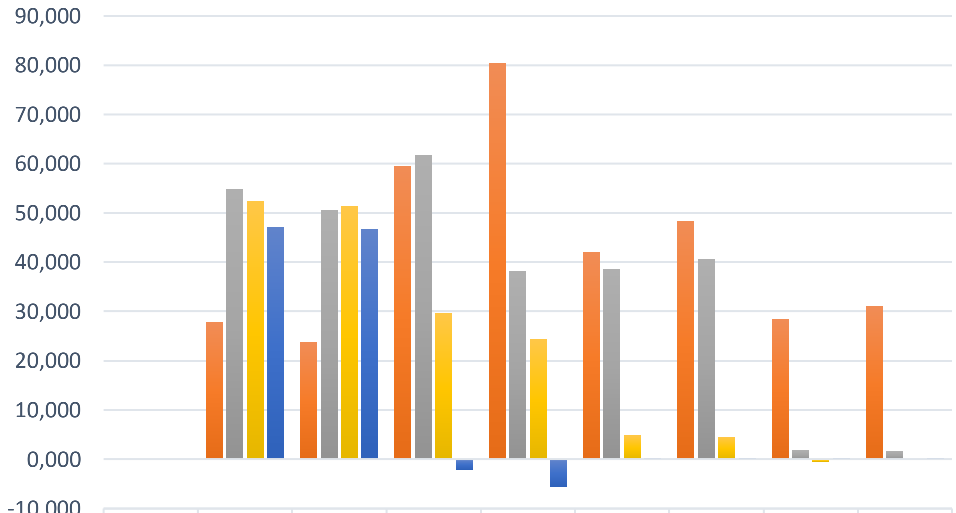


Gambar 4.4: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,64 m saat *full* pengecoran

Pada saat *full* pengecoran seperti gambar diatas, tegangan terbesar yang diterima *tie rod* jarak 0,64 akibat beban pressure yaitu pada *tie rod* 4 (empat) dengan nilai 80,376 MPa. Sedangkan tegangan tie rod terkecil yaitu terjadi pada *tie rod* 2 (dua) dengan nilai 23,692 MPa.

5. Tegangan *Tie Rod* 0,64 m

Nilai tegangan yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam gambar 4.5 dibawah ini.



	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tegangan Full Cor	27,730	23,692	59,533	80,376	41,929	48,220	28,490	30,981
Tegangan 3/4 Cor	54,728	50,572	61,771	38,239	38,616	40,671	1,852	1,675
Tegangan 1/2 Cor	52,343	51,401	29,559	24,295	4,789	4,557	-0,424	-0,005
Tegangan 1/4 Cor	47,012	46,756	-2,031	-5,530	0,184	0,078	0,084	0,062

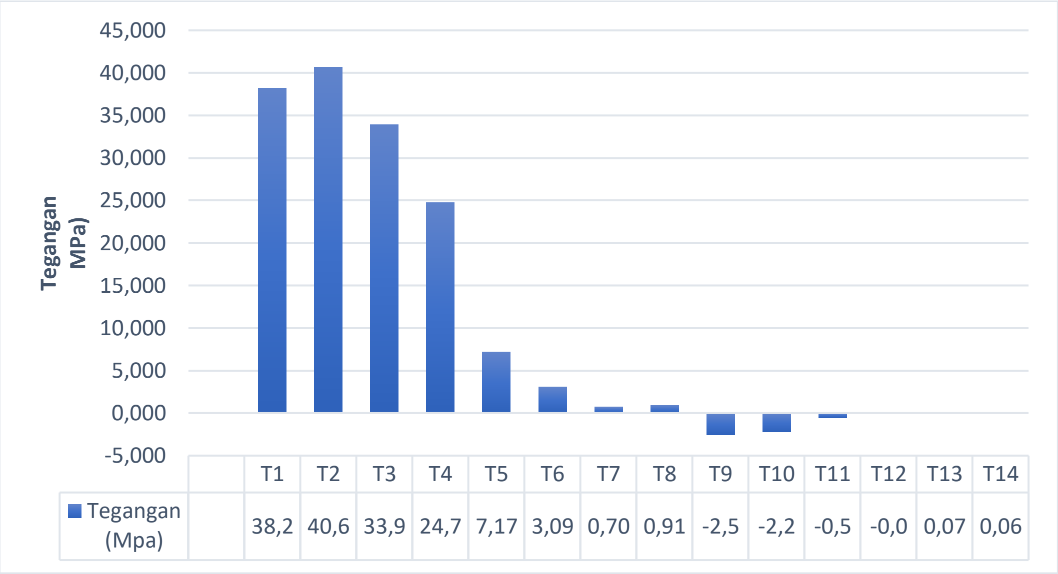
Gambar 4.5: Grafik gabungan tegangan *tie rod* 0,64 m

Pada grafik diatas dapat dilihat data-data tegangan *tie rod* jarak 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa tegangan terbesar terdapat pada *tie rod* 4 (empat) pada saat *full* pengecoran dengan nilai 80,376 MPa. Sedangkan *tie rod* terkecil terjadi pada *tie rod* 8 (delapan) dengan nilai -0,005 MPa.

4.2.2. Jarak *tie rod* 0,32 m

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada saat 1/4 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan yang terjadi pada *tie rod* akibat beban yang diterima melalui aplikasi elemen hingga. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6 grafik tegangan *tie rod* jarak 0,32 m dibawah ini.

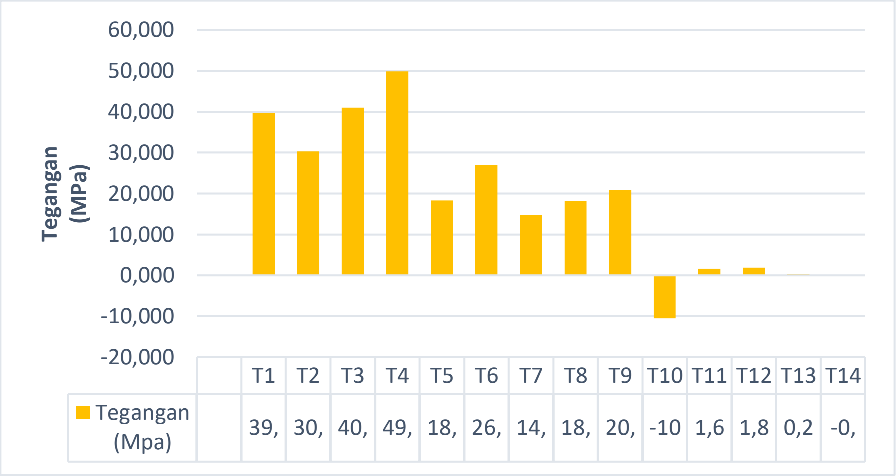


Gambar 4.6: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,32 m saat 1/4 pengecoran

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa pada saat 1/4 pengecoran dinding Kantung Lumpur Kanan dengan jarak *tie rod* 0,32, *tie rod* yang mengalamai tegangan terbesar terjadi pada *tie rod* 2 (dua) yaitu sebesar 40,6 MPa. Sedangkan pada *tie rod* 9, 10, 11 dan 12 mengalami tekan dikarenakan pada 1/4 pengecoran saat *plywood* mencapai defleksi maksimum pada 1/4 pengecoran yaitu pada ketinggian bekisting 0,61 m, maka *plywood* yang setinggi 0,61m akan tertarik sehingga serat *plywood* diatasnya akan tertekan dan mengakibatkan tie rod tertekan juga dengan nilai tegangan masing-masing yaitu -2,5; -2,2; -0,5; dan -0,061 MPa

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada saat 1/2 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan yang terjadi pada *tie rod* akibat beban yang diterima melalui aplikasi elemen hingga. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.7 grafik tegangan *tie rod* jarak 0,32 m dibawah ini.

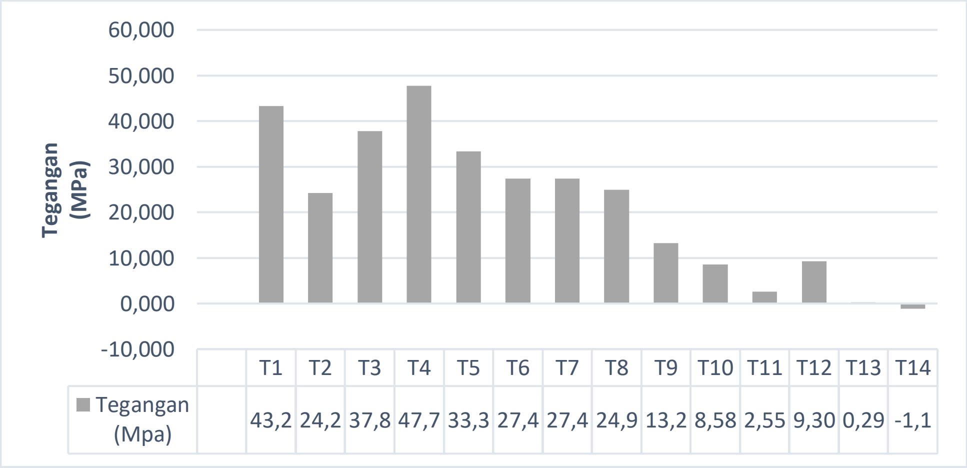


Gambar 4.7: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,32 m saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.7 diatas, tegangan terbesar yang terjadi pada *tie rod* dengan jarak 0,32 akibat beban pengecoran yaitu pada *tie rod* 4 dengan besar tegang yaitu 49,8 MPa. Sedangkan pada *tie rod* 10 dan 14 terjadi tekan diakibatkan serat atas *plywood* mengalami tekan sehingga serat *plywood* bagian atas terdorong kedalam dan mengakibatkan tertekannya *tie rod* 10 dan 14 dengan masing-masing nilai yaitu -10,4 dan -0,14 MPa.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Nilai tegangan yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,32 m pada saat 3/4 pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam gambar 4.8 dibawah ini.

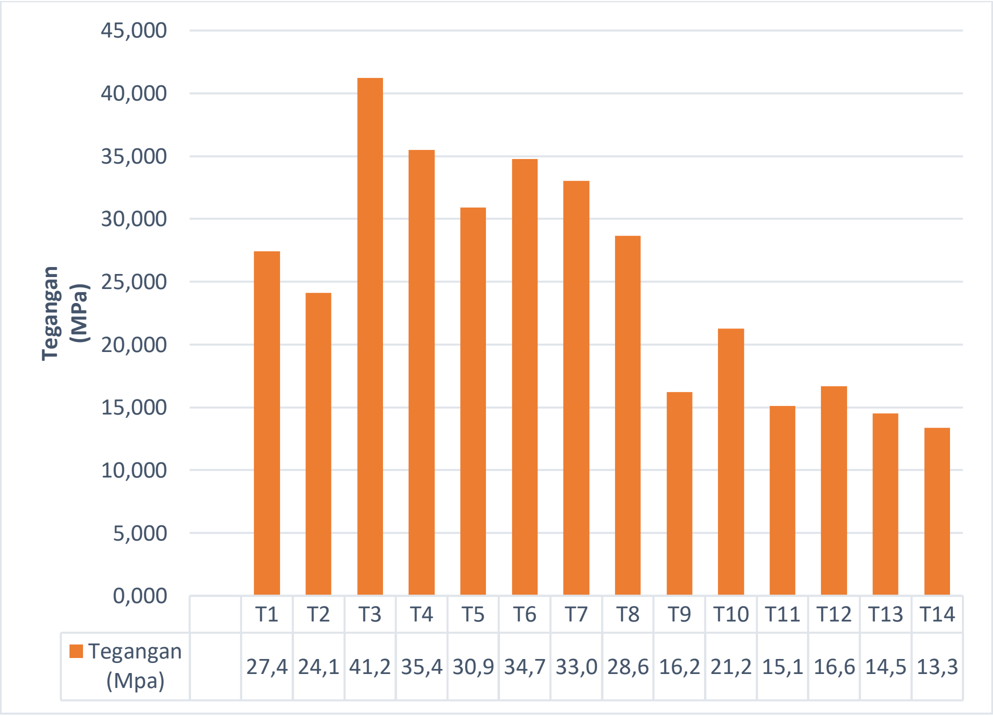


Gambar 4.8: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,32 m saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.8 diatas, dapat dilihat bahwa tegangan terbesar akibat tekanan *pressure* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,32 m pada saat 3/4 pengecoran yaitu pada *tie rod* 4 dengan besar tegangan 47,7 MPa. Sedangkan pada *tie rod* 14 terjadi tekan diakibatkan serat atas *plywood* mengalami tekan sehingga serat *plywood* bagian atas terdorong kedalam dan mengakibatkan tertekannya *tie rod* 14 dengan besar tegangan yaitu -1,133 MPa

4. Pada saat *full* pengecoran

Pada saat pengecoran *full* hasil analisis tegangan dengan menggunakan *software* elemen hingga yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,32 m akibat beban pengecoran, dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini.

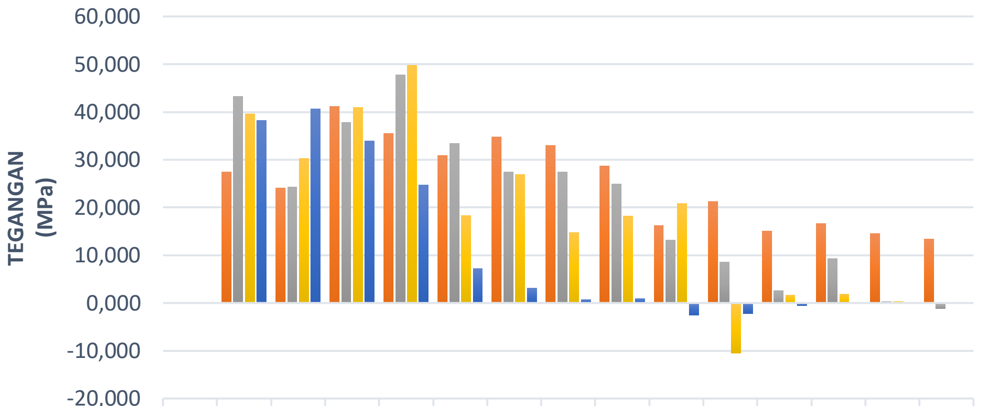


Gambar 4.9: Grafik tegangan *tie rod* jarak 0,32 m saat *full* pengecoran

Pada saat *full* pengecoran seperti gambar 4.9 diatas, tegangan terbesar yang diterima *tie rod* jarak 0,32 akibat beban pressure yaitu pada *tie rod* 3 dengan nilai 41,224 MPa. Sedangkan tegangan *tie rod* terkecil yaitu terjadi pada *tie rod* 14 dengan nilai 13,392 MPa.

5. **Perbandingan *Tie Rod* Jarak 0,32 m**

Nilai tegangan yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam gambar 4.10 dibawah ini.



	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
Tegangan Full Cor	27,4	24,1	41,2	35,4	30,9	34,7	33,0	28,6	16,2	21,2	15,1	16,6	14,5	13,3
Tegangan 3/4 Cor	43,2	24,2	37,8	47,7	33,3	27,4	27,4	24,9	13,2	8,58	2,55	9,30	0,29	-1,1
Tegangan 1/2 Cor	39,6	30,2	40,9	49,8	18,3	26,9	14,7	18,2	20,8	-10,	1,64	1,86	0,27	-0,1
Tegangan 1/4 Cor	38,2	40,6	33,9	24,7	7,17	3,09	0,70	0,91	-2,5	-2,2	-0,5	-0,0	0,07	0,06

Gambar 4.10: Grafik gabungan tegangan *tie rod* 0,64 m

Pada grafik diatas dapat dilihat data-data tegangan *tie rod* jarak 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa tegangan terbesar terdapat pada *tie rod* 4 (empat) pada saat 1/2 pengecoran dengan nilai 49,80 MPa. Sedangkan *tie rod* terkecil terjadi pada *tie rod* 8 (delapan) dengan nilai 0,069 MPa.

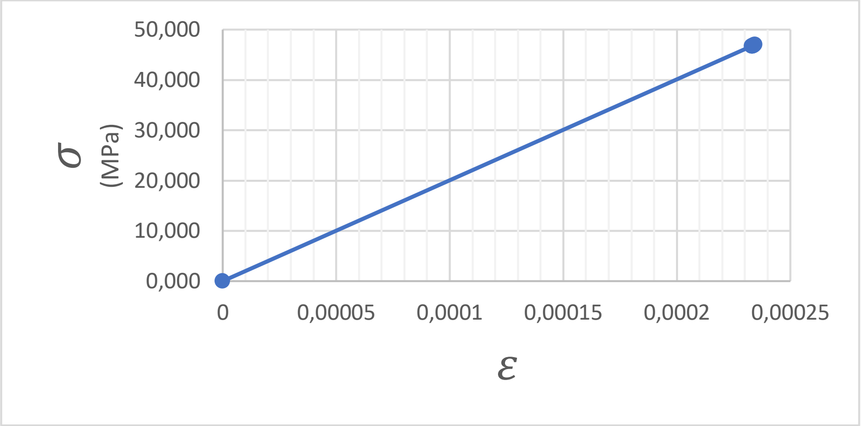
4.3. Tegangan Tarik *Tie Rod*

4.3.1. Jarak *Tie Rod* 0,64 m

1. **Pada saat 1/4 pengecoran**

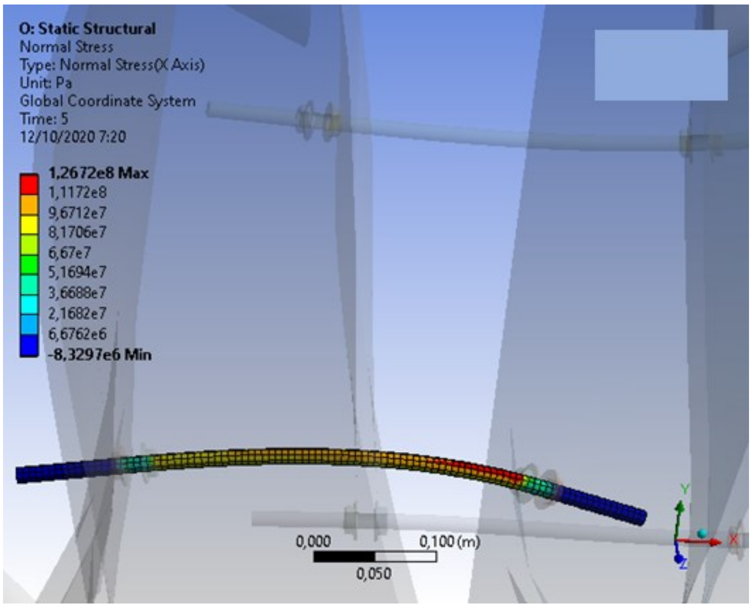
Pada saat 1/4 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada

gambar 4.11 dan 4.12 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m dibawah ini.



Gambar 4.11: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 1 saat 1/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Grafik pada gambar 4.11 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 1 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 47,012 MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod*.



Gambar 4.12: Tegangan *tie rod* 1 saat 1/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Gambar 4.12 adalah tegangan yang terjadi pada *tie rod* 1 akibat tekanan saat 1/4 pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah delapan. Dimana pada *tie rod* 1 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 8 yang terdapat pada tabel 4.1 dibawah ini.

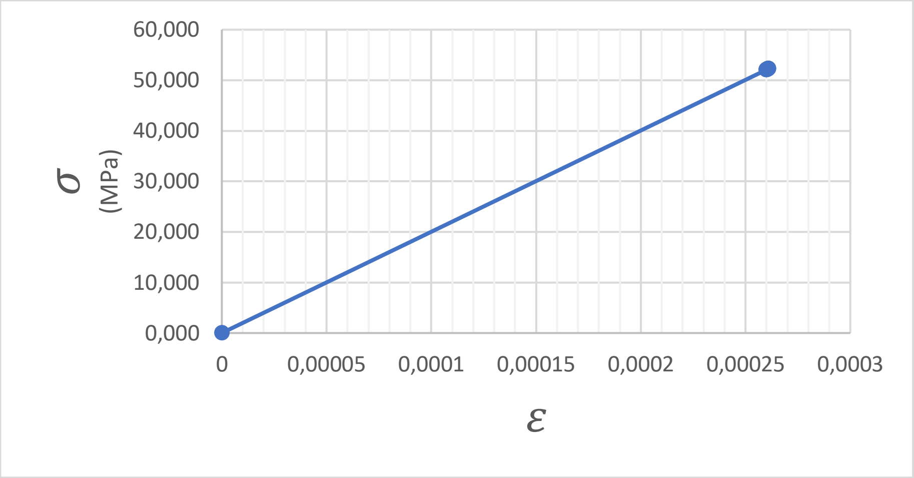
Tabel 4.1: Tarik pada *tie rod* jarak 0,64 saat 1/4 pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	47,012	132,665	6,237
T2	46,845	132,665	6,215
T3	-2,031	132,665	-0,269
T4	-5,530	132,665	-0,734
T5	0,184	132,665	0,024
T6	0,078	132,665	0,010
T7	0,084	132,665	0,011
T8	0,062	132,665	0,008

Dari tabel 4.1 diketahui bahwa *tie rod* 1, 2, 5, 6, 7, dan 8 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga *plywood* tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood*, tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 1 mencapai 6,237 kN.

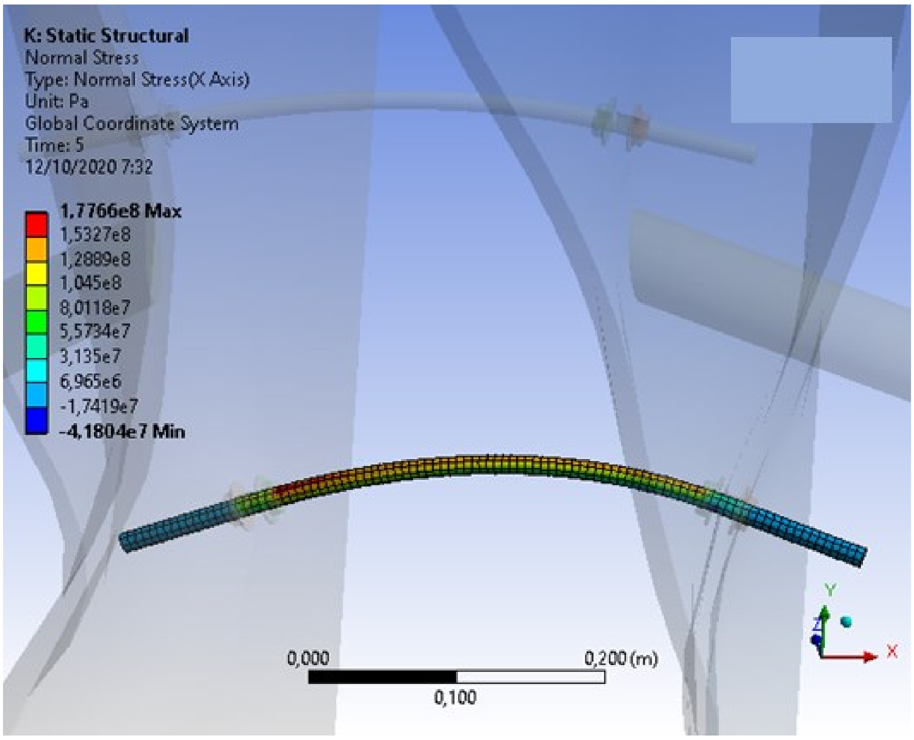
2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada saat 1/2 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13 dan 4.14 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m dibawah ini.



Gambar 4.13: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 1 saat 1/2 pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Grafik pada gambar 4.13 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 1 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 52,343 MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod*.



Gambar 4.14: Tegangan *tie rod* 1 saat 1/2 pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Gambar 4.14 diatas adalah tegangan yang terjadi pada *tie rod* 1 akibat tekanan saat 1/2 pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah delapan. Dimana pada *tie rod* 1 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 8 yang terdapat pada tabel 4.2 dibawah ini.

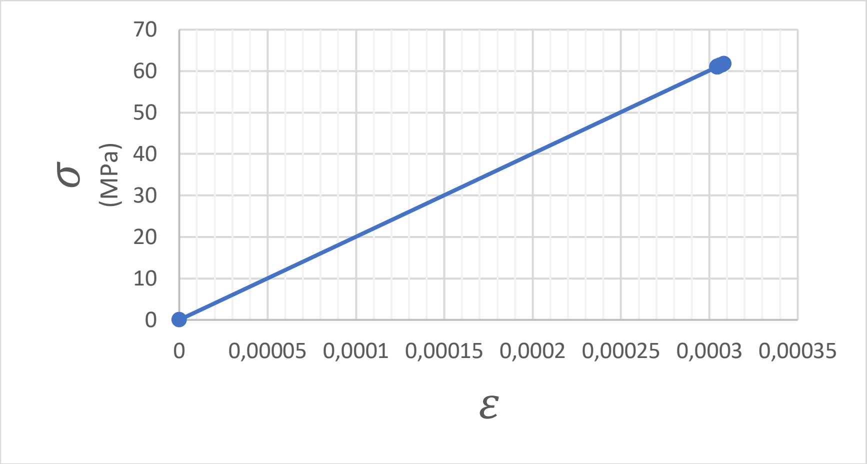
Tabel 4.2: Tarik pada *tie rod* jarak 0,64 saat 1/2 pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	52,343	132,665	6,944
T2	51,401	132,665	6,819
T3	29,559	132,665	3,921
T4	24,295	132,665	3,223
T5	4,789	132,665	0,635
T6	4,557	132,665	0,605
T7	-0,424	132,665	-0,056
T8	-0,005	132,665	-0,001

Dari tabel 4.2 diatas diketahui bahwa *tie rod* 1 sampai 6 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga *plywood* tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood*, tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 1 mencapai 6,944 kN.

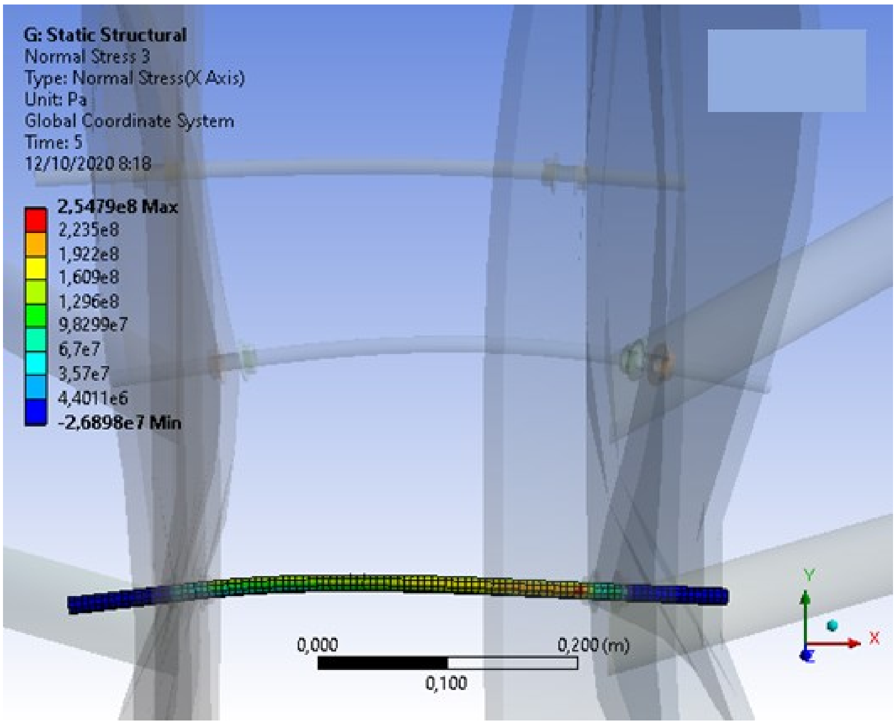
3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada saat 3/4 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.15 dan 4.16 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m dibawah ini.



Gambar 4.15: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 3 saat 3/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Grafik pada gambar 4.15 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 3 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 61,771MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod*.



Gambar 4.16: Tegangan *tie rod* 3 saat 3/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Gambar 4.16 diatas adalah tegangan yang terjadi pada *tie rod* akibat tekanan saat 3/4 pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah delapan. Dimana pada *tie rod* 3 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 8 yang terdapat pada tabel 4.3 dibawah ini.

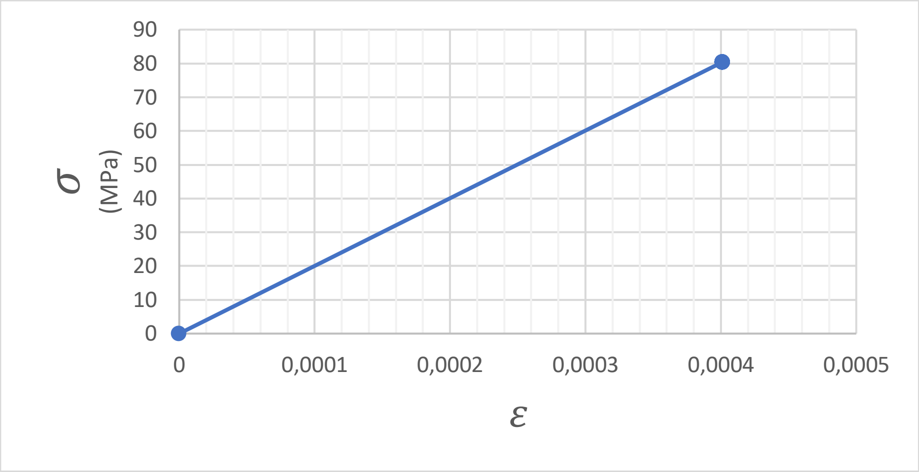
Tabel 4.3: Tarik pada *tie rod* jarak 0,64 saat 3/4 pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	54,728	132,665	7,260
T2	50,572	132,665	6,709
T3	61,771	132,665	8,195
T4	38,239	132,665	5,073
T5	38,616	132,665	5,123
T6	40,671	132,665	5,396
T7	1,852	132,665	0,246
T8	1,675	132,665	0,222

Dari tabel 4.3 diatas diketahui bahwa *tie rod* 1 sampai 8 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga plywood tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood*, tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 3 mencapai 8,195 kN.

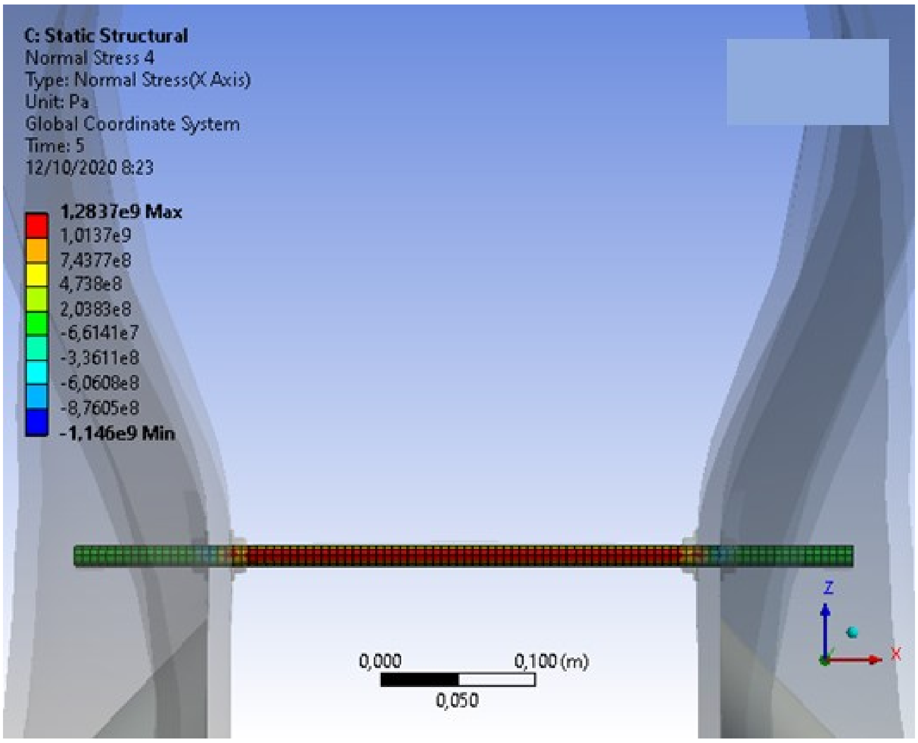
4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada saat *full* pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.17 dan 4.18 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m dibawah ini.



Gambar 4.17: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 4 saat 3/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Grafik pada gambar 4.17 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 4 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 80,376 MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod*.



Gambar 4.18: Tegangan *tie rod* 4 saat *full* pengecoran jarak *tie rod* 0,64 m

Gambar 4.18 diatas adalah tegangan yang terjadi pada *tie rod* akibat tekanan saat *full* pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah delapan. Dimana pada *tie rod* 4 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 8 yang terdapat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4: Tarik pada *tie rod* jarak 0,64 saat *full* pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	27,730	132,665	3,679
T2	23,692	132,665	3,143
T3	59,533	132,665	7,898
T4	80,376	132,665	10,663
T5	41,929	132,665	5,563
T6	48,220	132,665	6,397
T7	28,490	132,665	3,780
T8	30,981	132,665	4,110

Dari tabel 4.4 diatas diketahui bahwa *tie rod* 1 sampai 8 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga *plywood* tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood*, tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 4 mencapai 10,663 kN.

5. Perbandingan tarik *tie rod* jarak 0,64 m

Nilai tarik yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5: Perbandingan tarik pada *tie rod* jarak 0,64

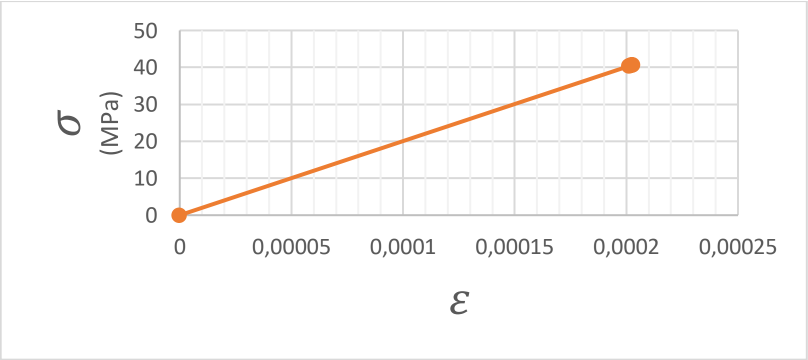
Tie Rod	**Tarik (kN)**			
	1/4 Cor	**1/2 Cor**	**3/4 Cor**	***Full* Cor**
T1	6,237	6,944	7,260	3,679
T2	6,215	6,819	6,709	3,143
T3	-0,269	3,921	8,195	7,898
T4	-0,734	3,223	5,073	10,663
T5	0,024	0,635	5,123	5,563
T6	0,010	0,605	5,396	6,397
T7	0,011	-0,056	0,246	3,780
T8	0,008	-0,001	0,222	4,110

Pada tabel diatas dapat dilihat data-data tarik *tie rod* jarak 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa tarik terbesar terdapat pada *tie rod* 4 (empat) pada saat *Full* pengecoran dengan nilai 10,663 kN. Sedangkan *tie rod* terkecil terjadi pada *tie rod* 8 (delapan) dengan nilai 0,008 kN.

4.3.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m

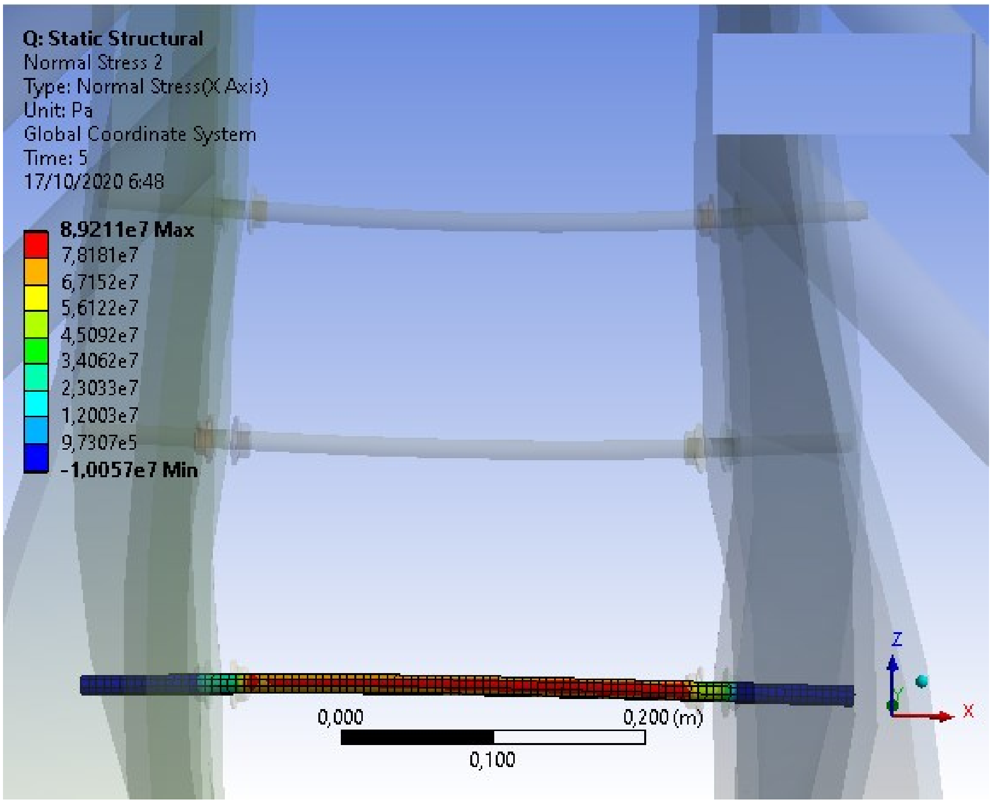
1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada saat 1/4 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.19 dan 4.20 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,32 m dibawah ini.



Gambar 4.19: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 2 saat 1/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Grafik pada gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 2 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 40,676 MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod* tersebut.



Gambar 4.20: Tegangan *tie rod* 2 saat 1/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Gambar 4.20 diatas adalah tegangan yang terjadi pada *tie rod* 2 akibat tekanan saat 1/4 pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah empat belas. Dimana pada *tie rod* 2 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 14 yang terdapat pada tabel 4.6 dibawah ini.

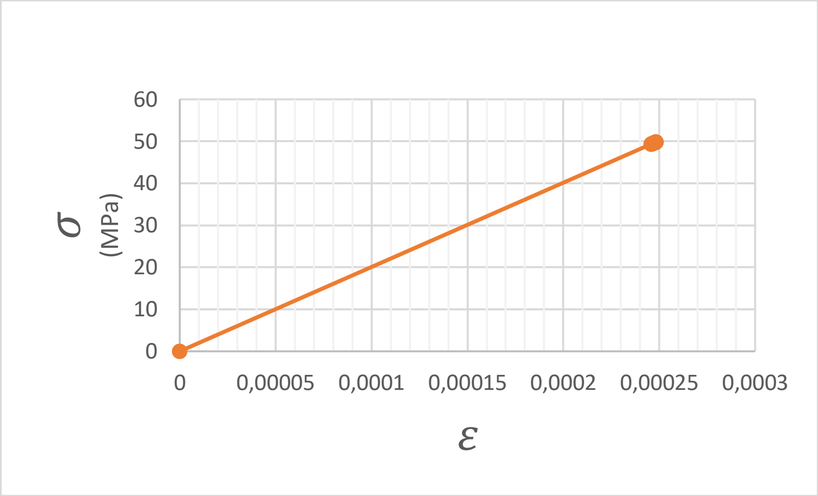
Tabel 4.6: Tarik pada *tie rod* jarak 0,32 saat 1/4 pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	38,214	132,665	5,070
T2	40,676	132,665	5,396
T3	33,913	132,665	4,499
T4	24,753	132,665	3,284
T5	7,176	132,665	0,952
T6	3,095	132,665	0,411
T7	0,705	132,665	0,094
T8	-0,916	132,665	-0,122
T9	-2,568	132,665	-0,341
T10	-2,206	132,665	-0,293
T11	-0,537	132,665	-0,071
T12	-0,061	132,665	-0,008
T13	0,070	132,665	0,009
T14	0,069	132,665	0,009

Dari tabel 4.6 diatas diketahui bahwa *tie rod* 1 sampai 8 serta *tie rod* 13 da 14 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga *plywood* tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood*, tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 2 mencapai 5,396 kN.

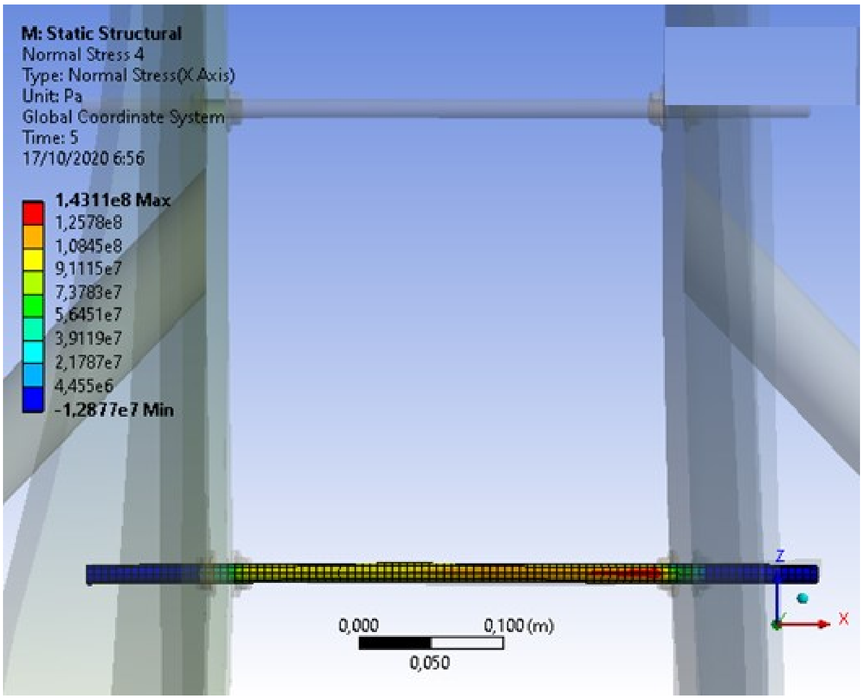
2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada saat 1/2 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.21 dan 4.22 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada tie rod jarak 0,32 m dibawah ini.



Gambar 4.21: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 4 saat 1/2 pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Grafik pada gambar 4.21 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 4 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 49,801 MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod* tersebut.



Gambar 4.22: Tegangan *tie rod* 4 saat 1/2 pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Gambar 4.22 diatas adalah tegangan yang terjadi pada tie rod 4 akibat tekanan saat 1/2 pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah empat belas. Dimana pada *tie rod* 4 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 14 yang terdapat pada tabel 4.7 dibawah ini.

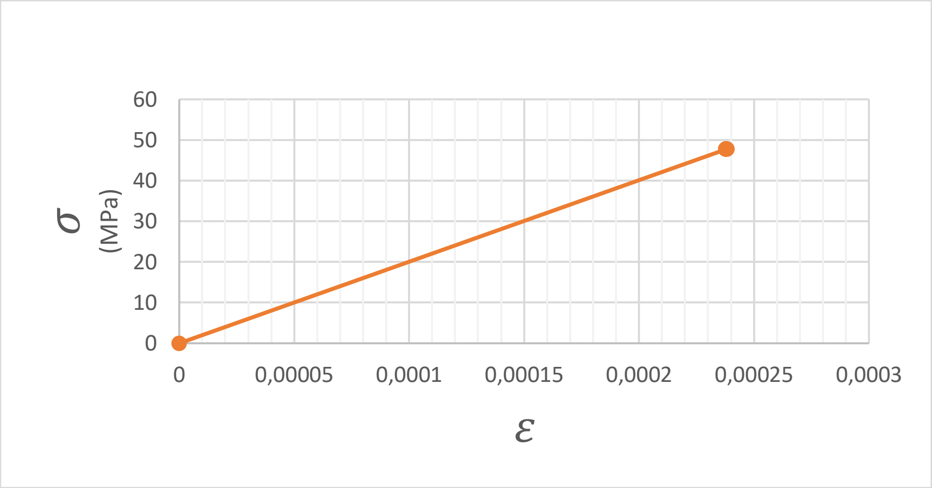
Tabel 4.7: Tarik pada *tie rod* jarak 0,32 saat 1/2 pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	39,644	132,665	5,259
T2	30,270	132,665	4,016
T3	40,956	132,665	5,433
T4	49,801	132,665	6,607
T5	18,309	132,665	2,429
T6	26,908	132,665	3,570
T7	14,793	132,665	1,963
T8	18,203	132,665	2,415
T9	20,854	132,665	2,767
T10	-10,517	132,665	-1,395
T11	-1,641	132,665	-0,218
T12	1,869	132,665	0,248
T13	0,278	132,665	0,037
T14	-0,140	132,665	-0,019

Dari tabel 4.7 diatas diketahui bahwa *tie rod* 1 sampai 9 serta *tie rod* 12 dan *tie rod* 13 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga *plywood* tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood*, tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 4 mencapai 49,801 kN.

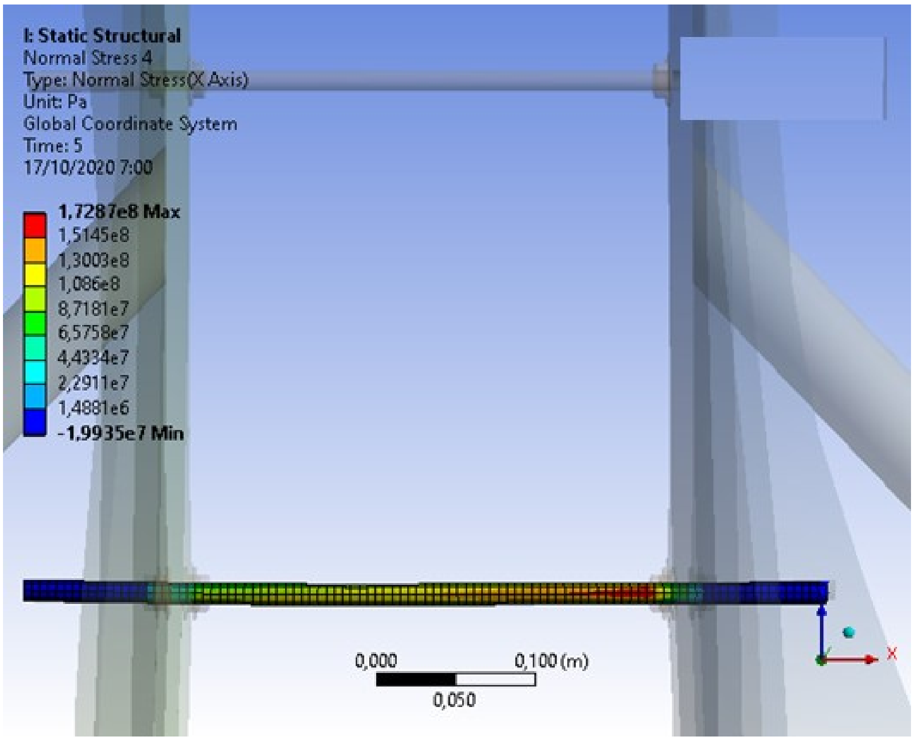
3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada saat 3/4 pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.23 dan 4.24 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,32 m dibawah ini.



Gambar 4.23: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 4 saat 3/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Grafik pada gambar 4.23 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 4 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 47,793 MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod* tersebut.



Gambar 4.24: Tegangan *tie rod* 4 saat 3/4 pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Gambar 4.24 diatas adalah tegangan yang terjadi pada *tie rod* 4 akibat tekanan saat 3/4 pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah empat belas. Dimana pada *tie rod* 4 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 14 yang terdapat pada tabel 4.8 dibawah ini.

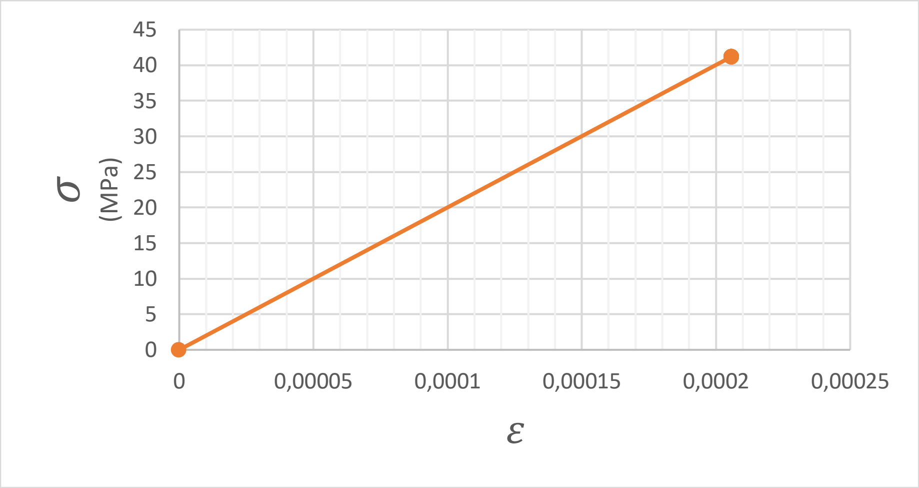
Tabel 4.8: Tarik pada *tie rod* jarak 0,32 saat 3/4 pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	43,297	132,665	5,744
T2	24,271	132,665	3,220
T3	37,816	132,665	5,017
T4	47,793	132,665	6,340
T5	33,368	132,665	4,427
T6	27,403	132,665	3,635
T7	27,403	132,665	3,635
T8	24,907	132,665	3,304
T9	13,218	132,665	1,754
T10	8,583	132,665	1,139
T11	2,554	132,665	0,339
T12	9,302	132,665	1,234
T13	0,297	132,665	0,039
T14	-1,133	132,665	-0,150

Dari tabel 4.8 diatas diketahui bahwa *tie rod* 1 sampai 13 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga *plywood* tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood* tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 4 mencapai 47,793 kN.

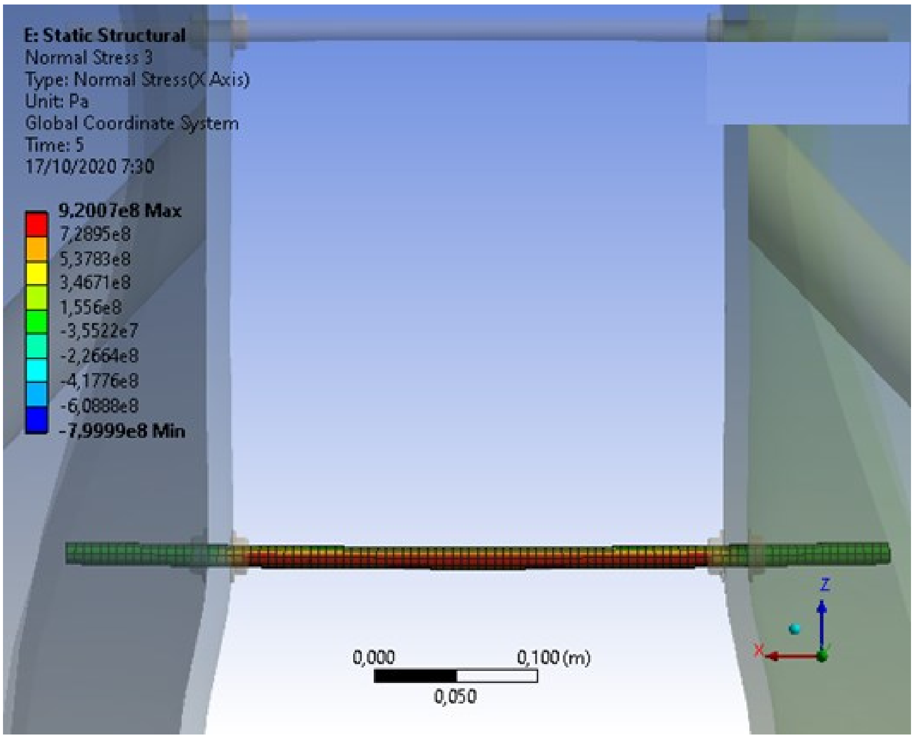
4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada saat *full* pengecoran, dapat dilihat bagaimana tegangan dan regangan yang dialami *tie rod* akibat beban yang diterimanya. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.25 dan 4.26 grafik tegangan regangan dan tegangan *tie rod* yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,32 m dibawah ini.



Gambar 4.25: Grafik tegangan-regangan *tie rod* 3 saat *full* pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Grafik pada gambar 4.25 diatas menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terjadi pada *tie rod* 3 mengalami elastis dari 0 sampai tegangan maksimumnya yaitu 41,224 MPa. Ini menunjukkan bahwa *tie rod* mengalami elastis linear dimana kemampuan *tie rod* yang masih elastis dalam menahan tekanan pengecoran (*pressure*) yang diterima oleh *tie rod* tersebut.



Gambar 4.26: Tegangan tie rod 3 saat *full* pengecoran jarak *tie rod* 0,32 m

Gambar 4.26 diatas adalah tegangan yang terjadi pada *tie rod* 3 akibat tekanan saat *full* pengecoran. Gambar diatas merupakan sample dari semua *tie rod* yang berjumlah empat belas. Dimana pada *tie rod* 3 terjadinya tegangan terbesar daripada *tie rod* lainnya. Adapun nilai tegangan tersebut diambil dari nilai tegangan rata-rata sehingga didapat nilai tarik *tie rod* 1 sampai dengan *tie rod* 14 yang terdapat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9: Tarik pada *tie rod* jarak 0,32 saat *full* pengecoran

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T1	27,419	132,665	3,638
T2	24,115	132,665	3,199
T3	41,224	132,665	5,469
T4	35,478	132,665	4,707
T5	30,902	132,665	4,100
T6	34,778	132,665	4,614
T7	33,048	132,665	4,384
T8	28,655	132,665	3,802
T9	16,224	132,665	2,152
T10	21,259	132,665	2,820
T11	15,108	132,665	2,004
T12	16,687	132,665	2,214
T13	14,531	132,665	1,928
T14	13,392	132,665	1,777

Dari tabel 4.9 diatas diketahui bahwa *tie rod* 1 sampai 14 mengalami tarik diakibatkan beban pengecoran yang mendorong *plywood* kearah sumbu-x sehingga *plywood* tertekan dan *tie rod* yang dikunci oleh mur pada *plywood* tertarik dengan tarik terbesar pada *tie rod* 3 mencapai 41,224 kN.

5. Perbandingan tarik *tie rod* jarak 0,32 m

Nilai tarik yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10: Perbandingan tarik pada *tie rod* jarak 0,32 m

Tie Rod	**Tarik (kN)**			
	1/4 Cor	**1/2 Cor**	**3/4 Cor**	***Full* Cor**
T1	5,070	5,259	5,744	3,638
T2	5,396	4,016	3,220	3,199
T3	4,499	5,433	5,017	5,469
T4	3,284	6,607	6,340	4,707
T5	0,952	2,429	4,427	4,100
T6	0,411	3,570	3,635	4,614
T7	0,094	1,963	3,635	4,384
T8	-0,122	2,415	3,304	3,802
T9	-0,341	2,767	1,754	2,152
T10	-0,293	-1,395	1,139	2,820
T11	-0,071	-0,218	0,339	2,004
T12	-0,008	0,248	1,234	2,214
T13	0,009	0,037	0,039	1,928
T14	0,009	-0,019	-0,150	1,777

Pada tabel diatas dapat dilihat data-data tarik *tie rod* jarak 0,32 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa tarik terbesar terdapat pada *tie rod* 4 (empat) pada saat 1/2 pengecoran dengan nilai 6,607 kN. Sedangkan *tie rod* terkecil terjadi pada *tie rod* 8 (delapan) dengan nilai 0,009 kN.

4.4. Kontrol *Tie Rod*

Dalam pemeriksaan keamanan pada bekisting, salah satu yang dikontrol yaitu tarik pada *tie rod* apakah sudah memenuhi izin atau belum yang dapat dilihat dibawah ini.

4.4.1. *Tie Rod* Jarak 0,64

Data *Tie Rod*:

Yield strength (σ_y) : 455,203 MPa = 45,5203 kN/cm^2

Tensile strength (σ_u) : 608,500 MPa = 60,8500 kN/cm^2

Diameter *Tie Rod* (d) : 13 mm = 1,3 cm

Safety Factor (SF) : 1,5

Tegangan Izin:

$$\sigma_{\text{izin}} = \frac{\sigma_y}{\text{SF}}$$

$$\sigma_{\text{izin}} = \frac{45{,}5203}{1{,}5} = 30{,}3469\ \text{kN/cm}^2$$

Luas Penampang (A) *Tie Rod* D13:

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

$$A = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 1{,}3^2$$

$$A = 1{,}33\ cm^2$$

Tarik Izin

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq S$$

$$\text{P}_{\text{izin}} = \text{A} \times \sigma_{\text{izin}}$$

$$\text{P}_{\text{izin}} = 1{,}33 \times 30{,}3469$$

$$\text{P}_{\text{izin}} = 40{,}26\ \text{kN}$$

Beban Hancur

$$\sigma_{hancur} = 1{,}33 \times 60{,}8500$$

$$\sigma_{hancur} = 80{,}73\ \text{kN}$$

Kontrol Pada *Tie Rod*:

Tabel 4.11: Hasil tarik terbesar *tie rod* jarak 0,64 m

Tie Rod	Tegangan (Mpa)	Luasan (mm)	Tarik (kN)
T1	27,730	132,665	3,679
T2	23,692	132,665	3,143
T3	59,533	132,665	7,898
T4	80,376	132,665	10,663
T5	41,929	132,665	5,563
T6	48,220	132,665	6,397
T7	28,490	132,665	3,780
T8	30,981	132,665	4,110

Berdasarkan tabel diatas, tegangan tarik terbesar terdapat pada *tie rod* 4 saat full pengecoran. Dimana nilai tarik terbesar yaitu 10,663 kN.

$\tau_{max} = 10{,}663$ kN < $\tau_{izin} = 40{,}26$ kN ….**OK**

Dari hasil kontrol *tie rod* diatas dapat disimpulkan bahwa *tie rod* memenuhi syarat tarik izin dan masih elastis. Dimana nilai tarik *tie rod* diakibatkan tekanan pengecoran sebesar 45446,4 Pa, masih jauh dari tarik izin yang telah disyaratkan.

4.4.2. Tie Rod Jarak 0,32

Data Tie Rod;

Yield strength (σ_y) : 455,203 MPa = 45,5203 kN/cm^2

Tensile strength (σ_u) : 608,500 MPa = 60,8500 kN/cm^2

Diameter Tie Rod (d) : 13 mm = 1,3 cm

Safety Factor (SF) : 1,5

Tegangan Izin:

$$\sigma_{\text{izin}} = \frac{\sigma_{\text{y}}}{\text{SF}}$$

$$\sigma_{\text{izin}} = \frac{45{,}5203}{1{,}5} = 30{,}3469\ \text{kN/cm}^2$$

Luas Penampang (A) Tie Rod D13:

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

$$A = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 1{,}3^2$$

$$A = 1{,}33\ cm^2$$

Tarik Izin

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq S$$

$$\sigma_{tarik\ izin} = A \times \sigma_{\text{izin}}$$

$$\sigma_{tarik\ izin} = 1{,}33 \times 30{,}3469$$

$$\sigma_{tarik\ izin} = 40{,}26\ \text{kN}$$

Beban Hancur

$$\sigma_{hancur} = 1{,}33 \times 60{,}8500$$

$$\sigma_{hancur} = 80{,}73\ \text{kN}$$

Kontrol Pada *Tie Rod*:

Tabel 4.12: Hasil tarik terbesar *tie rod* jarak 0,32 m

Tie Rod	Tegangan (Mpa)	Luasan (mm)	Tarik (kN)
T1	39,644	132,665	5,259
T2	30,270	132,665	4,016
T3	40,956	132,665	5,433
T4	49,801	132,665	6,607
T5	18,309	132,665	2,429

Tabel 4.12: *Lanjutan*

Tie Rod	**Tegangan (Mpa)**	**Luasan (mm)**	**Tarik (kN)**
T6	26,908	132,665	3,570
T7	14,793	132,665	1,963
T8	18,203	132,665	2,415
T9	20,854	132,665	2,767
T10	-10,517	132,665	-1,395
T11	-1,641	132,665	-0,218
T12	1,869	132,665	0,248
T13	0,278	132,665	0,037
T14	-0,140	132,665	-0,019

$\tau_{max} = 6{,}607 \text{ kN} < \tau_{izin} = 40{,}26 \text{ kN}$ ....**OK**

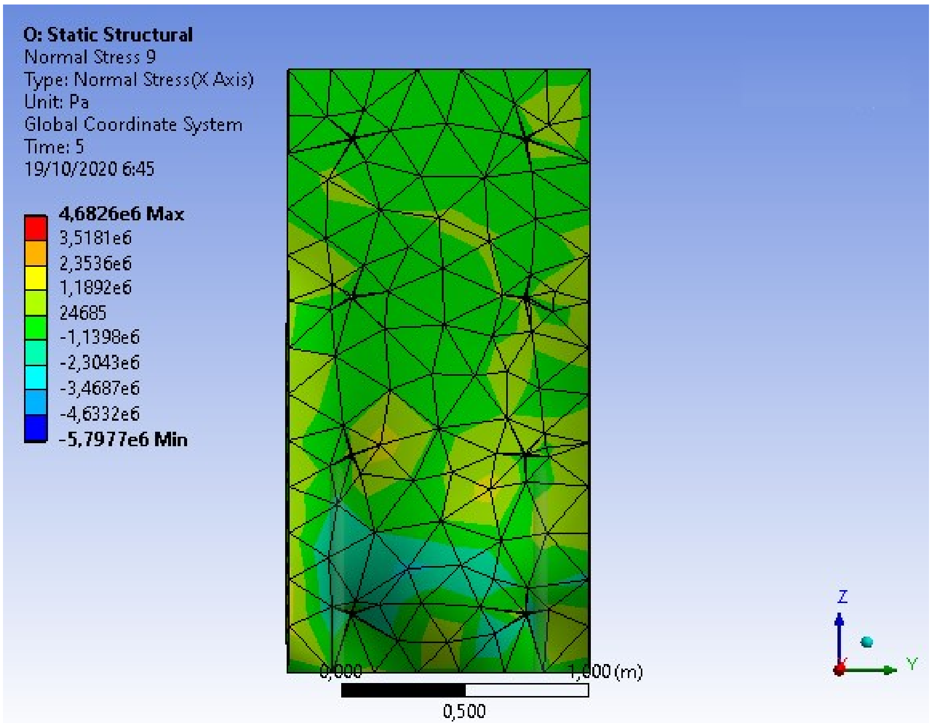
Dari hasil kontrol *tie rod* diatas dapat disimpulkan bahwa *tie rod* memenuhi syarat terik izin dan masih elastis. Dimana nilai tarik *tie rod* diakibatkan tekanan pengecoran sebesar 45446,4 Pa, masih jauh dari tarik izin yang telah disyaratkan.

4.5. Tegangan Pada *Plywood*

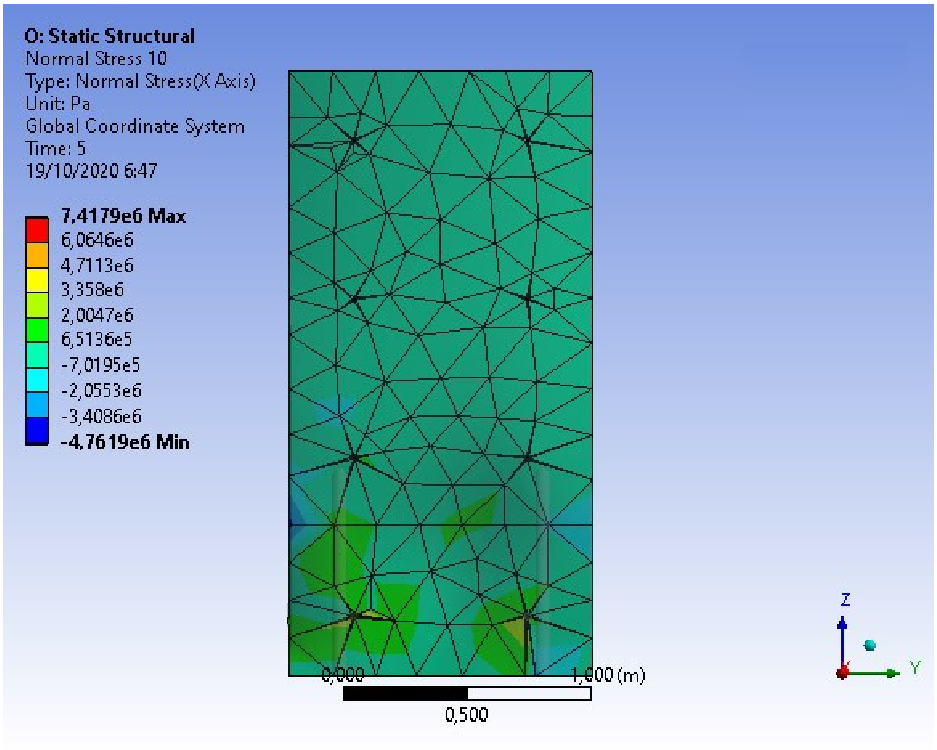
4.5.1. Jarak *tie rod* 0,64 m

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.27 dan 4.28 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran.



Gambar 4.27: Tegangan *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran



Gambar 4.28: Tegangan *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.27 dan 4.28 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.13 dibawah ini.

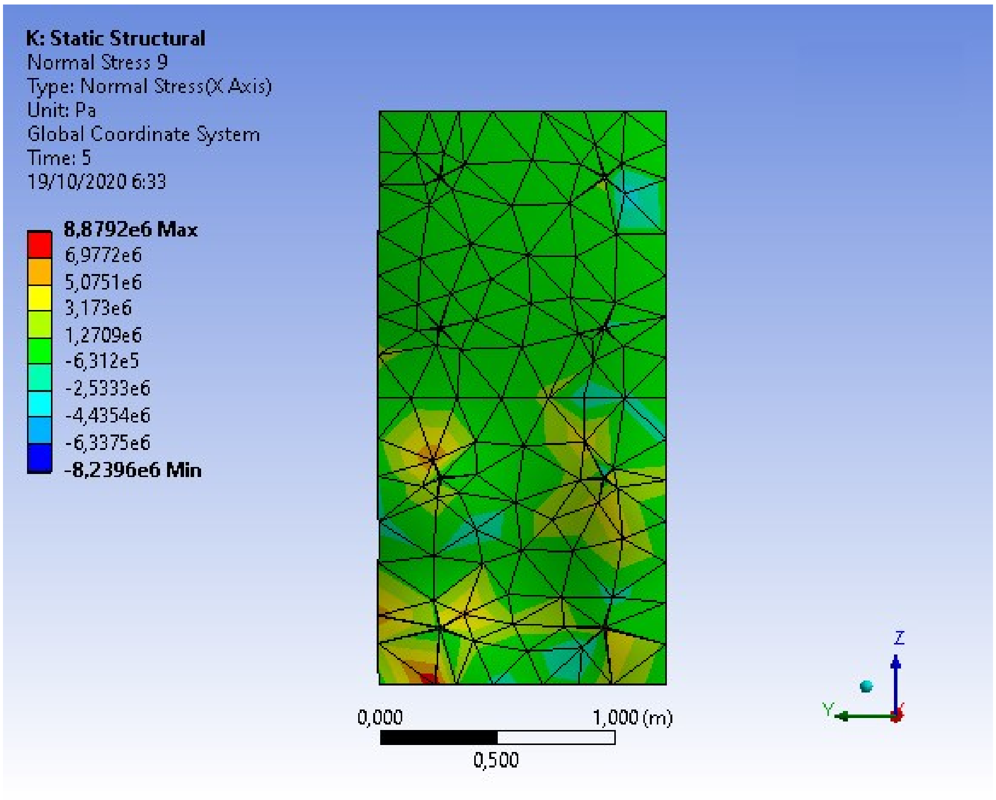
Tabel 4.13: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,64 m saat 1/4 pengecoran

Time	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,004631800	-0,0184050
2,0	0,004168200	-0,0167160
3,0	0,003250000	-0,0150510
4,0	0,002631400	-0,0135840
4,2	0,001809900	-0,0123320
4,4	0,000039667	-0,0103600
4,6	-0,002860300	-0,0084098
4,8	-0,005912000	-0,0069553
5,0	-0,007703200	-0,0064359

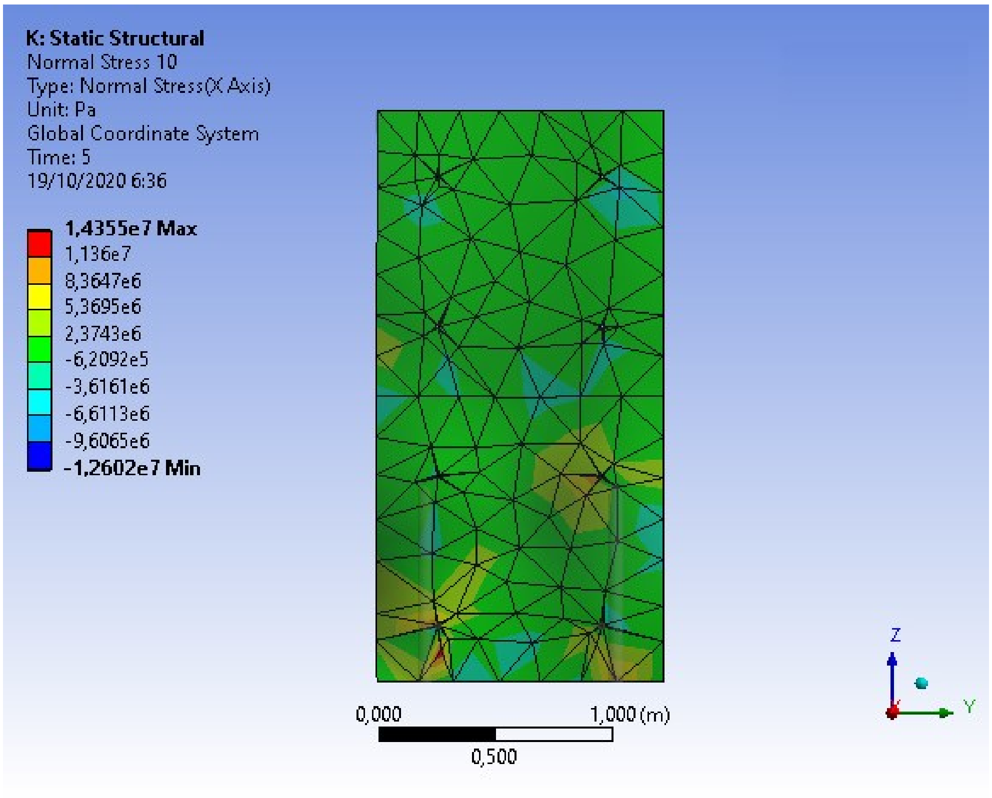
Dari tabel 4.13 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran yaitu 0,0046318 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,018405 MPa.

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.29 dan 4.30 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran.



Gambar 4.29: Tegangan *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/2 pengecoran



Gambar 4.30: Tegangan *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.29 dan 4.30 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.14 dibawah ini.

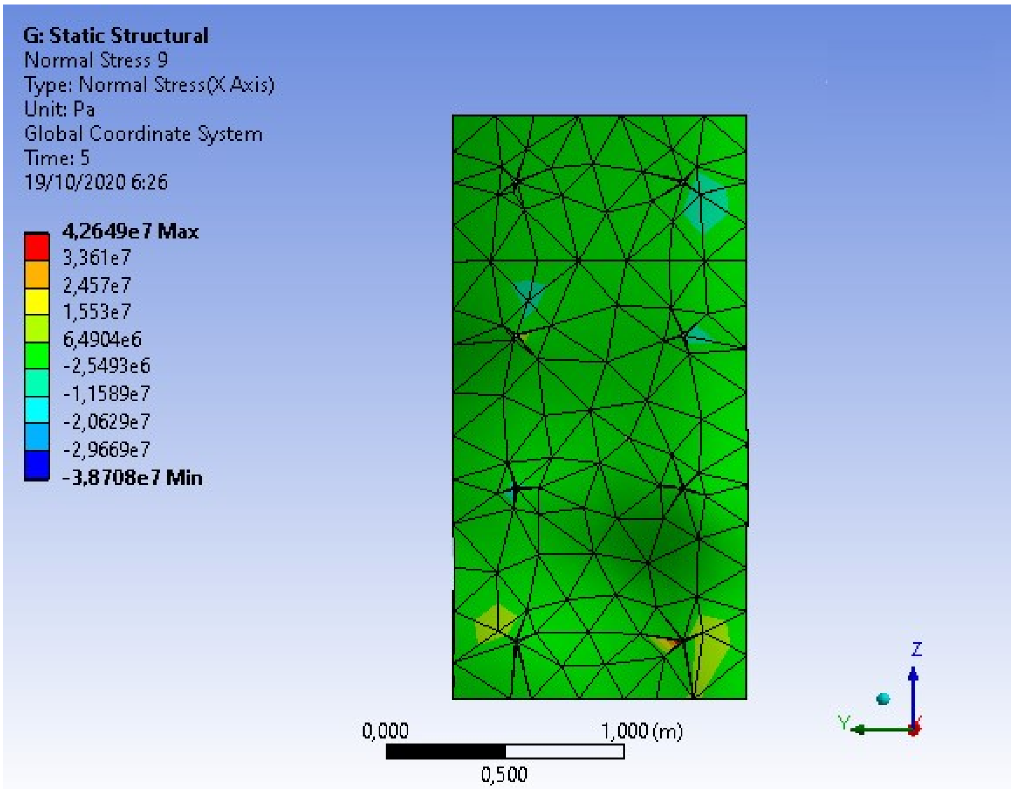
Tabel 4.14: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,64 m saat 1/2 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,075041	0,17118
2,0	0,076809	0,16296
3,0	0,077487	0,15807
4,0	0,077163	0,1542
4,2	0,077147	0,1523
4,4	0,075621	0,15008
4,6	0,071811	0,14875
4,8	0,064979	0,1483
5,0	0,057783	0,14863

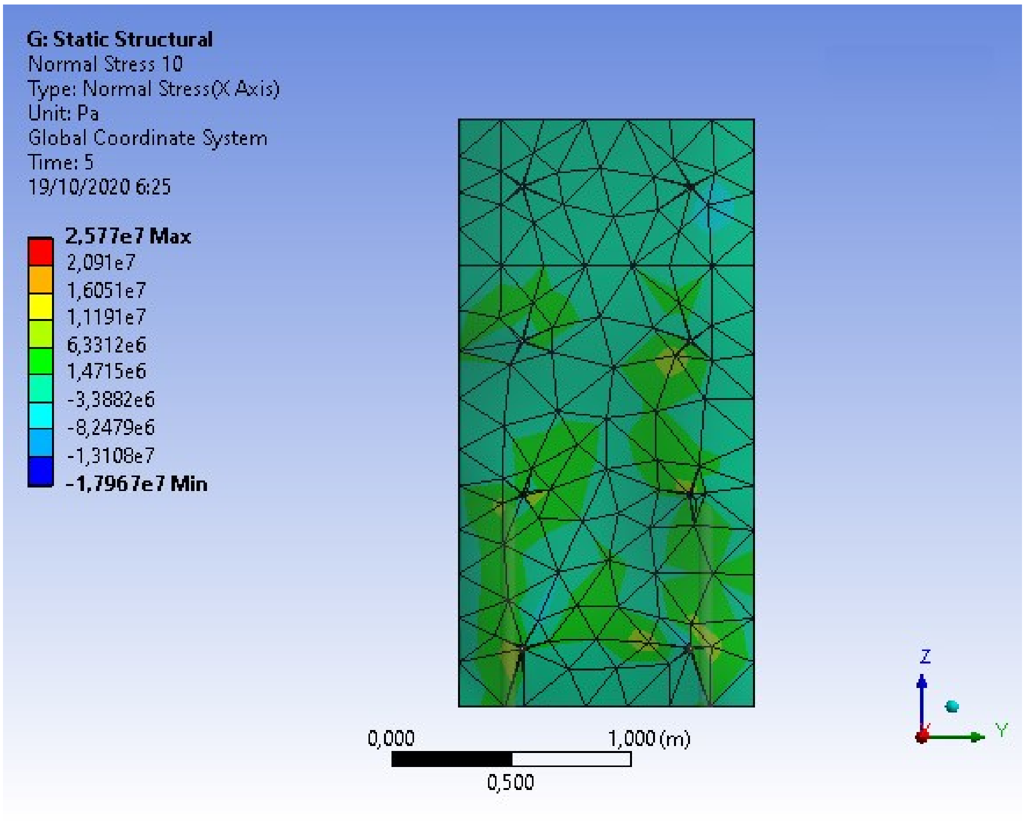
Dari tabel 4.14 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran yaitu 0,077487 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,17118 MPa.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.31 dan 4.32 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran.



Gambar 4.31: Tegangan *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran



Gambar 4.32: Tegangan *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.31 dan 4.32 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.15 dibawah ini.

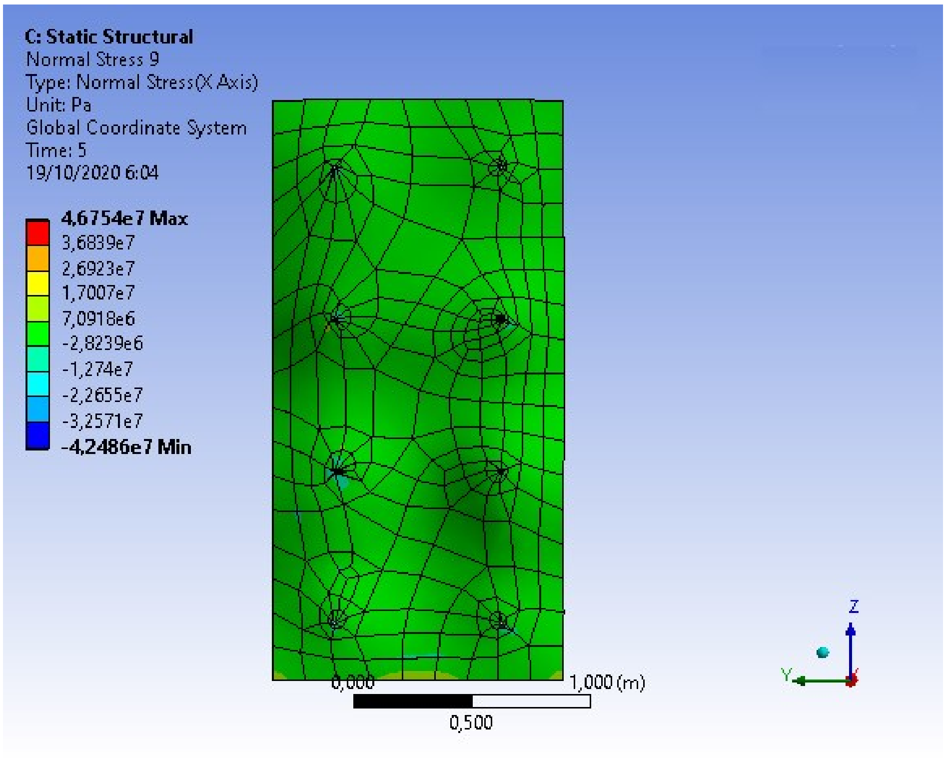
Tabel 4.15: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,64 m saat 3/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,029905	0,0621
2,0	0,012687	0,049956
3,0	0,0041707	0,042406
4,0	-0,0044535	0,036351
4,2	-0,0098897	0,032697
4,4	-0,018532	0,027155
4,6	-0,026468	0,021787
4,8	-0,031737	0,017066
5,0	-0,033508	0,014598

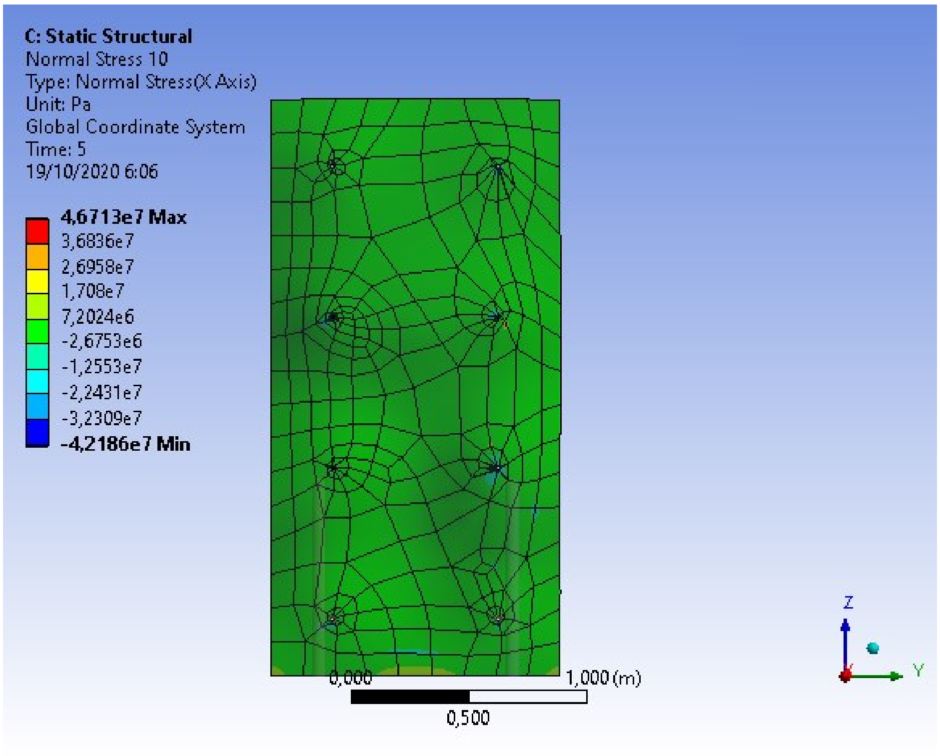
Dari tabel 4.15 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran yaitu 0,033508 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,0621 MPa.

4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada gambar 4.33 dan 4.34 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran.



Gambar 4.33: Tegangan *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat *full* pengecoran



Gambar 4.34: Tegangan *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat *full* pengecoran

Pada gambar 4.33 dan 4.34 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.16: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,64 m saat *full* pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	-0,028886	-0,030883
2,0	-0,028849	-0,030708
3,0	-0,028856	-0,030714
4,0	-0,028859	-0,030715
4,2	-0,028859	-0,030715
4,4	-0,028859	-0,030715
4,6	-0,028859	-0,030715
4,8	-0,028859	-0,030715
5,0	-0,028859	-0,030715

Dari tabel 4.16 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran yaitu 0,028859 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,030883 MPa.

5. Perbandingan tegangan *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

Nilai tegangan yang terjadi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17: Perbandingan tegangan pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

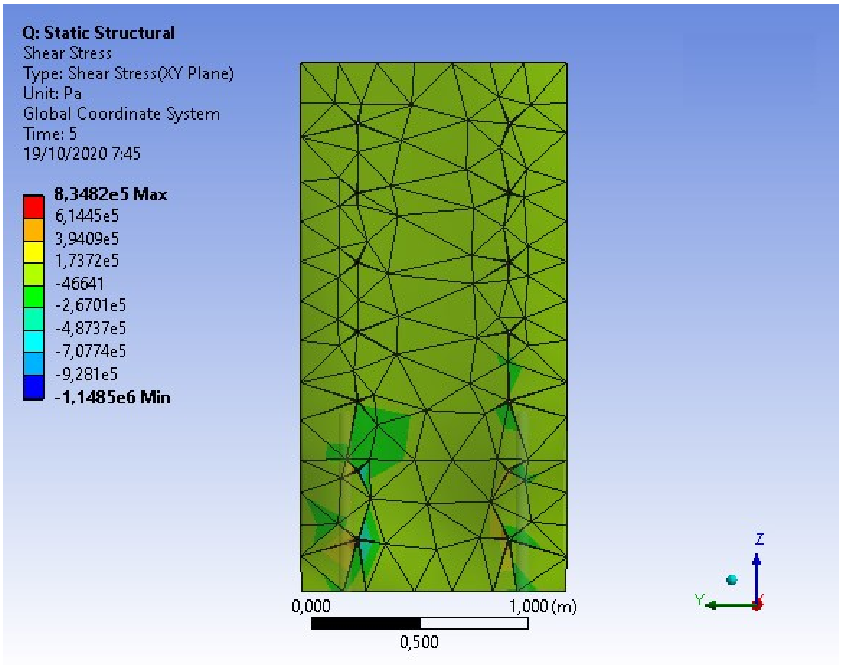
Tahap Pengecoran	Tegangan (MPa)	
	P1	P2
1/4	0,0046318	-0,0064359
1/2	0,077487	0,17118
3/4	0,029905	0,044289
Full	-0,028849	-0,030708

Pada tabel diatas dapat dilihat data-data tegangan *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa terbesar terbesar terdapat pada *plywood* 2 (dua) pada saat 1/2 pengecoran dengan nilai 0,17118 MPa. Sedangkan tegangan *plywood* terkecil terjadi pada *plywood* 1 (satu) dengan nilai 0,0046318 MPa.

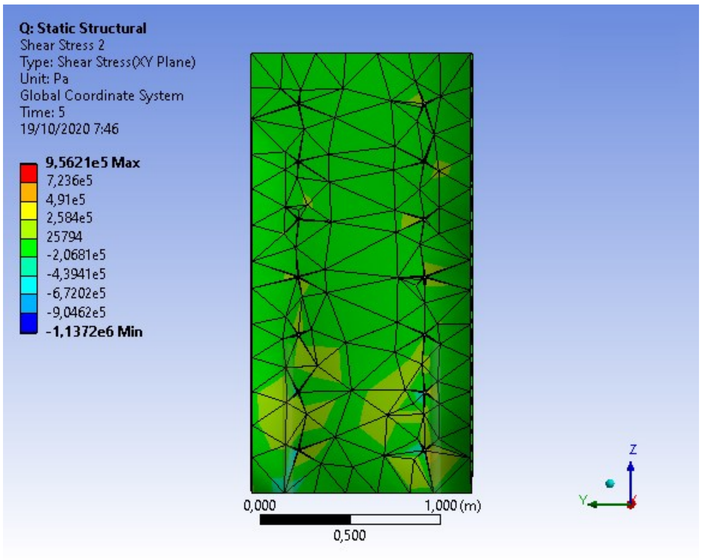
4.5.2. Jarak *Tie Rod* 0,32 m

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.35 dan 4.36 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran.



Gambar 4.35: Tegangan *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/4 pengecoran



Gambar 4.36: Tegangan *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.35 dan 4.36 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.18 dibawah ini.

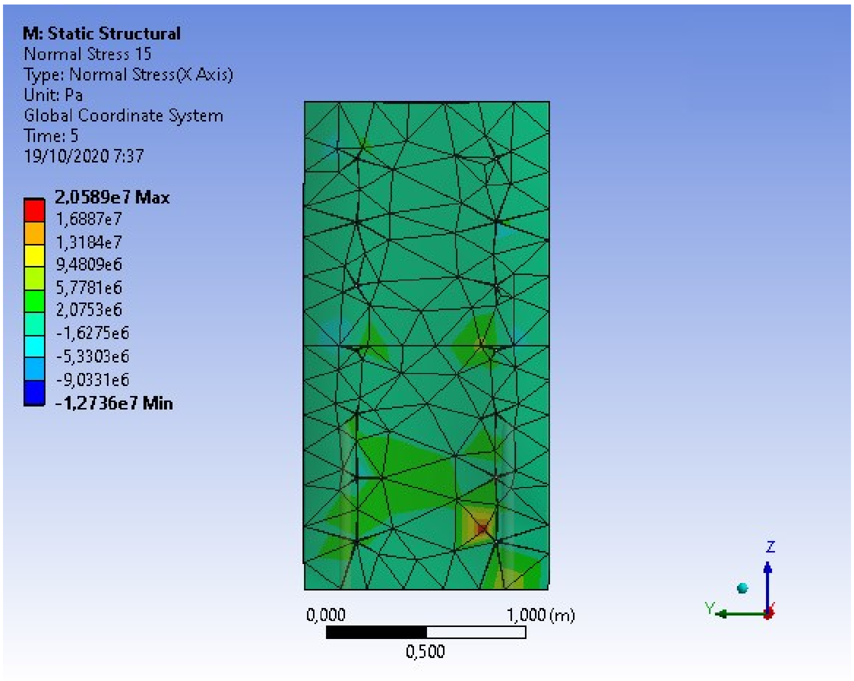
Tabel 4.18: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,32 m saat 1/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	-0,035865	-0,012328
2,0	-0,035585	-0,012925
3,0	-0,037881	-0,013918
4,0	-0,039473	-0,014497
4,2	-0,040693	-0,014785
4,4	-0,042229	-0,015032
4,6	-0,043463	-0,015128
4,8	-0,043619	-0,014981
5,0	-0,043095	-0,014706

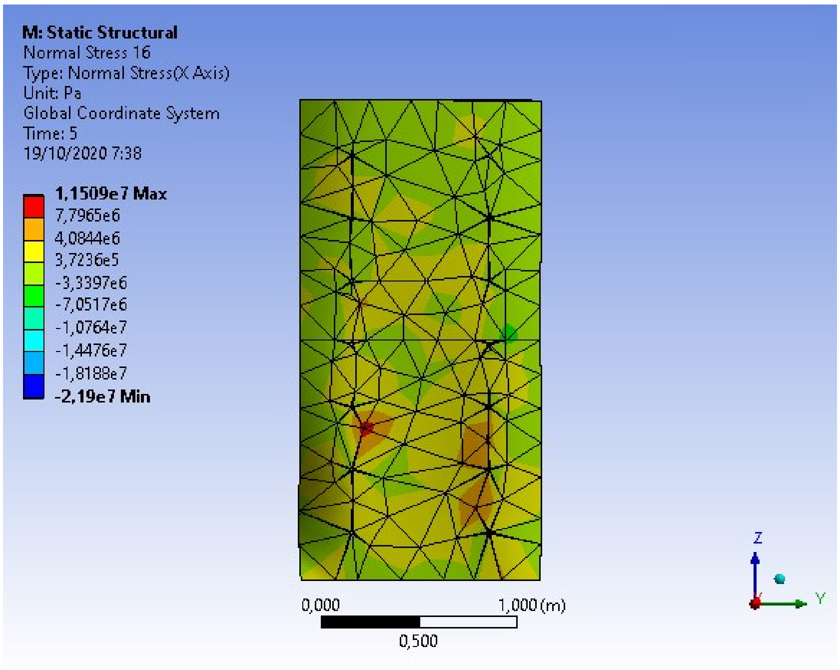
Dari tabel 4.18 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran yaitu 0,043619 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,015128 MPa.

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.37 dan 4.38 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran.



Gambar 4.37: Tegangan *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/2 pengecoran



Gambar 4.38: Tegangan *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.37 dan 4.38 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.19 dibawah ini.

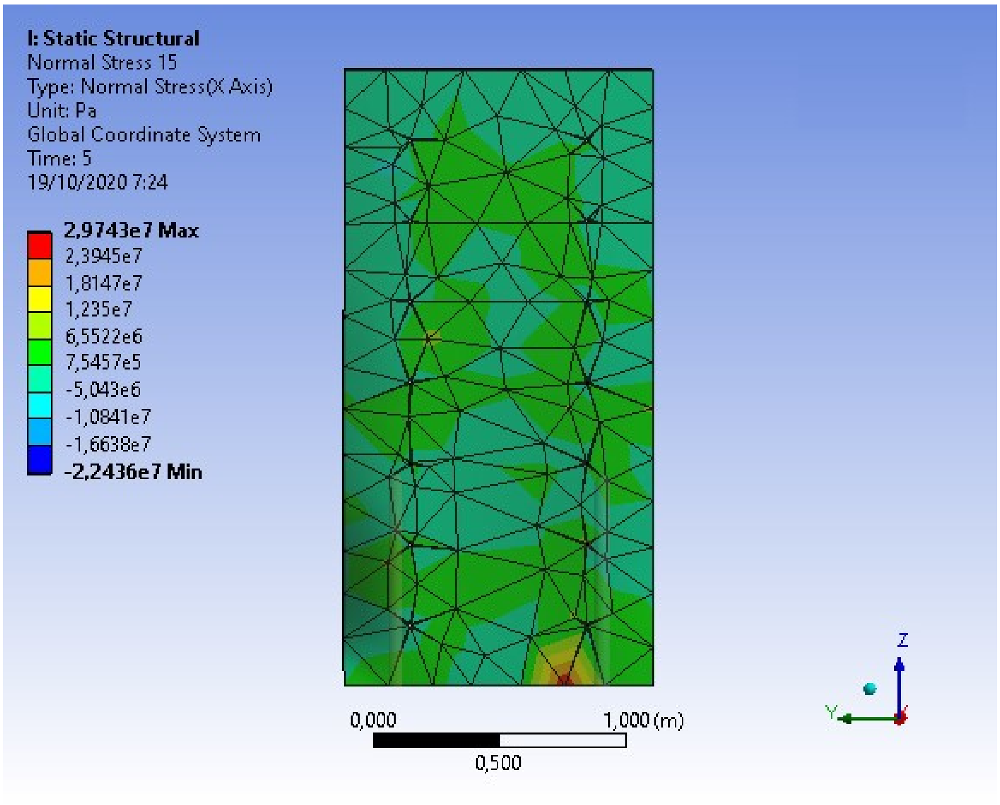
Tabel 4.19: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,32 m saat 1/2 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	-0,011793	0,0274620
2,0	-0,016615	0,0213760
3,0	-0,019692	0,0175910
4,0	-0,021585	0,0149790
4,2	-0,022849	0,0131520
4,4	-0,024693	0,0106440
4,6	-0,026554	0,0089095
4,8	-0,028172	0,0082106
5,0	-0,029039	0,0086280

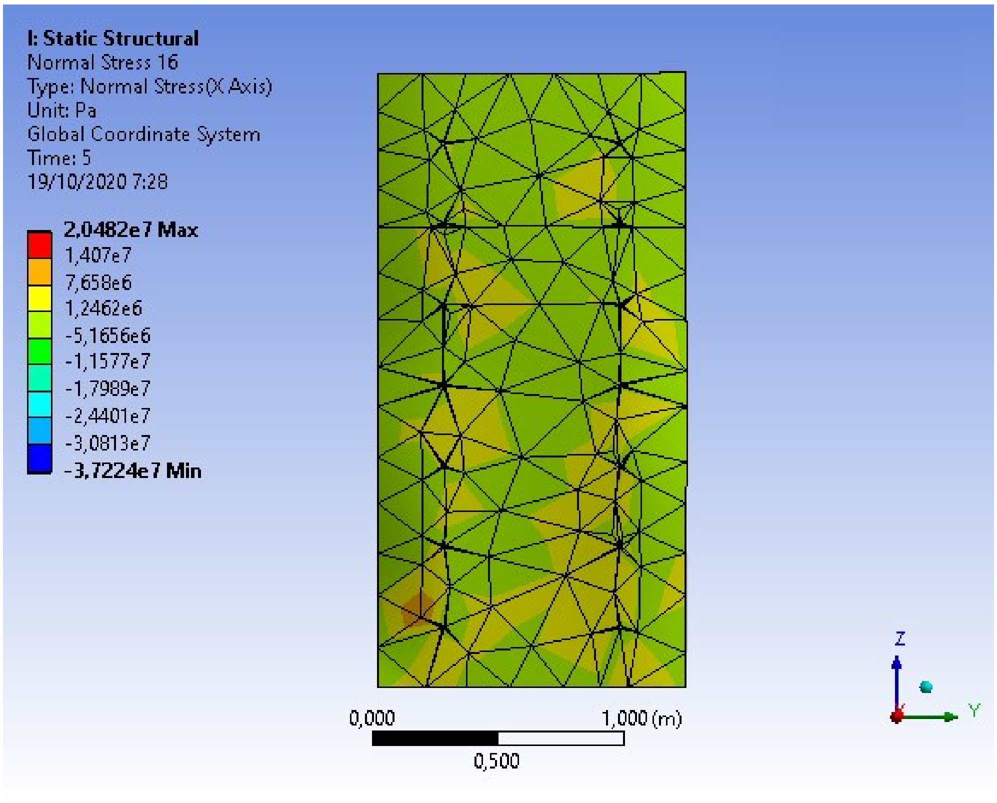
Dari tabel 4.19 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran yaitu 0,029039 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,027462 MPa.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.39 dan 4.40 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran.



Gambar 4.39: Tegangan *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 3/4 pengecoran



Gambar 4.40: Tegangan *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.39 dan 4.40 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.20 dibawah ini.

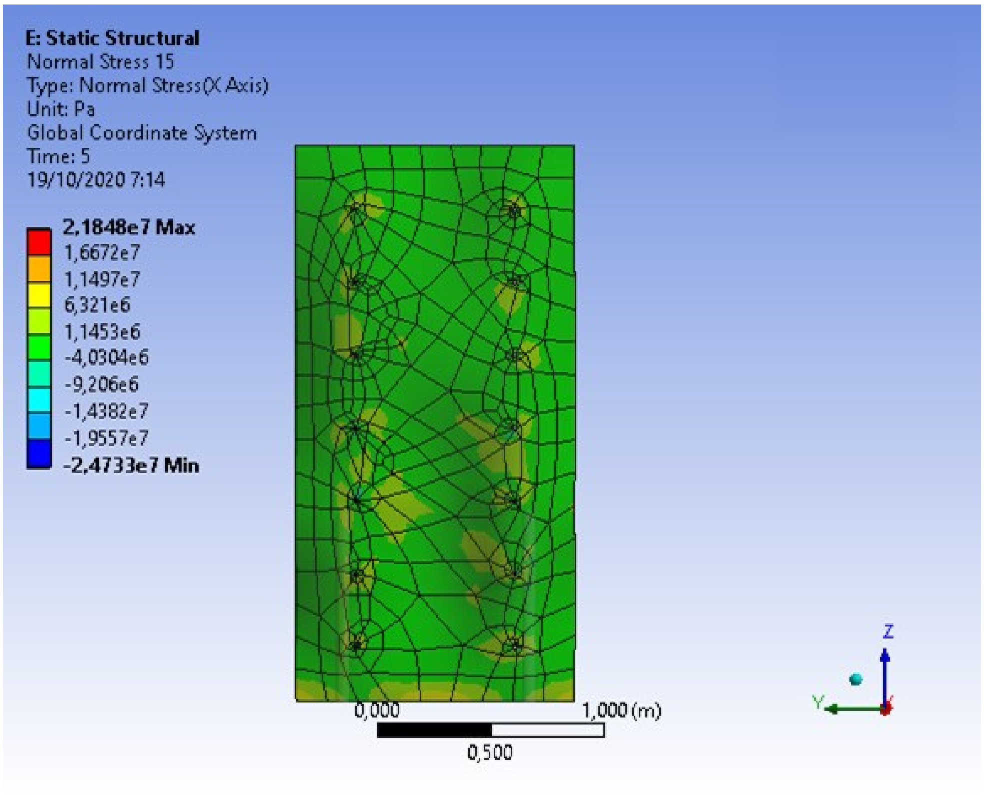
Tabel 4.20: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,32 m saat 3/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,017395	0,016329
2,0	0,01478	0,016839
3,0	0,012756	0,016494
4,0	0,011867	0,016252
4,2	0,011152	0,016248
4,4	0,010322	0,016183
4,6	0,0096625	0,016179
4,8	0,0094905	0,016185
5,0	0,0096102	0,01619

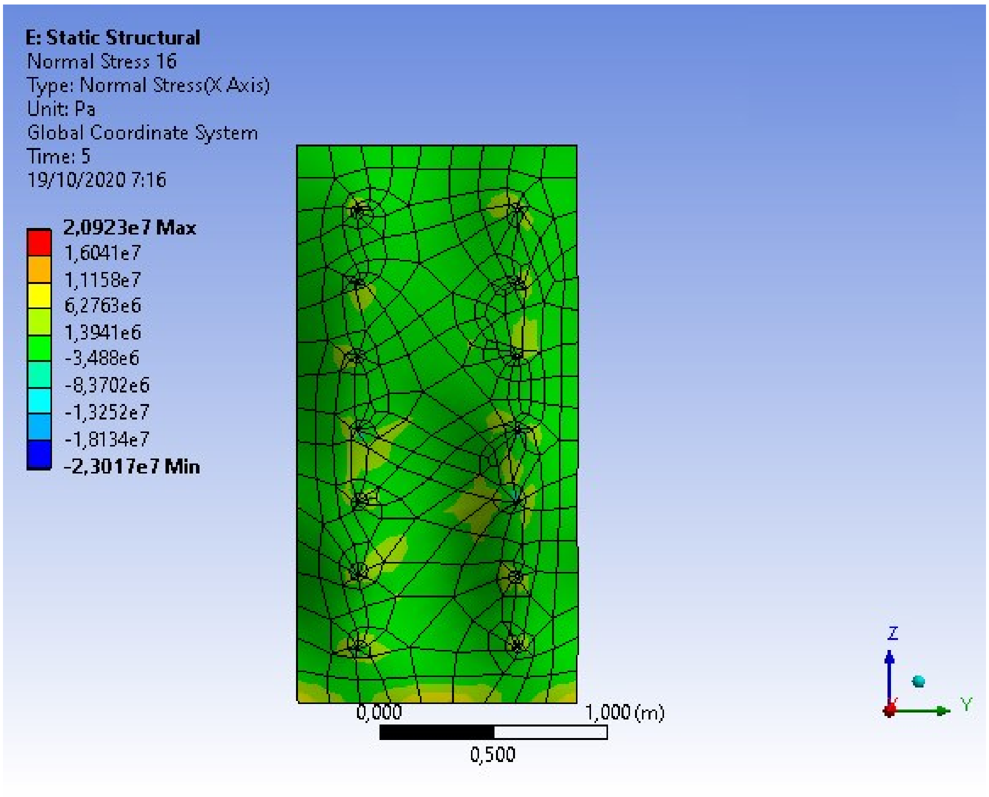
Dari tabel 4.20 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran yaitu 0,017395 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,016839 MPa.

4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada gambar 4.41 dan 4.42 adalah tegangan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran.



Gambar 4.41: Tegangan *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat *full* pengecoran



Gambar 4.42: Tegangan *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat *full* pengecoran

Pada gambar 4.41 dan 4.42 nilai tegangan yang diambil yaitu nilai tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.21 dibawah ini.

Tabel 4.21: Tegangan *plywood* pada jarak *tie rod* 0,32 m saat *full* pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	-0,022439	-0,013757
2,0	-0,022502	-0,013789
3,0	-0,022499	-0,013794
4,0	-0,022499	-0,013796
4,2	-0,022499	-0,013796
4,4	-0,022499	-0,013795
4,6	-0,022499	-0,013796
4,8	-0,022499	-0,013796
5,0	-0,022499	-0,013796

Dari tabel 4.21 diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran yaitu 0,022502 MPa. Sedangkan nilai tegangan terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,013796 MPa.

5. Perbandingan tegangan *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

Nilai tegangan yang terjadi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.22 dibawah ini.

Tabel 4.22: Perbandingan tegangan pada *plywood* jarak *tie rod* 0,32

Tahap Pengecoran	Tegangan (MPa)	
	P1	P2
1/4	-0,035585	-0,012328
1/2	-0,011793	0,027462
3/4	0,017395	0,016839
Full	-0,022439	-0,013757

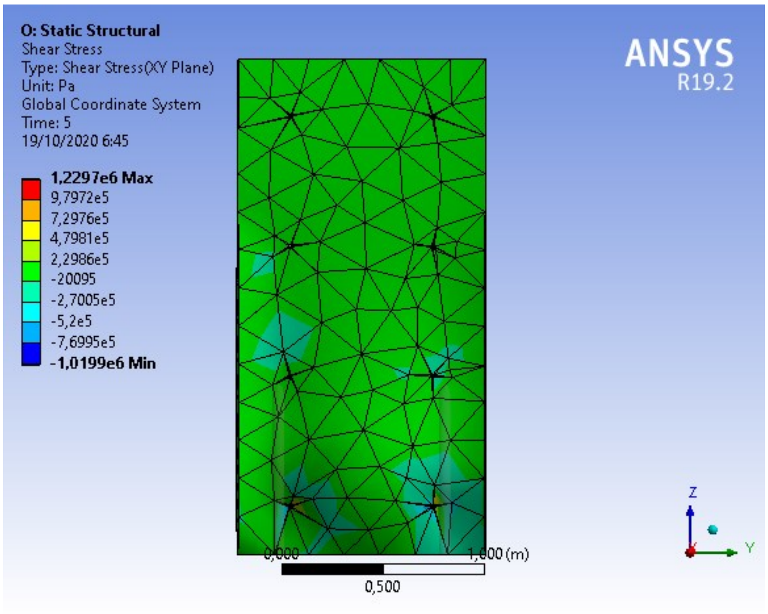
Pada tabel diatas dapat dilihat data-data tegangan *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa terbesar terbesar terdapat pada *plywood* 2 (dua) pada saat 1/2 pengecoran dengan nilai 0,027462 Mpa. Sedangkan tegangan *plywood* terkecil terjadi pada *plywood* 1 (satu) dengan nilai 0,012328 MPa.

4.6. Tegangan Geser

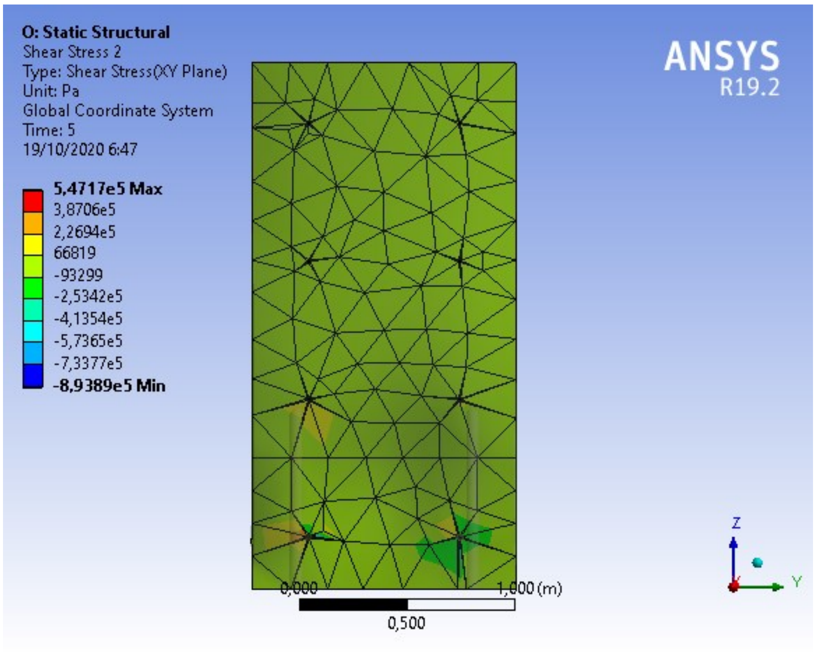
4.6.1. *Tie Rod* Jarak 0,64

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.43 dan 4.44 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran.



Gambar 4.43: Tegangan geser *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran



Gambar 4.44: Tegangan geser *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.43 dan 4.44 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.23 dibawah ini.

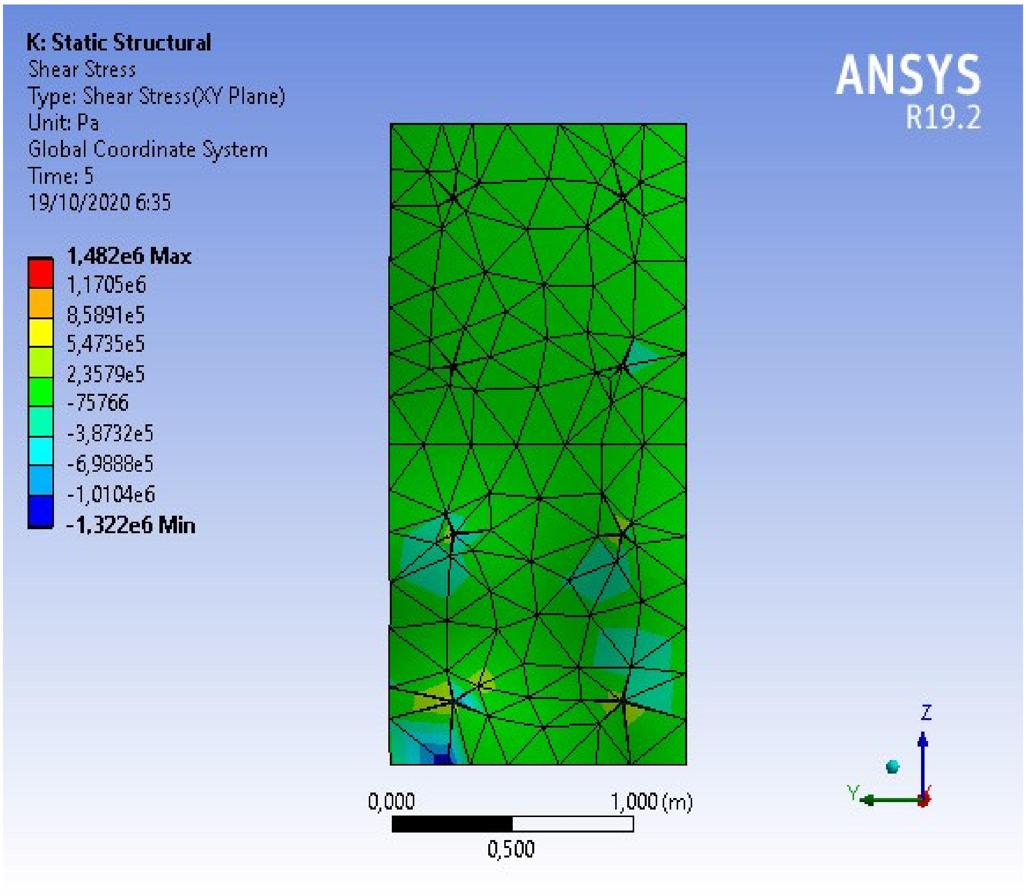
Tabel 4.23: Geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat 1/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,0067873	-0,0083133
2,0	0,0067521	-0,008284
3,0	0,0067526	-0,0082723
4,0	0,0067639	-0,0082613
4,2	0,0067665	-0,0082526
4,4	0,0067727	-0,0082373
4,6	0,0067826	-0,0082227
4,8	0,0067963	-0,0082128
5,0	0,0068063	-0,0082105

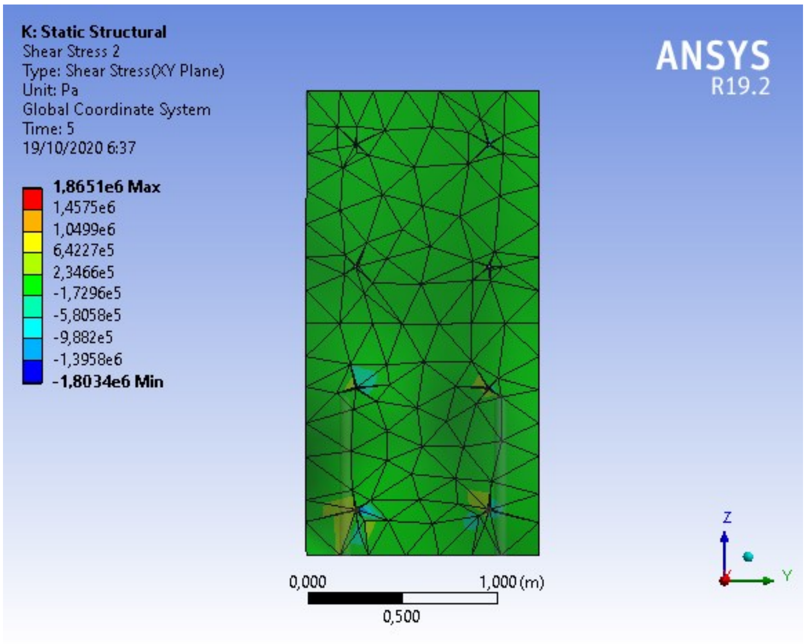
Dari tabel 4.23 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran yaitu 0,0068063 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,0083133 MPa.

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.45 dan 4.46 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran.



Gambar 4.45: Tegangan geser *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/2 pengecoran



Gambar 4.46: Tegangan geser *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.45 dan 4.46 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.24 dibawah ini.

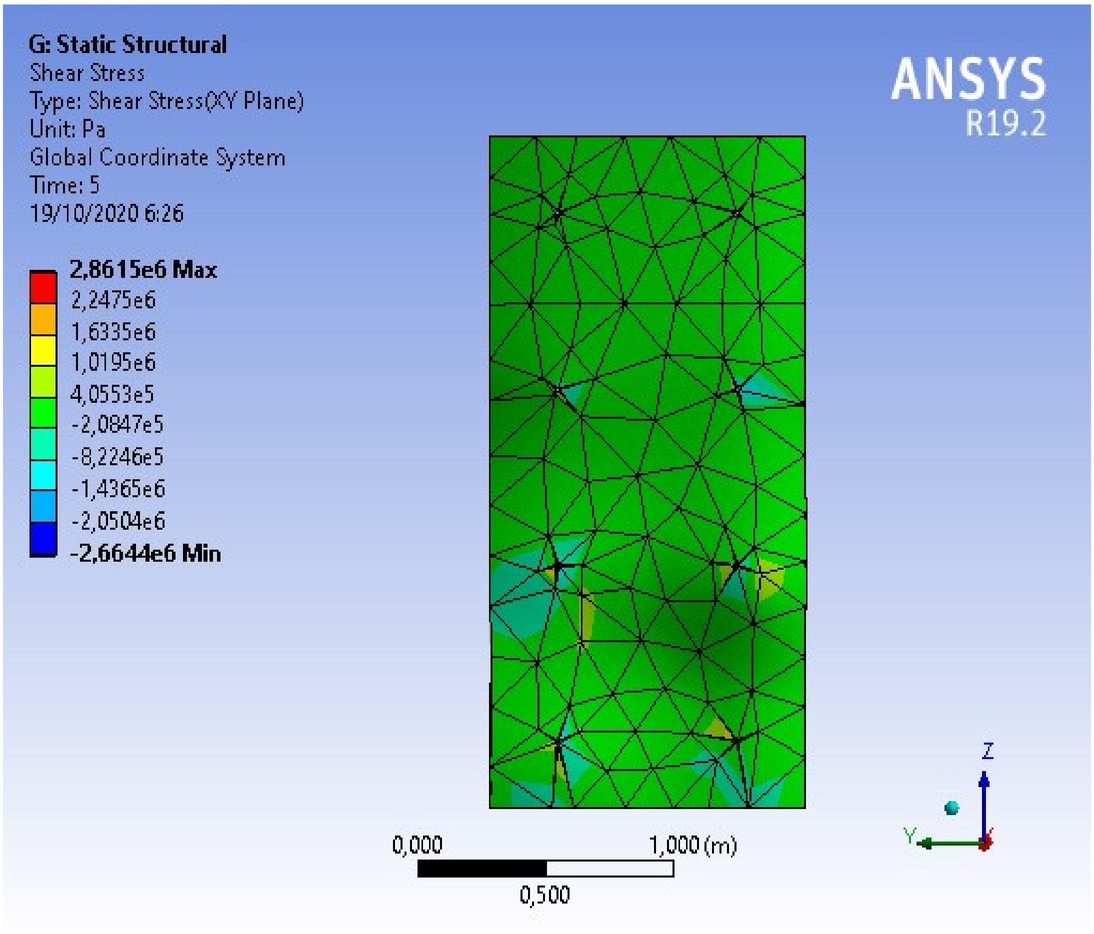
Tabel 4.24: Geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat 1/2 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,0083513	0,0083513
2,0	0,0083621	0,0083621
3,0	0,0083551	0,0083551
4,0	0,0083488	0,0083488
4,2	0,0083355	0,0083355
4,4	0,0083062	0,0083062
4,6	0,0082845	0,0082845
4,8	0,0082537	0,0082537
5,0	0,0082273	0,0082273

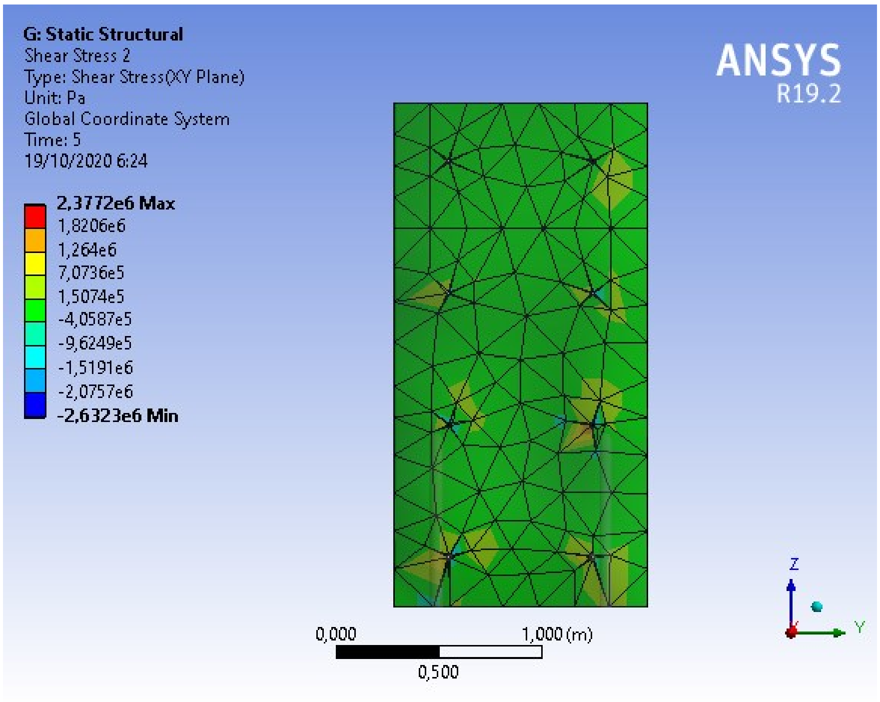
Dari tabel 4.24 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran yaitu 0,0083621 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,0083621 MPa.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.47 dan 4.48 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran.



Gambar 4.47: Tegangan Geser *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 3/4 pengecoran



Gambar 4.48: Tegangan Geser *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.47 dan 4.48 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.25 dibawah ini.

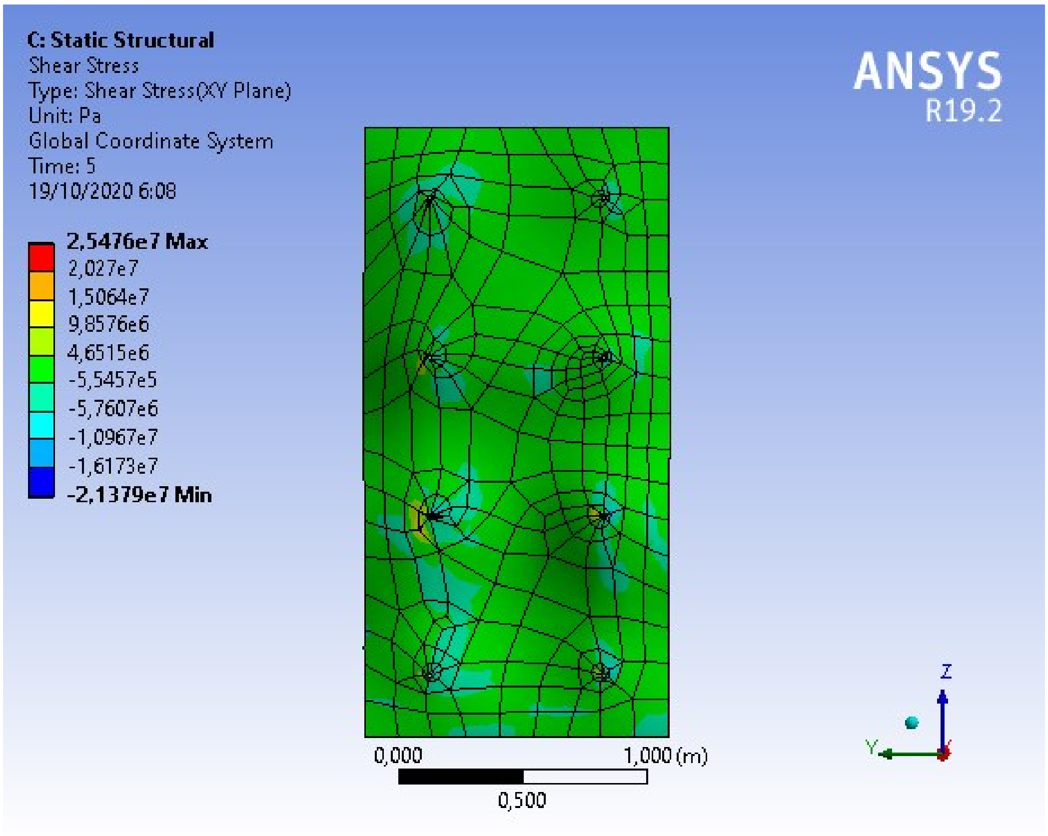
Tabel 4.25: Geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat 3/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,045511	-0,023413
2,0	0,045593	-0,024398
3,0	0,045835	-0,024476
4,0	0,04583	-0,024475
4,2	0,045898	-0,024485
4,4	0,045939	-0,024488
4,6	0,046017	-0,024492
4,8	0,04605	-0,024447
5,0	0,046096	-0,024412

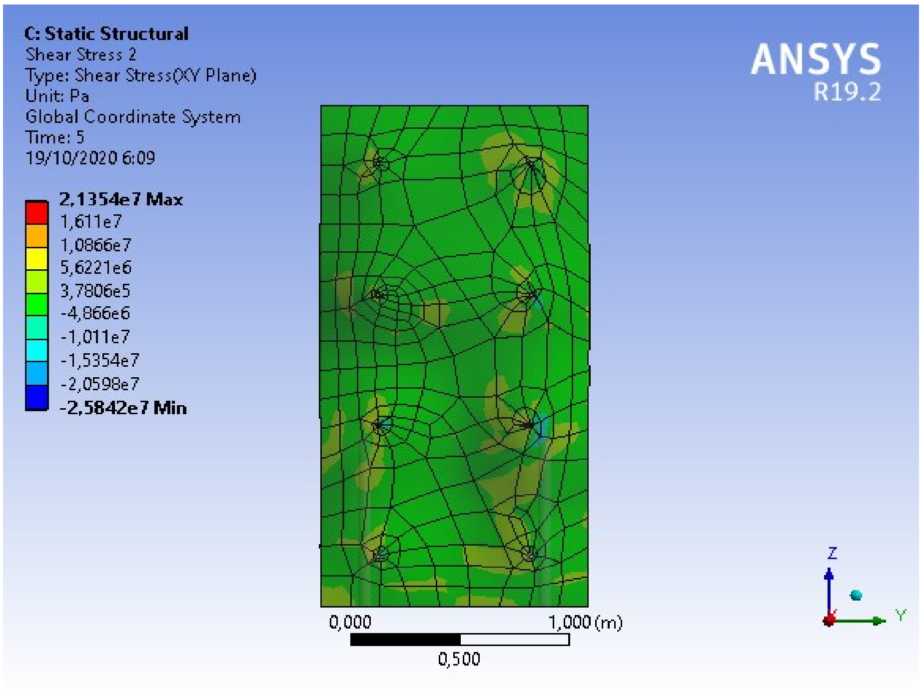
Dari tabel 4.25 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran yaitu 0,046096 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,024492 MPa.

4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada gambar 4.49 dan 4.50 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran.



Gambar 4.49: Tegangan Geser *Plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat *full* pengecoran



Gambar 4.50: Tegangan Geser *Plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat *full* pengecoran

Pada gambar 4.49 dan 4.50 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan pressure beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.26 dibawah ini.

Tabel 4.26: Geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat *full* pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,10178	-0,10379
2,0	0,10176	-0,10378
3,0	0,10176	-0,10377
4,0	0,10176	-0,10377
4,2	0,10176	-0,10377
4,4	0,10176	-0,10377
4,6	0,10176	-0,10377
4,8	0,10176	-0,10377
5,0	0,10176	-0,10377

Dari tabel 4.26 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran yaitu 0,10178 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,10379 MPa.

5. Perbandingan geser *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

Nilai tegangan geser yang terjadi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.27 dibawah ini.

Tabel 4.27: Perbandingan geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

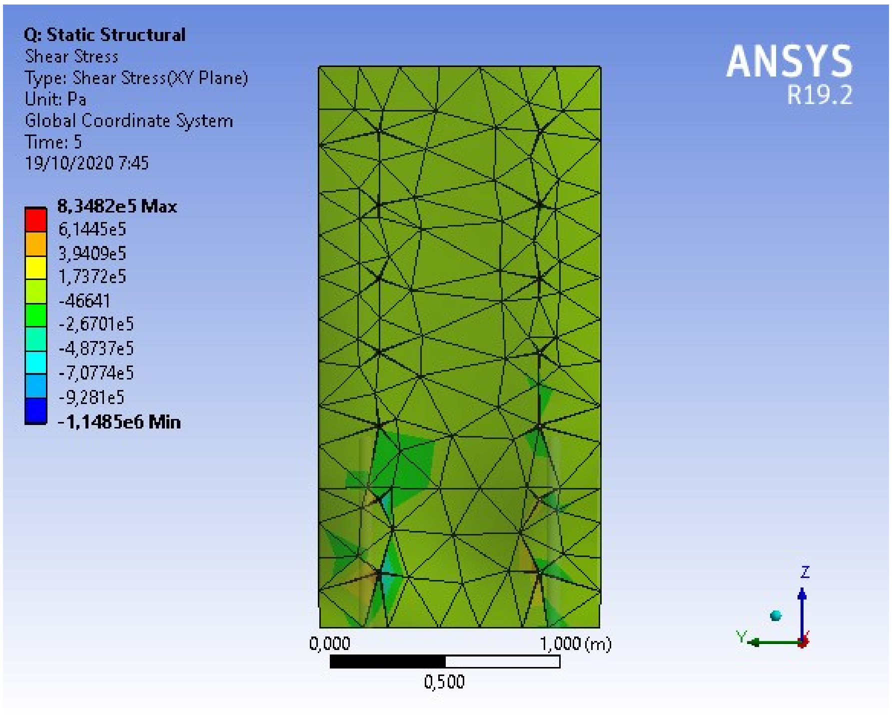
Tahap Pengecoran	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
1/4	0,0068063	-0,0082105
1/2	0,0083621	0,0083621
3/4	0,046096	-0,023413
Full	0,10178	-0,10377

Pada tabel diatas dapat dilihat data-data tegangan geser *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa terbesar terbesar terdapat pada *plywood* 2 (dua) pada saat *full* pengecoran dengan nilai 0,10377 MPa. Sedangkan tegangan geser *plywood* terkecil terjadi pada *plywood* 1 (satu) pada saat 1/4 pengecoran dengan nilai 0,0068063 MPa.

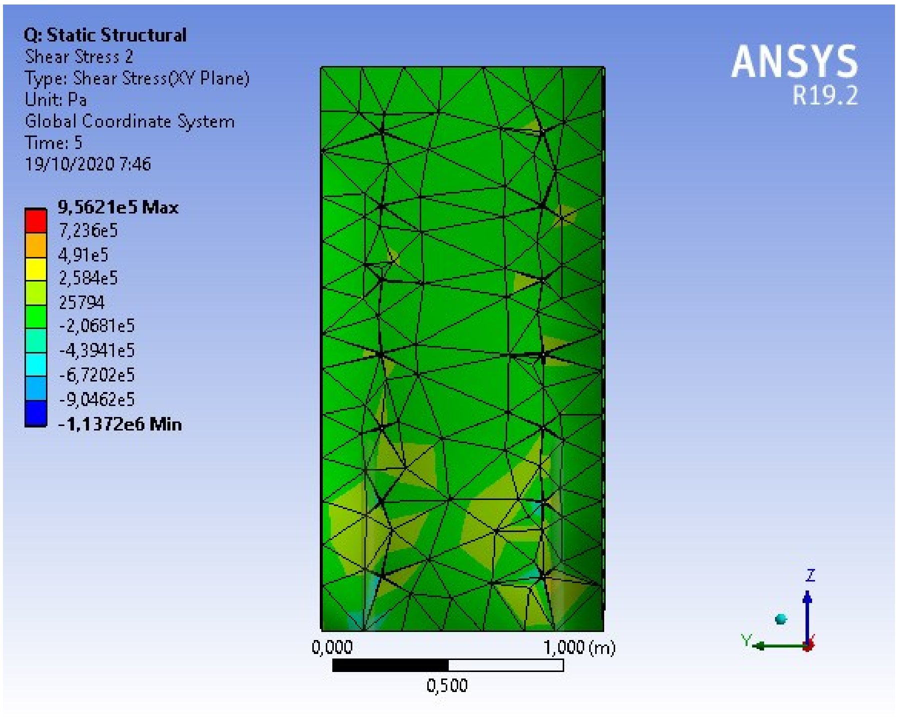
4.6.2. *Tie Rod* Jarak 0,32

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.51 dan 4.52 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran.



Gambar 4.51: Tegangan geser *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/4 pengecoran



Gambar 4.52: Tegangan geser *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.51 dan 4.52 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.28 dibawah ini.

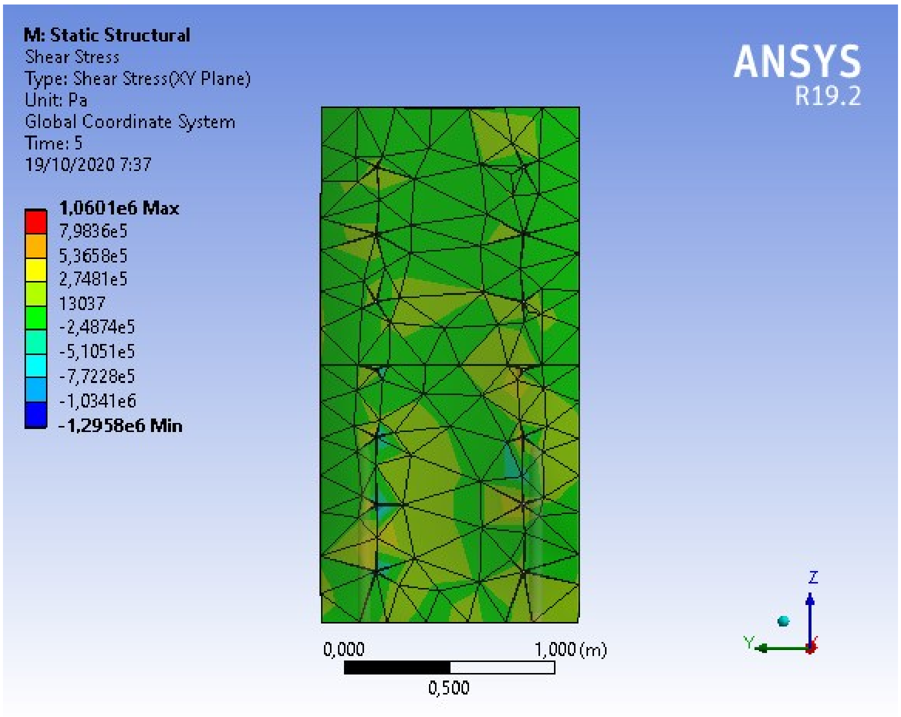
Tabel 4.28: Geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat 1/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,0022958	-0,0065086
2,0	0,0027027	-0,0064636
3,0	0,002726	-0,0064575
4,0	0,0027482	-0,0064586
4,2	0,0027605	-0,0064598
4,4	0,002775	-0,0064618
4,6	0,0027744	-0,006463
4,8	0,0027697	-0,0064628
5,0	0,0027677	-0,00646

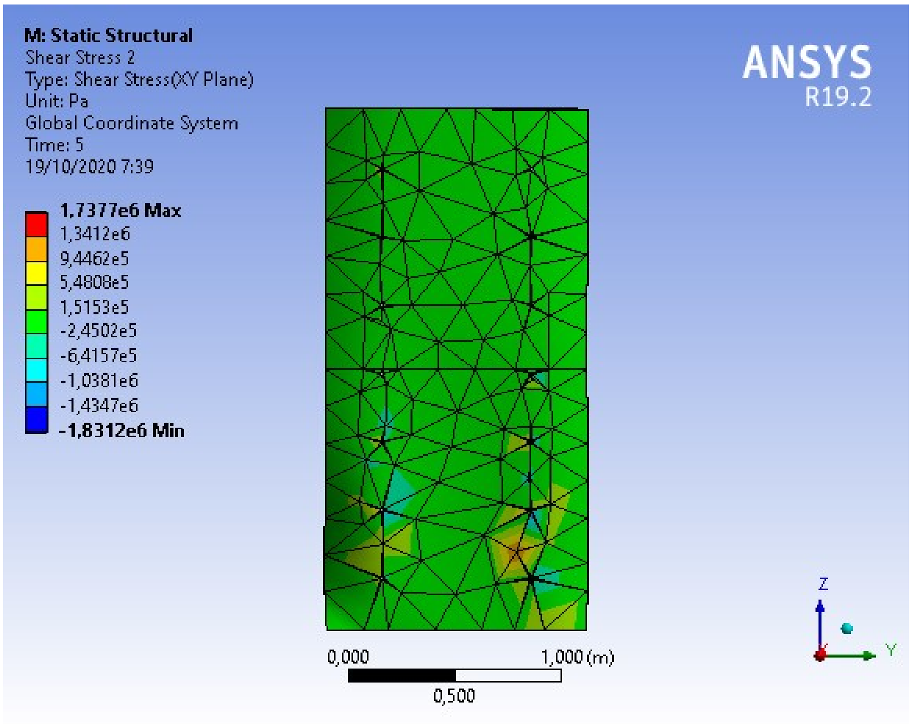
Dari tabel 4.28 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran yaitu 0,002775 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,0064636 MPa.

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.53 dan 4.54 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran.



Gambar 4.53: Tegangan geser *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/2 pengecoran



Gambar 4.54: Tegangan geser *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.53 dan 4.54 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.29 dibawah ini.

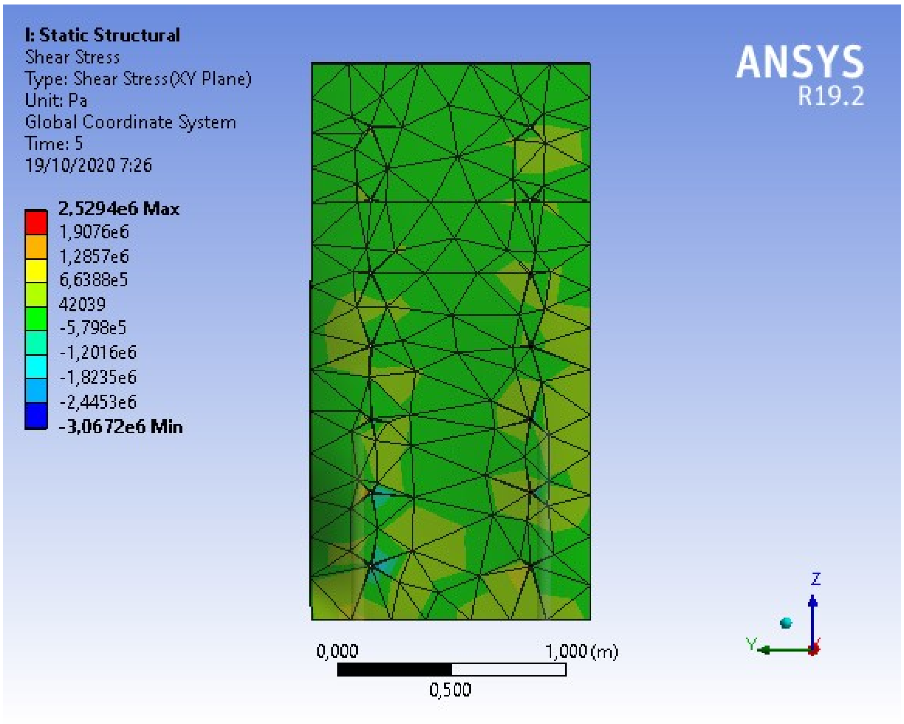
Tabel 4.29: Geser *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat 1/2 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	-0,000346	-0,016294
2,0	-0,0002268	-0,016805
3,0	-0,0002413	-0,016821
4,0	-0,0002592	-0,016813
4,2	-0,0002732	-0,016816
4,4	-0,0003017	-0,016803
4,6	-0,0003278	-0,016800
4,8	-0,0003489	-0,016794
5,0	-0,0003584	-0,016796

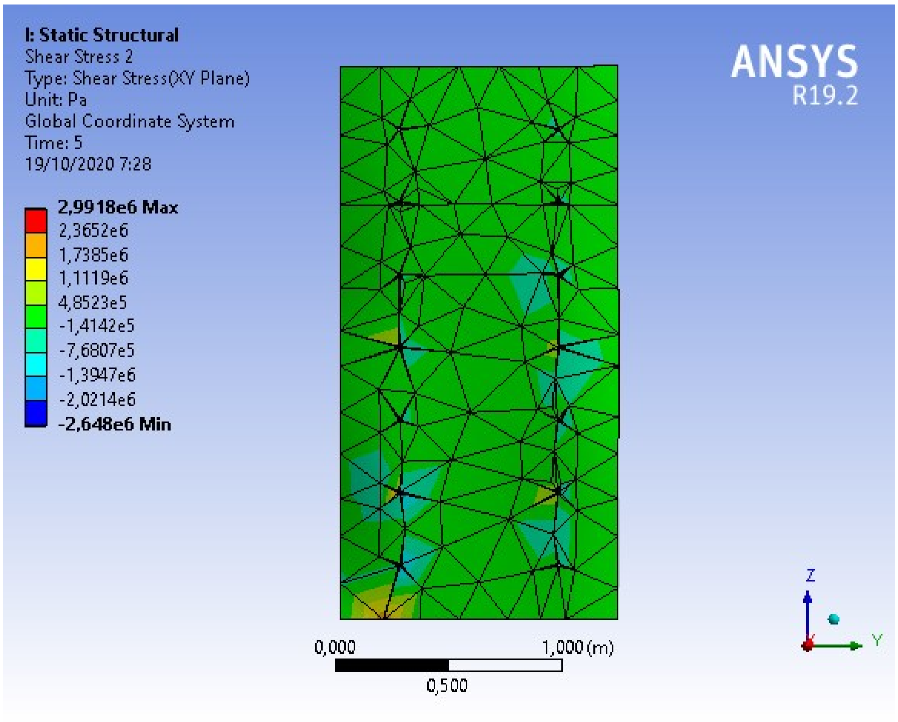
Dari tabel 4.29 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran yaitu 0,0003584 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,016821 MPa.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.55 dan 4.56 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran.



Gambar 4.55: Tegangan geser *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 3/4 pengecoran



Gambar 4.56: Tegangan geser *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.55 dan 4.56 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.30 dibawah ini.

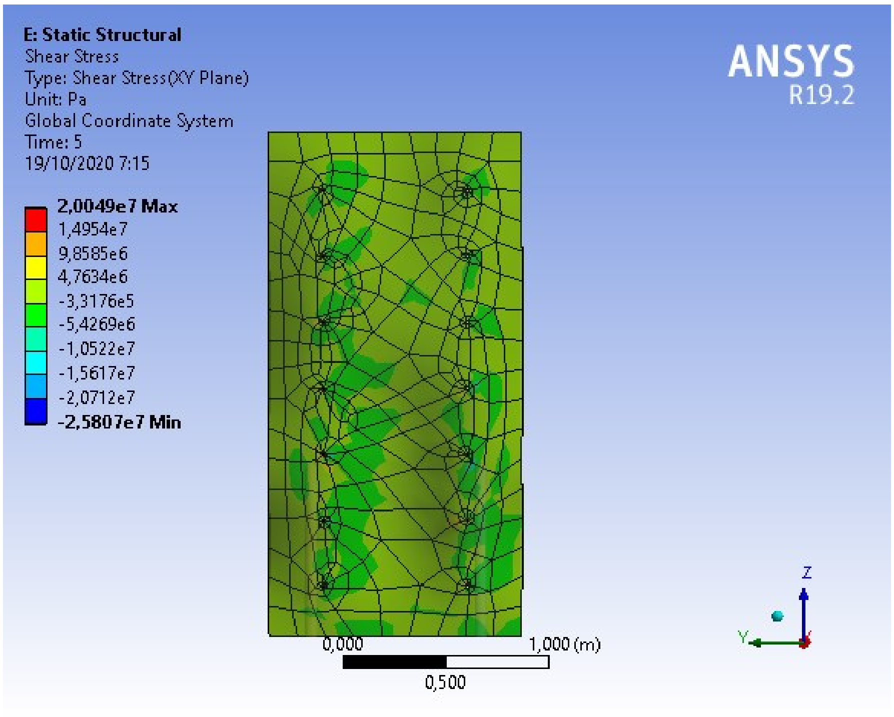
Tabel 4.30: Geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat 3/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,0020885	-0,027237
2,0	0,0023126	-0,027254
3,0	0,0023092	-0,027265
4,0	0,0023191	-0,027266
4,2	0,0023177	-0,027268
4,4	0,0023164	-0,02727
4,6	0,0023136	-0,027271
4,8	0,0023129	-0,027271
5,0	0,0023135	-0,027271

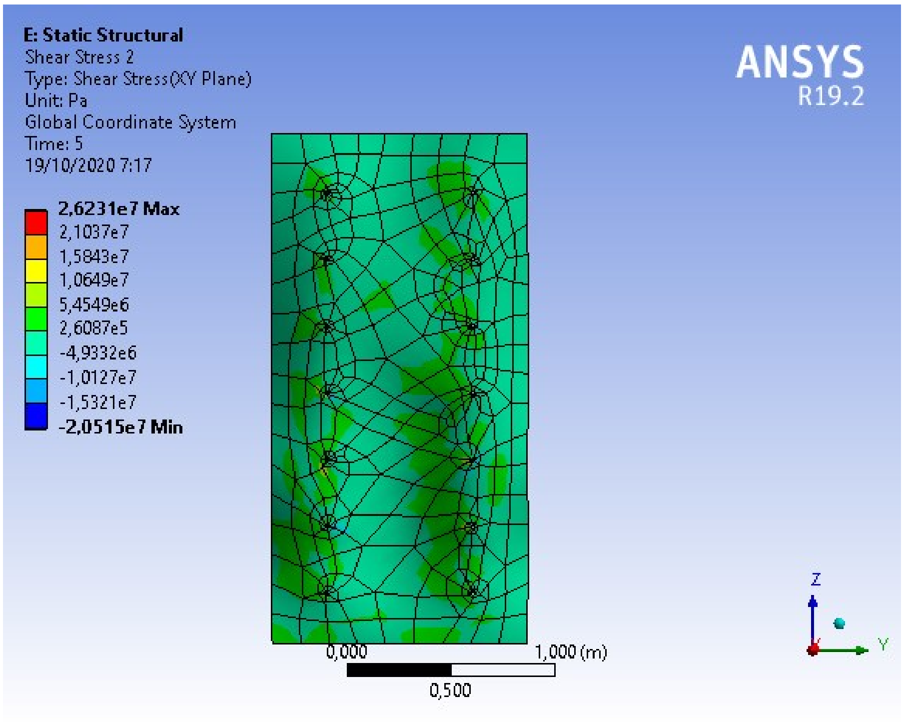
Dari tabel 4.30 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban pressure saat 3/4 pengecoran yaitu 0,0023191 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,027271 MPa.

4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada gambar 4.57 dan 4.58 adalah tegangan geser yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran.



Gambar 4.57: Tegangan geser *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat *full* pengecoran



Gambar 4.58: Tegangan geser *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat *full* pengecoran

Pada gambar 4.57 dan 4.58 nilai tegangan geser yang diambil yaitu nilai tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai tegangan geser P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.31 dibawah ini.

Tabel 4.31: Geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat *full* pengecoran

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,025403	-0,01713
2,0	0,025406	-0,0171
3,0	0,025416	-0,017101
4,0	0,025419	-0,017101
4,2	0,025419	-0,017101
4,4	0,025419	-0,017101
4,6	0,025419	-0,017101
4,8	0,025419	-0,017101
5,0	0,025419	-0,017101

Dari tabel 4.31 diatas dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan tegangan geser terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran yaitu 0,025419 MPa. Sedangkan nilai tegangan geser terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,01713 MPa.

5. Perbandingan Tegangan geser *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m

Nilai tegangan geser yang terjadi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.32 dibawah ini.

Tabel 4.32: Perbandingan geser pada *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m

Tahap Pengecoran	Tegangan Geser (MPa)	
	P1	P2
1/4	0,0027750	-0,006458
1/2	-0,0002268	-0,016294
3/4	0,0023191	-0,027237
Full	0,0254190	-0,017100

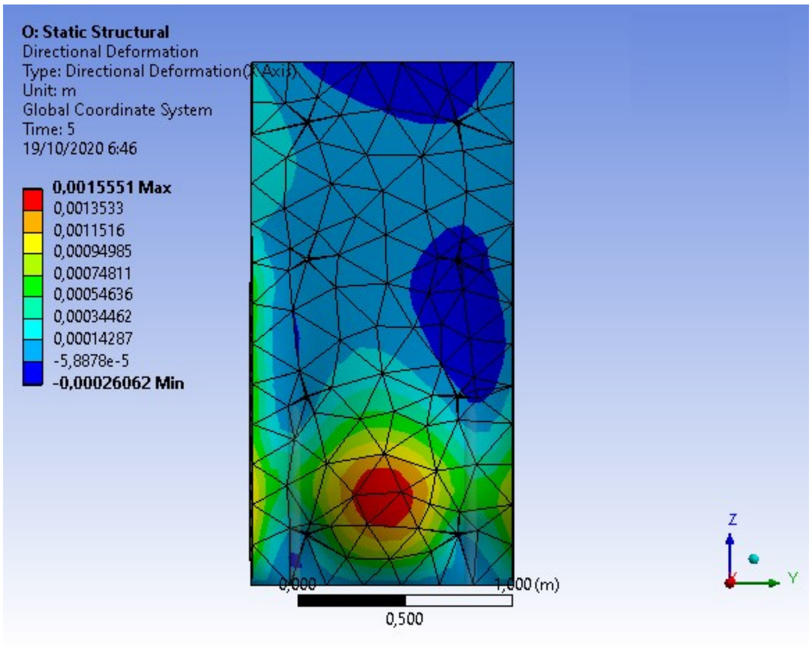
Pada tabel diatas dapat dilihat data-data tegangan geser *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa terbesar terbesar terdapat pada *plywood* 2 (dua) pada saat 3/4 pengecoran dengan nilai 0,027237 MPa. Sedangkan tegangan geser *plywood* terkecil terjadi pada *plywood* 1 (satu) pada saat 1/2 pengecoran dengan nilai 0,0002268 MPa.

4.7. Defleksi

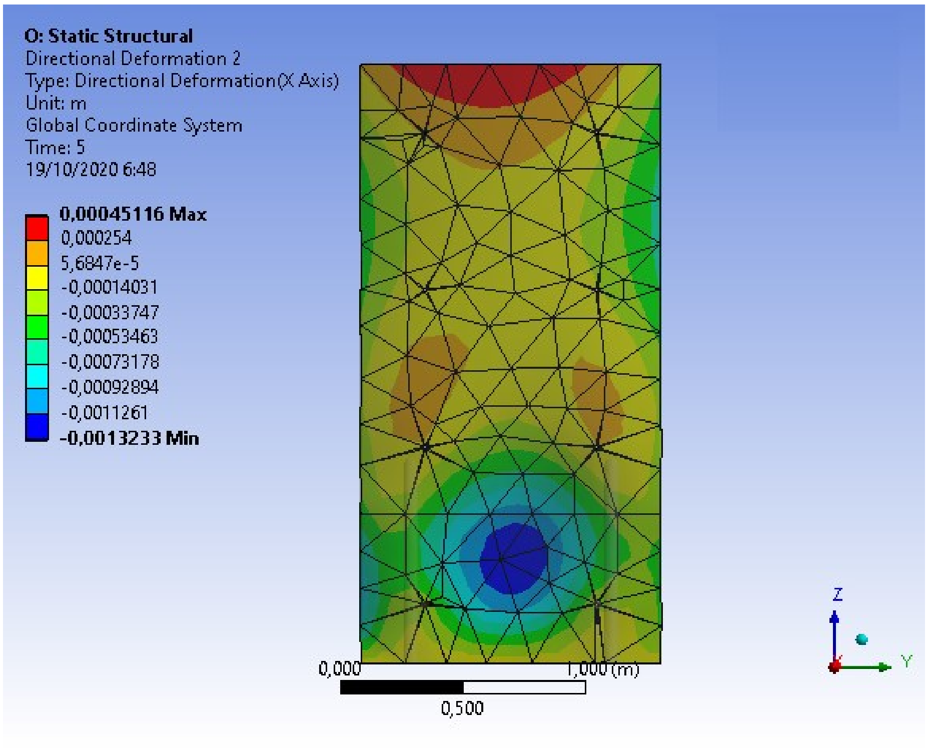
4.7.1. *Tie Rod* Jarak 0,64

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.59 dan 4.60 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran.



Gambar 4.59: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran



Gambar 4.60: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.59 dan 4.60 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.33 dibawah ini.

Tabel 4.33: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat 1/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,15367	-0,15073
2,0	0,15413	-0,15107
3,0	0,15408	-0,15102
4,0	0,15412	-0,15102
4,2	0,15411	-0,15099
4,4	0,15411	-0,15094

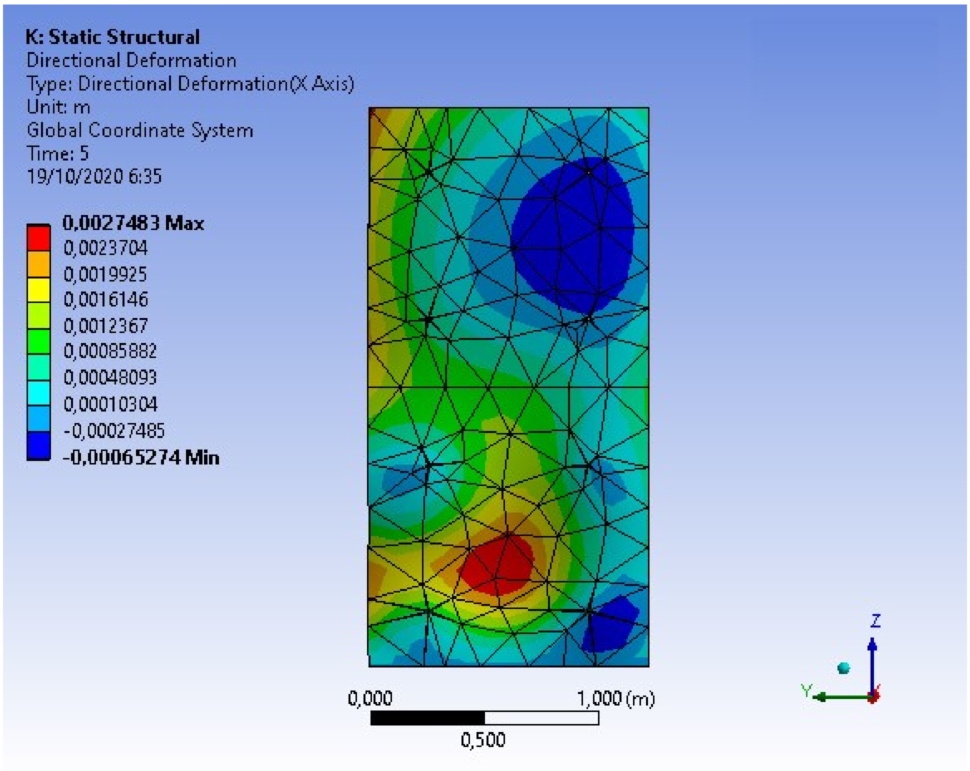
Tabel 4.33: *Lanjutan*

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
4,6	0,15399	-0,15083
4,8	0,15383	-0,15071
5,0	0,15368	-0,15062

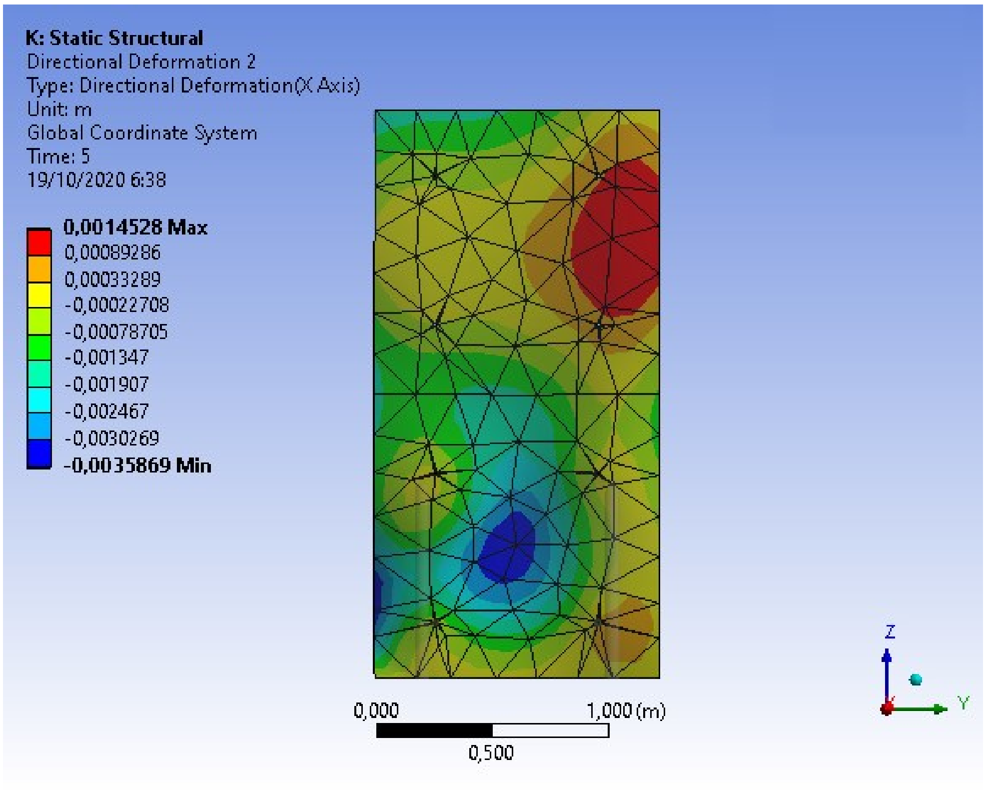
Dari tabel 4.33 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran yaitu 0,15413 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,15107 mm.

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.61 dan 4.62 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran.



Gambar 4.61: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/2 pengecoran



Gambar 4.62: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.61 dan 4.62 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.34 dibawah ini.

Tabel 4.34: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat 1/2 pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,54718	-0,34766
2,0	0,54705	-0,34758
3,0	0,54776	-0,34825
4,0	0,54772	-0,34815
4,2	0,54782	-0,34818

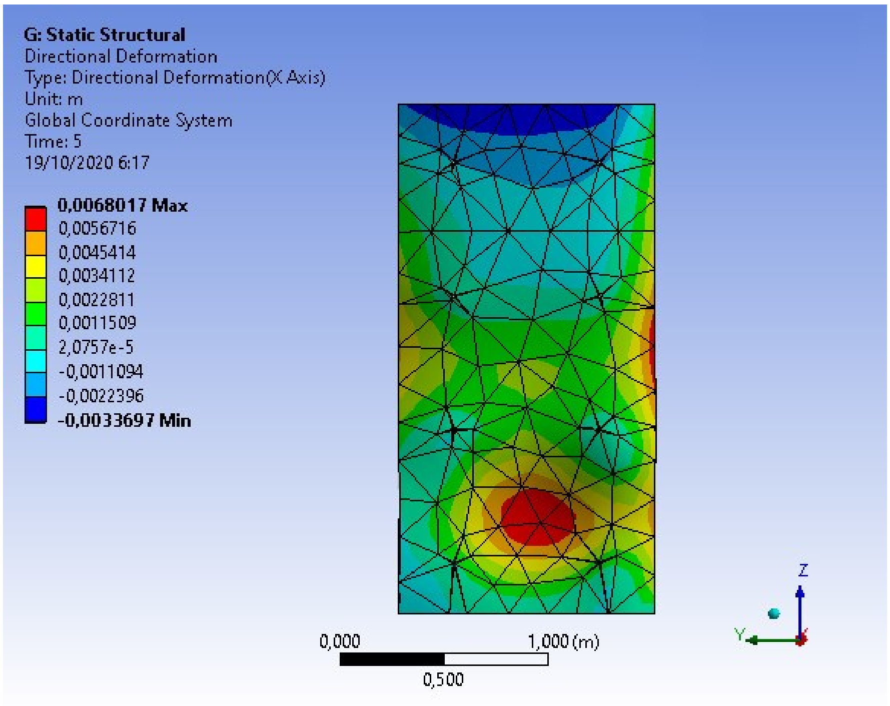
Tabel 4.34: *Lanjutan*

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
4,4	0,5478	-0,34805
4,6	0,54792	-0,34798
4,8	0,54787	-0,3479
5,0	0,54797	-0,34798

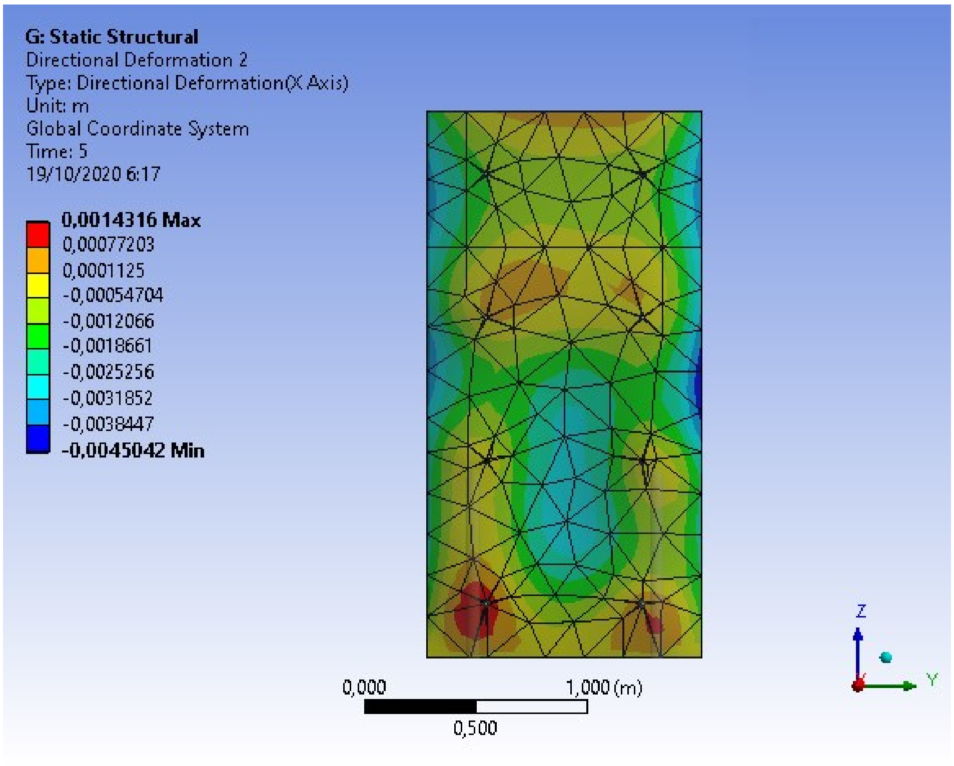
Dari tabel 4.34 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran yaitu 0,54797 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,34825 mm.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.63 dan 4.64 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran.



Gambar 4.63: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 3/4 pengecoran



Gambar 4.64: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.63 dan 4.64 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.35 dibawah ini.

Tabel 4.35: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat 3/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,94927	-0,7136
2,0	0,94987	-0,71419
3,0	0,95094	-0,71513
4,0	0,95092	-0,71508
4,2	0,95114	-0,71517

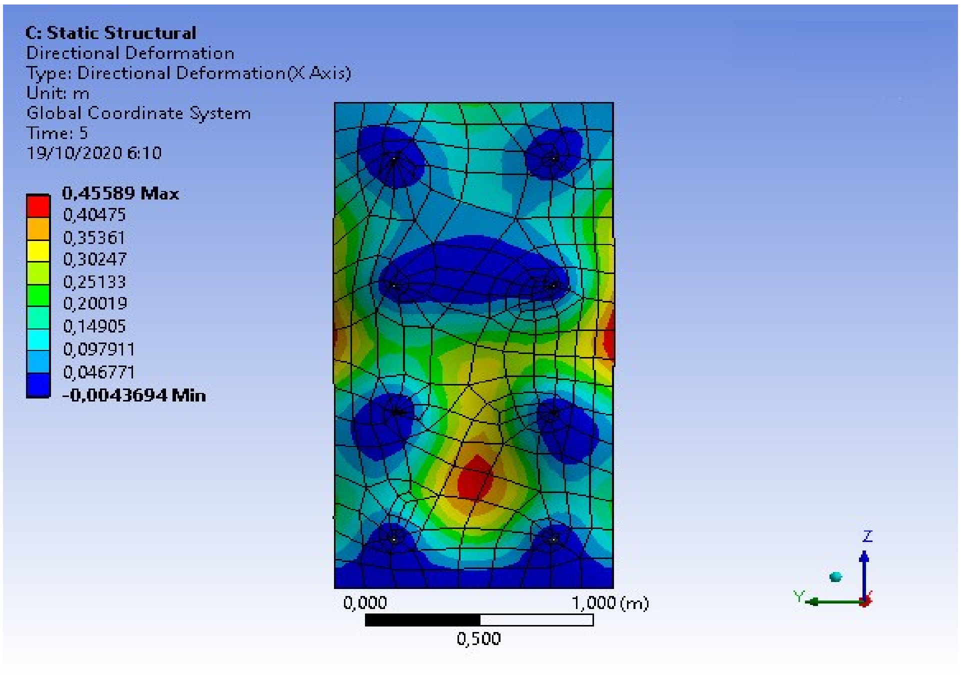
Tabel 4.35: *Lanjutan*

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
4,4	0,95124	-0,71509
4,6	0,95139	-0,71504
4,8	0,95139	-0,7149
5,0	0,95143	-0,71487

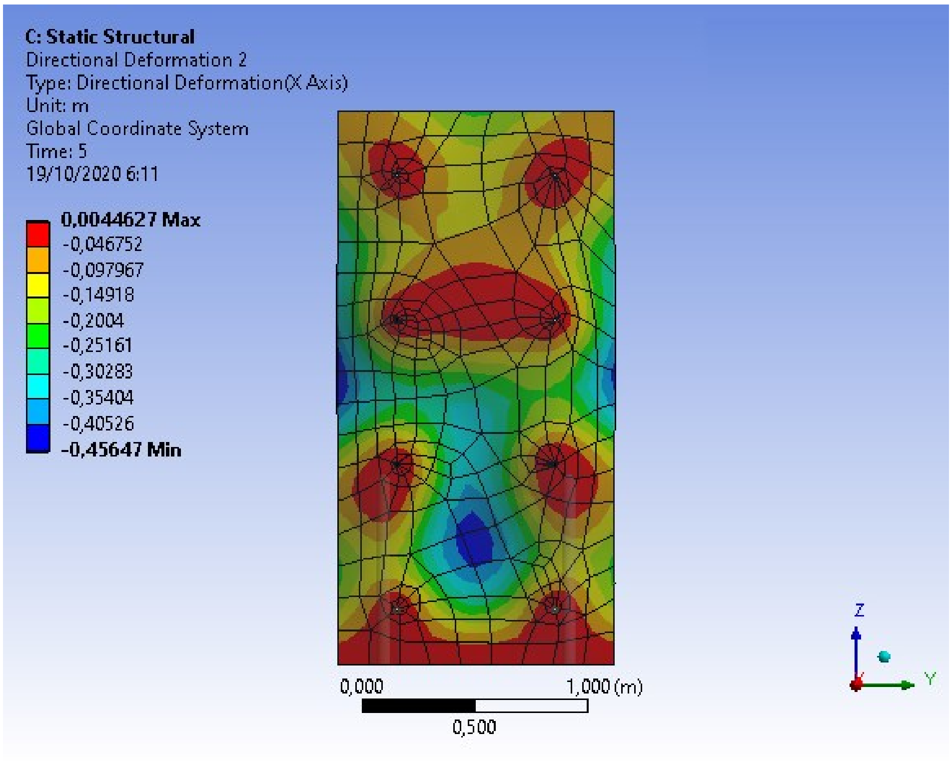
Dari tabel 4.35 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran yaitu 0,95143 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,71517 mm.

4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada gambar 4.65 dan 4.66 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran.



Gambar 4.65: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,64 saat *full* pengecoran



Gambar 4.66: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,64 saat *full* pengecoran

Pada gambar 4.65 dan 4.66 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.36 dibawah ini.

Tabel 4.36: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m saat *full* pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	81,658	-82,059
2,0	81,656	-82,059
3,0	81,657	-82,059
4,0	81,657	-82,059
4,2	81,657	-82,059
4,4	81,657	-82,059
4,6	81,657	-82,059
4,8	81,657	-82,059
5,0	81,657	-82,059

Dari tabel 4.36 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing plywood memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari plywood 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban pressure saat *full* pengecoran yaitu 81,658 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh plywood 2 yaitu 82,059 mm.

5. Perbandingan defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

Nilai tegangan defleksi yang terjadi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.37 dibawah ini.

Tabel 4.37: Perbandingan defleksi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

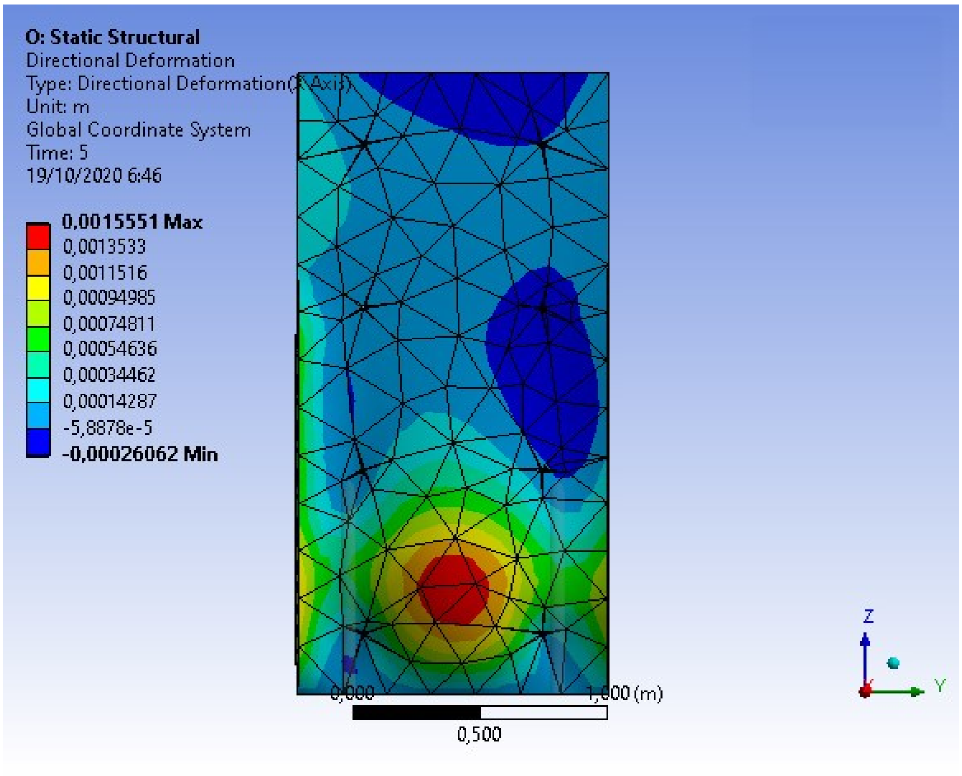
Tahap Pengecoran	Defleksi (mm)	
	P1	P2
1/4	0,15413	-0,15062
1/2	0,54797	-0,34758
3/4	0,95143	-0,7136
Full	81,658	-82,059

Pada tabel diatas dapat dilihat data-data defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa terbesar defleksi terdapat pada *plywood* 2 (dua) pada saat *full* pengecoran dengan nilai 82,059 mm. Sedangkan defleksi *plywood* terkecil terjadi pada *plywood* 2 (dua) pada saat 1/4 pengecoran dengan nilai 0,15062 mm.

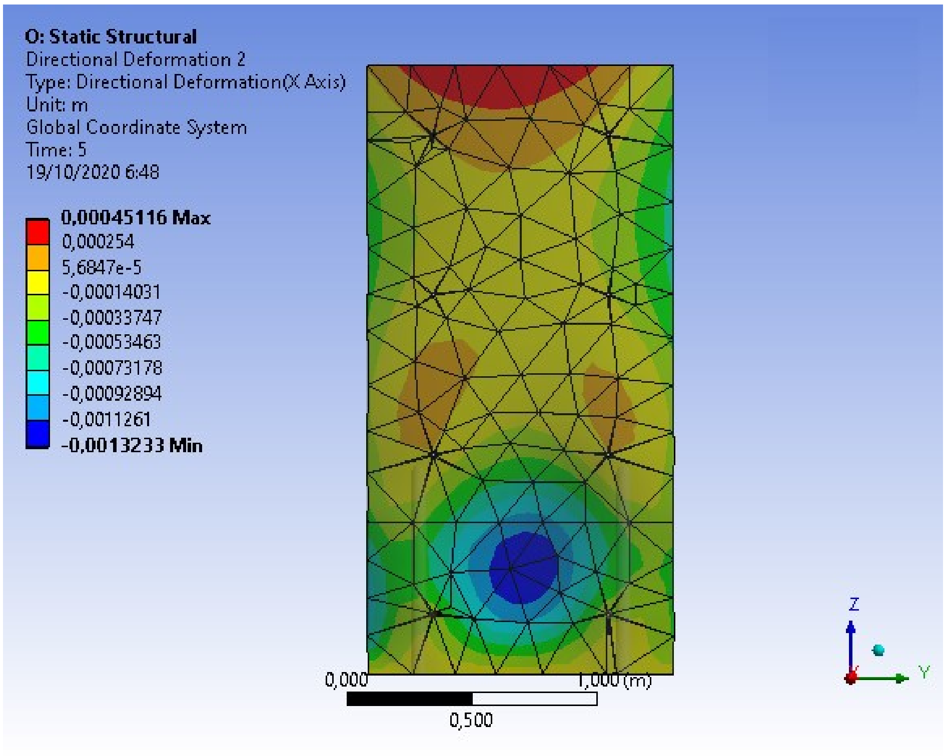
4.7.2. Tie Rod Jarak 0,32

1. Pada saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.67 dan 4.68 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran.



Gambar 4.67: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/4 pengecoran



Gambar 4.68: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/4 pengecoran

Pada gambar 4.67 dan 4.68 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.38 dibawah ini.

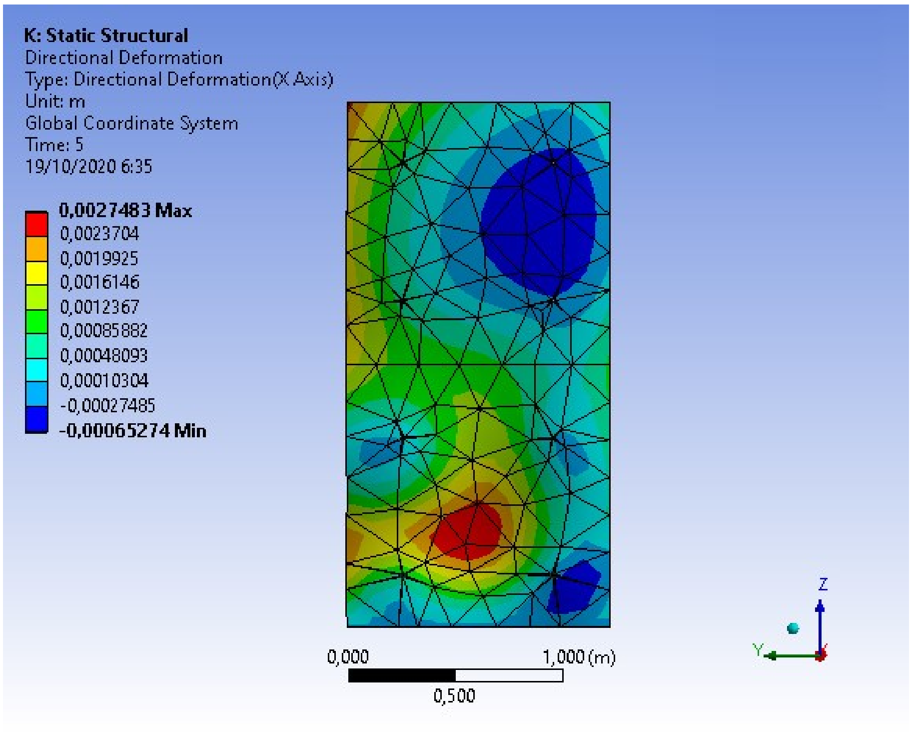
Tabel 4.38: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat 1/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,14425	-0,21111
2,0	0,14719	-0,21372
3,0	0,14741	-0,21392
4,0	0,14751	-0,21401
4,2	0,14752	-0,21402
4,4	0,14751	-0,21401
4,6	0,14744	-0,21396
4,8	0,14738	-0,21390
5,0	0,14740	-0,21392

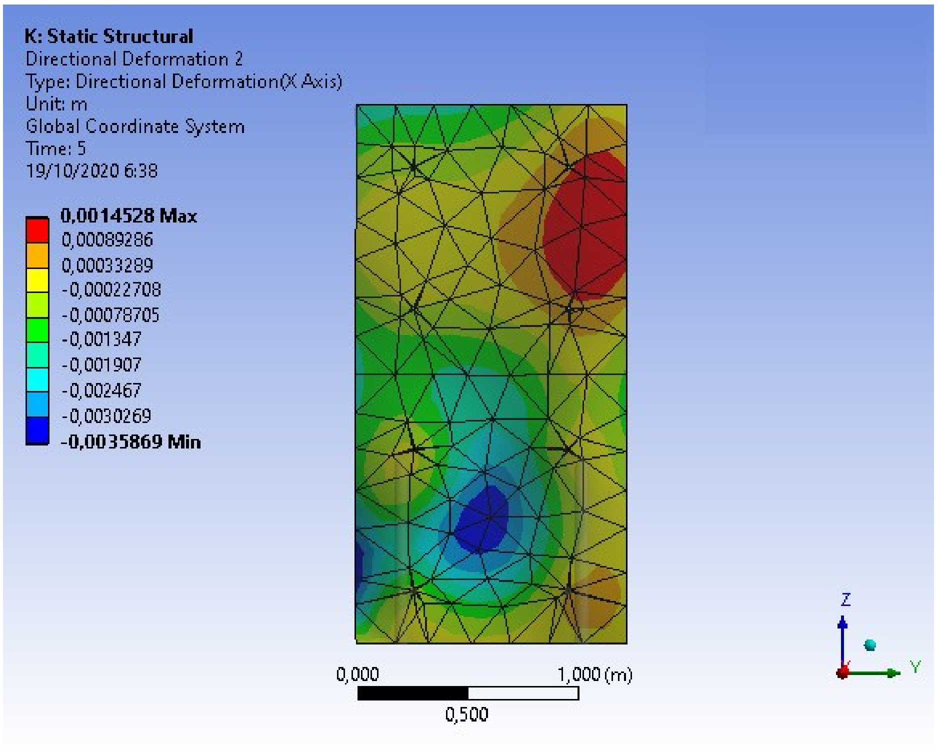
Dari tabel 4.38 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/4 pengecoran yaitu 0,14752 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,21402 mm.

2. Pada saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.69 dan 4.70 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran.



Gambar 4.69: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/2 pengecoran



Gambar 4.70: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 1/2 pengecoran

Pada gambar 4.69 dan 4.70 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.39 dibawah ini.

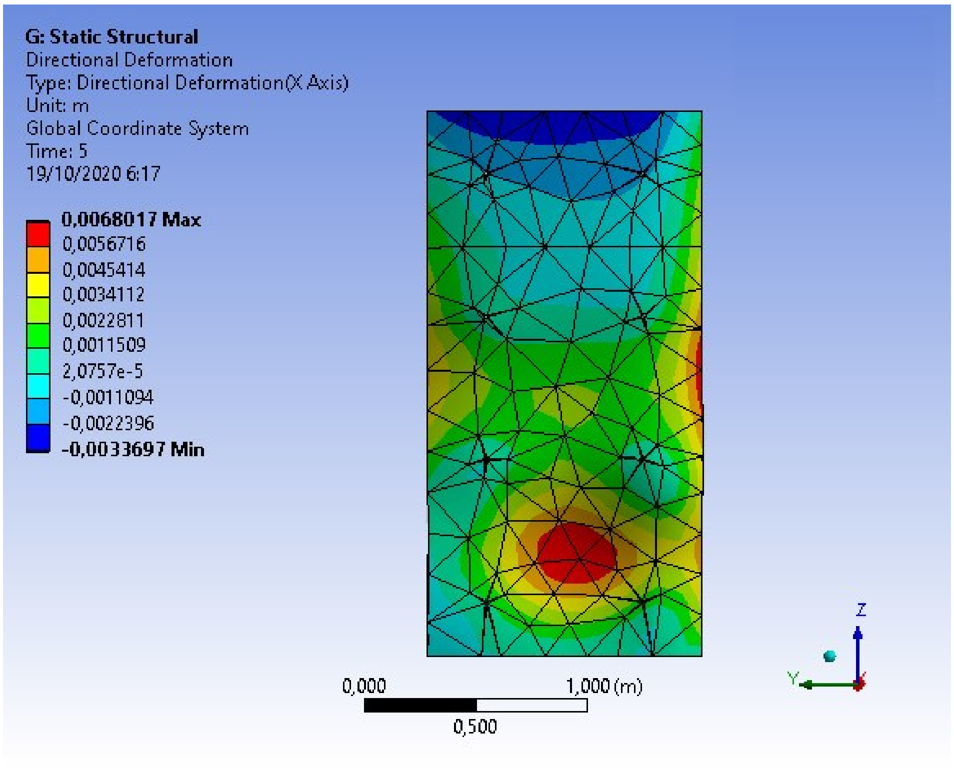
Tabel 4.39: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat 1/2 pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,28543	-0,46780
2,0	0,28922	-0,47257
3,0	0,28959	-0,47307
4,0	0,28962	-0,47312
4,2	0,28961	-0,47319
4,4	0,28958	-0,47319
4,6	0,28954	-0,47324
4,8	0,28951	-0,47321
5,0	0,28950	-0,47328

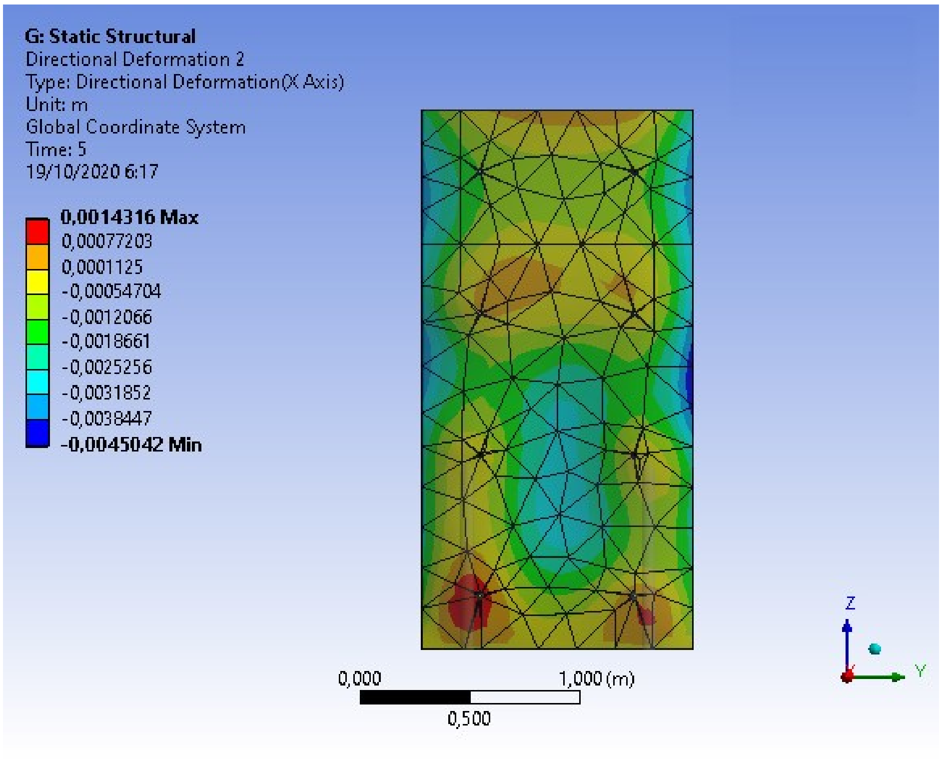
Dari tabel 4.39 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 1/2 pengecoran yaitu 0,28962 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,47328 mm.

3. Pada saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.71 dan 4.72 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran.



Gambar 4.71: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 3/4 pengecoran



Gambar 4.72: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat 3/4 pengecoran

Pada gambar 4.71 dan 4.72 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.40 dibawah ini.

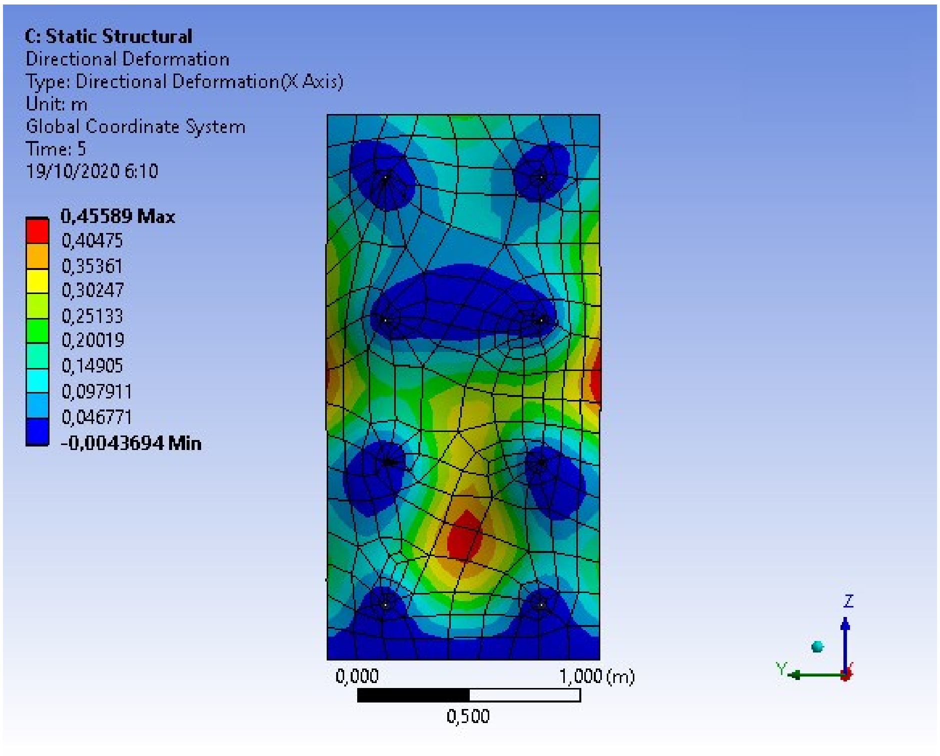
Tabel 4.40: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat 3/4 pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,37797	-0,79856
2,0	0,37826	-0,79882
3,0	0,37836	-0,79889
4,0	0,37843	-0,79892
4,2	0,37845	-0,79893
4,4	0,37848	-0,79894
4,6	0,37848	-0,79894
4,8	0,37849	-0,79894
5,0	0,37848	-0,79894

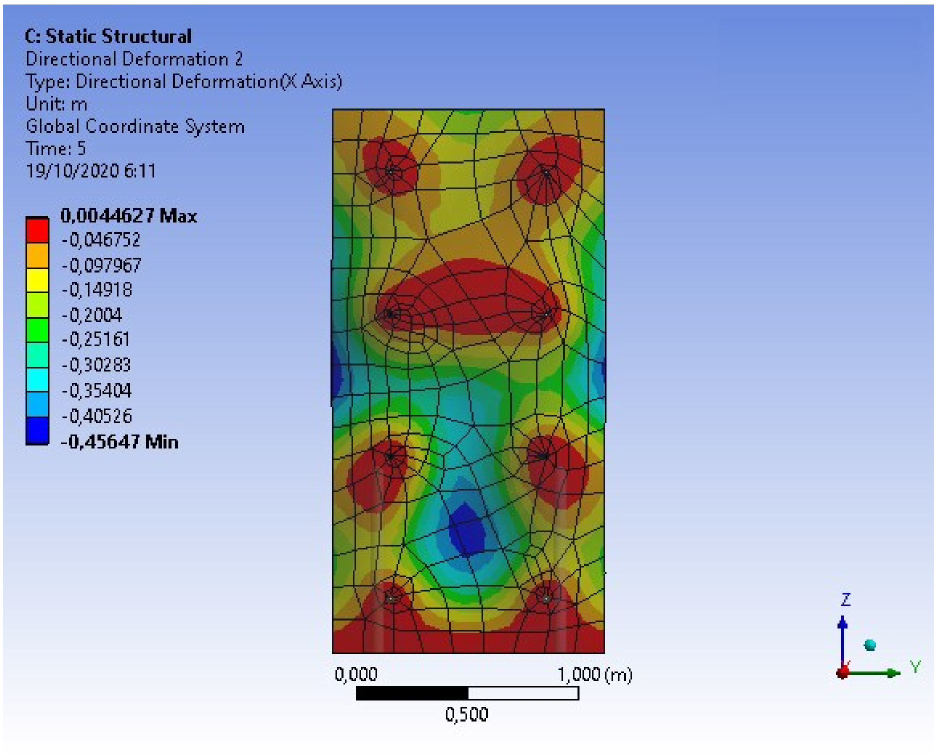
Dari tabel 4.40 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat 3/4 pengecoran yaitu 0,37849 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 0,79894 mm.

4. Pada saat *Full* pengecoran

Pada gambar 4.73 dan 4.74 adalah defleksi yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,64 m oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran.



Gambar 4.73: Defleksi *plywood* 1 pada jarak *tie rod* 0,32 saat *full* pengecoran



Gambar 4.74: Defleksi *plywood* 2 pada jarak *tie rod* 0,32 saat *full* pengecoran

Pada gambar 4.73 dan 4.74 nilai defleksi yang diambil yaitu nilai defleksi rata-rata yang diakibatkan oleh tekanan *pressure* beton cair sehingga didapatkan nilai defleksi P1 dan P2 yang terdapat dalam tabel 4.41 dibawah ini.

Tabel 4.41: Defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,32 m saat *full* pengecoran

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	39,372	-39,537
2,0	39,371	-39,537
3,0	39,371	-39,537
4,0	39,371	-39,537
4,2	39,371	-39,537
4,4	39,371	-39,537
4,6	39,371	-39,537
4,8	39,371	-39,537
5,0	39,371	-39,537

Dari tabel 4.41 diatas dapat diketahui bahwa defleksi yang terjadi pada masing-masing *plywood* memiliki variasi mulai dari ketinggian 0 sampai ketinggian 2,44 m. Dimana dari *plywood* 1 didapatkan defleksi terbesar yang diakibatkan oleh beban *pressure* saat *full* pengecoran yaitu 39,372 mm. Sedangkan nilai defleksi terbesar yang dialami oleh *plywood* 2 yaitu 39,537 mm.

5. Perbandingan defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

Nilai tegangan defleksi yang terjadi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m pada saat 1/4 sampai *full* pengecoran yang dianalisis dengan menggunakan aplikasi elemen hingga, dapat di perhatikan dalam tabel 4.42 dibawah ini.

Tabel 4.42: Perbandingan defleksi pada *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m

Tahap Pengecoran	**Defleksi (Mpa)**	
	P1	**P2**
1/4	0,14752	-0,21111
1/2	0,28962	-0,4678
3/4	0,37849	-0,79856
Full	39,372	-39,537

Pada tabel diatas dapat dilihat data-data defleksi *plywood* jarak *tie rod* 0,64 m dari mulai 1/4 sampai *full* pengecoran. Dimana dapat dilihat bahwa terbesar defleksi terdapat pada *plywood* 2 (dua) pada saat *full* pengecoran dengan nilai 39,537 mm. Sedangkan defleksi *plywood* terkecil terjadi pada *plywood* 1 (satu) pada saat 1/4 pengecoran dengan nilai 0,14752 mm.

4.8. Kontrol *Plywood*

untuk mengetahui apakah bekisting sudah aman dan memenuhi persyaratan, maka bekisting harus di kontrol sesuai yang di syaratkan dalam peraturan sebagai berikut.

4.8.1. *Tie Rod* Jarak 0,64 m

1. Cek tegangan dan tegangan geser

Dalam pemeriksaan keamanan pada bekisting, salah satu yang dikontrol yaitu tegangan normal dan geser pada *plywood* apakah sudah memenuhi izin atau belum. Nilai tegangan dan geser izin pada *plywood* dapat dilihat pada tabel 2.3 yang terdapat pada bab 2.

Tabel 4.43: Tegangan *plywood* terbesar pada jarak *tie rod* 0,64 m

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,075041	0,17118
2,0	0,076809	0,16296
3,0	0,077487	0,15807
4,0	0,077163	0,1542
4,2	0,077147	0,1523
4,4	0,075621	0,15008
4,6	0,071811	0,14875
4,8	0,064979	0,1483
5,0	0,057783	0,14863

Tabel 4.44: Tegangan geser *plywood* terbesar pada jarak *tie rod* 0,64 m

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,10178	-0,10379
2,0	0,10176	-0,10378
3,0	0,10176	-0,10377
4,0	0,10176	-0,10377
4,2	0,10176	-0,10377
4,4	0,10176	-0,10377
4,6	0,10176	-0,10377
4,8	0,10176	-0,10377
5,0	0,10176	-0,10377

Kontrol terhadap tegangan normal:

$\sigma_{max} = 0{,}077487 \text{ MPa} < \sigma_{\text{izin}} = 9{,}0 \text{ MPa}$ (OK)

Kontrol terhadap tegangan Geser:

$\tau_{max} = 0{,}10379 \text{ MPa} < \tau_{\text{izin}} = 1{,}3 \text{ MPa}$ (OK)

Dari pengecekan tegangan dan tegangan geser diatas, bahwa tegangan normal dan geser yang terjadi pada *plywood* masih masih aman dan memenuhi syarat izin walaupun belum memiliki pengaku (*hollow*).

2. Cek defleksi (lendutan)

Dalam pemeriksaan keamanan pada bekisting, salah satu yang dikontrol yaitu defleksi pada *plywood* apakah sudah memenuhi izin atau belum yang dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4.45: Defleksi *plywood* terbesar pada jarak *tie rod* 0,64 m

***Time* (s)**	**Defleksi (mm)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	81,658	-82,059
2,0	81,656	-82,059
3,0	81,657	-82,059
4,0	81,657	-82,059
4,2	81,657	-82,059
4,4	81,657	-82,059
4,6	81,657	-82,059
4,8	81,657	-82,059
5,0	81,657	-82,059

Kontrol:

Δ_{max}= 82,059 mm $> \Delta_{\text{izin}} = \frac{L}{400} = \frac{640}{400} = 1{,}6$ mm (Tidak OK)

Dari kontrol lendutan diatas dapat diketahui bahwa nilai lendutan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak tie rod 0,64 m sangan jauh lebih besar daripada nilai defleksi izin sehingga defleksi pada *tie rod* tidak aman dan tidak memenuhi batas

izin. Itu dikarenakan *plywood* belum di tambah Hollow sebagai pengaku (penguat tegak) atau pengecil momen yang terjadi pada plywood akibat beban pengecoran.

4.8.2. *Tie Rod* Jarak 0,32 m

1. Cek tegangan dan tegangan geser

Dalam pemeriksaan keamanan pada bekisting, salah satu yang dikontrol yaitu Tegangan normal dan Geser pada *plywood* apakah sudah memenuhi izin atau belum. Nilai tegangan dan geser izin pada *plywood* dapat dilihat pada tabel 2.3 yang terdapat pada bab 2

Tabel 4.46: Tegangan *plywood* terbesar pada jarak *tie rod* 0,32 m

***Time* (s)**	**Tegangan (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	-0,011793	0,027462
2,0	-0,016615	0,021376
3,0	-0,019692	0,017591
4,0	-0,021585	0,014979
4,2	-0,022849	0,013152
4,4	-0,024693	0,010644
4,6	-0,026554	0,0089095
4,8	-0,028172	0,0082106
5,0	-0,029039	0,008628

Tabel 4.47: Tegangan geser *plywood* terbesar pada jarak *tie rod* 0,32 m

***Time* (s)**	**Tegangan Geser (MPa)**	
	P1	**P2**
0	0	0
1,0	0,0020885	-0,027237
2,0	0,0023126	-0,027254
3,0	0,0023092	-0,027265
4,0	0,0023191	-0,027266
4,2	0,0023177	-0,027268
4,4	0,0023164	-0,027270
4,6	0,0023136	-0,027271
4,8	0,0023129	-0,027271
5,0	0,0023135	-0,027271

Kontrol terhadap tegangan normal:

σ_{max} = 0,027462 MPa < σ_{izin} = 9,0 MPa (OK)

Kontrol terhadap tegangan Geser:

τ_{max} = 0,027271 MPa < τ_{izin} = 1,3 MPa (OK)

Dari pengecekan tegangan dan tegangan geser diatas, bahwa tegangan normal dan geser yang terjadi pada *plywood* masih masih aman dan memenuhi syarat izin walaupun belum memiliki pengaku (*hollow*).

2. Cek defleksi (lendutan)

Dalam pemeriksaan keamanan pada bekisting, salah satu yang dikontrol yaitu defleksi pada *plywood* apakah sudah memenuhi izin atau belum yang dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4.48: Defleksi *plywood* terbesar pada jarak *tie rod* 0,32 m

Time (s)	Defleksi (mm)	
	P1	P2
0	0	0
1,0	39,372	-39,537
2,0	39,371	-39,537
3,0	39,371	-39,537
4,0	39,371	-39,537
4,2	39,371	-39,537
4,4	39,371	-39,537
4,6	39,371	-39,537
4,8	39,371	-39,537
5,0	39,371	-39,537

Kontrol:

Δ_{max}= 39,537 mm > Δ_{izin}= $\frac{L}{400} = \frac{320}{400}$ = 0,8 mm (Tidak OK)

Dari kontrol lendutan diatas dapat diketahui bahwa nilai lendutan yang terjadi pada *plywood* dengan jarak *tie rod* 0,32 m sangan jauh lebih besar daripada nilai defleksi izin sehingga defleksi pada *tie rod* tidak aman dan tidak memenuhi batas izin. Itu dikarenakan *plywood* belum di tambah *hollow* sebagai pengaku (penguat tegak) atau pengecil momen yang terjadi pada *plywood* akibat beban pengecoran.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa yang dipaparkan pada bab 4, dapat disimpulakan sebagai berikut.

1. Tegangan dan tarik terbesar terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m dimana nilai tegangannya sebesar 80,376 Mpa dan tarik terbesar yaitu 10,663 Mpa.
2. Hubungan tegangan-regangan yang terjadi pada *tie rod* jarak 0,64 m dan 0,32 m yaitu linier elastis. Dikarenakan kemampuan *tie rod* yang besar sehingga masih mampu menahan tekanan yang diakibatkan oleh beban *pressure*.
3. Tegangan normal, tegangan geser, dan defleksi yang terjadi pada *plywood* saat jarak antar *tie rod* 0,64 dan 0,32 bervariasi. Dimana pada jarak *tie rod* 0,64 m tegangan terbesar terjadi pada *plywood* 1 saat 1/2 pengecoran yaitu 0,077487 Mpa, tegangan geser terbesar terjadi pada *plywood* 1 saat *full* pengecoran yaitu 0,10178 Mpa, dan defleksi terbesar terjadi pada *plywood* 2 saat *full* pengecoran yaitu 82,059 mm. sedanganka pada jarak *tie rod* 0,32 m tegangan terbesar terjadi pada *plywood* 2 saat 1/2 pengecoran yaitu 0,02746 Mpa, tegangan geser terbesar terjadi pada *plywood* 2 saat 3/4 pengecoran yaitu 0,027271 Mpa, dan defleksi terbesar terjadi pada plywood 2 saat *full* pengecoran yaitu 39,537 mm.
4. Jarak *tie rod* pada *plywood* cukup berpengaruh untuk memperkecil nilai tegangan, tegangan geser, dan defleksi pada *plywood* serta memperkecil tegangan yang terjadi pada *tie rod* itu sendiri. Dan juga dengan menguji jarak antar *tie rod* dapat mengetahui kebutuhan dan tempat perletakan pengaku pada *plywood* sehingga dapat lebih ekonomis dalam konstruksi bekisting dinding.
5. Dari analisis tersebut, didapatkan bahwa *tie rod* sudah aman digunakan dan memenuhi syarat izin. Sedangkan tengangan normal, tegangan geser pada *plywood* sudah aman dan memenuhi syarat batas izin. Tetapi defleksi yang terjadi pada *plywood* belum aman dan melebihi jauh batas izin. Itu dikarenakan

plywood yang belum diberi pengaku (*hollow*) sehingga lendutan pada *plywood* cukup besar.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diambil dari hasil analisis kekuatan bekisting dengan menggunakan aplikasi elemen hingga yang diperoleh yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang skripsi ini untuk mengecek *hollow* dan menentukan jumlah *hollow* sebagai penguat tegak (pengaku), pipa galvanis (penguat datar), dan penyokong bekisting dengan menggunakan aplikasi elemen hingga.
2. Perlu dilakukan meshing secara teratur agar hasil lebih akurat dan tidak kaku.
3. Perlu dilakukan peninjauan biaya dan pemakaian berulang bekisting dengan perbandingan jarak antar *tie rod* untuk mengetahui efektifitas penggunaan bekisting.
4. Dalam dunia konstruksi perlu diperhatikan analisis kekuatan bekisting dikarenakan semakin maraknya kegagalan konstruksi bekisting atau runtuhnya bekisting pada saat pengecoran.

DAFTAR PUSTAKA

ACI (347-*formwork*), USA

Budhi Dharma. 2010. *Form Work / Bekisting Pada Bangunan Gedung Bertingkat*. Vol.16:1.

DIN 18218

F. Wigbout Ing. 1992. *Buku Pedoman Tentang Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta: Erlangga.

George Hinoiu. 2004. *Wall Formwork Design*. Vol.6:101-108.

Hario, Rosaria, Arif, Riqi. 2017. *Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional, Semi Sistem, dan Sistem (PERI) Pada Kolom Gedung Bertingkat*. Vol.6: 303-313.

Hasriyati Saptowati. 2018. *Analisis Bekisting Pada Pengecoran Dinding Bunker Gedung Iradiator Merah-Putih*. Vol.15.

Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI-5

Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971-NI-2, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Cipta Karya Lembaga Penyelidikan Masalh Bangunan.

Peraturan Standard Beton 1991 (SK.SNI T-15-1991-03).

Peraturan Semen Portland Indonesia NI-8 (1974).

Salmani. 2019. *Metodologi Bekisting Dan Perancah Pada Pekerjaan Konstruksi Bangunan Gedung Dan Sipil*. Yogyakarta: Deepublish.

Wulfram I. Ervianto. 2006. *Eksplorasi Teknologi Dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak dan Bekisting*. Yogyakarta: Andi.

LAMPIRAN 1

DATA BETON DAN HASIL UJI BESI D13

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN
JL. ALMAMATER NO. 1 KAMPUS USU, MEDAN 20155
Telp. : 061-8210371, 8211235, 8213951, Fax : 061-8215845
Jurusan Teknik Sipil: 061-77050264, Fax : 061-8219686

PENGANTAR

Kepada Yth. : Pimpinan **PT. Adhi Karya (Persero)**
Di tempat

Sehubungan dengan permintaan Bapak kepada kami untuk merencanakan komposisi campuran beton dengan kriteria berikut:

No. JMD	TYPE	Jenis Semen	Slump Rencana (cm)	Additive
01.	K-175	Padang Type I	10 ± 2	-
02.	K-225	Padang Type I	10 ± 2	-
03.	K-300	Padang Type I	10 ± 2	-

untuk:

Pekerjaan : Pembangunan Bendung D.I. Serdang
Lokasi : Kabupaten Deli Serdang

maka dapat kami sampaikan bahwa pekerjaan tersebut telah kami selesaikan dengan prosedur sebagai berikut (data terlampir):

No.	Kegiatan	Tanggal
1.	Pemeriksaan Karakteristik Agregat	26-27 Desember 2018
2.	Perencanaan Komposisi Campuran	28 Desember 2018
3.	Pembuatan Campuran Percobaan (6 Selinder 15x30cm) tiap type campuran	28 Desember 2018
4.	Pemeriksaan Mutu Campuran Percobaan umur 7 hari	04 Januari 2019

Berdasarkan pemeriksaan campuran percobaan umur 7 hari diperoleh hasil bahwa komposisi campuran untuk K-175, K-225, dan K-300 **sudah** memenuhi kekuatan tekan yang disyaratkan.

Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

Medan, 04 Januari 2018

Diketahui oleh
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Medan

Ir. Samsudin Silaen, MT.
NIP. 19620204 198903 1 002

Ka. Lab. Teknik Sipil
Politeknik Negeri Medan

Sopar Parulian, ST., MT.
NIP. 19631023 198811 1 001

Gambar L1.1: Surat Pengantar Uji Beton

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

MTS

Pemohon	: Adhi - Minarta, KSO	Diuji oleh	: Budi
Proyek	: Bendung D.I. Serdang	Olah Data	: Salamuddinsyah
Material	: BjTS Ex. PT. Growth Sumatra	No. Job Order	: 18 /LB/JO/2019
Nama Pengujian	: Tensile		
Spesifikasi	: SNI 07-2052-2002		

SUMMARY

No.	Benda Uji Dari Pabrik	Pabrikasi	Ø Benda Uji (mm)	Fu	σu	Elongation (ε)	σy	Fy	Strain at Break	Test Run Name	Bend Test		
				kN	Mpa	%	Mpa	kN	mm/mm		Curve (°)	Diameter	Result
1	BjTS GS		10.00	54.848	698.300	21.250	456.909	35.886	0.827	Test Run 1	-	-	-
2	BjTS GS		10.00	51.446	655.000	23.750	446.677	35.082	0.921	Test Run 2	-	-	-
3	BjTS GS		10.00	54.602	695.200	22.500	456.744	36.482	0.773	Test Run 3	-	-	-
4	BjTS GS		13.00	80.767	608.500	18.346	455.203	60.420	0.817	Test Run 4	-	-	-
5	BjTS GS		13.00	80.767	608.500	21.154	441.337	58.580	0.970	Test Run 5	-	-	-
6	BjTS GS		13.00	79.215	596.800	21.154	434.293	57.645	0.858	Test Run 6	-	-	-
7	BjTS GS		16.00	121.615	604.900	18.750	489.725	98.465	0.770	Test Run 7	-	-	-
8	BjTS GS		16.00	123.484	614.200	18.750	492.439	99.011	0.929	Test Run 8	-	-	-
9	BjTS GS		16.00	125.920	626.300	19.531	504.066	101.349	0.888	Test Run 9	-	-	-
10	BjTS GS		19.00	176.856	623.800	18.421	517.859	146.828	1.055	Test Run 10	-	-	-
11	BjTS GS		19.00	176.499	622.500	17.763	518.993	147.149	0.836	Test Run 11	-	-	-
12	BjTS GS		19.00	175.381	618.600	20.395	503.358	142.716	1.289	Test Run 12	-	-	-
13	BjTS GS		22.00	240.696	633.200	19.318	455.381	173.105	1.522	Test Run 13	-	-	-
14	BjTS GS		22.00	239.757	630.700	21.023	482.145	183.279	1.391	Test Run 14	-	-	-
15	BjTS GS		22.00	239.055	628.900	20.455	447.134	169.970	1.438	Test Run 15	-	-	-

Keterangan :		
Fy	=	Gaya Luluh
σy	=	Tegangan Luluh
Fu	=	Gaya Maksimum
σu	=	Tegangan Tarik
ε	=	Regangan

Medan, 18 Januari 2019

Quality Control	Pranata Laboratorium Pendidikan
Ernie Shinta Y. Sitanggang, S.T., M.T.	Salamuddinsyah
NIP. 19761103 200312 2 001	NIP. 19810424 200501 1 002

Gambar L1.2: Hasil Uji Kuat Tarik Besi Tie Rod

LAMPIRAN 2

TABEL TEGANGAN-REGANGAN *TIE ROD*

Tabel L2.1: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T1 (MPA)	Regangan T1
0	0	0
1,00	27,730	0,0001383
2,00	27,730	0,0001383
3,00	27,730	0,0001383
4,00	27,730	0,0001383
4,20	27,730	0,0001383
4,40	27,730	0,0001383
4,60	27,730	0,0001383
4,80	27,730	0,0001383
5,00	27,730	0,0001383

Tabel L2.2: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T2 (MPA)	Regangan T2
0	0	0
1,00	23,692	0,0001182
2,00	23,691	0,0001182
3,00	23,691	0,0001182
4,00	23,691	0,0001182
4,20	23,691	0,0001182
4,40	23,691	0,0001182
4,60	23,691	0,0001182
4,80	23,691	0,0001182
5,00	23,691	0,0001182

Tabel L2.3: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T3 (MPA)	Regangan T3
0	0	0
1,00	59,533	0,0002970
2,00	59,533	0,0002970
3,00	59,533	0,0002970
4,00	59,533	0,0002970
4,20	59,533	0,0002970
4,40	59,533	0,0002970
4,60	59,533	0,0002970
4,80	59,533	0,0002970
5,00	59,533	0,0002970

Tabel L2.4: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T4 (MPA)**	**Regangan T4**
0	0	0
1,00	80,376	0,0004011
2,00	80,373	0,0004011
3,00	80,373	0,0004011
4,00	80,373	0,0004011
4,20	80,373	0,0004011
4,40	80,373	0,0004011
4,60	80,373	0,0004011
4,80	80,373	0,0004011
5,00	80,373	0,0004011

Tabel L2.5: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T5 (MPA)**	**Regangan T5**
0	0,000	0
1,00	41,929	0,0002091
2,00	41,927	0,0002091
3,00	41,927	0,0002091
4,00	41,927	0,0002091
4,20	41,927	0,0002091
4,40	41,927	0,0002091
4,60	41,927	0,0002091
4,80	41,927	0,0002091
5,00	41,927	0,0002091

Tabel L2.6: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T6 (MPA)**	**Regangan T6**
0	0	0
1,00	48,220	0,0002406
2,00	48,220	0,0002406
3,00	48,220	0,0002406
4,00	48,220	0,0002406
4,20	48,220	0,0002406
4,40	48,220	0,0002406
4,60	48,220	0,0002406
4,80	48,220	0,0002406
5,00	48,220	0,0002406

Tabel L2.7: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T7 (MPA)**	**Regangan T7**
0	0	0
1,00	28,490	0,0001422
2,00	28,486	0,0001421
3,00	28,486	0,0001421
4,00	28,486	0,0001421
4,20	28,486	0,0001421
4,40	28,486	0,0001421
4,60	28,486	0,0001421
4,80	28,486	0,0001421
5,00	28,486	0,0001421

Tabel L2.8: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,64 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T8 (MPA)**	**Regangan T8**
0	0	0
1,00	30,981	0,0001546
2,00	30,978	0,0001546
3,00	30,979	0,0001546
4,00	30,979	0,0001546
4,20	30,979	0,0001546
4,40	30,979	0,0001546
4,60	30,979	0,0001546
4,80	30,979	0,0001546
5,00	30,979	0,0001546

Tabel L2.9: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T1 (MPA)**	**Regangan T1**
0	0	0
1,00	54,085	0,00026970
2,00	54,404	0,00027128
3,00	54,499	0,00027175
4,00	54,559	0,00027205
4,20	54,581	0,00027215
4,40	54,622	0,00027236
4,60	54,662	0,00027255
4,80	54,701	0,00027275
5,00	54,728	0,00027288

Tabel L2.10: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T2 (MPA)**	**Regangan T2**
0	0	0
1,00	49,524	0,00024698
2,00	49,812	0,00024841
3,00	49,982	0,00024925
4,00	50,162	0,00025014
4,20	50,269	0,00025067
4,40	50,424	0,00025144
4,60	50,530	0,00025196
4,80	50,572	0,00025217
5,00	50,549	0,00025206

Tabel L2.11: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T3 (MPA)**	**Regangan T3**
0	0	0
1,00	61,436	0,00030636
2,00	61,047	0,00030442
3,00	60,989	0,00030413
4,00	61,042	0,00030439
4,20	61,094	0,00030465
4,40	61,201	0,00030517
4,60	61,382	0,00030607
4,80	61,597	0,00030713
5,00	61,771	0,00030799

Tabel L2.12: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T4 (MPA)**	**Regangan T4**
0	0	0
1,00	38,083	0,00018989
2,00	38,223	0,00019059
3,00	38,213	0,00019054
4,00	38,230	0,00019062
4,20	38,232	0,00019063
4,40	38,239	0,00019067
4,60	38,238	0,00019066
4,80	38,234	0,00019064
5,00	38,225	0,00019059

Tabel L2.13: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T5 (MPA)**	**Regangan T5**
0	0	0
1,00	38,527	0,00019210
2,00	38,582	0,00019238
3,00	38,603	0,00019248
4,00	38,610	0,00019252
4,20	38,614	0,00019253
4,40	38,616	0,00019254
4,60	38,616	0,00019255
4,80	38,615	0,00019254
5,00	38,613	0,00019253

Tabel L2.14: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T6 (MPA)**	**Regangan T6**
0	0	0
1,00	40,641	0,00020263
2,00	40,668	0,00020276
3,00	40,670	0,00020278
4,00	40,670	0,00020277
4,20	40,670	0,00020277
4,40	40,669	0,00020277
4,60	40,669	0,00020277
4,80	40,670	0,00020277
5,00	40,671	0,00020278

Tabel L2.15: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T7 (MPA)**	**Regangan T7**
0	0	0
1,00	1,852	0,00000925
2,00	1,851	0,00000924
3,00	1,850	0,00000924
4,00	1,850	0,00000924
4,20	1,850	0,00000924
4,40	1,850	0,00000923
4,60	1,850	0,00000923
4,80	1,850	0,00000924
5,00	1,851	0,00000924

Tabel L2.16: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,64 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T8 (MPA)**	**Regangan T8**
0	0	0
1,00	1,671	0,00000835
2,00	1,674	0,00000836
3,00	1,674	0,00000837
4,00	1,675	0,00000837
4,20	1,675	0,00000837
4,40	1,675	0,00000837
4,60	1,675	0,00000837
4,80	1,675	0,00000837
5,00	1,674	0,00000837

Tabel L2.17: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T1 (MPA)**	**Regangan T1**
0	0,000	0
1,00	52,254	2,61E-04
2,00	52,343	2,61E-04
3,00	52,306	2,61E-04
4,00	52,281	2,61E-04
4,20	52,228	2,60E-04
4,40	52,155	2,60E-04
4,60	52,109	2,60E-04
4,80	52,096	2,60E-04
5,00	52,107	2,60E-04

Tabel L2.18: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T2 (MPA)**	**Regangan T2**
0	0	0
1,00	50,531	2,52E-04
2,00	50,594	2,52E-04
3,00	50,665	2,53E-04
4,00	50,760	2,53E-04
4,20	50,824	2,53E-04
4,40	50,944	2,54E-04
4,60	51,082	2,55E-04
4,80	51,255	2,56E-04
5,00	51,401	2,56E-04

Tabel L2.19: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T3 (MPA)**	**Regangan T3**
0	0	0
1,00	29,559	1,47E-04
2,00	29,545	1,47E-04
3,00	29,544	1,47E-04
4,00	29,544	1,47E-04
4,20	29,544	1,47E-04
4,40	29,543	1,47E-04
4,60	29,543	1,47E-04
4,80	29,542	1,47E-04
5,00	29,542	1,47E-04

Tabel L2.20: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T4 (MPA)**	**Regangan T4**
0	0	0
1,00	24,295	1,21E-04
2,00	24,292	1,21E-04
3,00	24,291	1,21E-04
4,00	24,291	1,21E-04
4,20	24,291	1,21E-04
4,40	24,291	1,21E-04
4,60	24,292	1,21E-04
4,80	24,292	1,21E-04
5,00	24,292	1,21E-04

Tabel L2.21: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T5 (MPA)**	**Regangan T5**
0	0,000	0
1,00	4,789	2,39E-05
2,00	4,788	2,39E-05
3,00	4,789	2,39E-05
4,00	4,789	2,39E-05
4,20	4,789	2,39E-05
4,40	4,788	2,39E-05
4,60	4,788	2,39E-05
4,80	4,788	2,39E-05
5,00	4,788	2,39E-05

Tabel L2.22: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T6 (MPA)**	**Regangan T6**
0	0	0
1,00	4,555	2,27E-05
2,00	4,556	2,27E-05
3,00	4,557	2,27E-05
4,00	4,557	2,27E-05
4,20	4,557	2,27E-05
4,40	4,557	2,27E-05
4,60	4,557	2,27E-05
4,80	4,557	2,27E-05
5,00	4,557	2,27E-05

Tabel L2.23: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T7 (MPA)**	**Regangan T7**
0	0	0
1,00	-0,424	-2,09E-06
2,00	-0,424	-2,09E-06
3,00	-0,424	-2,09E-06
4,00	-0,424	-2,09E-06
4,20	-0,424	-2,09E-06
4,40	-0,424	-2,09E-06
4,60	-0,424	-2,09E-06
4,80	-0,424	-2,09E-06
5,00	-0,424	-2,09E-06

Tabel L2.24: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,64 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T8 (MPA)**	**Regangan T8**
0	0	0
1,00	-0,005	-1,74E-08
2,00	-0,006	-1,98E-08
3,00	-0,006	-2,00E-08
4,00	-0,006	-2,02E-08
4,20	-0,006	-2,05E-08
4,40	-0,006	-2,08E-08
4,60	-0,006	-2,12E-08
4,80	-0,006	-2,13E-08
5,00	-0,006	-2,13E-08

Tabel L2.25: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T1 (MPA)**	**Regangan T1**
0	0,000	0
1,00	47,012	2,34E-04
2,00	46,963	2,34E-04
3,00	46,924	2,34E-04
4,00	46,897	2,34E-04
4,20	46,872	2,34E-04
4,40	46,834	2,34E-04
4,60	46,792	2,33E-04
4,80	46,756	2,33E-04
5,00	46,737	2,33E-04

Tabel L2.26: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T2 (MPA)**	**Regangan T2**
0	0	0
1,00	46,460	2,32E-04
2,00	46,432	2,32E-04
3,00	46,454	2,32E-04
4,00	46,456	2,32E-04
4,20	46,472	2,32E-04
4,40	46,519	2,32E-04
4,60	46,626	2,33E-04
4,80	46,756	2,33E-04
5,00	46,845	2,34E-04

Tabel L2.27: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T3 (MPA)**	**Regangan T3**
0	0	0
1,00	-2,033	-1,01E-05
2,00	-2,033	-1,01E-05
3,00	-2,033	-1,01E-05
4,00	-2,032	-1,01E-05
4,20	-2,032	-1,01E-05
4,40	-2,031	-1,01E-05
4,60	-2,031	-1,01E-05
4,80	-2,031	-1,01E-05
5,00	-2,032	-1,01E-05

Tabel L2.28: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T4 (MPA)**	**Regangan T4**
0	0	0
1,00	-5,530	-2,76E-05
2,00	-5,538	-2,76E-05
3,00	-5,537	-2,76E-05
4,00	-5,539	-2,76E-05
4,20	-5,539	-2,76E-05
4,40	-5,540	-2,76E-05
4,60	-5,538	-2,76E-05
4,80	-5,536	-2,76E-05
5,00	-5,533	-2,76E-05

Tabel L2.29: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T5 (MPA)**	**Regangan T5**
0	0,000	0
1,00	0,184	9,27E-07
2,00	0,184	9,29E-07
3,00	0,184	9,28E-07
4,00	0,184	9,29E-07
4,20	0,184	9,29E-07
4,40	0,184	9,29E-07
4,60	0,184	9,28E-07
4,80	0,184	9,27E-07
5,00	0,184	9,27E-07

Tabel L2.30: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T6 (MPA)**	**Regangan T6**
0	0	0
1,00	0,078	3,95E-07
2,00	0,078	3,96E-07
3,00	0,078	3,96E-07
4,00	0,078	3,96E-07
4,20	0,078	3,96E-07
4,40	0,078	3,96E-07
4,60	0,078	3,96E-07
4,80	0,078	3,95E-07
5,00	0,078	3,94E-07

Tabel L2.31: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T7 (MPA)	Regangan T7
0	0	0
1,00	0,084	4,22E-07
2,00	0,084	4,22E-07
3,00	0,084	4,22E-07
4,00	0,084	4,22E-07
4,20	0,084	4,22E-07
4,40	0,084	4,22E-07
4,60	0,084	4,22E-07
4,80	0,084	4,22E-07
5,00	0,084	4,22E-07

Tabel L2.32: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,64 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T8 (MPA)	Regangan T8
0	0	0
1,00	0,062	3,11E-07
2,00	0,062	3,12E-07
3,00	0,062	3,12E-07
4,00	0,062	3,12E-07
4,20	0,062	3,12E-07
4,40	0,062	3,12E-07
4,60	0,062	3,12E-07
4,80	0,062	3,11E-07
5,00	0,062	3,11E-07

Tabel L2.33: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T1 (MPA)	Regangan T1
0	0	0
1,00	27,419	1,37E-04
2,00	27,419	1,37E-04
3,00	27,419	1,37E-04
4,00	27,419	1,37E-04
4,20	27,419	1,37E-04
4,40	27,419	1,37E-04
4,60	27,419	1,37E-04
4,80	27,419	1,37E-04
5,00	27,419	1,37E-04

Tabel L2.34: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T2 (MPA)**	**Regangan T2**
0	0	0
1,00	24,115	1,20E-04
2,00	24,115	1,20E-04
3,00	24,115	1,20E-04
4,00	24,115	1,20E-04
4,20	24,115	1,20E-04
4,40	24,115	1,20E-04
4,60	24,115	1,20E-04
4,80	24,115	1,20E-04
5,00	24,115	1,20E-04

Tabel L2.35: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T3 (MPA)**	**Regangan T3**
0	0	0
1,00	41,223	2,06E-04
2,00	41,224	2,06E-04
3,00	41,224	2,06E-04
4,00	41,224	2,06E-04
4,20	41,224	2,06E-04
4,40	41,224	2,06E-04
4,60	41,224	2,06E-04
4,80	41,224	2,06E-04
5,00	41,224	2,06E-04

Tabel L2.36: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T4 (MPA)**	**Regangan T4**
0	0	0
1,00	35,478	1,77E-04
2,00	35,478	1,77E-04
3,00	35,478	1,77E-04
4,00	35,478	1,77E-04
4,20	35,478	1,77E-04
4,40	35,478	1,77E-04
4,60	35,478	1,77E-04
4,80	35,478	1,77E-04
5,00	35,478	1,77E-04

Tabel L2.37: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T5 (MPA)	Regangan T5
0	0	0
1,00	30,902	1,54E-04
2,00	30,902	1,54E-04
3,00	30,902	1,54E-04
4,00	30,902	1,54E-04
4,20	30,902	1,54E-04
4,40	30,902	1,54E-04
4,60	30,902	1,54E-04
4,80	30,902	1,54E-04
5,00	30,902	1,54E-04

Tabel L2.38: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T6 (MPA)	Regangan T6
0	0	0
1,00	34,778	1,74E-04
2,00	34,778	1,74E-04
3,00	34,778	1,74E-04
4,00	34,778	1,74E-04
4,20	34,778	1,74E-04
4,40	34,778	1,74E-04
4,60	34,778	1,74E-04
4,80	34,778	1,74E-04
5,00	34,778	1,74E-04

Tabel L2.39: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T7 (MPA)	Regangan T7
0	0	0
1,00	33,048	1,65E-04
2,00	33,047	1,65E-04
3,00	33,047	1,65E-04
4,00	33,047	1,65E-04
4,20	33,047	1,65E-04
4,40	33,047	1,65E-04
4,60	33,047	1,65E-04
4,80	33,047	1,65E-04
5,00	33,047	1,65E-04

Tabel L2.40: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T8 (MPA)**	**Regangan T8**
0	0	0
1,00	28,654	1,43E-04
2,00	28,655	1,43E-04
3,00	28,655	1,43E-04
4,00	28,655	1,43E-04
4,20	28,655	1,43E-04
4,40	28,655	1,43E-04
4,60	28,655	1,43E-04
4,80	28,655	1,43E-04
5,00	28,655	1,43E-04

Tabel L2.41: Data tegangan-regangan *tie rod* 9 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T9 (MPA)**	**Regangan T9**
0	0	0
1,00	16,224	8,09E-05
2,00	16,224	8,09E-05
3,00	16,224	8,09E-05
4,00	16,224	8,09E-05
4,20	16,224	8,09E-05
4,40	16,224	8,09E-05
4,60	16,224	8,09E-05
4,80	16,224	8,09E-05
5,00	16,224	8,09E-05

Tabel L2.42: Data tegangan-regangan *tie rod* 10 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T10 (MPA)**	**Regangan T10**
0	0	0
1,00	21,259	1,06E-04
2,00	21,259	1,06E-04
3,00	21,258	1,06E-04
4,00	21,258	1,06E-04
4,20	21,258	1,06E-04
4,40	21,258	1,06E-04
4,60	21,258	1,06E-04
4,80	21,258	1,06E-04
5,00	21,258	1,06E-04

Tabel L2.43: Data tegangan-regangan *tie rod* 11 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T11 (MPA)**	**Regangan T11**
0	0	0
1,00	15,108	7,54E-05
2,00	15,108	7,54E-05
3,00	15,108	7,54E-05
4,00	15,108	7,54E-05
4,20	15,108	7,54E-05
4,40	15,108	7,54E-05
4,60	15,108	7,54E-05
4,80	15,108	7,54E-05
5,00	15,108	7,54E-05

Tabel L2.44: Data tegangan-regangan *tie rod* 12 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T12 (MPA)**	**Regangan T12**
0	0	0
1,00	16,687	8,33E-05
2,00	16,687	8,33E-05
3,00	16,687	8,33E-05
4,00	16,687	8,33E-05
4,20	16,687	8,33E-05
4,40	16,687	8,33E-05
4,60	16,687	8,33E-05
4,80	16,687	8,33E-05
5,00	16,687	8,33E-05

Tabel L2.45: Data tegangan-regangan *tie rod* 13 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T13 (MPA)**	**Regangan T13**
0	0	0
1,00	14,531	7,25E-05
2,00	14,531	7,25E-05
3,00	14,531	7,25E-05
4,00	14,531	7,25E-05
4,20	14,531	7,25E-05
4,40	14,531	7,25E-05
4,60	14,531	7,25E-05
4,80	14,531	7,25E-05
5,00	14,531	7,25E-05

Tabel L2.46: Data tegangan-regangan *tie rod* 14 jarak 0,32 Saat *Full* Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T14 (MPA)	Regangan T10
0	0	0
1,00	13,392	6,68E-05
2,00	13,392	6,68E-05
3,00	13,392	6,68E-05
4,00	13,392	6,68E-05
4,20	13,392	6,68E-05
4,40	13,392	6,68E-05
4,60	13,392	6,68E-05
4,80	13,392	6,68E-05
5,00	13,392	6,68E-05

Tabel L2.47: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T1 (MPA)	Regangan T1
0	0	0
1,00	43,125	2,15E-04
2,00	43,092	2,15E-04
3,00	43,156	2,15E-04
4,00	43,195	2,15E-04
4,20	43,221	2,16E-04
4,40	43,258	2,16E-04
4,60	43,288	2,16E-04
4,80	43,297	2,16E-04
5,00	43,291	2,16E-04

Tabel L2.48: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T2 (MPA)	Regangan T2
0	0	0
1,00	24,166	1,21E-04
2,00	24,266	1,21E-04
3,00	24,266	1,21E-04
4,00	24,270	1,21E-04
4,20	24,270	1,21E-04
4,40	24,271	1,21E-04
4,60	24,271	1,21E-04
4,80	24,271	1,21E-04
5,00	24,271	1,21E-04

Tabel L2.49: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T3 (MPA)	Regangan T3
0	0	0
1,00	37,720	1,88E-04
2,00	37,771	1,88E-04
3,00	37,793	1,88E-04
4,00	37,804	1,89E-04
4,20	37,810	1,89E-04
4,40	37,814	1,89E-04
4,60	37,815	1,89E-04
4,80	37,815	1,89E-04
5,00	37,816	1,89E-04

Tabel L2.50: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T4 (MPA)	Regangan T4
0	0	0
1,00	47,793	2,38E-04
2,00	47,705	2,38E-04
3,00	47,713	2,38E-04
4,00	47,709	2,38E-04
4,20	47,710	2,38E-04
4,40	47,709	2,38E-04
4,60	47,709	2,38E-04
4,80	47,709	2,38E-04
5,00	47,709	2,38E-04

Tabel L2.51: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T5 (MPA)	Regangan T5
0	0	0
1,00	33,368	1,66E-04
2,00	33,303	1,66E-04
3,00	33,277	1,66E-04
4,00	33,270	1,66E-04
4,20	33,268	1,66E-04
4,40	33,266	1,66E-04
4,60	33,266	1,66E-04
4,80	33,266	1,66E-04
5,00	33,267	1,66E-04

Tabel L2.52: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T6 (MPA)	Regangan T6
0	0	0
1,00	27,389	1,37E-04
2,00	27,400	1,37E-04
3,00	27,402	1,37E-04
4,00	27,403	1,37E-04
4,20	27,403	1,37E-04
4,40	27,403	1,37E-04
4,60	27,403	1,37E-04
4,80	27,403	1,37E-04
5,00	27,403	1,37E-04

Tabel L2.53: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T7 (MPA)	Regangan T7
0	0	0
1,00	27,389	1,51E-04
2,00	27,400	1,51E-04
3,00	27,402	1,51E-04
4,00	27,403	1,51E-04
4,20	27,403	1,51E-04
4,40	27,403	1,51E-04
4,60	27,403	1,51E-04
4,80	27,403	1,51E-04
5,00	27,403	1,51E-04

Tabel L2.54: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T8 (MPA)	Regangan T8
0	0	0
1,00	24,907	1,24E-04
2,00	24,903	1,24E-04
3,00	24,904	1,24E-04
4,00	24,904	1,24E-04
4,20	24,904	1,24E-04
4,40	24,904	1,24E-04
4,60	24,904	1,24E-04
4,80	24,904	1,24E-04
5,00	24,904	1,24E-04

Tabel L2.55: Data tegangan-regangan *tie rod* 9 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T9 (MPA)	Regangan T9
0	0	0
1,00	13,209	6,59E-05
2,00	13,217	6,59E-05
3,00	13,217	6,59E-05
4,00	13,217	6,59E-05
4,20	13,217	6,59E-05
4,40	13,217	6,59E-05
4,60	13,217	6,59E-05
4,80	13,218	6,59E-05
5,00	13,217	6,59E-05

Tabel L2.56: Data tegangan-regangan *tie rod* 10 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T10 (MPA)	Regangan T10
0	0	0
1,00	8,583	4,28E-05
2,00	8,578	4,28E-05
3,00	8,577	4,28E-05
4,00	8,577	4,28E-05
4,20	8,577	4,28E-05
4,40	8,577	4,28E-05
4,60	8,577	4,28E-05
4,80	8,577	4,28E-05
5,00	8,577	4,28E-05

Tabel L2.57: Data tegangan-regangan *tie rod* 11 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T11 (MPA)	Regangan T11
0	0	0
1,00	2,554	1,28E-05
2,00	2,549	1,27E-05
3,00	2,548	1,27E-05
4,00	2,548	1,27E-05
4,20	2,548	1,27E-05
4,40	2,548	1,27E-05
4,60	2,548	1,27E-05
4,80	2,548	1,27E-05
5,00	2,548	1,27E-05

Tabel L2.58: Data tegangan-regangan *tie rod* 12 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T12 (MPA)**	**Regangan T12**
0	0	0
1,00	9,300	4,64E-05
2,00	9,301	4,64E-05
3,00	9,302	4,64E-05
4,00	9,302	4,64E-05
4,20	9,302	4,64E-05
4,40	9,302	4,64E-05
4,60	9,302	4,64E-05
4,80	9,302	4,64E-05
5,00	9,302	4,64E-05

Tabel L2.59: Data tegangan-regangan *tie rod* 13 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T13 (MPA)**	**Regangan T13**
0	0	0
1,00	0,296	1,49E-06
2,00	0,297	1,49E-06
3,00	0,297	1,49E-06
4,00	0,297	1,49E-06
4,20	0,297	1,49E-06
4,40	0,297	1,49E-06
4,60	0,297	1,49E-06
4,80	0,297	1,49E-06
5,00	0,297	1,49E-06

Tabel L2.60: Data tegangan-regangan *tie rod* 14 jarak 0,32 Saat 3/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T14 (MPA)**	**Regangan T10**
0	0	0
1,00	-1,133	-5,62E-06
2,00	-1,133	-5,62E-06
3,00	-1,133	-5,62E-06
4,00	-1,133	-5,62E-06
4,20	-1,133	-5,62E-06
4,40	-1,133	-5,62E-06
4,60	-1,133	-5,62E-06
4,80	-1,133	-5,62E-06
5,00	-1,133	-5,62E-06

Tabel L2.61: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T1 (MPA)	Regangan T1
0	0	0
1,00	39,579	1,97E-04
2,00	39,440	1,97E-04
3,00	39,501	1,97E-04
4,00	39,534	1,97E-04
4,20	39,560	1,97E-04
4,40	39,600	1,97E-04
4,60	39,631	1,98E-04
4,80	39,644	1,98E-04
5,00	39,636	1,98E-04

Tabel L2.62: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T2 (MPA)	Regangan T2
0	0	0
1,00	29,837	1,49E-04
2,00	30,153	1,50E-04
3,00	30,219	1,51E-04
4,00	30,235	1,51E-04
4,20	30,251	1,51E-04
4,40	30,254	1,51E-04
4,60	30,264	1,51E-04
4,80	30,259	1,51E-04
5,00	30,270	1,51E-04

Tabel L2.63: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T3 (MPA)	Regangan T3
0	0	0
1,00	40,727	2,03E-04
2,00	40,920	2,04E-04
3,00	40,937	2,04E-04
4,00	40,950	2,04E-04
4,20	40,956	2,04E-04
4,40	40,953	2,04E-04
4,60	40,951	2,04E-04
4,80	40,944	2,04E-04
5,00	40,946	2,04E-04

Tabel L2.64: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T4 (MPA)	Regangan T4
0	0	0
1,00	49,749	2,48E-04
2,00	49,321	2,46E-04
3,00	49,359	2,46E-04
4,00	49,463	2,47E-04
4,20	49,523	2,47E-04
4,40	49,645	2,48E-04
4,60	49,727	2,48E-04
4,80	49,801	2,48E-04
5,00	49,792	2,48E-04

Tabel L2.65: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T5 (MPA)	Regangan T5
0	0	0
1,00	18,292	9,12E-05
2,00	18,309	9,13E-05
3,00	18,307	9,13E-05
4,00	18,306	9,13E-05
4,20	18,307	9,13E-05
4,40	18,306	9,13E-05
4,60	18,307	9,13E-05
4,80	18,307	9,13E-05
5,00	18,309	9,13E-05

Tabel L2.66: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T6 (MPA)	Regangan T6
0	0	0
1,00	26,908	1,34E-04
2,00	26,443	1,32E-04
3,00	26,407	1,32E-04
4,00	26,406	1,32E-04
4,20	26,404	1,32E-04
4,40	26,404	1,32E-04
4,60	26,403	1,32E-04
4,80	26,404	1,32E-04
5,00	26,402	1,32E-04

Tabel L2.67: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T7 (MPA)	Regangan T7
0	0	0
1,00	14,776	7,37E-05
2,00	14,793	7,38E-05
3,00	14,793	7,38E-05
4,00	14,793	7,38E-05
4,20	14,792	7,38E-05
4,40	14,792	7,38E-05
4,60	14,792	7,38E-05
4,80	14,791	7,38E-05
5,00	14,792	7,38E-05

Tabel L2.68: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T8 (MPA)	Regangan T8
0	0	0
1,00	18,169	9,06E-05
2,00	18,203	9,08E-05
3,00	18,202	9,08E-05
4,00	18,202	9,08E-05
4,20	18,200	9,08E-05
4,40	18,199	9,08E-05
4,60	18,197	9,08E-05
4,80	18,198	9,08E-05
5,00	18,196	9,08E-05

Tabel L2.69: Data tegangan-regangan *tie rod* 9 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T9 (MPA)	Regangan T9
0	0	0
1,00	20,644	-2,27E-05
2,00	20,827	-2,28E-05
3,00	20,840	-2,28E-05
4,00	20,842	-2,28E-05
4,20	20,845	-2,28E-05
4,40	20,847	-2,28E-05
4,60	20,851	-2,28E-05
4,80	20,852	-2,28E-05
5,00	20,854	-2,28E-05

Tabel L2.70: Data tegangan-regangan *tie rod* 10 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T10 (MPA)	Regangan T10
0	0	0
1,00	-10,517	-5,24E-05
2,00	-10,535	-5,25E-05
3,00	-10,537	-5,25E-05
4,00	-10,537	-5,25E-05
4,20	-10,537	-5,25E-05
4,40	-10,537	-5,25E-05
4,60	-10,537	-5,25E-05
4,80	-10,537	-5,25E-05
5,00	-10,537	-5,25E-05

Tabel L2.71: Data tegangan-regangan *tie rod* 11 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T11 (MPA)	Regangan T11
0	0	0
1,00	-1,641	-8,17E-06
2,00	-1,643	-8,18E-06
3,00	-1,644	-8,18E-06
4,00	-1,644	-8,18E-06
4,20	-1,645	-8,18E-06
4,40	-1,645	-8,19E-06
4,60	-1,645	-8,19E-06
4,80	-1,645	-8,19E-06
5,00	-1,645	-8,19E-06

Tabel L2.72: Data tegangan-regangan *tie rod* 12 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T12 (MPA)	Regangan T12
0	0	0
1,00	1,866	9,32E-06
2,00	1,869	9,34E-06
3,00	1,869	9,34E-06
4,00	1,869	9,34E-06
4,20	1,869	9,34E-06
4,40	1,869	9,34E-06
4,60	1,869	9,34E-06
4,80	1,869	9,34E-06
5,00	1,869	9,34E-06

Tabel L2.73: Data tegangan-regangan *tie rod* 13 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T13 (MPA)**	**Regangan T13**
0	0	0
1,00	0,276	1,40E-06
2,00	0,277	1,41E-06
3,00	0,277	1,41E-06
4,00	0,277	1,41E-06
4,20	0,277	1,41E-06
4,40	0,278	1,41E-06
4,60	0,278	1,41E-06
4,80	0,278	1,41E-06
5,00	0,278	1,41E-06

Tabel L2.74: Data tegangan-regangan *tie rod* 14 jarak 0,32 Saat 1/2 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T14 (MPA)**	**Regangan T10**
0	0	0
1,00	-0,140	-6,91E-07
2,00	-0,141	-6,94E-07
3,00	-0,141	-6,94E-07
4,00	-0,141	-6,94E-07
4,20	-0,141	-6,94E-07
4,40	-0,141	-6,94E-07
4,60	-0,141	-6,94E-07
4,80	-0,141	-6,94E-07
5,00	-0,141	-6,94E-07

Tabel L2.75: Data tegangan-regangan *tie rod* 1 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T1 (MPA)**	**Regangan T1**
0	0	0
1,00	38,214	1,91E-04
2,00	38,056	1,90E-04
3,00	38,082	1,90E-04
4,00	38,110	1,90E-04
4,20	38,129	1,90E-04
4,40	38,154	1,90E-04
4,60	38,173	1,90E-04
4,80	38,181	1,90E-04
5,00	38,177	1,90E-04

Tabel L2.76: Data tegangan-regangan *tie rod* 2 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T2 (MPA)	Regangan T2
0	0	0
1,00	40,676	2,03E-04
2,00	40,374	2,01E-04
3,00	40,445	2,02E-04
4,00	40,489	2,02E-04
4,20	40,532	2,02E-04
4,40	40,586	2,02E-04
4,60	40,632	2,03E-04
4,80	40,634	2,03E-04
5,00	40,596	2,02E-04

Tabel L2.77: Data tegangan-regangan *tie rod* 3 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T3 (MPA)	Regangan T3
0	0	0
1,00	33,574	1,67E-04
2,00	33,870	1,69E-04
3,00	33,903	1,69E-04
4,00	33,912	1,69E-04
4,20	33,913	1,69E-04
4,40	33,910	1,69E-04
4,60	33,905	1,69E-04
4,80	33,900	1,69E-04
5,00	33,899	1,69E-04

Tabel L2.78: Data tegangan-regangan *tie rod* 4 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T4 (MPA)	Regangan T4
0	0	0
1,00	24,357	1,21E-04
2,00	24,709	1,23E-04
3,00	24,732	1,23E-04
4,00	24,750	1,23E-04
4,20	24,753	1,23E-04
4,40	24,752	1,23E-04
4,60	24,742	1,23E-04
4,80	24,731	1,23E-04
5,00	24,735	1,23E-04

Tabel L2.79: Data tegangan-regangan *tie rod* 5 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T5 (MPA)	Regangan T5
0	0	0
1,00	7,176	3,58E-05
2,00	7,166	3,57E-05
3,00	7,165	3,57E-05
4,00	7,165	3,57E-05
4,20	7,165	3,57E-05
4,40	7,165	3,57E-05
4,60	7,165	3,57E-05
4,80	7,165	3,57E-05
5,00	7,165	3,57E-05

Tabel L2.80: Data tegangan-regangan *tie rod* 6 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T6 (MPA)	Regangan T6
0	0	0
1,00	3,095	1,54E-05
2,00	3,094	1,54E-05
3,00	3,094	1,54E-05
4,00	3,094	1,54E-05
4,20	3,094	1,54E-05
4,40	3,094	1,54E-05
4,60	3,094	1,54E-05
4,80	3,094	1,54E-05
5,00	3,094	1,54E-05

Tabel L2.81: Data tegangan-regangan *tie rod* 7 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T7 (MPA)	Regangan T7
0	0	0
1,00	0,671	3,36E-06
2,00	0,701	3,51E-06
3,00	0,704	3,52E-06
4,00	0,705	3,53E-06
4,20	0,705	3,53E-06
4,40	0,705	3,53E-06
4,60	0,704	3,52E-06
4,80	0,704	3,52E-06
5,00	0,704	3,52E-06

Tabel L2.82: Data tegangan-regangan *tie rod* 8 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T8 (MPA)	Regangan T8
0	0	0
1,00	-0,950	-4,72E-06
2,00	-0,920	-4,57E-06
3,00	-0,918	-4,56E-06
4,00	-0,916	-4,55E-06
4,20	-0,916	-4,55E-06
4,40	-0,916	-4,55E-06
4,60	-0,917	-4,56E-06
4,80	-0,918	-4,56E-06
5,00	-0,918	-4,56E-06

Tabel L2.83: Data tegangan-regangan *tie rod* 9 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T9 (MPA)	Regangan T9
0	0	0
1,00	-2,573	-1,28E-05
2,00	-2,568	-1,28E-05
3,00	-2,568	-1,28E-05
4,00	-2,568	-1,28E-05
4,20	-2,568	-1,28E-05
4,40	-2,568	-1,28E-05
4,60	-2,568	-1,28E-05
4,80	-2,568	-1,28E-05
5,00	-2,568	-1,28E-05

Tabel L2.84: Data tegangan-regangan *tie rod* 10 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	TEGANGAN T10 (MPA)	Regangan T10
0	0	0
1,00	-2,212	-1,10E-05
2,00	-2,207	-1,10E-05
3,00	-2,206	-1,10E-05
4,00	-2,206	-1,10E-05
4,20	-2,206	-1,10E-05
4,40	-2,206	-1,10E-05
4,60	-2,206	-1,10E-05
4,80	-2,206	-1,10E-05
5,00	-2,206	-1,10E-05

Tabel L2.85: Data tegangan-regangan *tie rod* 11 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T11 (MPA)**	**Regangan T11**
0	0	0
1,00	-0,542	-2,70E-06
2,00	-0,538	-2,68E-06
3,00	-0,537	-2,68E-06
4,00	-0,537	-2,67E-06
4,20	-0,537	-2,67E-06
4,40	-0,537	-2,67E-06
4,60	-0,537	-2,67E-06
4,80	-0,537	-2,68E-06
5,00	-0,537	-2,68E-06

Tabel L2.86: Data tegangan-regangan *tie rod* 12 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T12 (MPA)**	**Regangan T12**
0	0	0
1,00	-0,063	-2,94E-07
2,00	-0,061	-2,85E-07
3,00	-0,061	-2,85E-07
4,00	-0,061	-2,84E-07
4,20	-0,061	-2,84E-07
4,40	-0,061	-2,84E-07
4,60	-0,061	-2,84E-07
4,80	-0,061	-2,85E-07
5,00	-0,061	-2,85E-07

Tabel L2.87: Data tegangan-regangan *tie rod* 13 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T13 (MPA)**	**Regangan T13**
0	0	0
1,00	0,070	3,83E-07
2,00	0,069	3,81E-07
3,00	0,069	3,80E-07
4,00	0,069	3,80E-07
4,20	0,069	3,80E-07
4,40	0,069	3,80E-07
4,60	0,069	3,80E-07
4,80	0,069	3,80E-07
5,00	0,069	3,80E-07

Tabel L2.88: Data tegangan-regangan *tie rod* 14 jarak 0,32 Saat 1/4 Pengecoran

Time (s)	**TEGANGAN T14 (MPA)**	**Regangan T10**
0	0	0
1,00	0,069	3,53E-07
2,00	0,069	3,51E-07
3,00	0,069	3,50E-07
4,00	0,069	3,50E-07
4,20	0,069	3,50E-07
4,40	0,069	3,50E-07
4,60	0,069	3,50E-07
4,80	0,069	3,50E-07
5,00	0,069	3,50E-07

LAMPIRAN 3

TABEL TEGANGAN *TIE ROD*

Tabel L3.1: Data tegangan *tie rod* jarak 0,64 saat 1/4 Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	47,012
T2	46,756
T3	-2,031
T4	-5,530
T5	0,184
T6	0,078
T7	0,084
T8	0,062

Tabel L3.2: Data tegangan *tie rod* jarak 0,64 saat 1/2 Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	52,343
T2	51,401
T3	29,559
T4	24,295
T5	4,789
T6	4,557
T7	-0,424
T8	-0,005

Tabel L3.3: Data tegangan *tie rod* jarak 0,64 saat 3/4 Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	54,728
T2	50,572
T3	61,771
T4	38,239
T5	38,616
T6	40,671
T7	1,852
T8	1,675

Tabel L3.4: Data tegangan *tie rod* jarak 0,64 saat *Full* Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	27,730
T2	23,692
T3	59,533
T4	80,376
T5	41,929
T6	48,220
T7	28,490
T8	30,981

Tabel L3.5: Data tegangan *tie rod* jarak 0,32 saat 1/4 Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	38,214
T2	40,676
T3	33,913
T4	24,753
T5	7,176
T6	3,095
T7	0,705
T8	0,916
T9	-2,568
T10	-2,206
T11	-0,537
T12	-0,061
T13	0,070
T14	0,069

Tabel L3.6: Data tegangan *tie rod* jarak 0,32 saat 1/2 Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	39,644
T2	30,270
T3	40,956
T4	49,801
T5	18,309
T6	26,908
T7	14,793
T8	18,203
T9	20,854
T10	-10,517
T11	1,641
T12	1,869
T13	0,278
T14	-0,140

Tabel L3.7: Data tegangan *tie rod* jarak 0,32 saat 3/4 Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	43,297
T2	24,271
T3	37,816
T4	47,793
T5	33,368
T6	27,403
T7	27,403
T8	24,907
T9	13,218
T10	8,583
T11	2,554
T12	9,302
T13	0,297
T14	-1,133

Tabel L3.8: Data tegangan *tie rod* jarak 0,32 saat *Full* Pengecoran

Tie rod	Tegangan (Mpa)
T1	27,419
T2	24,115
T3	41,224
T4	35,478
T5	30,902
T6	34,778
T7	33,048
T8	28,655
T9	16,224
T10	21,259
T11	15,108
T12	16,687
T13	14,531
T14	13,392

LAMPIRAN 4

DOKUMENTASI PROYEK BENDUNG D.I SERDANG

Gambar L4.1: Pekerjaan pembesiam lantai dan dinding bekisting dinding samping kanan kantung lumpur kanan

Gambar L4.2: Persiapan pengecoran lantai kantung lumpur kanan

Gambar L4.3: Pengecoran lantai dan kickers kantung lumpur kanan

Gambar L4.4: Pemasangan Bekisting Dinding Samping Kanan Kantung Lumpur Kanan

Gambar L4.5: Pengecoran dinding samping kanan kantung lumpur kanan

Gambar L4.6: Monitoring kanan kantung lumpur kanan saat penulis sebagai supervisor pada pelaksanaan program magang mahasiswa bersertifikat

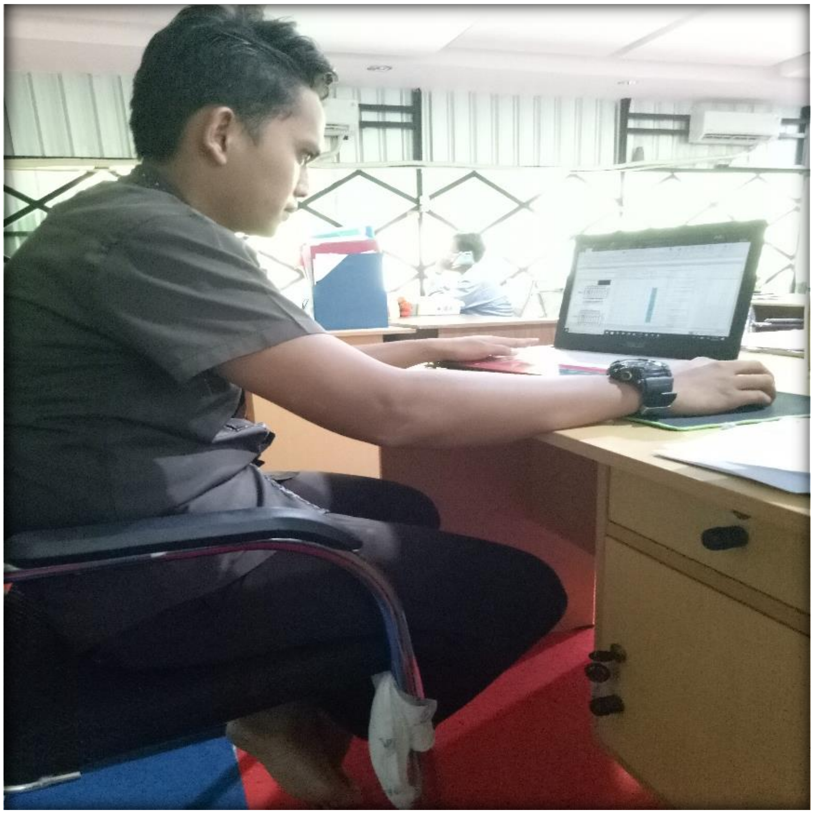
Gambar L4.7: Kegiatan survei saluran penghubung kanan saat penulis sebagai surveyor

Gambar L4.8: Pengambilan sample beton dan uji slump saat penulis sebagai *quality control*

Gambar L4.9: Uji kuat tekan beton saat penulis sebagai *quality control*

Gambar L4.10: Pengecekan kedatangan material   saat penulis bertugas di bagian logistik

Gambar L4.11: Toolbox meeting pekerjaan pemancangan sheet pile   saat penulis di bagian safety



Gambar L4.12: Kegiatan saat penulis di bagian engineering

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: http//www.umsu.ac.id Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : **MUHAMMAD YUSUF**

NPM : **1607210076**

JUDUL : **ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG**

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	2/12-2019	- ~~Aetrcte~~ Studi terdahulu yg pernah dilakukan - Buat model yang akan dianalisis	[signature]
2	20/12-2019	- Coba jabarkan tekanan Hidrostatis dari pengecoran dlm kondisi kritis - Buat model dalam F.E.M.	[signature]

DOSEN PEMBIMBING,

[signature]

(TONDI AMIRSYAH PUTERA S.T, M.T)

PROPOSAL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 Tel. 061-6619056

LEMBAR ASISTENSI

Nama Anggota : Muhammad Yusuf (1607210076)

Program Studi : Teknik Sipil

Judul : Analisis Kekuatan Bekisting Dinding Tengah Proyek Bendung D.I Serdang

No	Tanggal	Uraian	Paraf
3.	10/01 - 2020	- Buat Perbandingan jarak tie rod - Presentase jarak antar tie rod di tie rod mana yang paling besar presentasi tegangannya - Cari syarat - syarat hydrostatic pressure dan setelah itu masukkan sebagai pembebanan di Ansys	
4.	22/01 - 2020	- melakukan mesh pada masing - masing bagian Bekisting (per item bukan kelompok). - Melihat efek Domino dari tegangan yang diberikan sehingga tampak perilaku masing - masing bagian bekisting	
5.	27/01 - 2020	- Lanjut proposal untuk seminar proposal Acc untuk ujian proposal	

DOSEN PEMBIMBING

(TONDI AMIRSYAH PUTRA ST,MT)

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: http//www.umsu.ac.id Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : MUHAMMAD YUSUF

NPM : 1607210076

JUDUL : ANALISIS KEKUATAN BEKISTING PADA PENGECORAN DINDING TENGAH PROYEK BENDUNG D.I SERDANG

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
6.	5 Agustus 2020	- Perbaiki pembebanan sesuai standart - Perbaiki permodelan perletakan di Aplikasi Elemen Hingga	
7.	06/08/2020	- Sederhanakan model 3D di autocad agar dapat teranalisis di Aplikasi elemen hingga	
8.	18/08/2020	- membuat hubungan gaya dengan tegangan, tegangan regangan dan P-Δ. - membuat bagaimana kondisi tie rod apabila dicor ¼ L, ½ L, ¾ L dan sampai penuh. - membuat bagaimana perilaku multipleks akibat dari beban yang dipikulnya	
9.	23/08/2020	- ganti hydrostatic pressure di aplikasi	

DOSEN PEMBIMBING,

(TONDI AMIRSYAH PUTERA S.T, M.T)

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: http//www.umsu.ac.id Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : MUHAMMAD YUSUF

NPM : 1607210076

JUDUL : ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING TENGAH KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
10.	25/08-2020	- Perbaiki Arah gaya (Tekanan) Pada Aplikasi	
11.	31/08-2020	- cek perilaku sampai Full Pengecoran untuk satu model	
12.	07/09-2020	- Ubah defenisi tekanan di aplikasi elemen hingga	
13.	12/09-2020	- Perhatikan input-input dari material kayu (plywood) - Penerapan Pressure di aplikasi diperhatikan - menjelaskan alasan mesh Segitiga dan segi empat di aplikasi	
14.	16/09-2020	- cek engginering data plywood	

DOSEN PEMBIMBING,

(TONDI AMIRSYAH PUTERA S.T, M.T)

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: http//www.umsu.ac.id Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : MUHAMMAD YUSUF

NPM : 1607210076

JUDUL : ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING TENGAH KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
15.	23/09 - 2020	- Lanjut susun hasil skiripsi	
16.	01/10 - 2020	- Susun Bab 4	
17.	30/10 - 2020	- Sederhanakan tabel penyajian defleksi pada plywood menjadi satu tabel setiap pengecoran - lengkapi sampai lampiran	
18	2/11 - 2020	Acc Seminar Hasil Note : - Daftar isi, gbr, tabel tolong dirapikan - Lampiran	

DOSEN PEMBIMBING,

(TONDI AMIRSYAH PUTERA S.T, M.T)

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: http//www.umsu.ac.id Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : **MUHAMMAD YUSUF**

NPM : **1607210076**

JUDUL : **ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING TENGAH KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG**

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
19.	7/8-2021	Acc untuk Sidang	[signature]

DOSEN PEMBIMBING,

[signature]

(TONDI AMIRSYAH PUTERA S.T, M.T)

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: http//www.umsu.ac.id Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : **MUHAMMAD YUSUF**

NPM : **1607210076**

JUDUL : **ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING TENGAH KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG**

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	10 Sep 2021	Acc untuk disidangkan	

DOSEN PEMBANDING-II,

(RIZKI EFRIDA, S.T., M.T.)

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: http//www.umsu.ac.id Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : **MUHAMMAD YUSUF**

NPM : **1607210076**

JUDUL : **ANALISIS KEKUATAN BEKISTING DINDING TENGAH KANTUNG LUMPUR KANAN PROYEK BENDUNG D.I SERDANG**

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		acc telah diperbaiki koreksi seminar hasil	08/08 21

DOSEN PENGUJI - I,

(Dr. ADE FAISAL, S.T., M.Sc.)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI

Nama Lengkap	: Muhammad Yusuf
Tempat, Tanggal Lahir	: Gunung Sitoli, 13 Agustus 1998
Alamat	: Jl. Kelambir V, Desa Tanjung Gusta, Kec. Sunggal, Kab. Deli Serang, Prov. Sumatera Utara
Agama	: Islam
No. Telp	: 0853-7118-9022
E-mail	: yusuf130898@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa	: 1607210076
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No 3 Medan 20238

No	Tingkat	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD 081228 Sibolga	2010
2	SMP	SMP Negeri 4 Sibolga	2013
3	SMA	SMA Negeri 1 Sibolga	2016
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016 sampai selesai		

RIWAYAT PENGALAMAN KERJA

Nama Lengkap	: Muhammad Yusuf
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1607210076
Fakultas / Program Studi	Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Kegiatan	: Program Magang Mahasiswa Bersertifikat FHCI (Forum Human Capital Indonesia)
Perusahaan	: PT. Adhi Karya (Persero) Tbk
Pelaksanaan Magang	: Proyek Bendung D.I Serdang
Alamat Proyek	: Tumpatan Nibung, Kecamatan Batang Kuis, Kabupaten Deli Serdang
Posisi Magang	: - Engineering (Quantity Surveyor)
	: - Quality Control (QC)
	: - Safety Officer dan Safety Supervisor
	: - Supervisor
	: - Logistik
	: - Surveyor