

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA BALOK BETON BERTULANG DENGAN VARIASI SUDUT  
TULANGAN SENGGANG MIRING TERHADAP PENGARUH  
LENDUTAN DAN KEKUATAN GESER NAMUN DIAMETER  
TULANGAN TETAP SAMA  
(STUDI LITERATUR)**

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

**Disusun Oleh :**

**PADLI MARDIANSYAH TAMPUBOLON**

**NPM. 1607210120**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12  
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)



**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Padli Mardiansyah Tampubolon  
NPM : 1607210120  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Analisa Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Sudut Tulangan Sengkang Miring Terhadap Pengaruh Lentutan Dan Kekuatan Geser Namun Diameter Tulangan Tetap Sama  
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

**UMSU**

Medan, 18 November 2020

Dosen Pembimbing

Tondi Amirsyah Putera S.T.,M.T

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Padli Mardiansyah Tampubolon  
NPM : 1607210120  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Analisa Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Sudut Tulangan Sengkang Miring Terhadap Pengaruh Lendutan Dan Kekuatan Geser Namun Diameter Tulangan Tetap Sama  
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, 18 November 2020

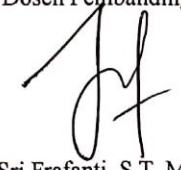
Mengetahui dan menyetujui:  
Dosen Pembimbing

  
Tondi Amirsyah Putera S.T.,M.T

Dosen Pembanding I

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

Dosen Pembanding II

  
Sri Frafanti, S.T.,M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil

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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Padli Mardiansyah Tampubolon  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 04 Desember 1998  
NPM : 1607210120  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisa Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Sudut Tulangan Senggang Miring Terhadap Pengaruh Lendutan Dan Kekuatan Geser Namun Diameter Tulangan Tetap Sama”

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 orisinal 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 atau ke sarjana 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 Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 November 2020  
Saya yang menyatakan,



Padli Mardiansyah Tampubolon

## **ABSTRAK**

### **ANALISA BALOK BETON BERTULANG DENGAN VARIASI SUDUT TULANGAN SENGGANG MIRING TERHADAP PENGARUH LENDUTAN DAN KEKUATAN GESER NAMUN DIAMETER TULANGAN TETAP SAMA**

**Padli Mardiansyah Tampubolon  
1607210120  
Tondi Amirsyah Putera S.T, M.T**

Balok merupakan salah satu bagian elemen struktur yang berfungsi menerima beban yang ada. Karena dibebani, komponen struktur tersebut pasti memiliki reaksi terhadap beban yang bekerja, contohnya saja balok beton bertulang, jika dibebani maka akan mengalami lendutan yang besarnya tergantung dari besarnya beban yang diberikan dan material balok beton bertulang itu sendiri. Tugas akhir ini menyajikan hasil analisa 4 buah perbedaan tulangan sengkang geser yang memiliki dimensi beton yang sama yaitu 300 mm x 470 mm dan memiliki luas tulangan yang sama namun variasi sudut sengkang berbeda yang meliputi sengkang normal, sengkang dengan sudut 45 derajat, 55 derajat dan 65 derajat. Pada jarak sengkang 150 mm pada tumpuan, tegangan geser tertinggi terjadi pada BS45 sebesar 0,26306 MPa atau 0,26% lebih tinggi dibandingkan dengan BN. Deformasi terbesar terjadi pada BN yaitu sebesar 0,033635 mm. Tegangan lentur tertinggi terjadi pada BS45 yaitu sebesar 0,46182 MPa atau 0,10% terhadap BN. Pada jarak sengkang 200 mm pada tumpuan, tegangan geser tertinggi terjadi pada BN sebesar 0,26381 MPa, Deformasi terbesar terjadi pada BN 0,033673 mm dan tegangan lentur tertinggi terjadi pada BS45 0,46221 MPa atau 0,065% lebih tinggi dibandingkan dengan BN

Kata kunci : Beton Bertulang, tegangan geser, lendutan, tulangan miring

## **ABSTRACT**

### ***ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAM WITH VARIATION OF SLIDING BANGLE ANGLE ON THE EFFECT OF MENDLE AND SHIFT STRENGTH BUT BONE DIAMETER REMAIN THE SAME***

**Padli Mardiansyah Tampubolon**  
**1607210120**  
**Tondi Amirsyah Putera S.T, M.T**

*The beam is one part of the structural element that functions to accept the existing load. Because they are loaded, these structural components must have a reaction to the working load, for example, reinforced concrete blocks, if loaded, they will experience a deflection which depends on the amount of load given and the reinforced concrete beam material itself. This final project presents the results of the analysis of 4 different reinforcement bars with the same concrete dimensions, namely 300 mm x 470 mm and has the same area of reinforcement but variations in different angles of stirrups including normal stirrups, stirrups with angles of 45 degrees, 55 degrees and 65 level. The results obtained are with the same area of reinforcement, normal beam stirrup and 45 degree stirrup. At a stirrup distance 150 mm on a pedestal, the highest shear stress occurs at BS45 amounting to 0,26306 MPa or 0,26% higher than BN. Greatest deformation occurs at BN amounting to 0,033635 mm. The the highest bending stress accours at BS45 amounting to 0,46182 MPa or 0,10% to BN. At a stirrup distance 200 mm on a pedestal, the highest shear stress occurs at BN amounting to 0,26381 MPa. The highest deformation occurs at BN amounting to 0,033675 mm and the highest bending stress accours at BS45 amounting to 0,46221 MPa or 0,065% higher than BN.*

*Keywords: Reinforced Concrete, shear stress, deflection, oblique reinforcement*

## KATA PENGANTAR

### **Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Judul dari skripsi ini adalah **Analisa Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Sudut Tulangan Sengkang Miring Terhadap Pengaruh Lendutan Dan Kekuatan Geser Namun Diameter Tulangan Tetap Sama**

Didalam penulisan skripsi ini penulis telah berusaha dan berupaya dengan segala kemampuan yang ada, namun penulis menyadari masih terdapat kekurangan didalamnya, untuk itu penulis dengan rasa rendah hati bersedia menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun dalam perbaikan skripsi penelitian ini kedepannya. Dalam mempersiapkan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan berupa bimbingan dan petunjuk. Untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini:

1. Bapak.Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing yang selama ini bersedia meluangkan waktu dan memberikan bantuannya kepada penulis dalam mempersiapkan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Ketua Program Prodi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan masukan.
3. Ibu Sri Frafanti S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Irma Dewi, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansuri 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 materi pembelajaran Teknik Sipil kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kedua orang tua, Ayahanda Alm Tulus Tampubolon dan Ibunda Rosmaida Aisyah S tercinta yang telah mengasuh dan membesarkan penulis dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus dan tak terhingga sampai akhir hayat serta telah memberikan dorongan, semangat, doa serta cinta kasih yang begitu dalam kepada penulis.
10. Terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016.

Terimakasih atas bantuan, kebersamaannya, waktu serta dan dukungannya selama ini kepada penulis. Semoga ALLAH SWT membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, semoga laporan magang ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Medan, November 2020

Penulis

**Padli Mardiansyah Tampubolon**  
**NPM.1607210120**



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Umum	5
2.2. Beton Bertulang	5
2.3. Perilaku Balok Beton Bertulang	6
2.4. Pemasangan Tulangan Geser	6
2.5. Retak Pada Balok	7
2.6. Pengujian Geser Balok Beton Bertulang	7
2.7. Tegangan Geser ( <i>Shear Strain</i> )	8
2.8. Tulangan Geser	8
2.9. Kuat Geser Balok	9
2.10. Perencanaan Tulangan Miring	10
2.11. Pola Keruntuhan Geser pada Balok	11
2.12. Balok Dengan Tulangan Geser	13
2.13. Jenis Keruntuhan Geser Balok	14

2.14.	Kapasitas Geser Pada Balok	15
2.15.	Mekanisme Analogi Rangka	16
2.16.	Keruntuhan Lentur	16
2.17.	Persyaratan Tulangan Geser Minimum	17
2.18.	Persyaratan yang Ditentukan Dengan SNI Beton Struktural	17
2.19.	Aplikasi	18
<b>BAB 3</b>		19
<b>METODE PENELITIAN</b>		19
3.1.	Bagan Alir Penelitian	19
3.2.	Data Perencanaan	21
3.3	Pemodelan Menggunakan <i>Software</i> Analisis Struktur	22
3.4	Pengumpulan Data	24
3.5	Tahap Desain Data	25
3.6	Perencanaan Struktur Gedung Menggunakan Program Analisis Struktur	25
3.6.1	Pemodelan Struktur Gedung	25
3.6.2	Data Pembebanan	25
3.6.3	Beban Angin (SNI 1727 : 2018)	27
3.6.4	Beban Gempa	28
3.6.5	Kombinasi Beban	28
3.7	Pemodelan Balok Menggunakan Program Analisis Elemen Hingga	28
3.7.1	Defenisi Material	29
3.7.2	Input Model Tulangan	30
3.7.3	Defenisi <i>Contact</i>	33
3.7.4	<i>Meshing</i>	34
3.7.5	Pembebanan Dan Tumpuan Balok	36
<b>BAB 4</b>		37
<b>PEMBAHASAN</b>		37
4.1	Hasil Analisis Pada Balok	37
4.1.1	Analisis Tegangan Pada Beton Bertulang	37
4.1.2	Balok Beton Bertulang Dengan Tegangan Geser	37
4.1.3	Balok Beton Bertulang Dengan Lendutan	48
4.1.4	Balok Beton Bertulang Dengan Tegangan Lentur	58
<b>BAB 5</b>		68
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>		68

5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Sifat mekanis	21
Tabel 3.2: Ukuran baja tulangan beton sirip	22
Tabel 3.3 Beban kombinasi pada balok	28
Tabel. 4.1. Hasil Analisa Tegangan Geser yang Terjadi Pada Balok	42
Tabel. 4.2. Hasil Analisa Tegangan Geser yang Terjadi Pada Balok	47
Tabel. 4.3. Hasil Analisa Deformasi yang Terjadi Pada Balok	52
Tabel. 4.4. Hasil Analisa Deformasi yang Terjadi Pada Balok	57
Tabel. 4.5. Hasil Analisa Tegangan Lentur yang Terjadi Pada Balok	62
Tabel. 4.6. Hasil Analisa Momen Bending yang Terjadi Pada Balok	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Tegangan geser pada balok.	9
Gambar 2.2: Kekuatan geser vs yang ditimbulkan oleh tulangan geser.	12
Gambar 2.3: Keruntuhan geser balok.	14
Gambar 2.4: Pola retak interaksi antara beton bertulang pada aplikasi.	18
Gambar 3.1. Bagan alir pengerjaan	20
Gambar 3.2 Tampak lantai 1 struktur gedung bertingkat.	22
Gambar 3.3 Tampak struktur gedung 3-dimensi.	23
Gambar 3.4 Momen dan gaya lintang setelah semua pembebanan diberikan pada struktur	24
Gambar 3.5 Tampak atas lantai - 1 pada struktur gedung dengan kebutuhan jumlah tulangan.	24
Gambar 3.6 Input material tulangan baja balok pada program analisa metode elemen Hingga	29
Gambar 3.7. Input material selimut beton pada program analisa metode elemen hingga	29
Gambar 3.8. Pemodelan balok tulangan sengkang normal	30
Gambar 3.9. Pemodelan balok tulangan sengkang 45 derajat	30
Gambar 3.10. Pemodelan balok tulangan sengkang 55 derajat	31
Gambar 3.11. Pemodelan balok tulangan sengkang 65 derajat	31
Gambar 3.12. Pemodelan balok tulangan sengkang 45 derajat	31
Gambar 3.13. Pemodelan balok tulangan sengkang 45 derajat	32
Gambar 3.14. Pemodelan balok tulangan sengkang 55 derajat	32
Gambar 3.15. Pemodelan balok tulangan sengkang 55 derajat	32

Gambar 3.16. Tampak detailing pada pemodelan tulangan sengkang miring	33
Gambar 3.17. Input desain balok menggunakan geometry dalam program analisis metode elemen hingga	33
Gambar 3.18. <i>Connection</i> antara tulangan dengan beton menggunakan <i>reinforcement</i>	34
Gambar 3.19. <i>Generate mesh</i> pada model balok	35
Gambar 3.20. <i>Meshing</i> pada balok beton bertulang	35
Gambar 3.21. <i>Meshing</i> pada tulangan utama dan sengkang normal	35
Gambar 3.22. A adalah <i>force</i> analisis beban merata vertikal yang diberikan pada balok. B adalah <i>Fix Support</i> perletakan tumpuan jepit	36
Gambar 4.1 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak sengkang 150 mm	38
Gambar 4.2 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang Normal	38
Gambar 4.3 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm	39
Gambar 4.4 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat	39
Gambar 4.5 Tampak tulangan sengkang sudut 55 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm	40
Gambar 4.6 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 55 derajat	40
Gambar 4.7 Tampak tulangan sengkang sudut 65 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm	41
Gambar 4.8 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	41
Gambar 4.9. Diagram hasil perbandingan tegangan geser terhadap model	42

Gambar 4.10 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak tumpuan 200 mm	43
Gambar 4.11 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang Normal	43
Gambar 4.12 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm	44
Gambar 4.13 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat	44
Gambar 4.14 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm	45
Gambar 4.15 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	45
Gambar 4.16 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm	46
Gambar 4.17 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	46
Gambar 4.18. Diagram hasil perbandingan tegangan geser terhadap model	47
Gambar 4.19 Lendutan yang terjadi pada beton bertulang sengkang normal	48
Gambar 4.20 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang normal	48
Gambar 4.21 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat	49
Gambar 4.22 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang 45 derajat	49
Gambar 4.23 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 55 derajat	50
Gambar 4.24 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang	

55 derajat	50
Gambar 4.25. Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	51
Gambar 4.26 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang 65 derajat	51
Gambar 4.27. Diagram Hasil Perbandingan Lendutan Terhadap Model	52
Gambar 4.28 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang normal	53
Gambar 4.29 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang Normal	53
Gambar 4.30 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat	54
Gambar 4.31 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang 45 derajat	54
Gambar 4.32 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang sudut 65 derajat	55
Gambar 4.33 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang sudut 55 derajat	55
Gambar 4.34 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	56
Gambar 4.35 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang sudut 65 derajat	56
Gambar 4.36 Diagram hasil perbandingan lendutan terhadap model	57
Gambar 4.37 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak sengkang 150 mm	58
Gambar 4.38 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang normal	58
Gambar 4.39 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm	59



Gambar 4.40 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat	59
Gambar 4.41 Tampak tulangan sengkang sudut 55 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm	60
Gambar 4.42 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 55 derajat	60
Gambar 4.43 Tampak tulangan sengkang sudut 65 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm	61
Gambar 4.44 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	61
Gambar 4.45 Diagram Hasil Perbandingan Pengaruh Tegangan Lentur Terhadap Model	62
Gambar 4.46 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak tumpuan 200 mm	63
Gambar 4.47 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	63
Gambar 4.48 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm	64
Gambar 4.49 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	64
Gambar 4.50 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm	65
Gambar 4.51 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	65
Gambar 4.52 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm	66
Gambar 4.53 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat	66
Gambar 4.54. Diagram Hasil Perbandingan Pengaruh Tegangan lentur Terhadap Model	67

## DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang balok
B	= Lebar penampang balok
D	= Beban mati
E	= Modulus elastisitas (MPa)
F <sub>b</sub>	= Tegangan ijin lentur
F <sub>u</sub>	= Kuat tarik ultimate tulangan baja
F <sub>y</sub>	= Kuat leleh tulangan baja
G	= Modulus elastisitas geser
H	= Tinggi penampang balok
L	= Beban hidup
KDS	= Kategori desain seismik
S <sub>1</sub>	= Percepatan gempa untuk periode 1 detik
S <sub>DS</sub>	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek
S <sub>D1</sub>	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
S.F	= <i>Safety factor</i>
S <sub>MS</sub>	= Parameter respon spektral percepatan pada periode pendek
S <sub>M1</sub>	= Parameter respon spektral percepatan pada periode 1 detik
S <sub>s</sub>	= Percepatan gempa untuk periode pendek
T	= Periode
$\sigma$	= Tegangan (MPa)
$\sigma'$	= Tegangan <i>Von Mises</i>

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Tugas utama dari seorang perencana struktur adalah mendesain suatu komponen struktur. Desain dalam hal ini adalah meliputi penentuan jenis material, bentuk penampang dan semua ukurannya, sehingga struktur tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat menahan segala pengaruh yang bekerja selama umur rencananya. Bentuk-bentuk pengaruh tersebut pada umumnya adalah berupa beban-beban yang bekerja pada struktur, maupun juga akibat pengaruh lingkungan seperti temperatur udara, penurunan pondasi, atau juga pengaruh lingkungan yang bersifat korosi.

Sesuai dengan namanya yaitu beton bertulang, maka material ini dikategorikan sebagai suatu material non-homogen karena terbuat dari dua buah material yang berbeda yaitu beton dan tulangan baja. Oleh karena itu metode yang digunakan untuk analisis suatu balok beton bertulang berbeda dari metode yang digunakan untuk menganalisis balok yang terbuat dari baja, kayu, atau material lain yang homogen.

Pada umumnya balok beton bertulang berupa balok menerus di atas beberapa tumpuan yang memikul beban gravitasi. Dengan konsep yang sama seperti paada balok tertumpu sederhana dan balok kantilever, maka tulangan baja dibutuhkan pada sisi tarik dari balok. Atau dengan kata lain tulangan diletakkan pada sisi atas balok pada lokasi momen negatif, yaitu di sekitar tumpuan, dan tulangan diletakkan di sisi bawah balok pada lokasi momen positif yang terjadi di daerah tengah bentang. Untuk keperluan praktis di lapangan, terkadang tulangan baja dapat dibuat lurus menerus, namun pada beberapa lokasi tulangan dapat dipotong atau dihentikan jika memang momen lentur sudah tidak begitu besar nilainya.

Penggunaan material bangunan pada umumnya menggunakan beton.baik beton polos maupun beton bertulang. Mulai dari bangunan bertingkat maupun bangunan pencakar langit, bagian struktur bangunan yang menggunakan beton betulang meliputi pondasi, kolom, balok, plat lantai, struktur bawah dan struktur atas. Beton

dapat menampung gaya tekan yang cukup besar dibandingkan material lainnya sebagai material bangunan, namun beton memiliki kekurangan yaitu lemah terhadap gaya tarik oleh sebab itu beton sering dikombinasikan dengan dengan material bangunan yang cukup besar menahan gaya tarik. Tulangan baja adalah pilihan yang tepat sebagai material untuk menahan gaya tekan dan tarik, oleh sebab itu di beton dikombinasikan dengan tulangan baja untuk meminimalisir keretakan yang terjadi pada gaya tarik.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan tegangan geser yang terjadi pada tulangan sengkang miring dengan variasi sudutnya ?
2. Bagaimana perbandingan deformasi yang terjadi pada tulangan sengkang miring dengan variasi sudutnya ?
3. Bagaimana perbandingan tegangan lentur pada setiap variasi sudut tulangan sengkang miring pada pemodelan ?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui perbedaan tegangan geser yang terjadi pada pemodelan terhadap variasi sengkang miring
2. Untuk mengetahui perbedaan deformasi yang terjadi pada pemodelan terhadap variasi sengkang miring
3. Untuk mengetahui perbandingan tegangan lentur yang dilakukan pada pemodelan terhadap variasi sudu tulangan berbeda

## **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun batasan – batasan dalam data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Analisa yang ditinjau hanya tulangan geser dalam arah tegak lurus arah memanjang dan diagonal
2. Struktur gedung yang ditinjau dalam permodelan adalah balok dengan tulangan sengkang vertikal dan sengkang miring
3. Tahap perencanaan tulangan geser pada balok berdasarkan Peraturan SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung
4. Pembebanan pemodelan dilakukan dengan acuan Peraturan SNI 1727-2018 tentang pembebanan minimum untuk perancangan bangunan gedung
5. Peraturan gempa berdasarkan SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa dan Peta wilayah gempa Indonesia
6. Analisa Manual tulangan sengkang vertikal dan sengkang miring berdasarkan Buku Perancangan Struktur Beton Bertulang tentang Gaya Geser
7. Sudut tulangan miring yang digunakan adalah  $45^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $65^\circ$  dan Normal

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah mengaplikasikan ilmu pengetahuan dari bidang Teknik Sipil. Selain itu hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk perencanaan ataupun alternatif baru untuk penggunaan tulangan sengkang miring yang lebih efektif.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Dalam Bab ini akan menguraikan hal-hal umum mengenai tugas akhir seperti latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, sistematika pembahasan.

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan teori-teori, konsep, dan rumus sesuai dengan acuan judul tugas akhir ini.

### BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PEMODELAN

Bab ini akan menjelaskan rencana atau prosedur yang dilakukan penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan kasus permasalahan.

### BAB 4 HASIL PEMBAHASAN

Menguraikan hasil pembahasan analisis desain dan kinerja struktur.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan berisi kesimpulan sesuai dengan analisis terhadap penelitian dan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut yang lebih baik di masa yang akan datang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Umum**

Menurut Tjokrodimulyo (1992) Beton merupakan bahan dari campuran antara *portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis.

#### **2.2. Beton Bertulang**

Beton bertulang merupakan material komposit yang terdiri dari beton dan baja tulangan yang ditanam didalam beton. Sifat utama beton adalah sangat kuat di dalam menahan beban tekan (kuat tekan tinggi) tetapi lemah dalam menahan gaya tarik. Baja tulangan di dalam beton berfungsi menahan gaya tarik yang bekerja setelah diberi beban.

Sifat utama dari beton, yaitu sangat kuat terhadap beban tekan, tetapi juga bersifat getas/mudah patah atau rusak terhadap beban tarik. Dalam perhitungan struktur, kuat tarik beton ini biasanya diabaikan.

Sifat utama dari baja tulangan, yaitu sangat kuat terhadap beban tekan maupun beban tarik. Karena baja tulangan harganya mahal, maka sedapat mungkin dihindari penggunaan baja tulangan untuk memikul beban tekan.

Dari sifat utama tersebut, maka jika kedua bahan (beton dan baja tulangan) dipadukan menjadi satu kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton.

### **2.3. Perilaku Balok Beton Bertulang**

Balok beton polos pada umumnya tidak efisien untuk berfungsi sebagai komponen struktur lentur karena kuat tariknya yang jauh lebih kecil daripada kuat tekannya. Sebagai konsekuensi, balok beton polos tanpa tulangan ini akan mengalami kegagalan tarik pada tingkat beban yang rendah, jauh sebelum beton mencapai kuat tekannya. Untuk alasan inilah maka tulangan baja diletakkan pada bagian penampang yang mengalami tegangan tarik, sedekat mungkin dengan serat tarik terluar dari balok beton.

Perilaku balok beton bertulang ketika diberikan gaya berupa perilaku akibat lentur dan geser. Perilaku akibat geser yang terjadi pada balok dapat dilihat dari pola retak dan keruntuhan melintang yang terjadi ketika diberikan gaya.

Jika ada sebuah balok yang ditumpu secara sederhana (yaitu dengan tumpuan sendi-rol) kemudian di atas balok diberi beban cukup berat. Balok tersebut dapat terjadi dua jenis retakan berupa retak yang arahnya vertikal dan retakan yang arahnya miring. Retak vertikal terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban lentur sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan atau tengah bentang balok. Hal ini terjadi karena pada daerah ini timbul momen lentur paling besar. Retak miring terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan gaya geser sehingga biasanya terjadi pada daerah ujung atau dekat tumpuan balok, karena pada daerah ini timbul gaya geser/gaya lintang paling besar. (Wicaksono et al., 2019)

### **2.4. Pemasangan Tulangan Geser**

Retakan beton pada balok juga dapat terjadi di daerah ujung balok yang dekat dengan tumpuan. Retakan ini disebabkan oleh bekerjanya gaya geser atau gaya lintang balok yang cukup besar, sehingga tidak mampu ditahan oleh material beton dari balok yang bersangkutan.

Agar balok dapat menahan gaya geser tersebut, maka diperlukan tulangan geser yang dapat berupa tulangan miring atau berupa sengkang. Jika sebagai penahan gaya geser hanya digunakan sengkang saja, maka pada daerah dengan gaya geser besar (misalnya pada ujung balok yang dekat tumpuan) dipasang sengkang dengan jarak yang rapat sedangkan pada daerah dengan gaya geser kecil (lapangan) dapat dipasang sengkang dengan jarak yang lebih besar renggang.



## 2.5. Retak Pada Balok

Retak terjadi pada umumnya menunjukkan bahwa lebar celah retak sebanding dengan besarnya tegangan yang terjadi pada batang tulangan baja tarik dan beton pada ketebalan tertentu yang menyelimuti batang baja tersebut. Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan. Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok (Gilbert, 1990):

1. Retak Lentur (*flexural crack*), terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban lentur, sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan (bentang tengah) balok, karena pada daerah ini timbul momen lentur paling besar. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok
2. Retak geser pada bagian balok (*web shear crack*), terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban geser, sehingga biasanya terjadi pada daerah ujung (dekat tumpuan) balok, karena pada daerah ini timbul gaya geser atau gaya lintang paling besar. Retak yang terjadi yaitu arah keretakan miring, membentuk sudut sekitar  $45^\circ$
3. Retak geser-lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sudah terjadi sebelumnya.

## 2.6. Pengujian Geser Balok Beton Bertulang

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Igbal dkk (2013) untuk mengetahui perilaku kuat geser balok beton bertulang, kuat geser dan besar perbedaan antara sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $135^\circ$ ,  $90^\circ$  pada konstruksi balok beton bertulang. Benda uji berupa balok dengan lebar 10 cm, tinggi 15 cm dan panjang 60 cm. Variasi jarak sengkang: 50 mm, 100 mm dan 150 mm. Total sampel benda uji berjumlah 27 buah, tiap variasi dibuat 3 sampel.

Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa pada kelompok sampel dengan jarak sengkang 100 mm, beban geser maksimal dan kuat geser terbesar terjadi pada balok uji yang menggunakan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $90^\circ$ . Pada kelompok sampel dengan jarak sengkang 50 mm dan 150 mm, beban geser maksimal dan kuat geser terbesar terjadi pada balok uji yang

menggunakan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $135^\circ$ . Secara umum dapat disimpulkan bahwa sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $135^\circ$  lebih kuat dibandingkan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $90^\circ$

## 2.7. Tegangan Geser (*Shear Strain*)

Menurut Timosheno (1996) menyebutkan bahwa tegangan geser yang bekerja pada penampang dapat diasumsikan bekerja sejajar dengan gaya geser, yaitu sejajar dengan sisi vertikal penampang, juga dapat diasumsikan bahwa tegangan geser mempunyai distribusi terbagi merata seluruh lebar plat, meskipun tegangan tersebut bervariasi terhadap tingginya.

## 2.8. Tulangan Geser

Pada umumnya tulangan plat badan (sengkang) yang sering digunakan dilapangan adalah tulangan geser vertikal (vertikal stirrup) dikarenakan kemudahan dari pelaknasanaannya, tulangan geser berupa baja tulangan yang berdiameter kecil berkisar antara diameter 6, 8, 10, 12 mm atau dapat berupa jaringan kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial penampang. Sengkang miring untuk komponen struktur non pratekan dapat berupa tulangan longitudinal yang dibengkokkan membentuk sudut  $30^\circ$  atau lebih terhadap arah tulangan tarik longitudinal.

Fungsi tulangan geser (sengkang) adalah untuk :

1. Menahan sebagian gaya geser pada bagian yang retak.
2. Mencegah penjalaran retak diagonal sehingga tidak menerus ke bagian tekan beton.
3. Memberi kekuatan tertentu terhadap terlepasnya beton, karena umumnya sengkang mengikat tulangan longitudinal sehingga membentuk suatu beton yang lebih masif.

Menurut Dipohusodo (1994), mekanisme perlawanan geser dalam komponen struktur beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Adanya perlawanan geser beton sebelum terjadi retak.



terjadi berupa tegangan normal, tegangan lentur, tegangan torsi, dan tegangan geser. Pada balok di atas dua tumpuan, tegangan geser dan lentur timbul di sepanjang bagian balok yang menahan gaya luar yang terjadi di atas permukaan balok. Reaksi tumpuan dan gaya yang diberikan mengakibatkan geser antar material penyusun beton.

## 2.10. Perencanaan Tulangan Miring

Berdasarkan hasil penelitian dari jurnal teknik sipil, universitas sam ratulangi oleh muhammad iqbal yang telah melakukan penelitian berdasarkan SNI 03 - 2847 – 2002 didapat :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s \tag{2.1}$$

Maka :

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

dengan :

$V_u$  = beban geser terfaktor (N)

$\Phi$  = faktor reduksi kuat geser

$V_c$  = kuat geser beton (N)

$V_n$  = kuat geser ideal atau nominal (N)

$V_s$  = kuat geser nominal yang dapat di sediakan oleh tulangan geser (N)

Untuk sengkang vertikal dapat dilakukan dengan persamaan (58) untuk tegangan geser tulangan geser dalam SNI 03 - 2847 – 2002

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \tag{2.2}$$

Keterangan:

$V_s$  = tegangan lentur tulangan geser (N)

$A_v$  = luas penampang tulangan sengkang ( $mm^2$ )

$f_y$  = kuat luluh tulangan geser (MPa)

$d$  = tinggi efektif penampang (mm)

$s$  = jarak tulangan geser (mm)

Kuat tulangan geser nominal yang diperlukan ( $V_s$ ) dapat ditentukan dari diagram gaya geser terfaktor  $V_u$

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

Selanjutnya diperoleh :

$$V_s \text{ perlu} = V_s \leq \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s \text{ perlu} = V_s \leq \left( \frac{V_u}{\phi} \right) - V_c$$

sengkan vertical yang digunakan adalah sudut bengkokkan kait  $135^\circ$   $90^\circ$  dan sengan vertical model “U” dan Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa keretakan yang terjadi pada benda uji dominan merupakan keretakan geser lentur.

### 2.11. Pola Keruntuhan Geser pada Balok

Pola runtuh balok Dari berbagai hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai banding bentang geser ( $a$ ) terhadap tinggi efektif ( $d$ ) ternyata merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam perencanaan kekuatan geser atau balok. (Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon ,1986: 127-129).

Nilai banding tersebut menunjukkan perbedaan perilaku runtuh pada struktur beton.

#### 1. Balok Tinggi ( $a/d \leq 1$ )

Balok ini berperilaku cenderung seperti pelengkung busur tekan dan tarik pada tulangan memanjang. Pola keruntuhan yang mungkin terjadi adalah:

- a. Keruntuhan angker, yaitu lepasnya tulangan tarik dari perletakan.
- b. Kehancuran di daerah perletakan.
- c. Keruntuhan lentur (flexural failure) yang timbul akibat hancurnya beton di bagian atas dari pelengkung atau akibat dari melelehnya tulangan tarik.
- d. Retak tarik diatas perletakan akibat tekan di dalam pelengkung.

#### 2. Balok Pendek ( $1 < a/d \leq 2,5$ )

Balok pendek memiliki kekuatan geser yang melebihi kekuatan retak miring. Setelah retak lentur geser terjadi, retak merambat lebih jauh ke dalam daerah tekan dengan naiknya beban. Retak ini juga merambat sebagai suatu retak skunder menuju tulangan tarik dan kemudian menerus secara horizontal

sepanjang penulangan tersebut. Keruntuhan yang terjadi adalah geser tarik (shear tension), geser tekan (retak miring).

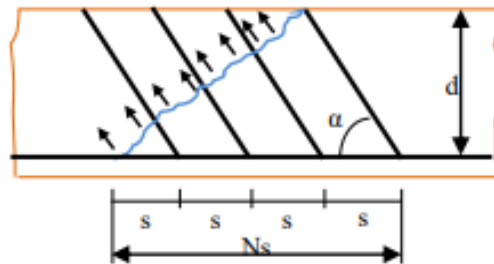
3. Balok Biasa dengan Panjang Sedang ( $2,5 < a/d \leq 6$ )

Untuk balok dengan panjang yang sedang, retak lentur vertikal adalah retak yang pertama terbentuk, disusul dengan retak lentur-geser miring.

4. Balok Panjang ( $a/d > 6$ )

Keruntuhan dari balok panjang dimulai dengan melelehnya penulangan tarik dan diakhiri dengan kehancuran pada penampang dengan momen maksimum. Di samping retak lentur yang hampir.

Menurut Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon (1986: 1) dalam bukunya: “Desain Beton Bertulang”, menyatakan bahwa beton bertulang adalah gabungan logis dari dua jenis bahan yaitu beton polos yang memiliki kekuatan tekan tinggi akan tetapi kekuatan tarik rendah, dan batangan-batangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan.



Gambar 2.2: Kekuatan Gese Vs Yang Ditimbulkan Oleh Tulangan Geser.

Dalam peraturan beton bertulang telah disyaratkan

$$V_u \leq \phi V_c$$

dimana  $\phi = 0,6$  ; namun peraturan mengharuskan untuk selalu menyediakan penulangan geser minimal pada semua bagian struktur beton yang mengalami lenturan (meskipun menurut perhitungan tidak memerlukan)

Sedangkan luas minimum tulangan geser diatur sebagai berikut:

$$A_u = 1/3 \times \frac{b \times s}{f_y}$$

dimana :

$A_u$  = luas tulangan geser

$b$  = beban balok

$s$  = jarak tulangan geser dari as ke as

$f_y$  = mutu baja

Bila struktur beton memerlukan tulangan geser ( $V_u > \phi \cdot V_c$ ) dan besarnya gaya geser lebih dari  $1/2 \phi V_c$ , maka diwajibkan memasang tulangan geser sehingga harus dipenuhi:

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

## 2.12. Balok Dengan Tulangan Geser

Kuat geser balok beton bertulang akan bertambah dengan dipasangnya tulangan geser. Sebelum terjadinya retak diagonal, tulangan geser hanya memiliki kontribusi yang kecil terhadap kuat geser beton. Namun setelah terbentuknya retak diagonal, tulangan geser memberikan kontribusi terhadap kuat geser beton, dan redistribusi gaya internal terjadi pada daerah penampang yang retak. Bila jumlah tulangan geser kecil, maka kegagalan yang terjadi diakibatkan oleh lelehnya tulangan geser. Sedangkan bila luas tulangan geser yang digunakan cukup besar, maka pada kemungkinan terjadinya kegagalan geser-tekan yang tidak bersifat daktail dan harus dihindari.

Struktur beton bertulang didesain untuk memenuhi kriteria keamanan (*safety*) dan layak pakai (*serviceability*). Untuk memenuhi kriteria tersebut maka besarnya retak struktur pada kondisi beban kerja harus diestimasi dan struktur harus didesain mempunyai suatu angka keamanan terhadap beban runtuh. Untuk mengevaluasi beban runtuh dari struktur balok beton bertulang maka penggambaran kurva beban-lendutan selama proses pembebanan struktur tersebut adalah mutlak. (Berdasarkan & Keruntuhan, 2009)

Ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan di antaranya adalah :

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan Kebanyakan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak

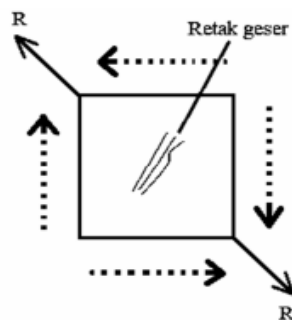
bersentuhan dengan air pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan.

3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
4. Biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak dinding basement, dan tiang tumpuan jembatan.
5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, Mulai dari pelat, balok kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
6. Sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) Dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Dalam perencanaan struktur beton bertulang, Beton diasumsikan tidak memiliki kekuatan tarik sehingga diperlukan material lain untuk menanggung gaya tarik yang bekerja. material yang digunakan umumnya berupa batang-batang baja yang disebut ulangan. (Palit et al., 2016)

### 2.13. Jenis Keruntuhan Geser Balok

Gaya geser balok terjadi melintang sejajar sumbu aksial balok. Pada balok di atas dua tumpuan, tegangan geser dan lentur timbul di sepanjang bagian balok yang menahan gaya luar yang terjadi di atas permukaan balok. Komposisi tegangan tersebut di suatu tempat akan menyesuaikan diri secara alami dengan membentuk keseimbangan tegangan geser dan tegangan normal, yang kemudian membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok.



Gambar 2.3: Keruntuhan Geser Balok.



Gaya geser ke atas pada permukaan bidang kiri dan gaya geser ke kiri pada permukaan bidang atas membentuk resultan gaya yang arahnya miring ke kiri-atas. Selain itu, gaya geser ke bawah pada permukaan bidang kanan dan gaya geser ke kanan pada permukaan bidang bawah juga membentuk resultant gaya yang arahnya miring ke kananbawah. Kedua resultant yang terjadi sama besarnya tetapi berlawanan arah dan saling tarik-menarik. Jika elemen beton tidak mampu menahan gaya tarik dari kedua resultan maka elemen beton akan retak dengan arah miring, membentuk sudut 45 derajat. (Wicaksono et al., 2019)

#### 2.14. Kapasitas Geser Pada Balok

Pada perencanaan beton bertulang, biasanya lentur lebih diperhatikan untuk analisis mendapatkan ukuran penampang dan tulangan yang diperlukan untuk menahan momen lentur, untuk memastikan bahwa keruntuhan terjadi didahului dengan tanda-tanda (*under reinforced*). Balok juga harus direncanakan untuk menahan geser karena biasanya keruntuhan geser tanpa disertai peringatan terlebih dahulu (*over reinforced*).

Persamaan untuk tegangan geser beton adalah sebagai berikut:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

Keterangan :

$V_c$  = tegangan geser beton (N)

$f'_c$  = mutu beton (Mpa)

$b$  = lebar penampang (mm)

$d$  = tinggi efektif penampang (mm)

Persamaan untuk tegangan geser nominal adalah:

$$V_n = V_c + V_s$$

Keterangan:

$V_n$  = tegangan geser nominal (kg)

$V_c$  = tegangan geser beton (kg)

$V_s$  = tegangan lentur tulangan geser (kg)

### **2.15. Mekanisme Analogi Rangka**

Analogi rangka merupakan konsep lama dari struktur beton bertulang. Konsep ini menyatakan bahwa balok beton bertulang dengan tulangan geser dikatakan berperilaku seperti rangka batang sejajar statis tertentu dengan sambungan sendi. Beton tekan lentur dianalogikan sebagai batang atas rangka batang, sedangkan tulangan tarik sebagai batang bawah. Web rangka batang tersusun dari sengkang sebagai batang tarik vertikal dan bagian beton antara retak tarik diagonal mendekati  $45^\circ$  bekerja sebagai batang tekan diagonal. Tulangan geser yang digunakan berperilaku seperti batang web dari suatu rangka batang. (Sipil et al., 2002)

### **2.16. Keruntuhan Lentur**

Tipe keruntuhan balok sangat tergantung pada kelangsingan balok. Kelangsingan balok dinyatakan dengan  $a/d$  (untuk beban terpusat), dimana  $a$  adalah shear span, yaitu jarak antara titik pembebanan ke tumpuan.

Menurut Nawy, 1998 ada 3 jenis keruntuhan yang dapat terjadi pada balok beton bertulang yaitu sebagai berikut :

1. Keruntuhan tarik (Tensile Failure), jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan kecil (jumlah tulangnya sedikit), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sedangkan beton belum hancur (beton belum mencapai regangan maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan seperti ini bersifat ductile.
2. Keruntuhan seimbang (balanced Failure), jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan yang seimbang sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan (tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimum = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan seperti ini bersifat getas.
3. Keruntuhan tekan (Compression Failure), jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan besar (jumlah tulangnya banyak), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya sedangkan beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan

maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan seperti ini bersifat getas. (Sumajouw et al., 2015)

### 2.17. Persyaratan Tulangan Geser Minimum

Tata cara ACI 318M-99 (1999) mensyaratkan rasio tulangan geser minimum yang diijinkan untuk balok beton bertulang sebagai berikut:

$$f'_c \leq 69 \text{ MPa}, \rho_v (\text{min}) = \frac{0,345}{f_y} \quad (1a)$$

$$f'_c \leq 69 \text{ MPa}, \rho_v (\text{min}) = \frac{1}{3f_y} \times \frac{f'_c}{35} = 0,01 \frac{f'_c}{f_y} \leq \frac{1}{f_y} \quad (1b)$$

karena nilai  $\sqrt{f'_c}$  yang digunakan dalam perhitungan kuat geser beton  $V_c$  dibatasi hanya sampai 8,3 MPa dalam menghasilkan Persamaan(1a), maka perancangan geser tidak berlaku untuk kuat tekan beton lebih besar dari 69 MPa, kecuali bila disediakan tulangan geser minimum yang lebih besar seperti dalam Persamaan (1b). (Kusuma, 1999)

### 2.18. Persyaratan yang Ditentukan Dengan SNI Beton Struktural

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja,

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f'_c} b_w d$$

Untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \times \sqrt{f'_c} b_w d$$

Besar  $N_u/A_g$  harus dinyatakan dalam MPa

Untuk komponen struktur yang dikenai tarik aksial yang cukup besar,  $V_c$  harus diambil sama dengan nol kecuali bila analisis yang lebih rinci dilakukan menggunakan tarik aksial

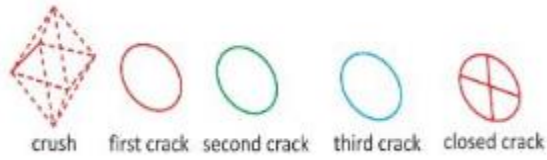
Untuk komponen struktur yang dikenai lentur dan geser saja

$$V_c = \left( 0.16 \times \sqrt{f'_c} + 0.17 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d$$

Tetapi tidak lebih besar dari  $0.29 \times \sqrt{f'_c} b_w d$ ,  $V_{ud}/M_u$  tidak boleh lebih dari 1,0 dimana  $M_u$  terjadi serentak dengan  $V_u$  pada penampang yang ditinjau.

## 2.19. Aplikasi

Untuk memodelkan material beton bertulang digunakan model 8 elemen Solid dengan tiga derajat kebebasan pada setiap titiknya dan terjadi translasi pada arah x, y, and z

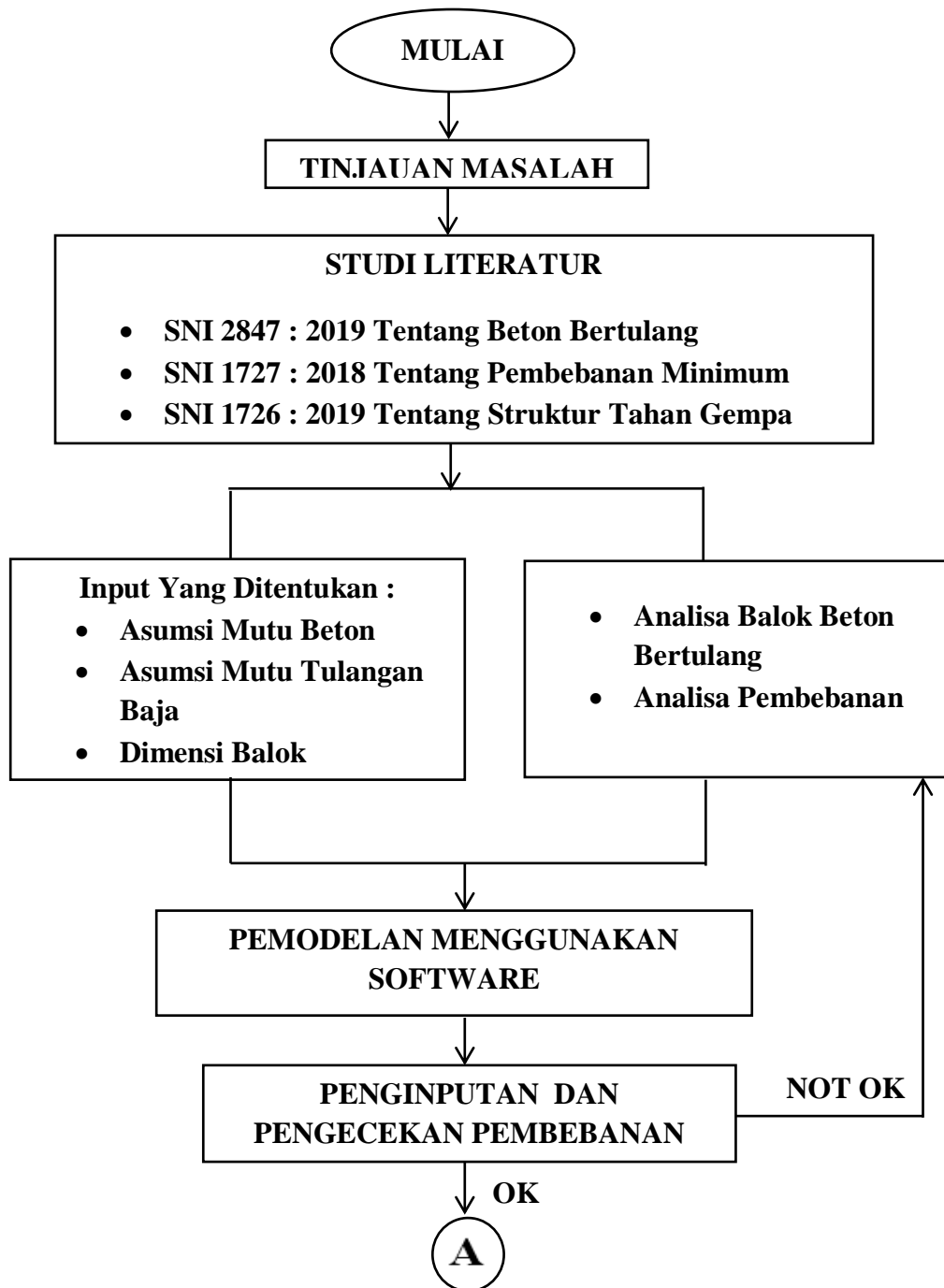


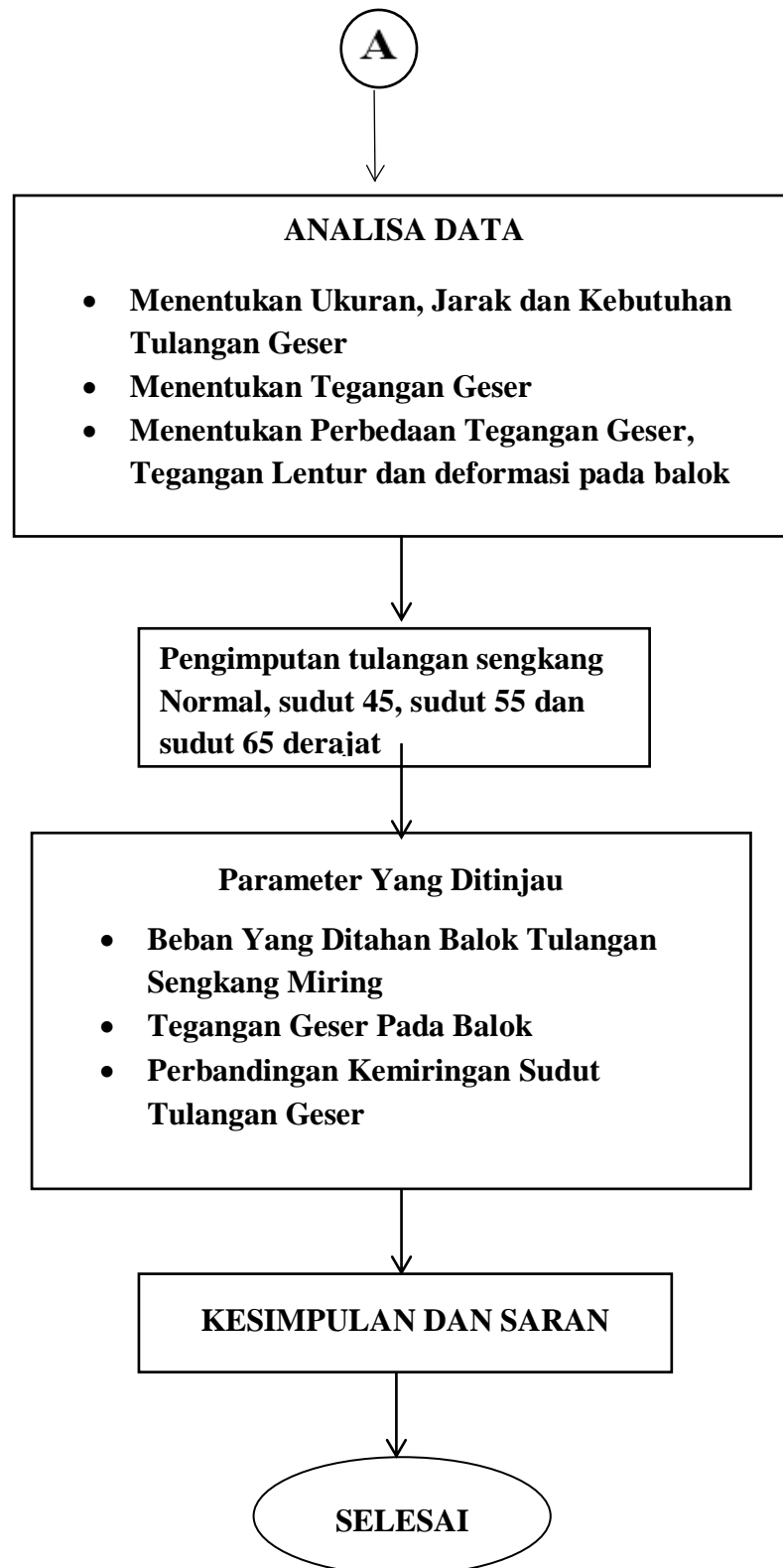
Gambar 2.4: Pola Retak Interaksi antara Beton Bertulang Pada Aplikasi.

**BAB 3**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1. Bagan Alir Penelitian**

Adapun langkah-langkah penelitian pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Bagan Alir Pengerjaan

### 3.2. Data Perencanaan

Material untuk struktur yang akan dianalisa adalah sebagai berikut :

- a. Mutu Beton  $F_c'$  = 25 MPa
- b. Mutu Tulangan Baja,  $f_u$  = 390 Mpa
- c. Modulus elastisitas beton = 23500 Mpa
- d. Modulus elatisitas baja = 200000 Mpa
- e. Ukuran kolom = 400 x 400 mm
- f. Diameter Tulangan Utama = 22 mm
- g. Diameter Tualangan Begel = 10 mm
- h. Ukuran balok = 470 x 300 mm
- i. Tebal selimut beton = 50 mm
- j. Jarak sengkang/begel = 150 mm dan 200 mm pada tumpuan

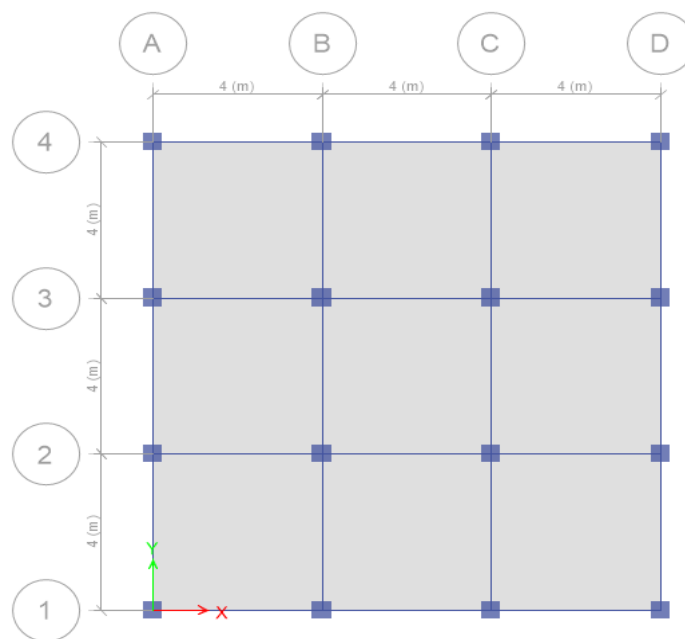
Tabel 3.1: Sifat mekanis

Kelas baja Tulangan	Nomor batang uji	Uji tarik			Uji lengkung	
		Kuat leleh minimum	Kuat tarik minimum	Regangan minimum	Sudut lengkung	Diameter pelengkung
		N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	N/ mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	%		
BjTP 24	No. 2	235	380	20	180°	3 x d
	No. 3	(24)	(39)	24		
BjTP 30	No. 3	295	440	18	180°	$d \leq 16 = 3xd$ $d > 16 = 3xd$
	No. 2	(30)	(45)	20		
BjTP 30	No. 2	295	440	18	180°	$d \leq 16 = 3xd$ $d > 16 = 4xd$
	No. 3	(30)	(45)	20		
BjTP 35	No. 2	345	490	18	180°	$d \leq 16 = 3xd$ $16 < d \leq 40 = 4xd$ $d \geq 40 = 5xd$
	No. 3	(35)	(50)	20		
BjTP 40	No. 2	390	560	16	180°	5 x d
	No. 3	(40)	(57)	18		
BjTP 50	No. 2	490	620	12	90°	$d \leq 25 = 5xd$ $d > 25 = 6xd$
	No. 3	(50)	(63)	14		

Tabel 3.2: Ukuran baja tulangan beton sirip

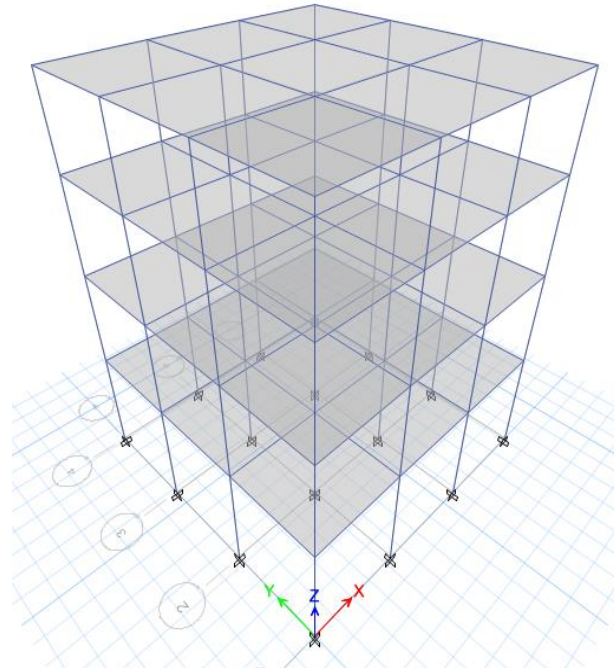
No	Pena- maan	Dia- meter nominal (d)	Luas penam- pang nominal (A)	Dia- meter dalam minimal (do)	Tinggi sirip		Jarak sirip melintang (maks)	Lebar sirip membuju r (maks)	Berat nomin al per meter
					min	maks			
		mm	cm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m
1	S.6	6	0.2827	5.5	0.3	0.6	4.2	4.7	0.222
2	S.8	8	0.5027	7.3	0.4	0.8	5.6	6.3	0.395
3	S.10	10	0.7854	8.9	0.5	1.0	7.0	7.9	0.617
4	S.13	13	1.327	12.0	0.7	1.3	9.1	10.2	1.04
5	S.16	16	2.011	15.0	0.8	1.6	11.2	12.6	1.58
6	S.19	19	2.835	17.8	1.0	1.9	13.3	14.9	2.23
7	S.22	22	3.801	20.7	1.1	2.2	15.4	17.3	2.98
8	S.25	25	4.909	23.6	1.3	2.5	17.5	19.7	3.85
9	S.29	29	6.625	27.2	1.5	2.9	20.3	22.8	5.18
10	S.32	32	8.042	30.2	1.6	3.2	22.4	25.1	6.32
11	S.36	36	10.18	34.0	1.8	3.6	25.2	28.3	7.99
12	S.40	40	12.57	38.0	2.0	4.0	28.0	31.4	9.88
13	S.50	50	19.64	48.0	2.5	5.0	35.0	39.3	15.4
14	S.54	54	22.902	50.8	2.7	5.4	37.8	42.3	17.9
15	S.57	57	25.518	53.6	2.9	5.7	39.9	44.6	20.0

### 3.3 Pemodelan Menggunakan Software Analisis Struktur

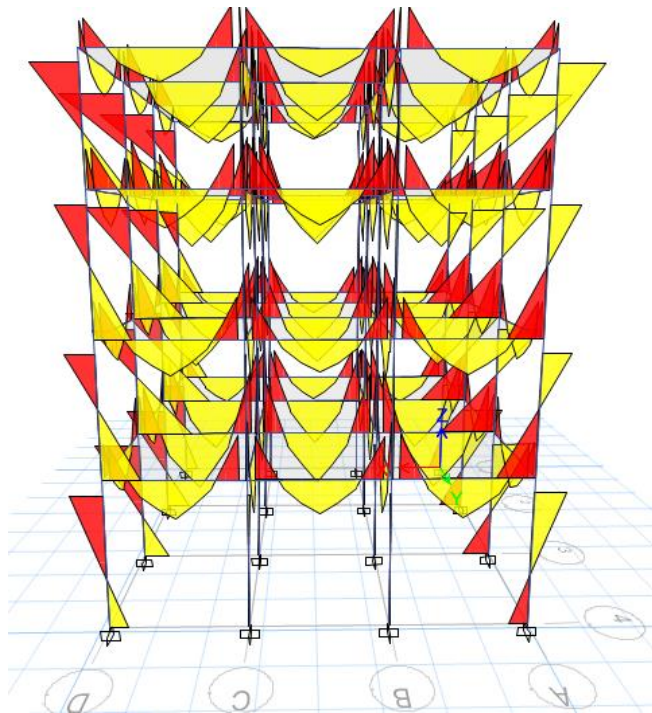


Gambar 3.2 Tampak Lantai 1 struktur gedung bertingkat.

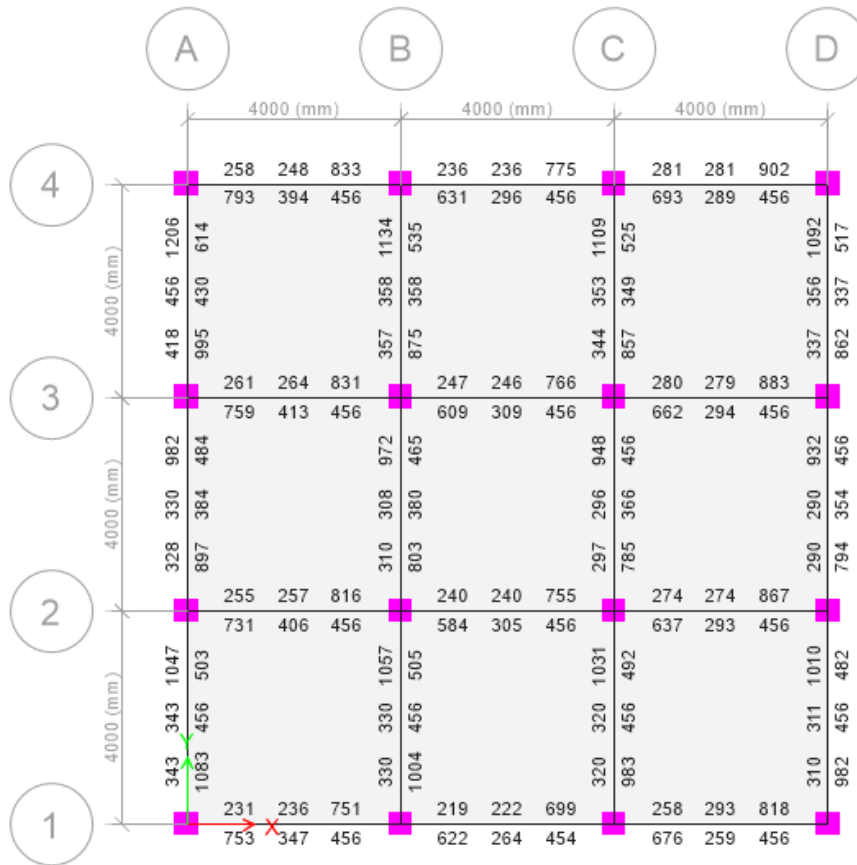




Gambar 3.3 Tampak struktur Gedung 3-Dimensi.



Gambar 3.4 Momen dan Gaya Lintang setelah semua pembebanan diberikan pada struktur.



Gamabr 3.5 Tampak Atas Lantai - 1 Pada Struktur Gedung Dengan Kebutuhan Jumlah Tulangan.

### 3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan berhubungan dengan desain struktur balok beton bertulang. Tulangan yang digunakan digunakan dengan sudut tulangan berbeda. Pengumpulan data yang dilakukan seperti section properties dan properties fisik material beton. Selain itu, pengumpulan data-data yang dilakukan berhubungan dengan tugas akhir ini yaitu pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin serta beban gempa. Selain itu juga dilakukan pengumpulan data dan rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan berdasarkan buku beton bertulang SNI 2847 : 2019. Teori-teori dan rumus-rumus yang berkaitan dengan analisis perbandingan tegangan dan regangan pada struktur balok beton bertulang serta kekuatan geser yang terjadi pada balok beton bertulang menggunakan SNI 2047 : 2019.

### 3.5 Tahap Desain Data

Pada tahap desain data yang direncanakan yaitu data material dan data penampang pada balok. Kemudian dilakukan pengecekan dimensi tulangan pada balok yang akan dianalisa stabilitas dan optimalisasinya dalam memikul beban yang direncanakan. Tulanga beton yang akan dibandingkan yaitu tulangan normal, tulangan dengan sudut 45 derajat, 55 derajat dan 65 derajat. Dalam analisa ini dimensi balok dibuat sama agar setiap tulangan yang dibedakan sudut kemiringannya dapat dilihat perbedaannya.

### 3.6 Perencanaan Struktur Gedung Menggunakan Program Analisis Struktur

Perencanaan struktur portal terkait dengan gedung yang akan digunakan dilakukan dengan bantuan program analisis struktur. Setelah dimensi struktur gedung direncanakan selanjutnya dilakukan asumsi dengan pembebanan. Perhitungan pada struktur gedung berpedoman dalam peraturan PPIUG (1987) untuk beban mati, SNI 1726 (2019) untuk beban gempa, dan RSNI 1727 (2018) untuk beban angin dan kombinasi beban.

#### 3.6.1 Pemodelan Struktur Gedung

Konsep Bangunan

Desain bangunan gedung struktur baja dengan data diperoleh yaitu :

Fungsi : Perkantoran  
Kondisi Tanah : Tanah sedang  
Lokasi Bangunan : Padang, Indonesia  
Tinggi bangunan : 16 m

#### 3.6.2 Data Pembebanan

##### 1. Beban Mati Tambahan

Atap	
Genangan air (t = 4cm)	: 40 kg/m <sup>2</sup>
Plafond	: 18 kg/m <sup>2</sup>
M.E	: 40 kg/m <sup>2</sup>
<u>Plat Lantai</u>	<u>: 288 kg/m<sup>2</sup></u>
Total	: 386 kg/m <sup>2</sup>
	: 3,86 kN/m <sup>2</sup>

Lantai 3	
Plafond	: 18 kg/m <sup>2</sup>
M.E	: 40 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Keramik	: 24 kg/m <sup>2</sup>
Plat Lantai	: 288 kg/m <sup>2</sup>
<u>Berat Spesi (2 cm)</u>	: 42 kg/m <sup>2</sup>
Total	: 412 kg/m <sup>2</sup>
	: 4,12 kN/m <sup>2</sup>

Lantai 2	
Plafond	: 18 kg/m <sup>2</sup>
M.E	: 40 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Keramik	: 24 kg/m <sup>2</sup>
Plat Lantai	: 288 kg/m <sup>2</sup>
<u>Berat Spesi (2 cm)</u>	: 42 kg/m <sup>2</sup>
Total	: 412 kg/m <sup>2</sup>
	: 4,12 kN/m <sup>2</sup>

Lantai 1	
Plafond	: 18 kg/m <sup>2</sup>
M.E	: 40 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Keramik	: 24 kg/m <sup>2</sup>
Plat Lantai	: 288 kg/m <sup>2</sup>
<u>Berat Spesi (2 cm)</u>	: 42 kg/m <sup>2</sup>
Total	: 412 kg/m <sup>2</sup>
	: 4,12 kN/m <sup>2</sup>

## 2. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian pada bangunan gedung. Berikut perencanaan beban hidup pada struktur gedung:

Beban Hidup Atap	: 0.96 kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Lantai 3	
Koridor Lantai Atas	: 3.83 kN/m <sup>2</sup>
Ruang Kantor	: 2.4 kN/m <sup>2</sup>

Beban Hidup Lantai 2	
Ruang Aula	: 4.79 kN/m <sup>2</sup>
Ruang Kantor	: 2.4 kN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Lantai 1	
Ruang Kantor	: 2.4 kN/m <sup>2</sup>
Koridor Lantai Atas	: 3.83 kN/m <sup>2</sup>

### 3.6.3 Beban Angin (SNI 1727 : 2018)

Beban angin merupakan beban yang timbul akibat alam itu sendiri. Angin sangat penting untuk di perhitungkan dalam struktur gedung. Untuk data kecepatan angin didapat dari BPS (Badan Pusat Statistik) untuk kota Padang memiliki kecepatan angin sebesar 10 km/jam.

Kategori resiko	: kategori I
Kecepatan angin dasar, V	: 10 m/s
Parameter Beban Angin	
-Faktor arah angin, Kd	: 0,85
-Kategori eksposur	: B (Daerah Perkotaan)
-Faktor topografi, Kzt	: 1
Faktor efek tiupan angin, G	: 0,85 (Bangunan Kaku atau Struktur Lainnya)
Klasifikasi Ketertutupan	: Bangunan Tertutup
Koefisien tekanan internal, (Gcpi)	: + 0,18 : - 0,18
Koefisien eksposur tekanan velositas, Kz atau Kh	
Kz	: 0,750
Kh	: 0,749
Tekanan velositas, q atau qh	
qz	: 39,082
qh	: 39,005
Tekanan Angin, P	
Angin datang	: 0,020 kN/m <sup>2</sup>
Angin Pergi	: 0,012 kN/m <sup>2</sup>

### 3.6.4 Beban Gempa

Metode yang digunakan dalam analisis beban gempa ialah dengan analisis respons spectrum. Beban gempa di perhitungkan berdasarkan SNI 1726:2019 dan dapat dilihat pada lampiran 1.

### 3.6.5 Kombinasi Beban

Kombinasi beban dihitung berdasarkan RSNI 1727 (2018) tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Dari hasil program analisis struktur diambil satu elemen balok dengan setiap variasi tulangan sengkang yang diubah. Kombinasi beban yang digunakan dalam struktur gedung ini ialah Kombinasi beban untuk desain tegangan izin

1. D
2. D + L

Pada analisis pembebanan yang digunakan menggunakan hasil beban tributary yang terdapat pada program analisis struktur. Sehingga diperoleh nilai beban kombinasi yang akan digunakan pada pembebanan untuk program analisis elemen hingga pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Beban kombinasi pada balok.

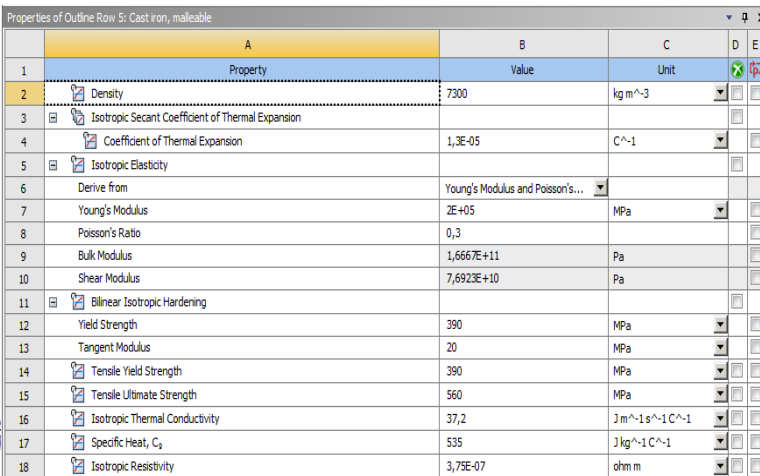
Beban	Beban Tributary (kN/m)
Beban Mati	12
Mati Tambahan	7,08
Hidup	3,84
D+L	22,92

### 3.7 Pemodelan Balok Menggunakan Program Analisis Elemen Hingga

Permodelan struktur balok yang digunakan menggunakan bantuan program analisis metode elemen hingga 3D. Struktur balok yang digunakan yaitu dengan dimensi 300 x 470 mm namun sudut tulangan geser berbeda. Tulangan geser yang digunakan memiliki variasi sudut yaitu normal, sudut 45 derajat, 55 derajat dan 65 derajat pada masing-masing balok beton bertulang.

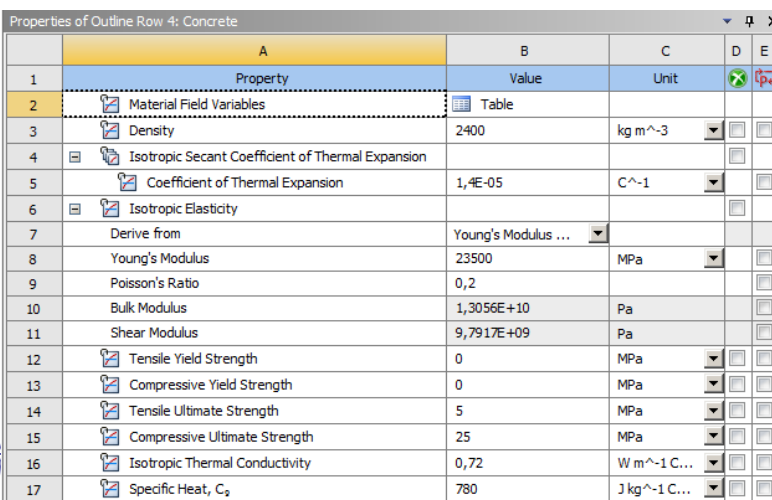
### 3.7.1 Defenisi Material

Sebelum melakukan analisis balok yang harus di input terlebih dahulu ialah spesifikasi material pada *Engineering Data*. Dibawah ini merupakan spesifikasi material yang digunakan pada balok yang akan di analisis, sebagai berikut:



Property	Value	Unit
Density	7300	kg m <sup>-3</sup>
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Coefficient of Thermal Expansion	1,3E-05	C <sup>-1</sup>
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus and Poisson's...	
Young's Modulus	2E+05	MPa
Poisson's Ratio	0,3	
Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa
Shear Modulus	7,6923E+10	Pa
Bilinear Isotropic Hardening		
Yield Strength	390	MPa
Tangent Modulus	20	MPa
Tensile Yield Strength	390	MPa
Tensile Ultimate Strength	560	MPa
Isotropic Thermal Conductivity	37,2	J m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Specific Heat, C <sub>p</sub>	535	J kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Isotropic Resistivity	3,79E-07	ohm m

Gambar 3.6 Input material tulangan baja balok pada program analisa metode elemen hingga



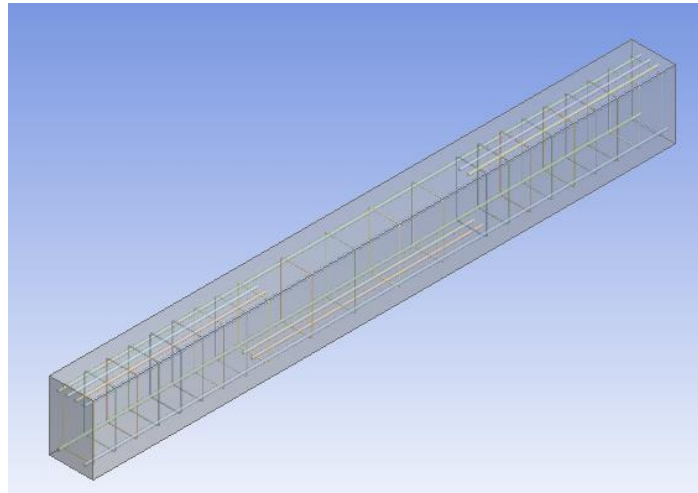
Property	Value	Unit
Material Field Variables	Table	
Density	2400	kg m <sup>-3</sup>
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Coefficient of Thermal Expansion	1,4E-05	C <sup>-1</sup>
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus ...	
Young's Modulus	23500	MPa
Poisson's Ratio	0,2	
Bulk Modulus	1,3056E+10	Pa
Shear Modulus	9,7917E+09	Pa
Tensile Yield Strength	0	MPa
Compressive Yield Strength	0	MPa
Tensile Ultimate Strength	5	MPa
Compressive Ultimate Strength	25	MPa
Isotropic Thermal Conductivity	0,72	W m <sup>-1</sup> C...
Specific Heat, C <sub>p</sub>	780	J kg <sup>-1</sup> C...

Gambar 3.7. Input material selimut beton pada program analisa metode elemen hingga

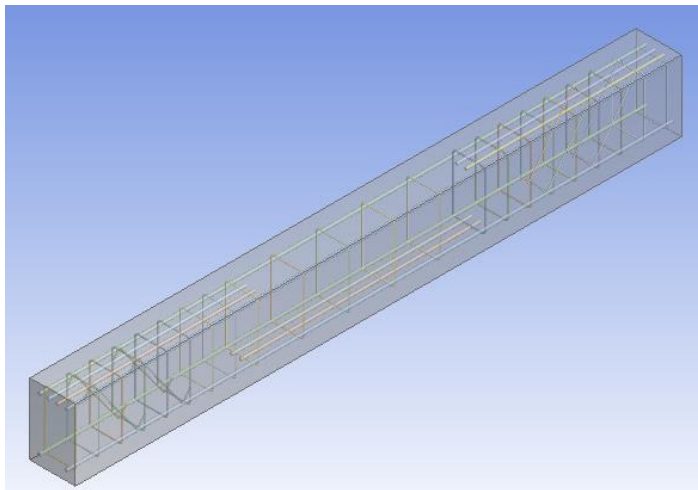
### 3.7.2 Input Model Tulangan

Model tulangan yang digunakan yaitu tulangan normal tulangan geser 45 derajat, tulangan geser 55 derajat dan 65 derajat.

1. Model balok sengkang tumpuan berjarak 150 mm

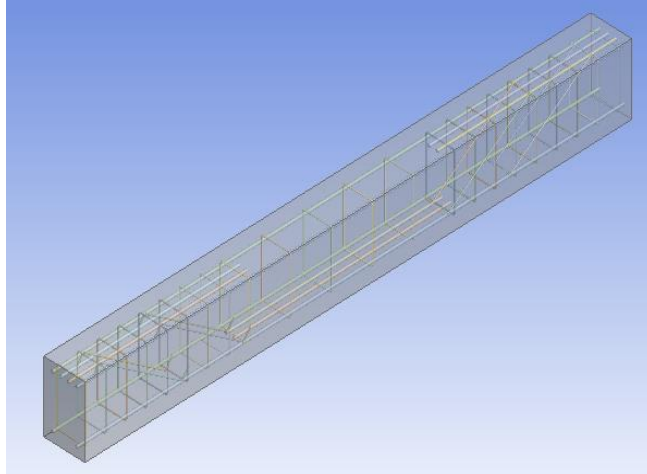


Gambar 3.8. Pemodelan balok tulangan sengkang normal

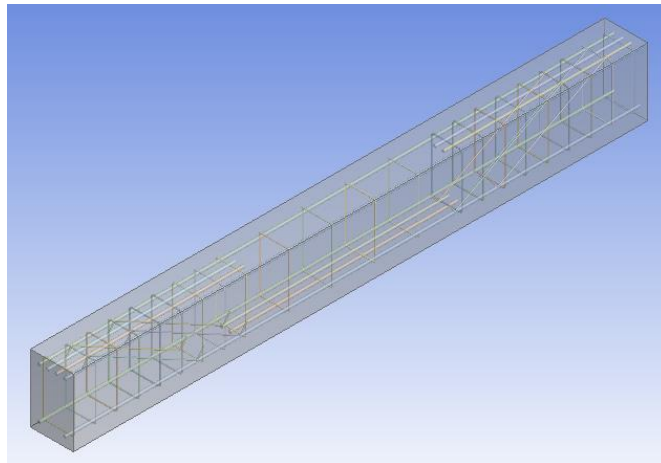


Gambar 3.9. Pemodelan balok tulangan sengkang 45 derajat



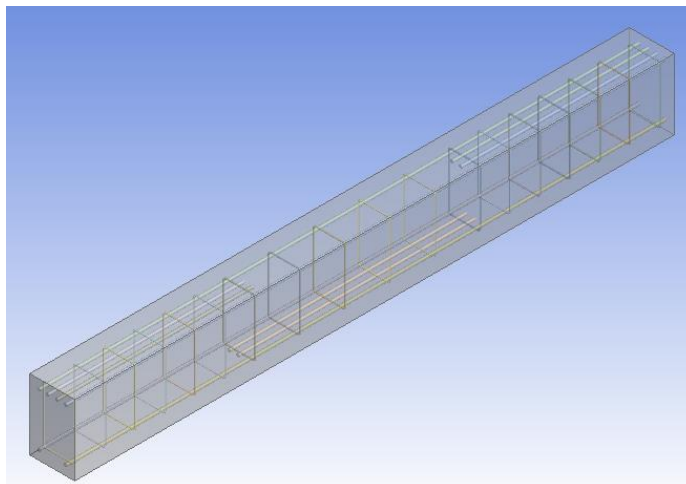


Gambar 3.10. Pemodelan balok tulangan sengkang 55 derajat

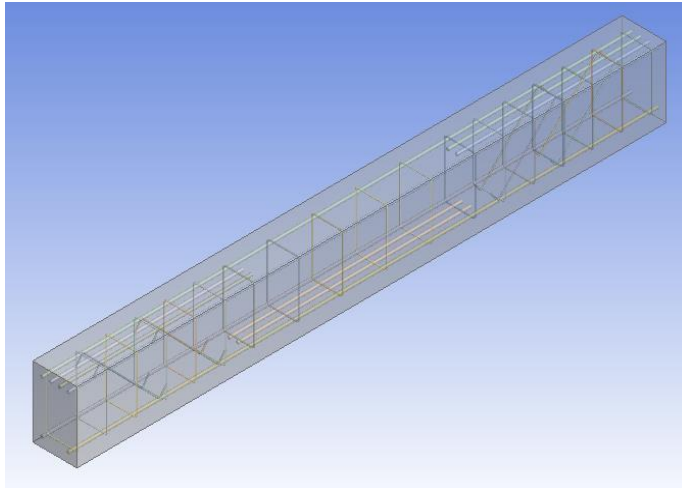


Gambar 3.11. Pemodelan balok tulangan sengkang 65 derajat

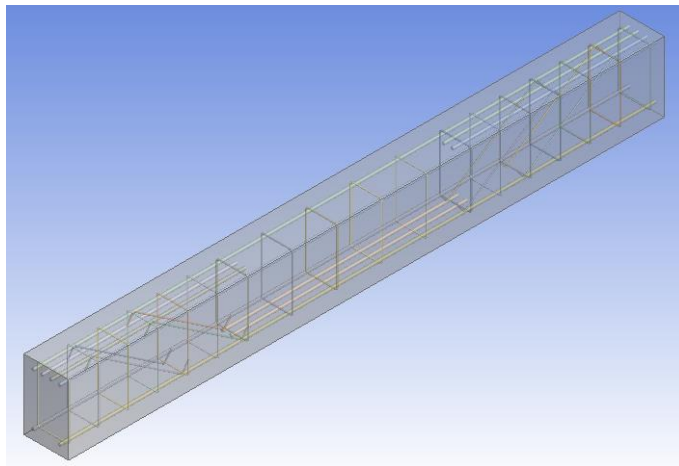
2. Model balok sengkang tumpuan berjarak 200 mm



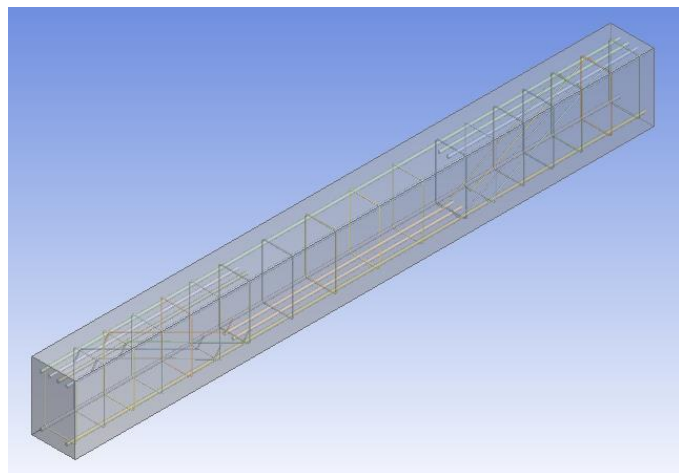
Gambar 3.12. Pemodelan balok tulangan sengkang 45 derajat



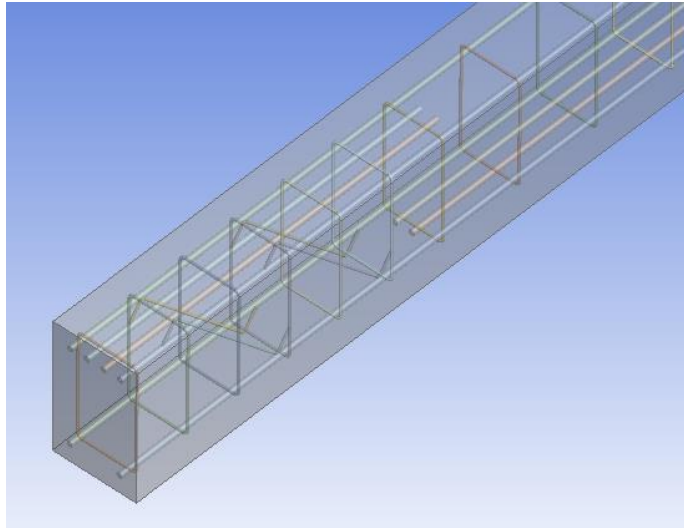
Gambar 3.13. Pemodelan balok tulangan sengkang 45 derajat



Gambar 3.14. Pemodelan balok tulangan sengkang 55 derajat

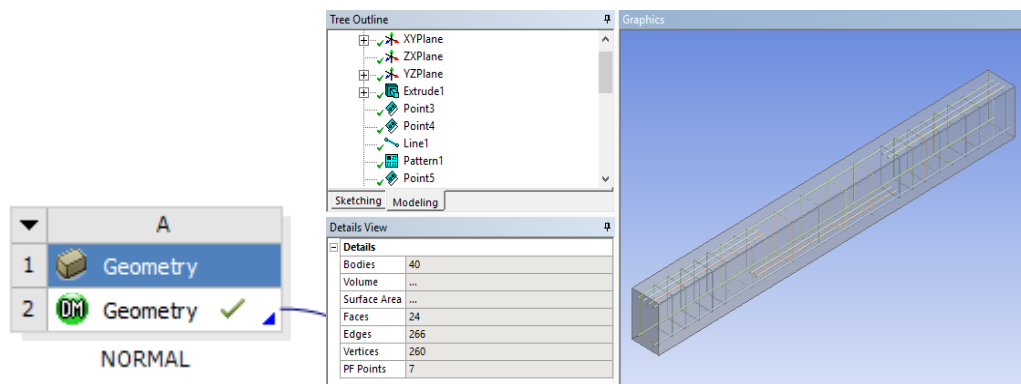


Gambar 3.15. Pemodelan balok tulangan sengkang 55 derajat



Gambar 3.16. Tampak detailing pada pemodelan tulangan sengkang miring

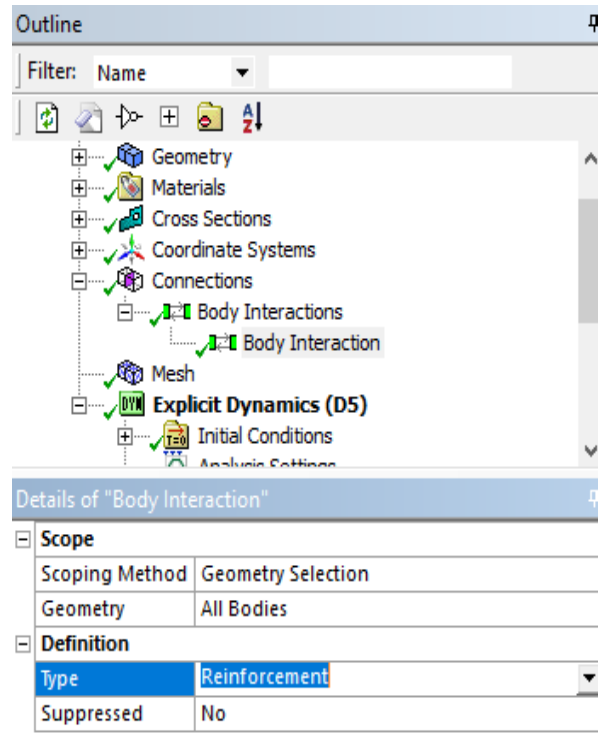
Dibawah ini penginputan salah satu model ke software yang akan digunakan dalam analisis antaranya.



Gambar 3.17. Input desain balok menggunakan geometry dalam program analisis metode elemen hingga

### 3.7.3 Defenisi *Contact*

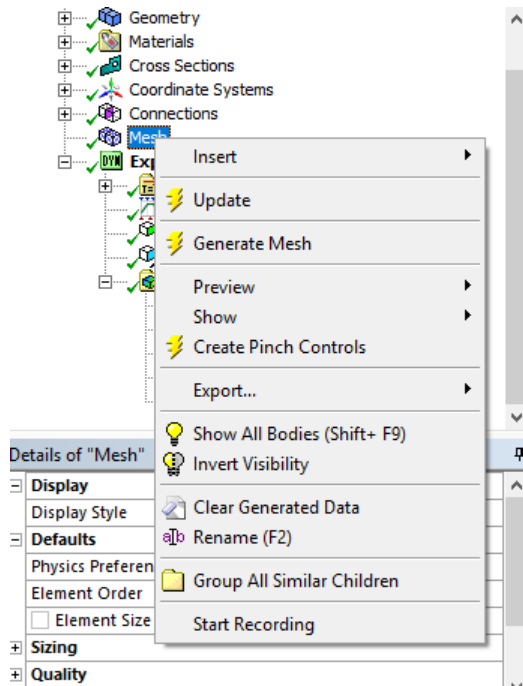
*Contact* merupakan penghubung antara dua geometri yang memiliki fungsi tersendiri sesuai dengan perilaku material tersebut. Dalam analisis balok ini digunakan tipe *contact reinforcement*. *Reinforcement* berfungsi sebagai penghubung yang saling melekat ketika diberi beban material, yang terhubung dengan tipe kontak ini akan terikat sesuai dengan arah beban yang diterapkan. Dengan kontak *reinforcement* material *line body* dan *solid* dapat bersatu.



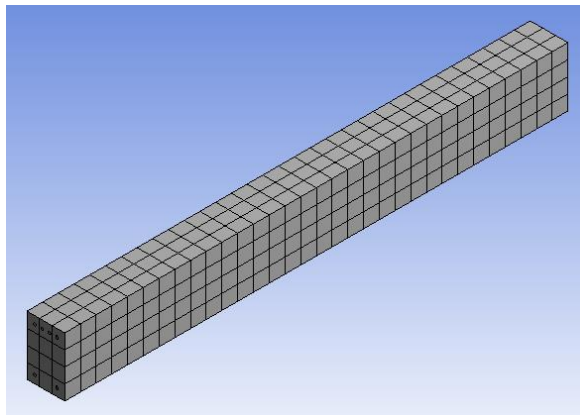
Gambar 3.18. *Connection* antara tulangan dengan beton menggunakan *reinforcement*

### 3.7.4 Meshing

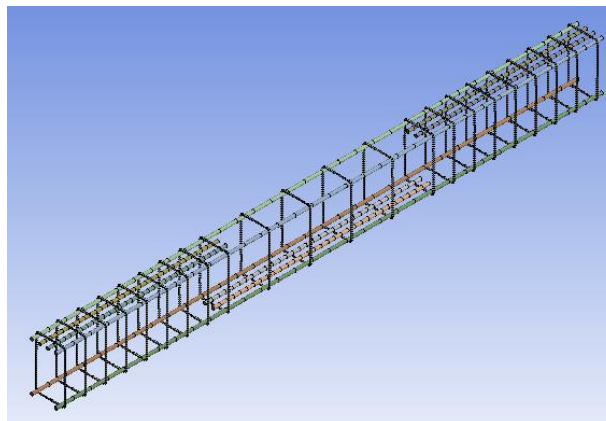
*Meshing* merupakan proses simulasi yang membagi geometri menjadi elemen-elemen sederhana. *Meshing* juga dapat mempengaruhi akurasi serta kecepatan saat melakukan running analisis. Semakin kecil *meshing* yang dibuat maka semakin bagus pula akurasi yang di dapat saat melakukan running analisis. Dalam analisis balok ini *meshing* yang dilakukan secara *default* tanpa mengatur ukuran maupun tipe dari *meshing* tersebut. Dibawah ini merupakan *meshing* pada salah satu model serta cara melakukan generate mesh



Gambar 3.19. *Generate mesh* pada model balok



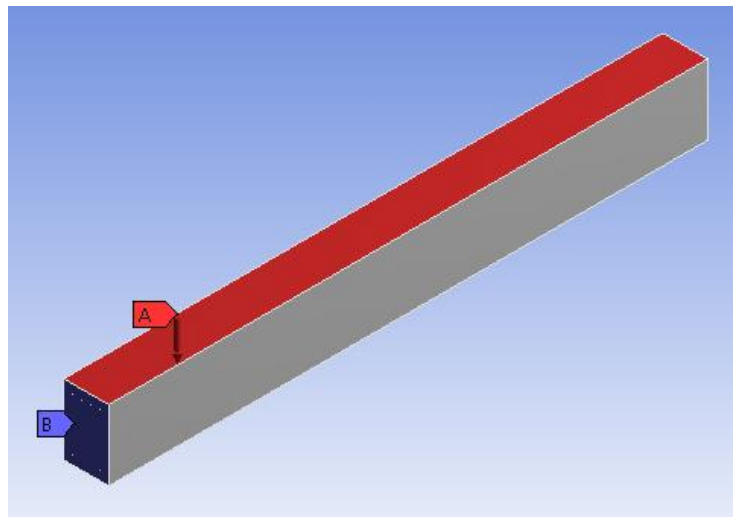
Gambar 3.20. *Meshing* pada balok beton bertulang



Gambar 3.21. *Meshing* pada tulangan utama dan sengkang normal

### 3.7.5 Pembebanan Dan Tumpuan Balok

Balok ditumpu pada kedua ujungnya dengan tumpuan jepit. Beban yang di terima dalam melakukan analisis balok ialah beban merata. Pada analisis beton bertulang menggunakan beban kombinasi yang diambil dari hasil program analisis struktur sebesar 22,92 kN/m. Beban merata dimasukkan sebagai *force* dalam program analisis metode elemen hingga. Dikarenakan satuan dari *force* adalah massa per luas, nilai beban merata harus dikalikan dengan panjang bentang. Untuk bentang balok 4m, *force* bernilai 91.680 N.



Gambar 3.22. A adalah *force* analisis beban merata vertikal yang diberikan pada balok. B adalah *Fix Support* perletakan tumpuan jepit

## **BAB 4**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Analisis Pada Balok**

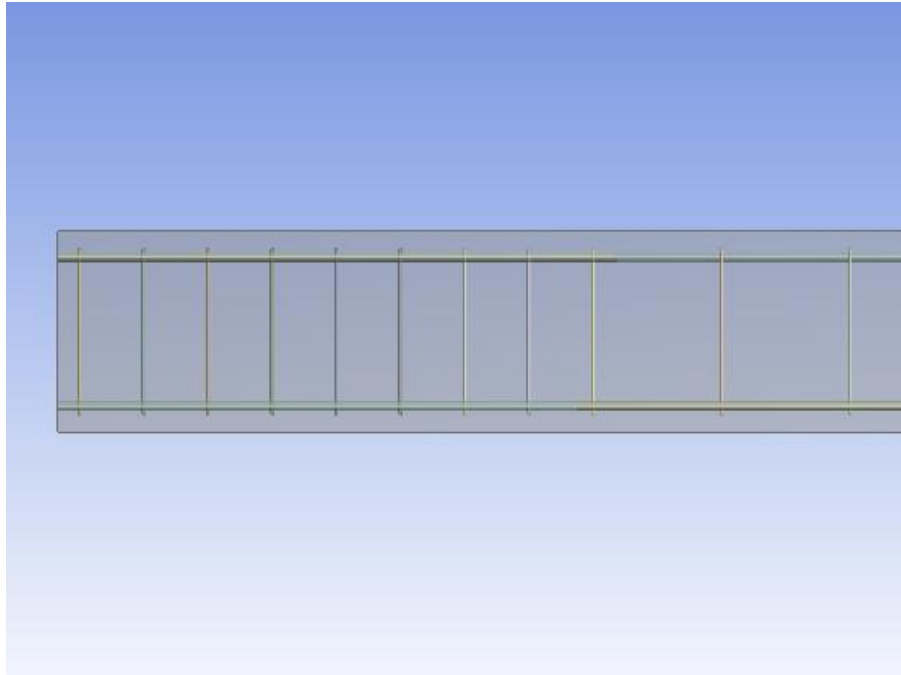
##### **4.1.1 Analisis Tegangan Pada Beton Bertulang**

Tegangan yang di analisis disesuaikan dengan batasan dari mutu baja tulangan. Mutu baja tulangan yang digunakan dalam analisis balok ini adalah BjTP 40 dengan kuat leleh ( $f_y$ ) sebesar 390 MPa dan kuat ultimate ( $f_u$ ) sebesar 560 MPa. Beton sendiri juga memiliki batasan yaitu dengan mutu beton ( $f_c'$ ) sebesar 25 MPa. Pada setiap pemodelan balok memiliki variasi sudut tulangan yaitu normal, sudut 45 derajat, sudut 55 derajat dan sudut 65 derajat.

##### **4.1.2 Balok Beton Bertulang Dengan Tegangan Geser**

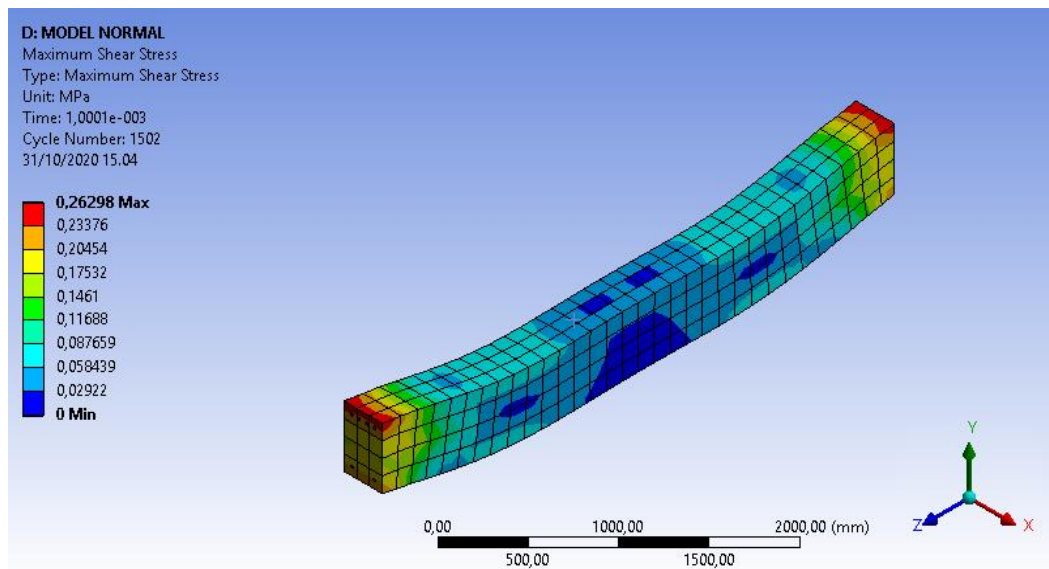
###### **4.1.2.1 Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 150 mm**

Tegangan Geser (*Maximum Shear Stress*) pada balok beton bertulang dianalisis terhadap variasi kenaikan sudut tulangan sengkang yang berbeda-beda. Analisa dibandingkan terhadap jarak tulangan sengkang pada tumpuan yang berbeda, tipe pertama yaitu dengan jarak sengkang 150 mm dan tipe kedua yaitu dengan jarak sengkang 200 mm namun pada keadaan ini tulangan sengkang lapangan dibuat tetap sama dan beban yang digunakan juga tetap sama agar dapat dibandingkan perbedaan jarak yang telah digunakan sehingga dapat mengetahui perbandingan dua tipe jarak tulangan lapangan terhadap tulangan geser yang di input ke dalam software analisa elemen hingga.



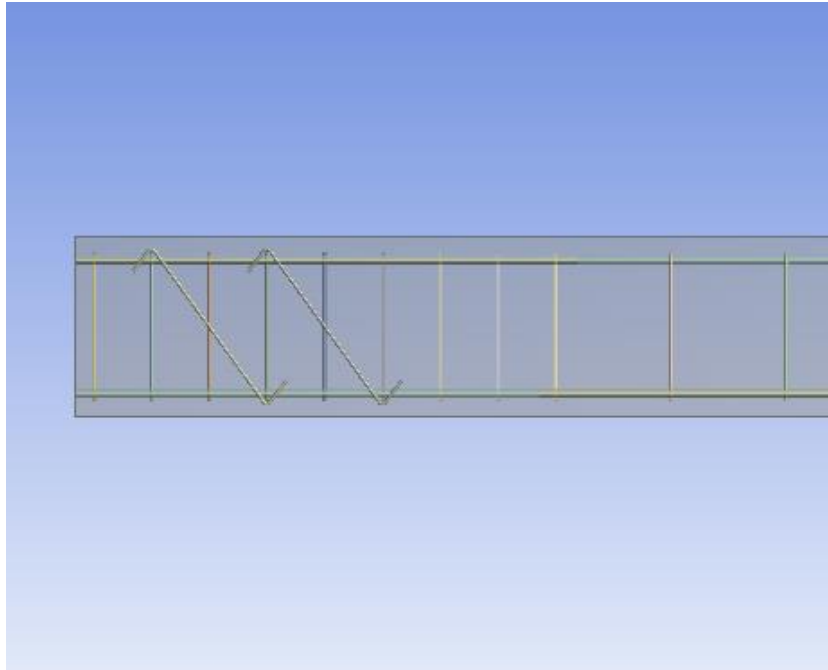
Gambar 4.1 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak sengkang 150 mm

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum diujung bentang sebesar 0,26298 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.2.



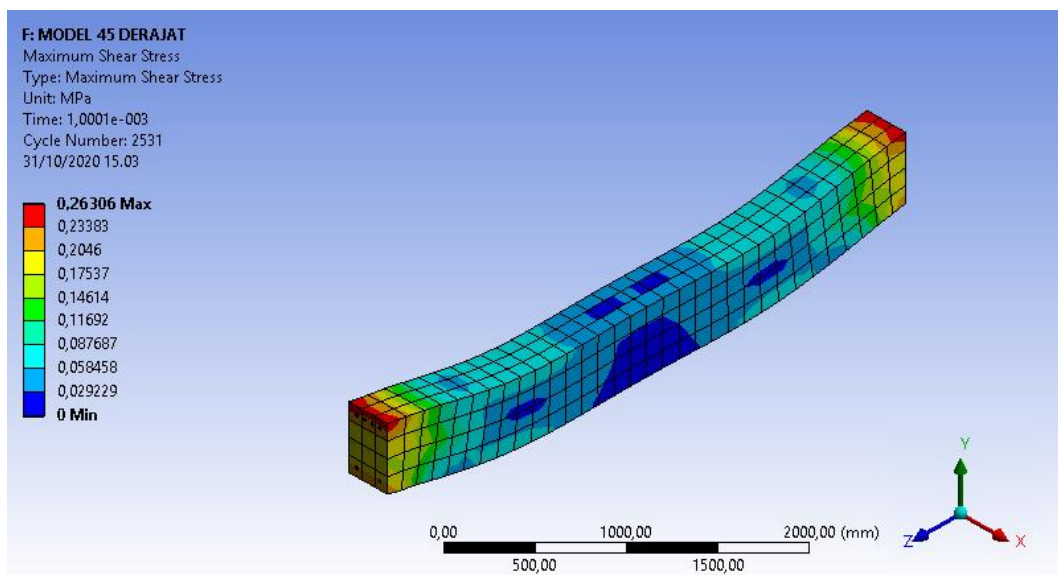
Gambar 4.2 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang normal



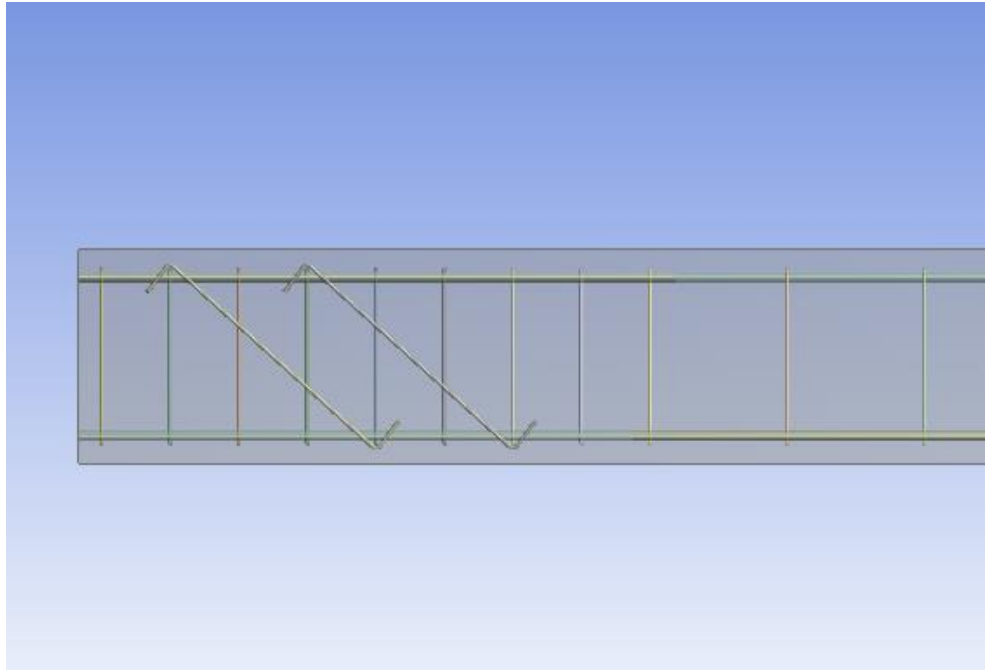


Gambar 4.3 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm

Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26306 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.4.

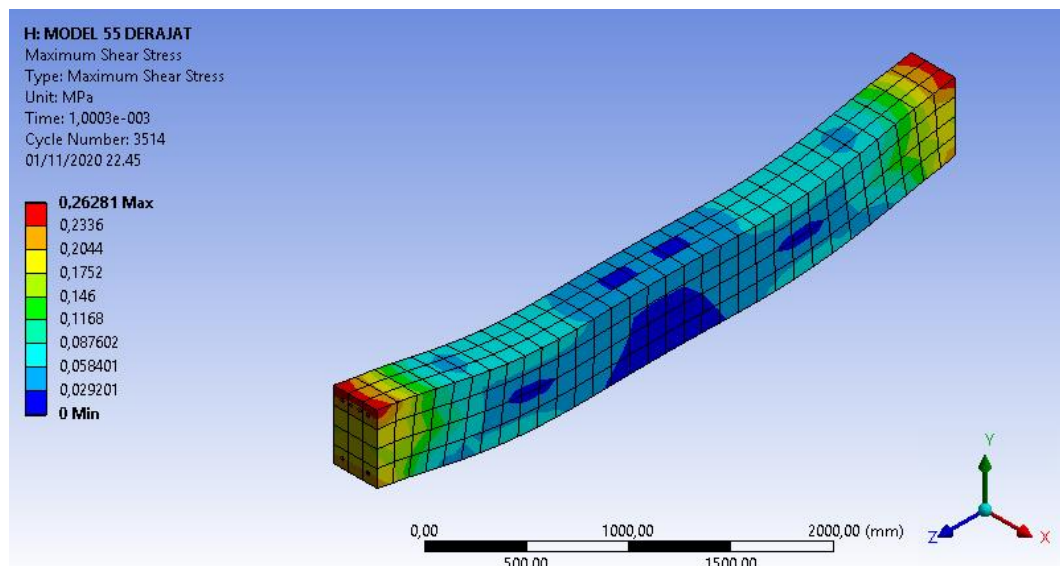


Gambar 4.4 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat

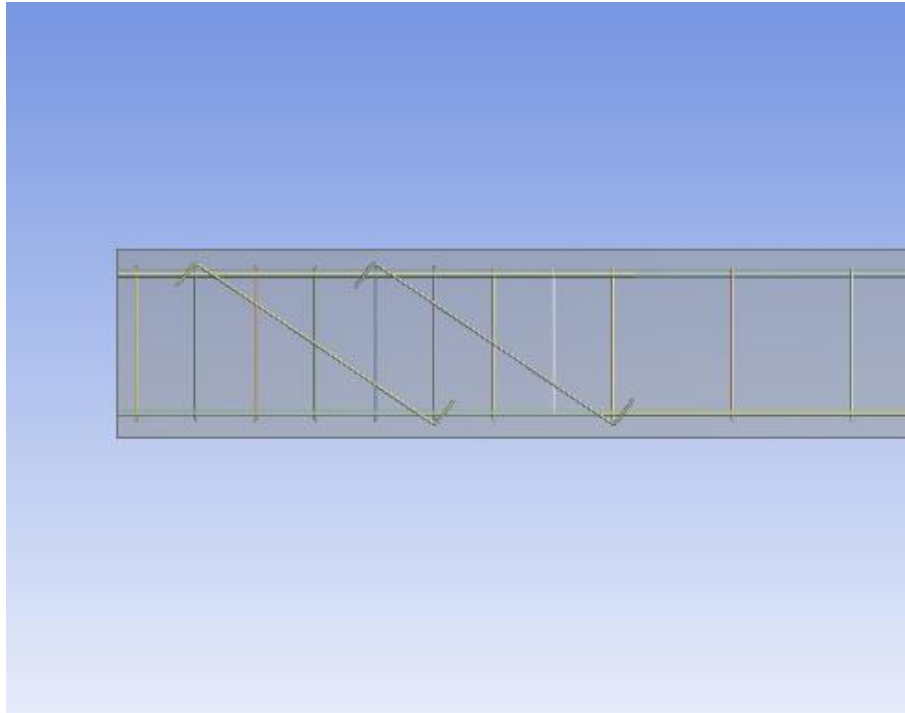


Gambar 4.5 Tampak tulangan sengkang sudut 55 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm

Pada sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26281 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.6.

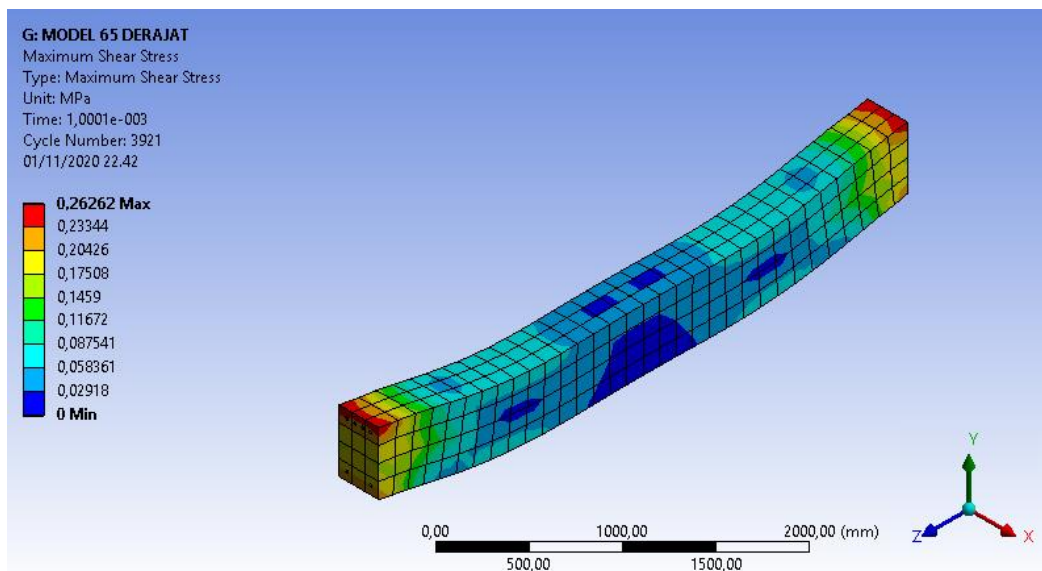


Gambar 4.6 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 55 derajat



Gambar 4.7 Tampak tulangan sengkang sudut 65 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm

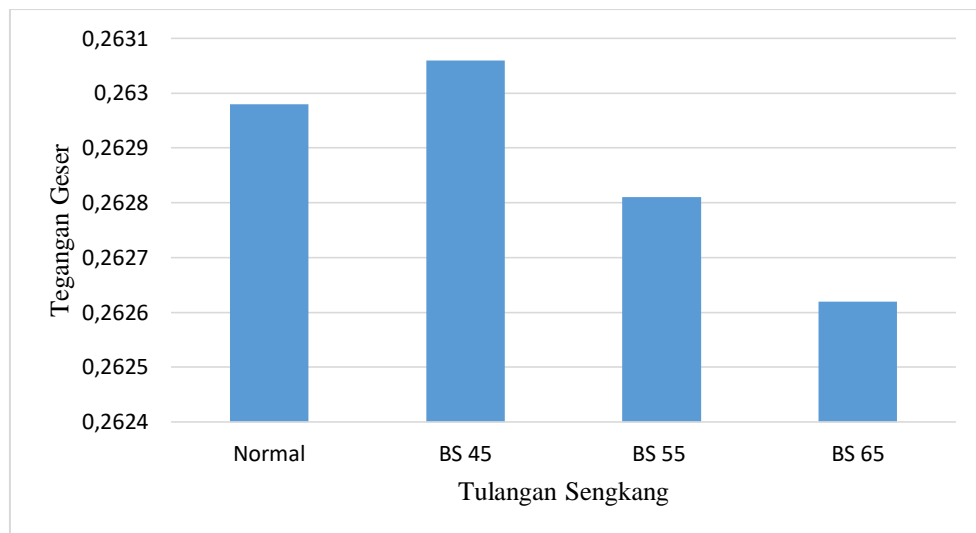
Pada sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26262 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat

Tabel. 4.1. Hasil Analisa Tegangan Geser yang Terjadi Pada Balok

Balok Beton Bertulang	Beban ( N )	Tegangan (MPa)
Normal	91680	0.26298
Sengkang 45 derajat	91680	0.26306
Sengkang 55 derajat	91680	0.26281
Sengkang 65 derajat	91680	0.26262

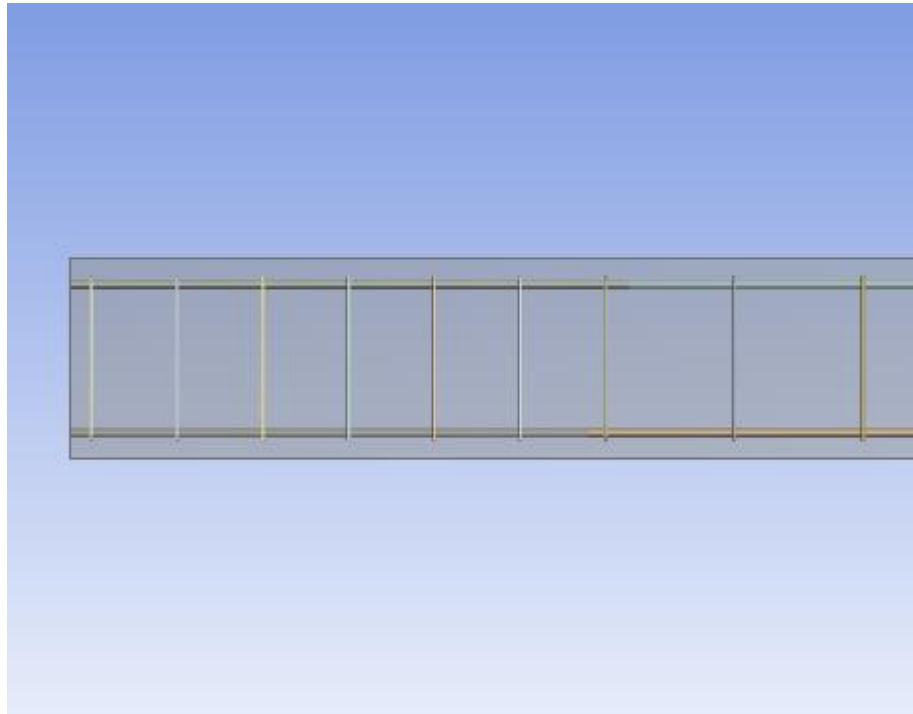


Gambar 4.9. Diagram Hasil Perbandingan Tegangan Geser Terhadap Model

Pada gambar 4.9 dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan geser pada ujung balok memiliki keefektifan tertinggi pada balok dengan tulangan sengkang miring 45 derajat yang mana lebih besar yaitu 0,26306 MPa dari balok sengkang normal maupun model sengkang miring lainnya, namun pengaruh tegangan geser pada beton normal masih lebih tinggi yaitu sebesar 0,26298 MPa daripada balok dengan dengan sengkang miring 55 derajat maupun yang 65 derajat.

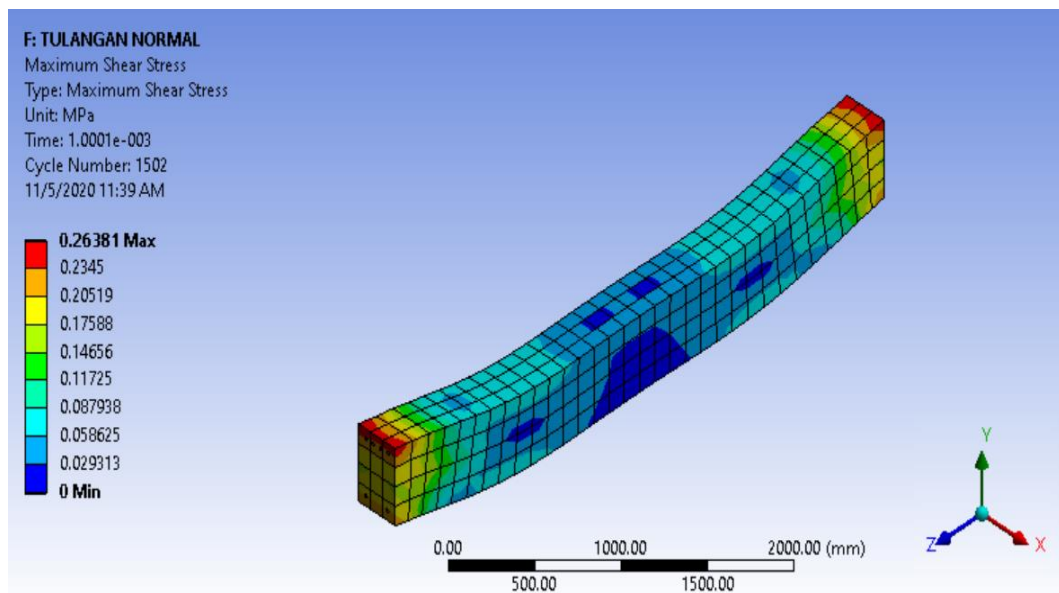
Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa nilai tegangan geser pada tulangan sengkang BS45 mengalami kenaikan yang sebesar 0,26% sedangkan tulangan BS55 dan BS65 masing-masing mengalami penurunan sebesar 0,06% dan 0,14% dibandingkan tegangan geser pada tulangan normal.

#### 4.1.2.2. Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 200 mm

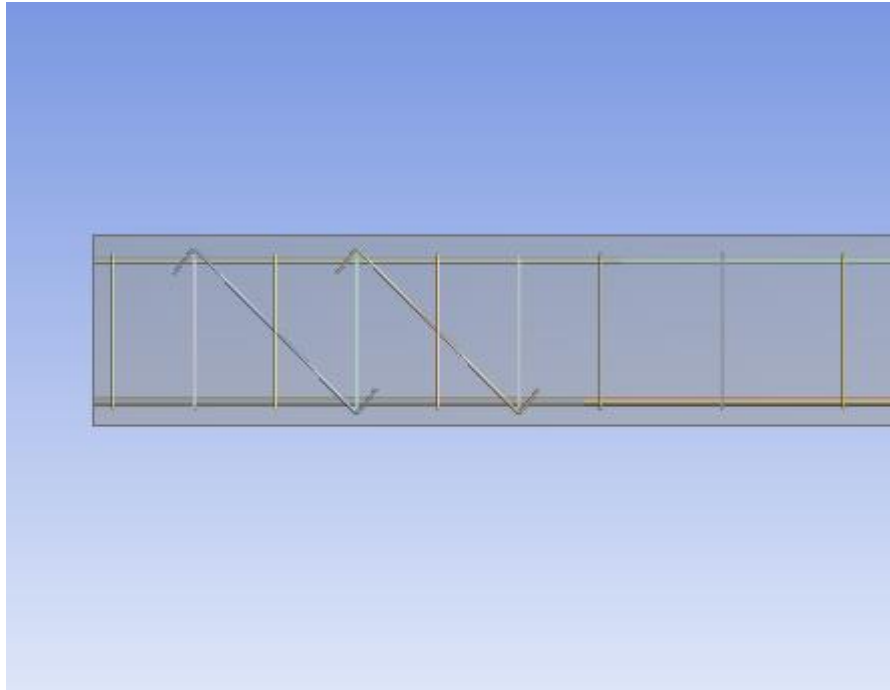


Gambar 4.10 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak tumpuan 200 mm

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum diujung bentang sebesar 0,26381 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.11.

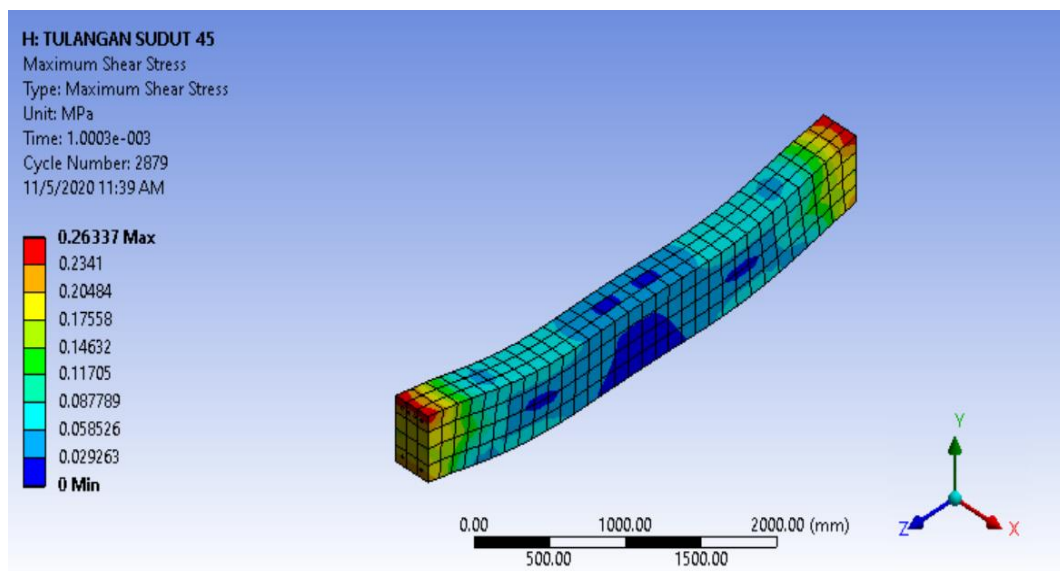


Gambar 4.11 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang normal

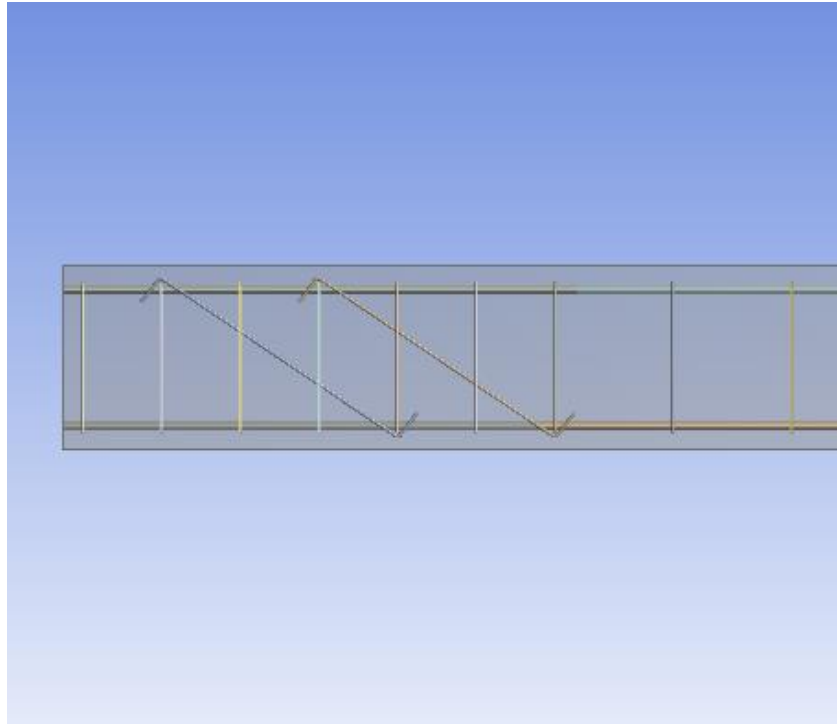


Gambar 4.12 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm

Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26337 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.13.

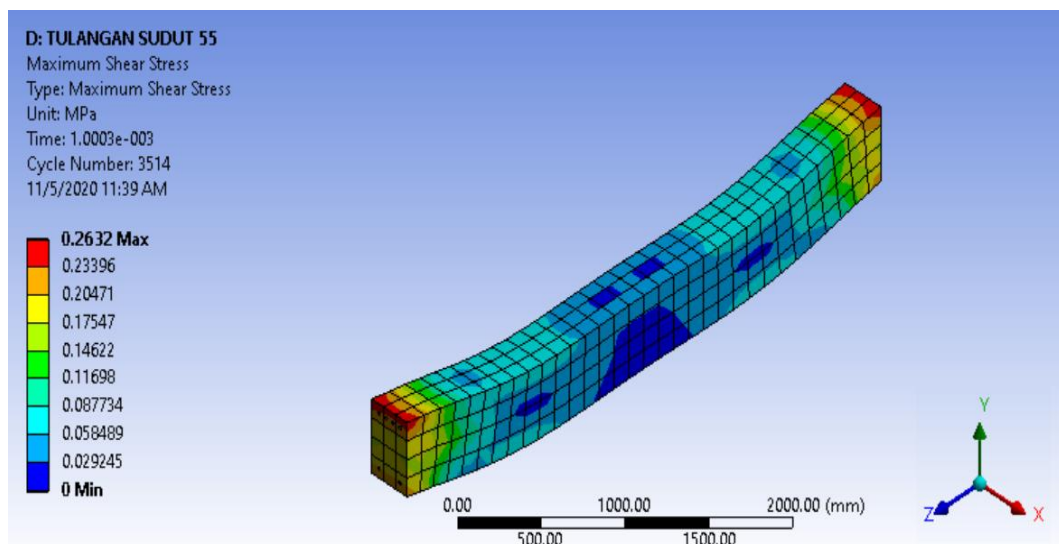


Gambar 4.13 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat

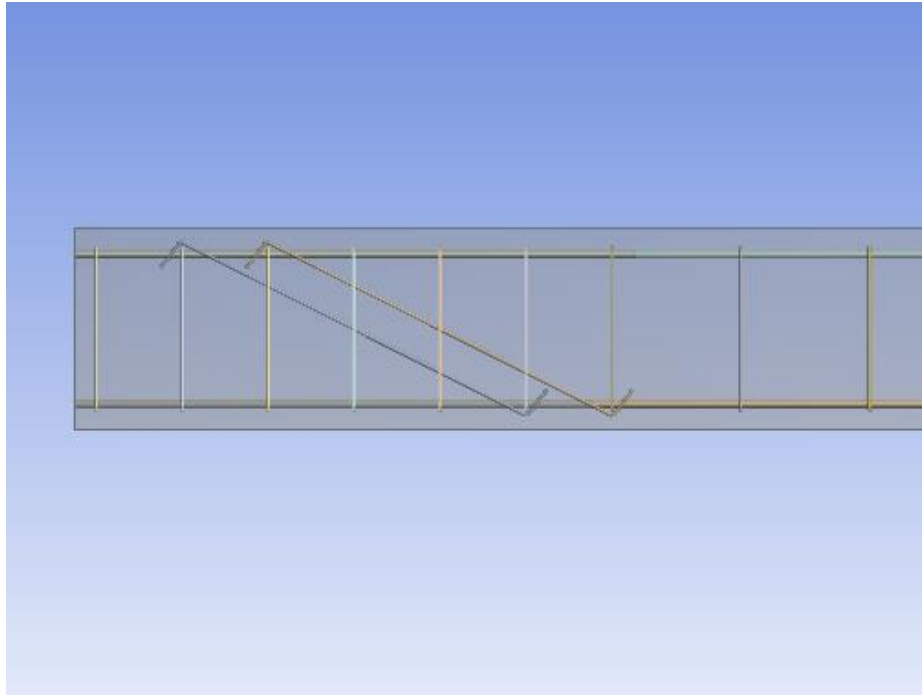


Gambar 4.14 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm

Pada sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26320 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.15.

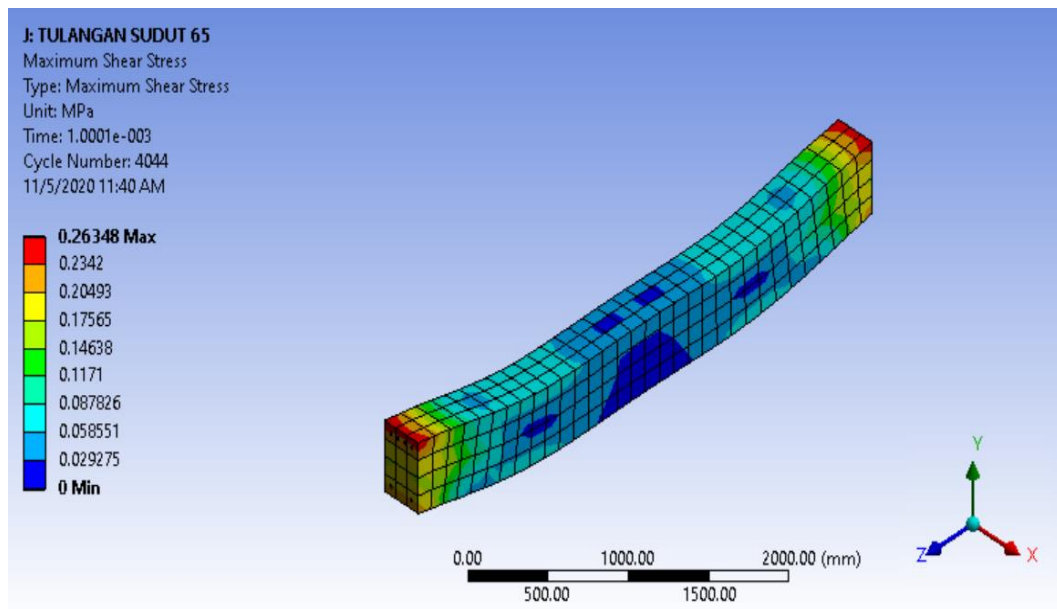


Gambar 4.15 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat



Gambar 4.16 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm

Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan geser maksimum di ujung bentang sebesar 0.26348 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.17.

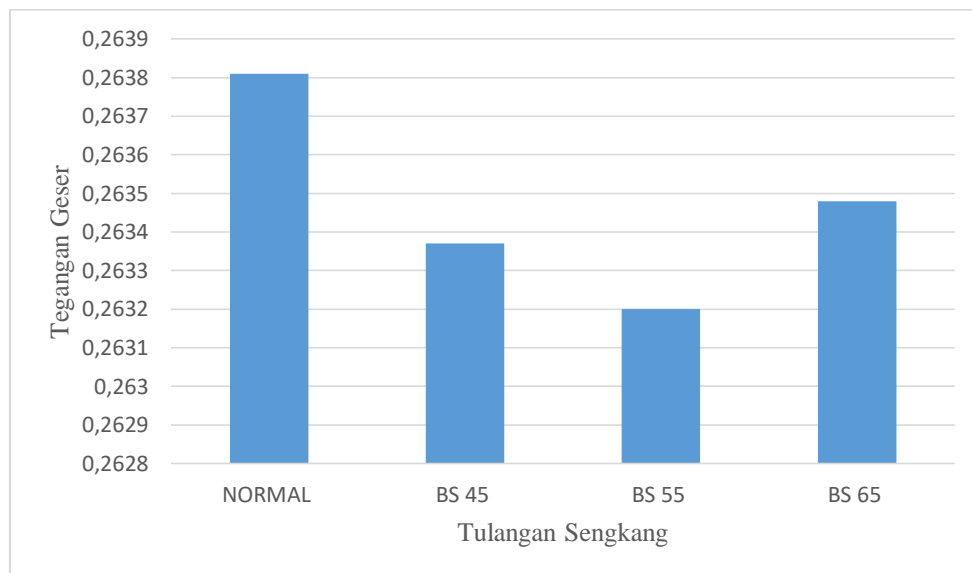


Gambar 4.17 Tegangan geser yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat



Tabel. 4.2. Hasil Analisa Tegangan Geser yang Terjadi Pada Balok

Balok Beton Bertulang	Beban ( N )	Tegangan Geser (MPa)
Normal	91680	0,26381
Sengkang 45 derajat	91680	0.26337
Sengkang 55 derajat	91680	0.26320
Sengkang 65 derajat	91680	0.26348



Gambar 4.18. Diagram Hasil Perbandingan Tegangan Geser Terhadap Model

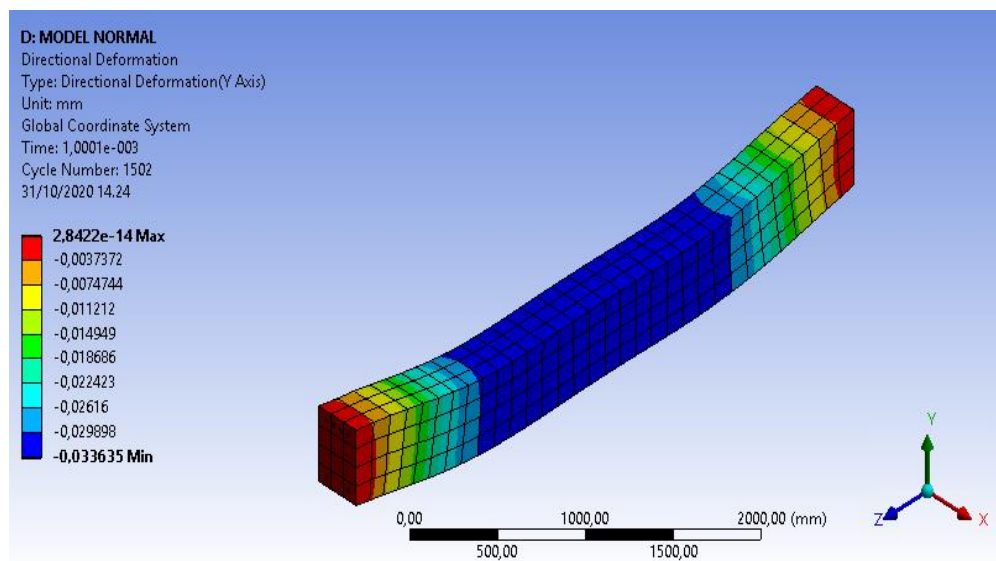
Pada gambar 4.18 dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan geser pada ujung balok memiliki keefektifan tertinggi pada balok dengan tulangan sengkang normal yang mana lebih besar yaitu 0,26381 MPa dari balok sengkang normal maupun model sengkang miring lainnya, namun pengaruh tegangan geser pada beton tulangan sengkang 65 derajat masih lebih tinggi yaitu sebesar 0,26348 MPa daripada balok dengan dengan sengkang miring 45 derajat maupun yang 55 derajat.

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa nilai tegangan geser pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan sebesar 0,17%, 0,23% dan 0,12% dibandingkan tegangan geser pada tulangan normal.

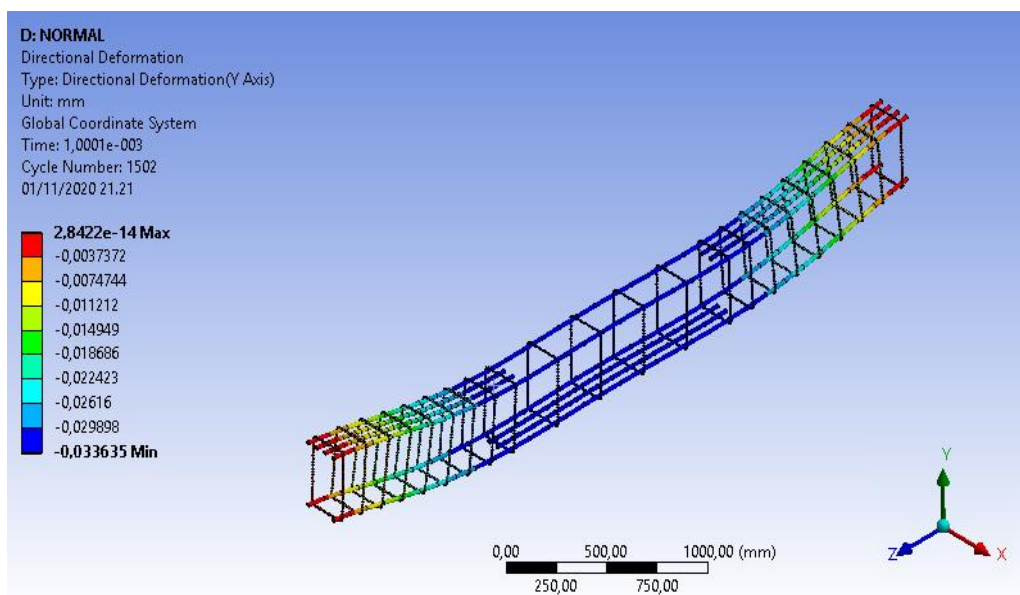
### 4.1.3 Balok Beton Bertulang Dengan Lendutan

#### 4.1.3.1 Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 150 mm

Arah Lendutan (*Dirctional Deformation*) pada balok beton bertulang dianalisis terhadap variasi kenaikan sudut tulangan sengkang yang berbeda-beda. Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033635 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.19.

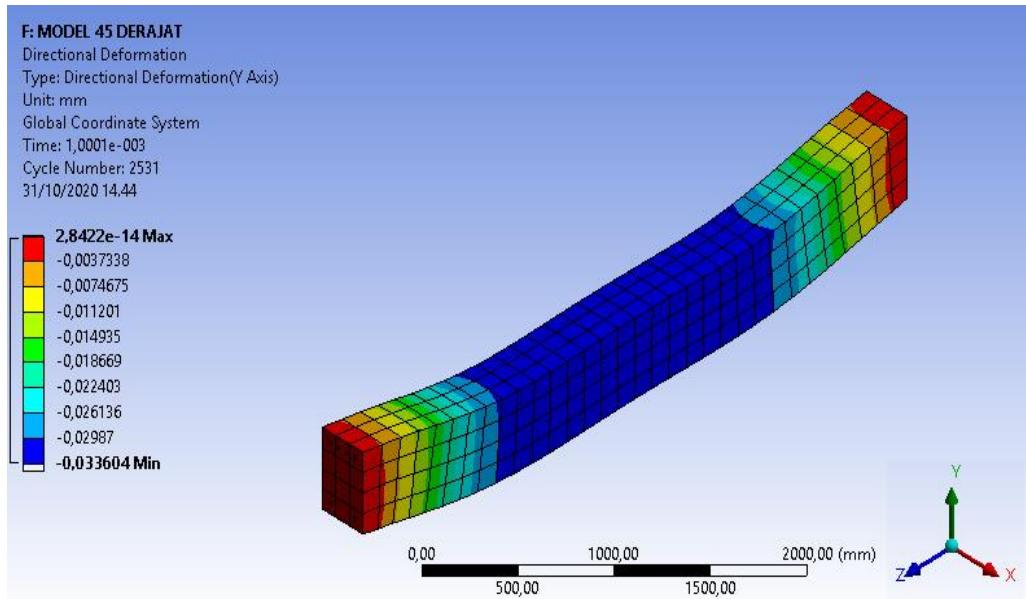


Gambar 4.19 Lendutan yang terjadi pada beton bertulang sengkang normal

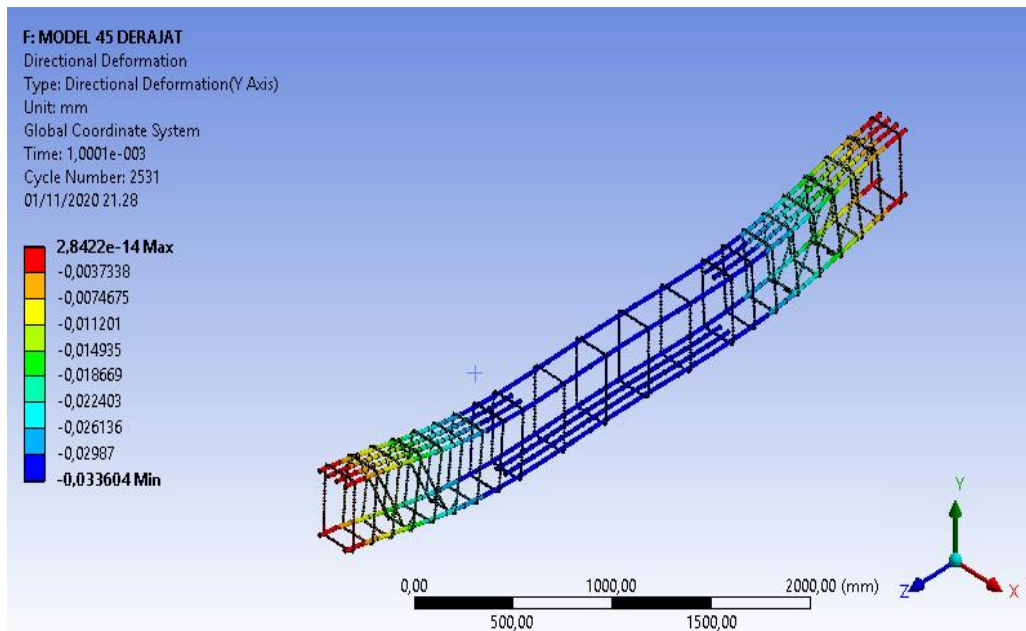


Gambar 4.20 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang normal

Pada sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi lendutan ditengah bentang sebesar 0,033604 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.21.

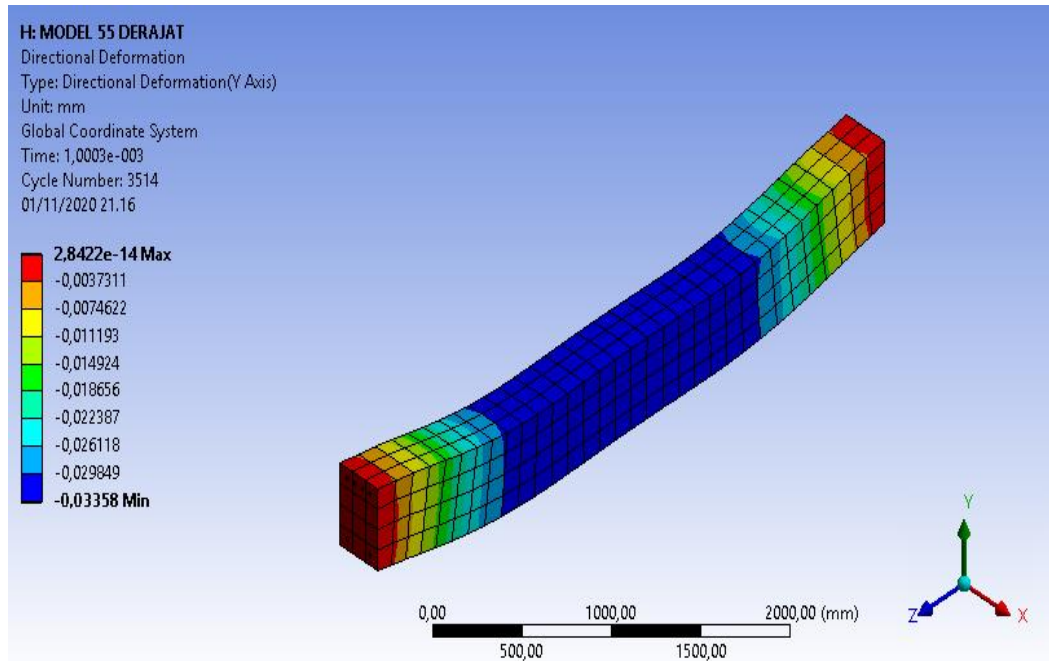


Gambar 4.21 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat

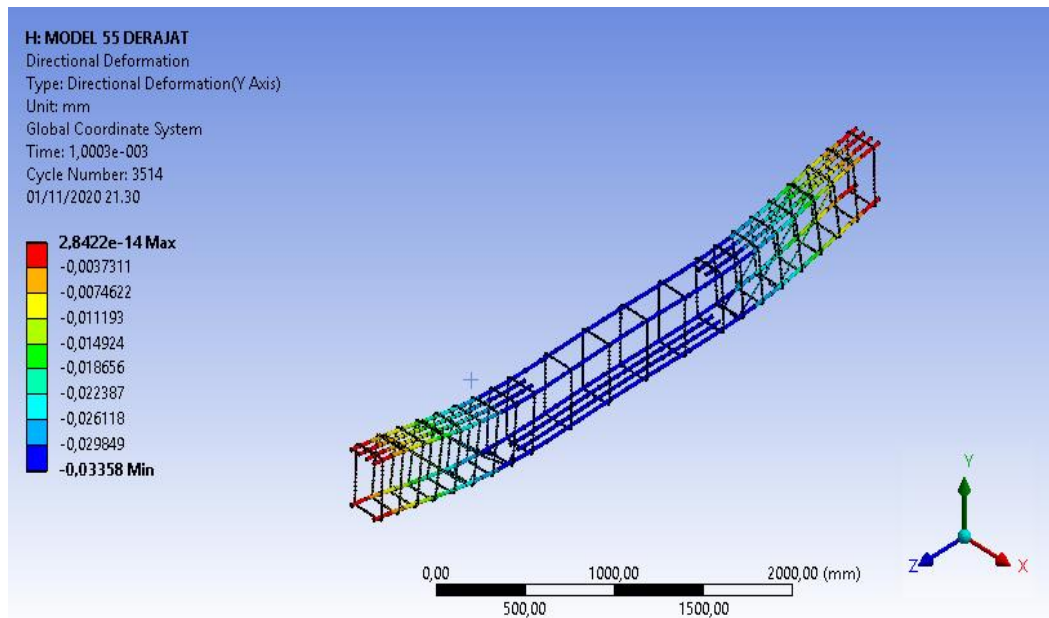


Gambar 4.22 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang 45 derajat

Pada sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi lendutan ditengah bentang sebesar 0,033580 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.23.

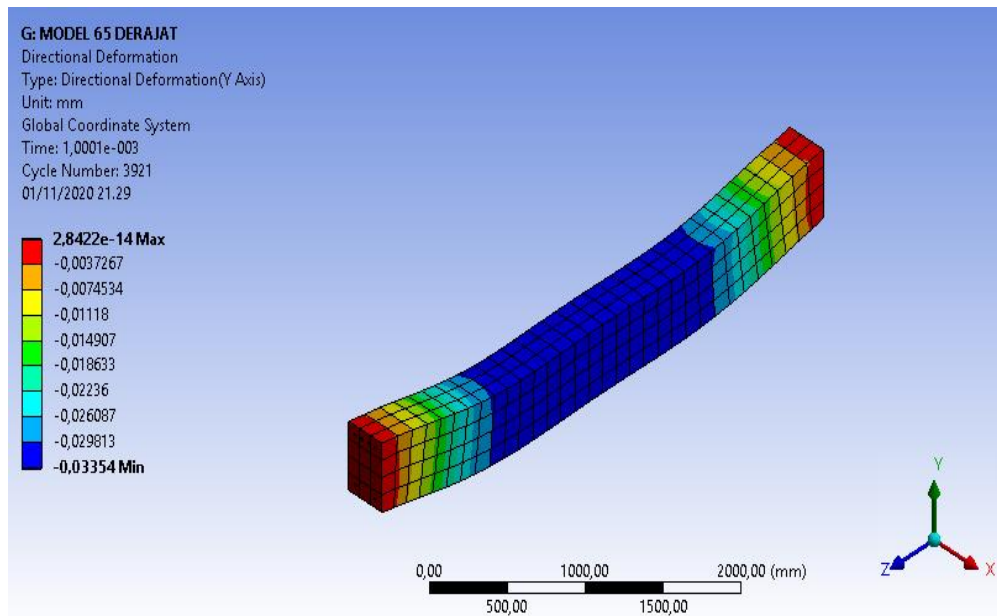


Gambar 4.23 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 55 derajat

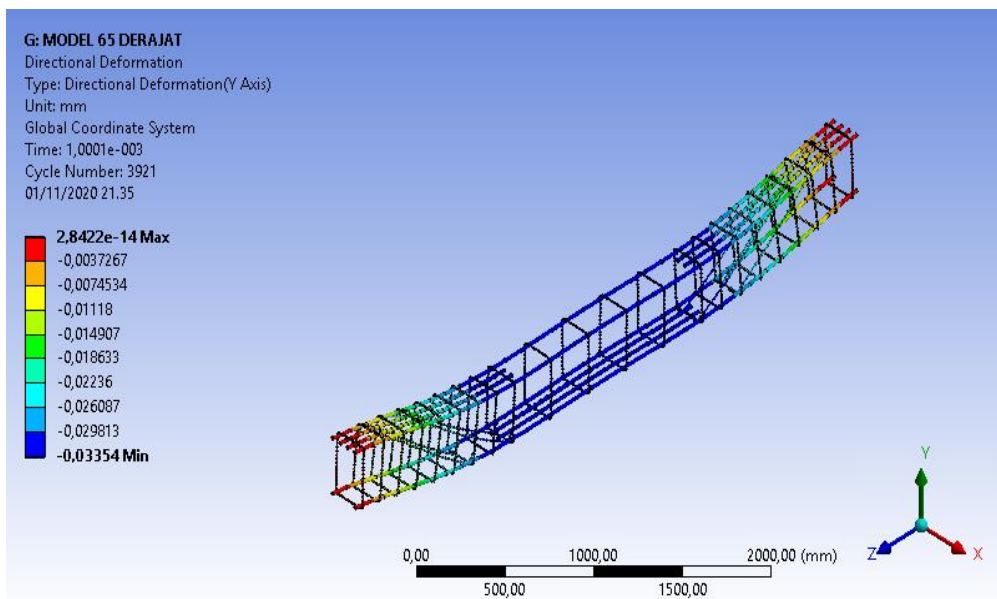


Gambar 4.24 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang 55 derajat

Pada sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi lendutan ditengah bentang sebesar 0,03354 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.25.



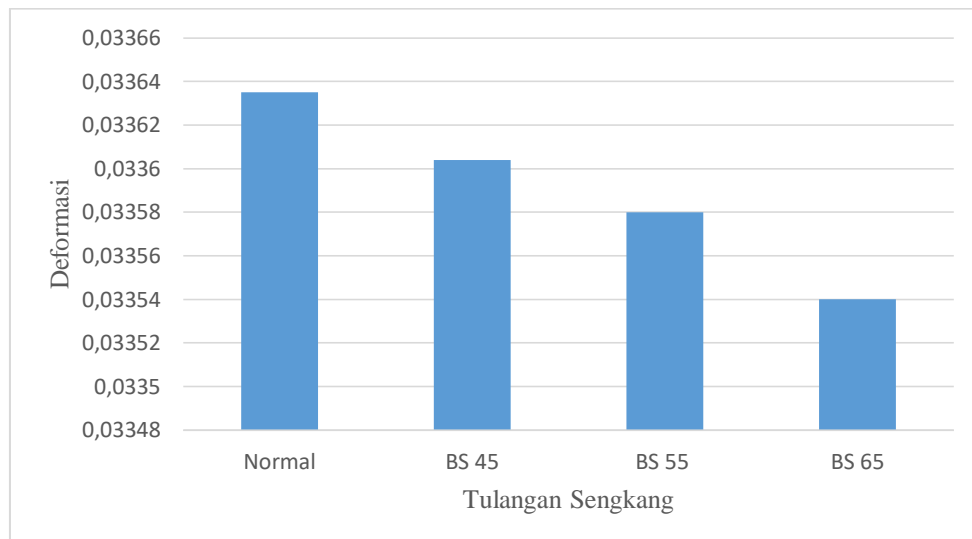
Gambar 4.25. Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat



Gambar 4.26 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang 65 derajat

Tabel. 4.3. Hasil Analisa Deformasi yang Terjadi Pada Balok

Balok Beton Bertulang	Beban ( N )	Deformasi (MPa)
Normal	91680	0,033635
Sengkang 45 derajat	91680	0,033604
Sengkang 55 derajat	91680	0,033580
Sengkang 65 derajat	91680	0,03354



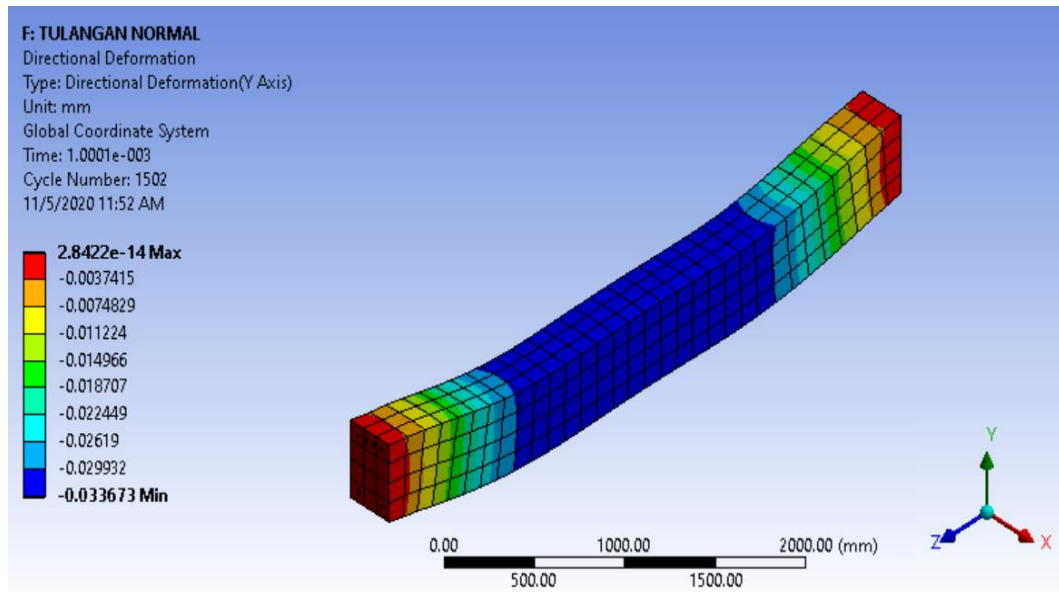
Gambar 4.27. Diagram Hasil Perbandingan Lendutan Terhadap Model

Dari gambar 4.27 dapat disimpulkan bahwa pada nilai beban yang sama, deformasi terkecil terjadi pada beton tulangan sengkang miring 65 derajat yaitu sebesar 0,033604 mm sedangkan deformasi terbesar terjadi pada tulangan sengkang normal yaitu 0,033635 mm. Perbandingan terhadap variasi tulangan balok dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah tulangan sengkang miring makanya deformasinya semakin mengecil

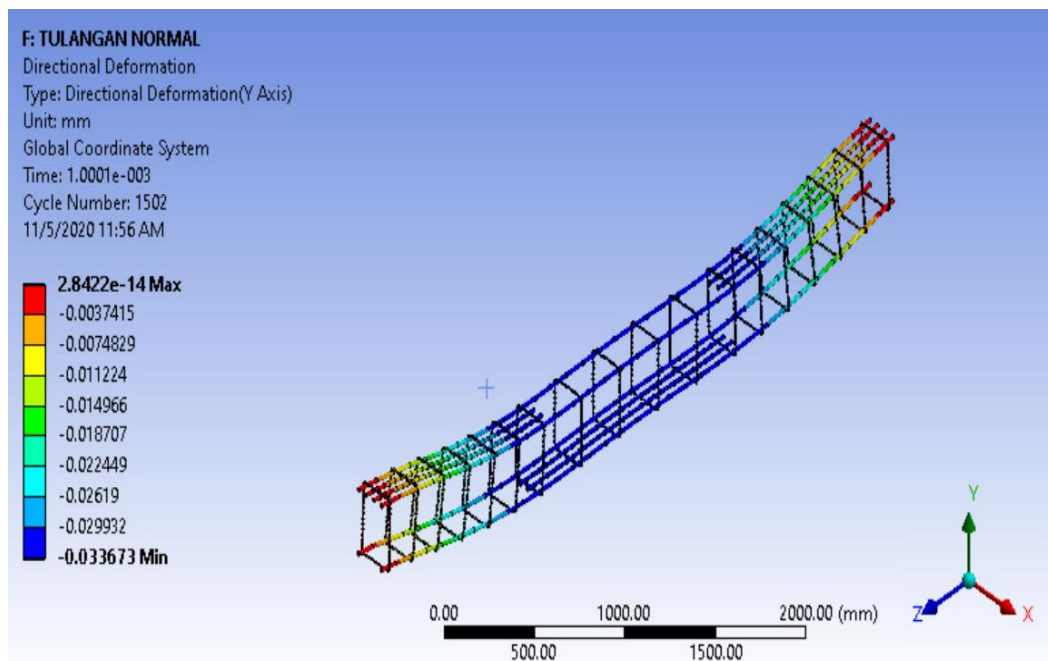
Dari gambar 4.27 dapat dilihat bahwa nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,09% pada BS45, 0,16% pada BS55 dan 0,28% pada BS65 dibandingkan deformasi pada tulangan normal.

#### 4.1.3.2 Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 200 mm

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033673 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.28.

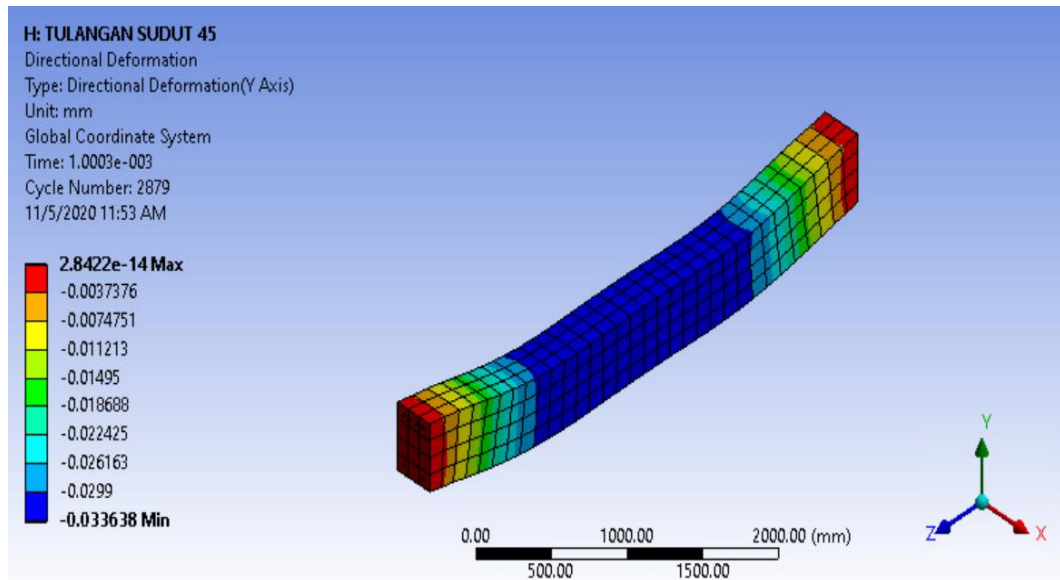


Gambar 4.28 Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang normal

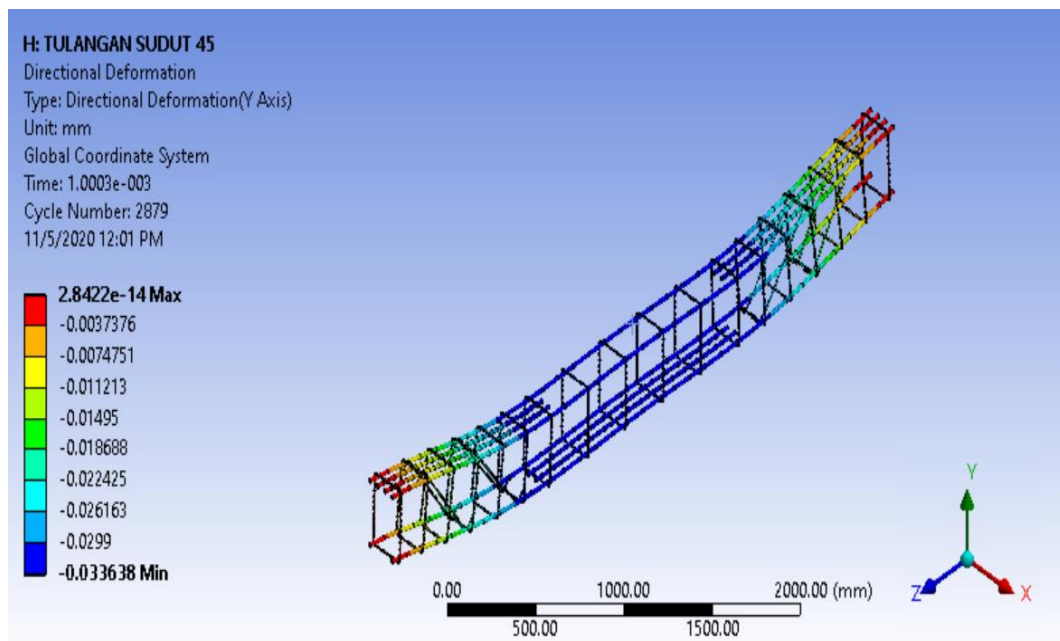


Gambar 4.29 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang Normal

Pada tulangan sudut 45, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033638 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.30.



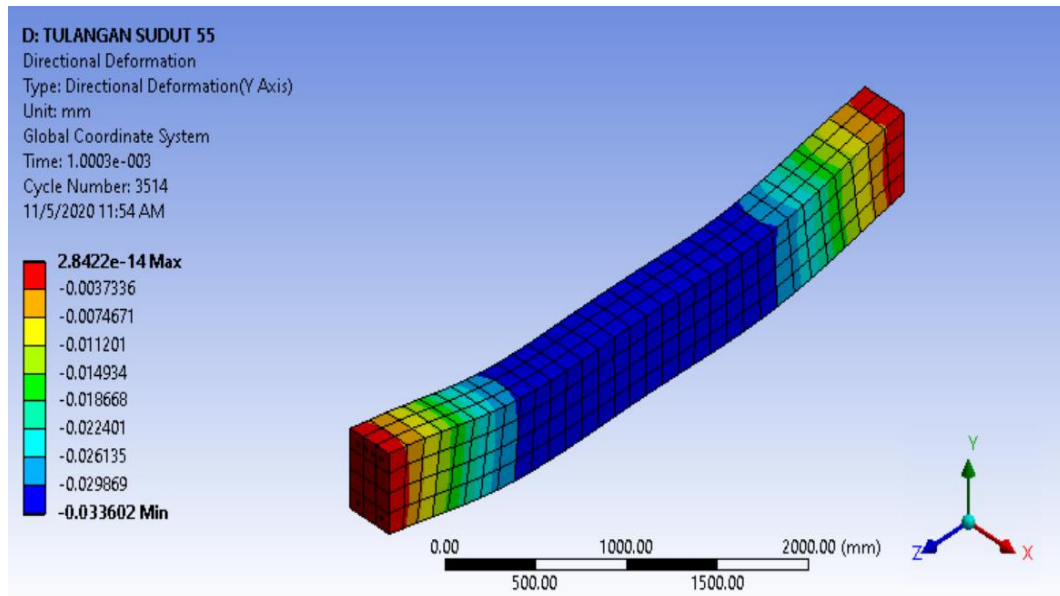
Gambar 4.30. Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat



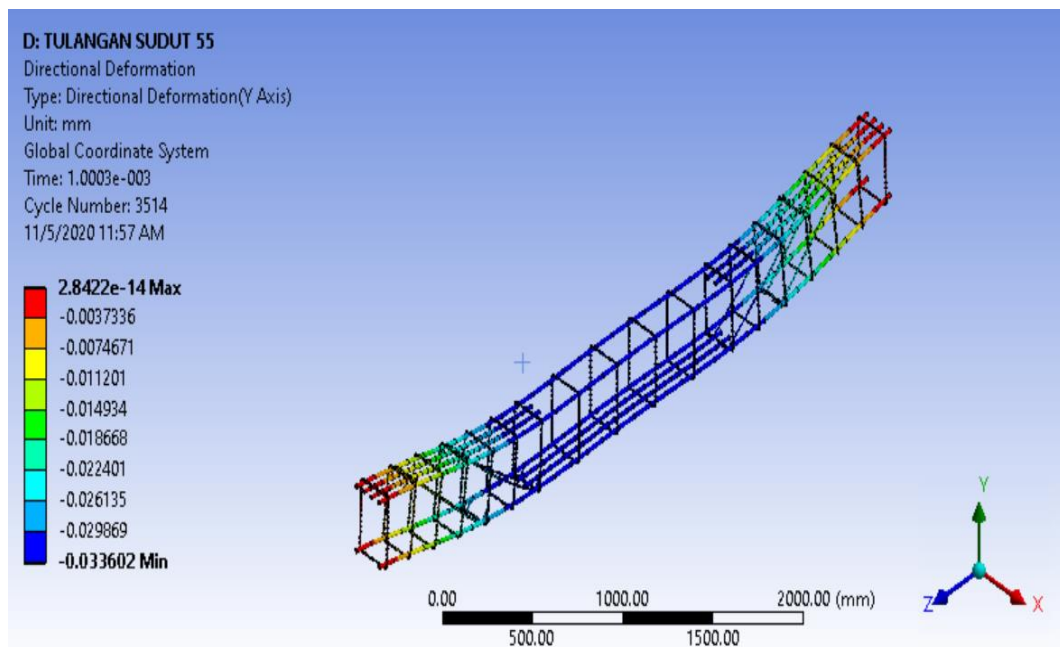
Gambar 4.31 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang 45 derajat



Pada tulangan sudut 55, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033602 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.32.

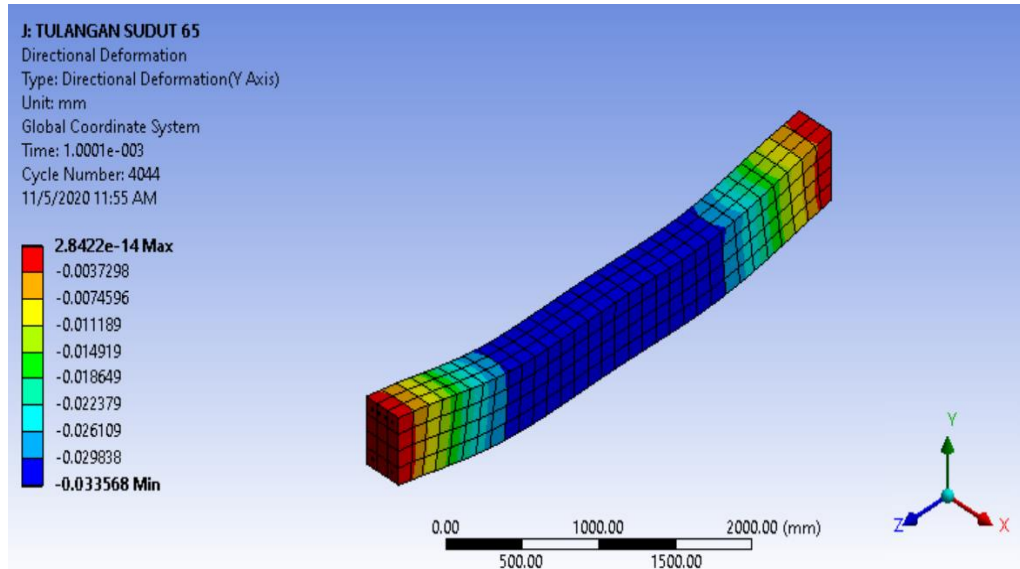


Gambar 4.32. Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang sudut 65 derajat

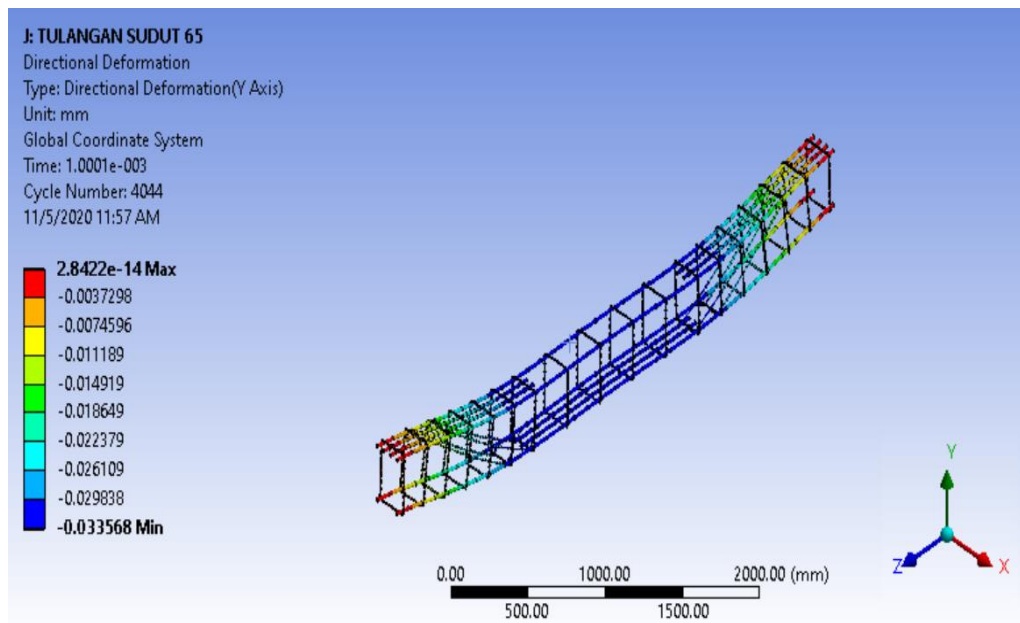


Gambar 4.33. Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang sudut 55 derajat

Pada tulangan sudut 65, balok beton bertulang terjadi lendutan tengah bentang sebesar 0,033568 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.34.



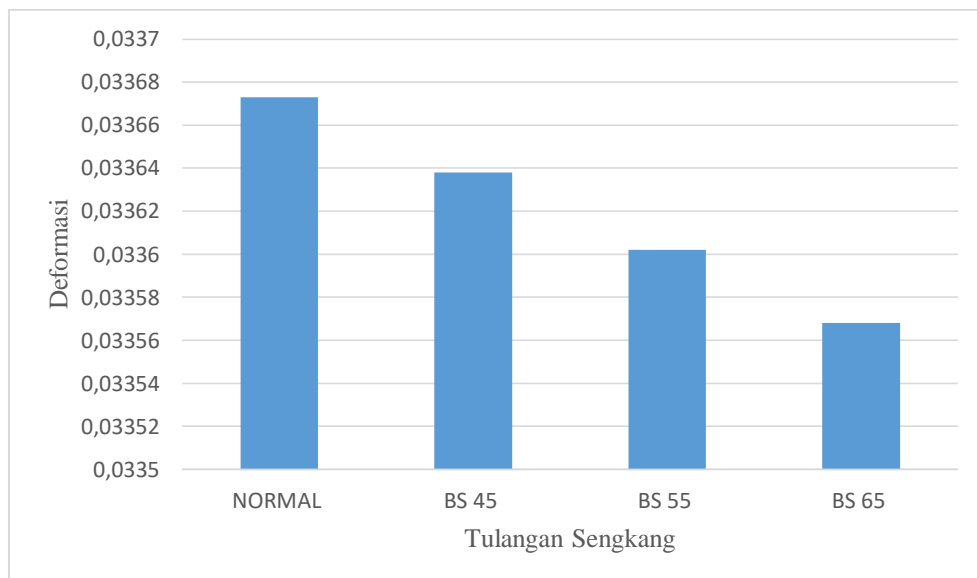
Gambar 4.34. Lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat



Gambar 4.35 Lendutan yang terjadi pada tulangan dengan sengkang sudut 65 derajat

Tabel. 4.4. Hasil Analisa Deformasi yang Terjadi Pada Balok

Balok Beton Bertulang	Beban ( N )	Deformasi (MPa)
Normal	91680	0,033673
Sengkang 45 derajat	91680	0,033638
Sengkang 55 derajat	91680	0,033602
Sengkang 65 derajat	91680	0,033568



Gambar 4.36 Diagram Hasil Perbandingan Lendutan Terhadap Model

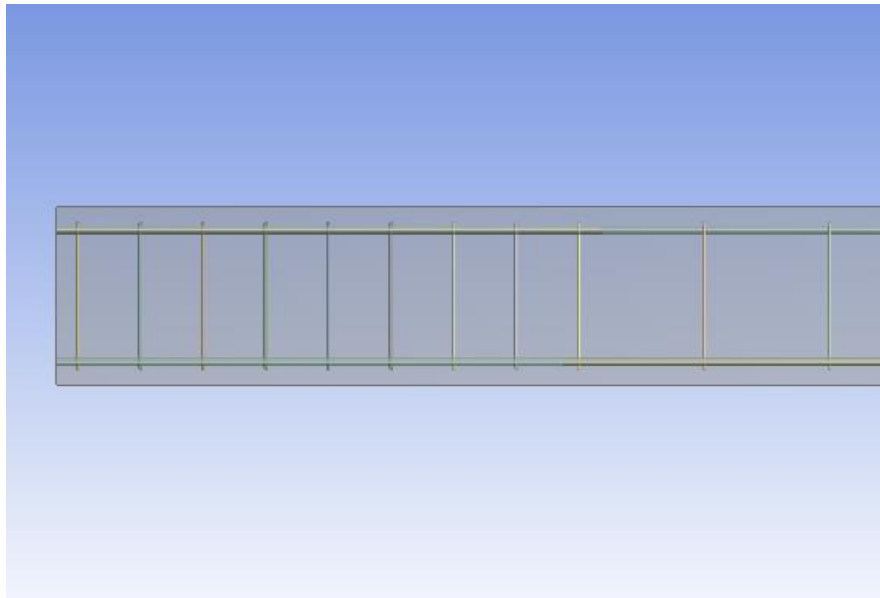
Pada gambar 4.36 dapat disimpulkan bahwa pada nilai beban yang sama, deformasi terkecil terjadi pada beton tulangan sengkang miring 65 derajat yaitu sebesar 0,033568 mm sedangkan deformasi terbesar terjadi pada tulangan sengkang normal yaitu 0,033673 mm. Perbandingan terhadap variasi tulangan balok dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah tulangan sengkang miring makanya deformasinya semakin mengecil

Dari gambar 4.36 dapat dilihat bahwa nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,10% pada BS45, 0,21% pada BS55 dan 0,31% pada BS65 dibandingkan deformasi pada tulangan normal.

#### 4.1.4 Balok Beton Bertulang Dengan Tegangan Lentur

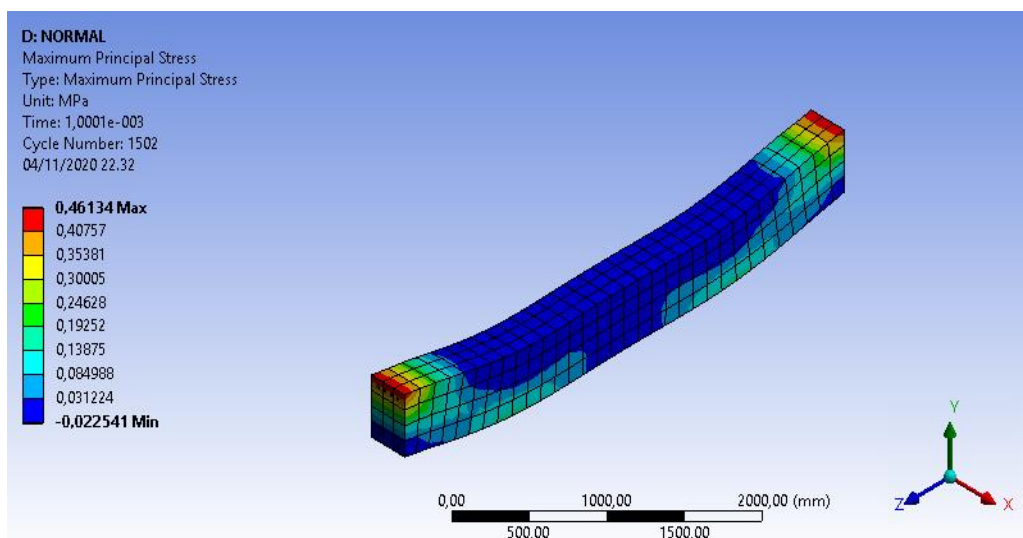
##### 4.1.4.1 Tulangan Sengkang Tumpuan Berjarak 150 mm

Tegangan Lentur pada balok beton bertulang dianalisis terhadap variasi kenaikan sudut tulangan sengkang yang berbeda-beda.

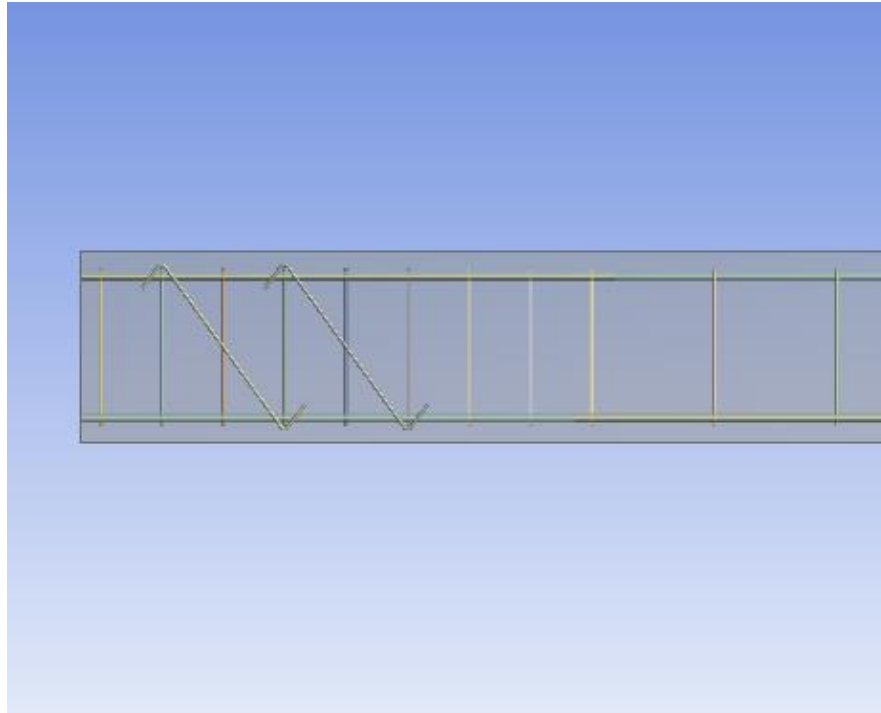


Gambar 4.37 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak sengkang 150 mm

Pada tulangan normal, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46134 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.38.

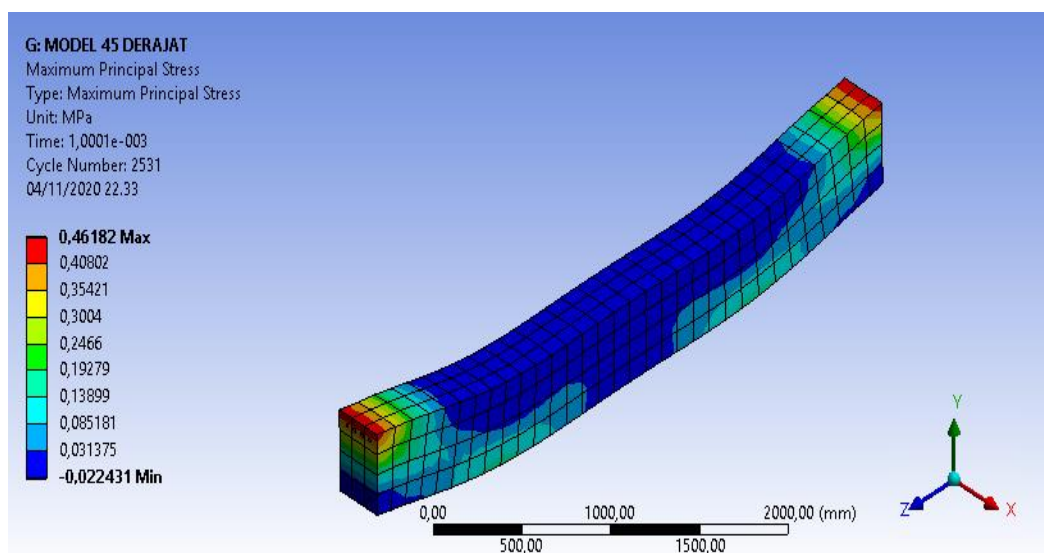


Gambar 4.38 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang normal

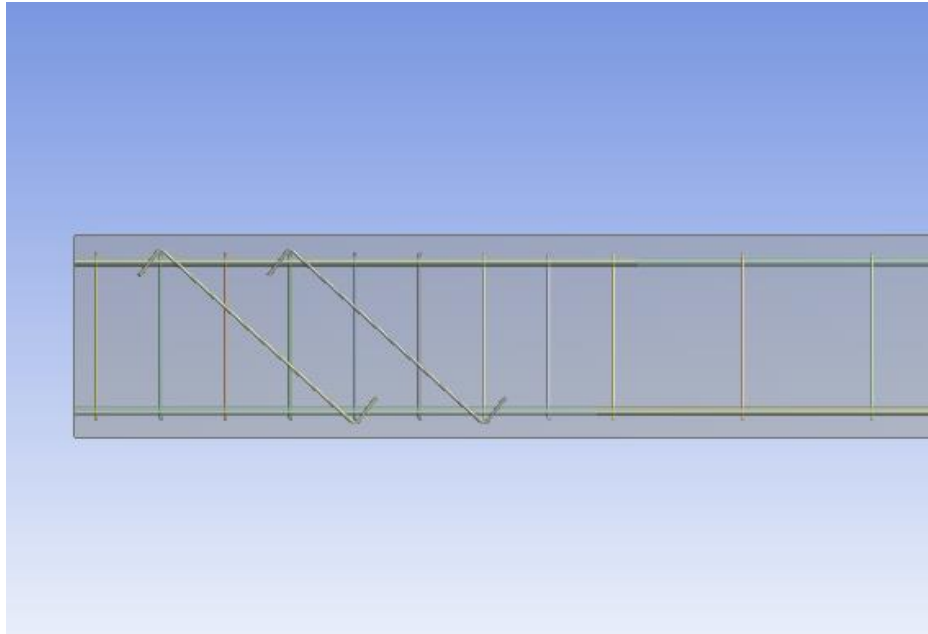


Gambar 4.39 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm

Pada tulangan sengkang 45 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46182 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.40.

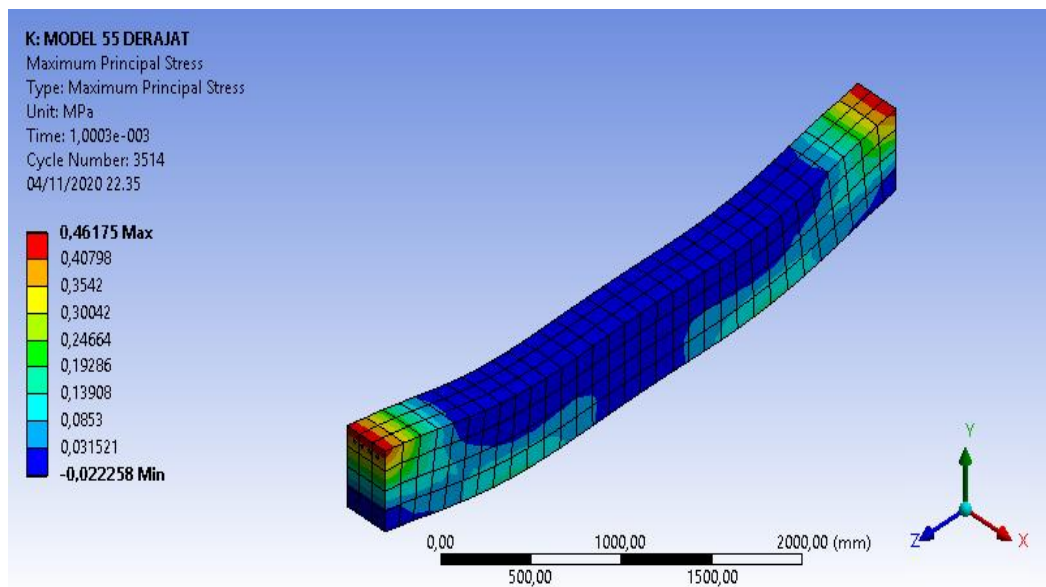


Gambar 4.40 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 45 derajat

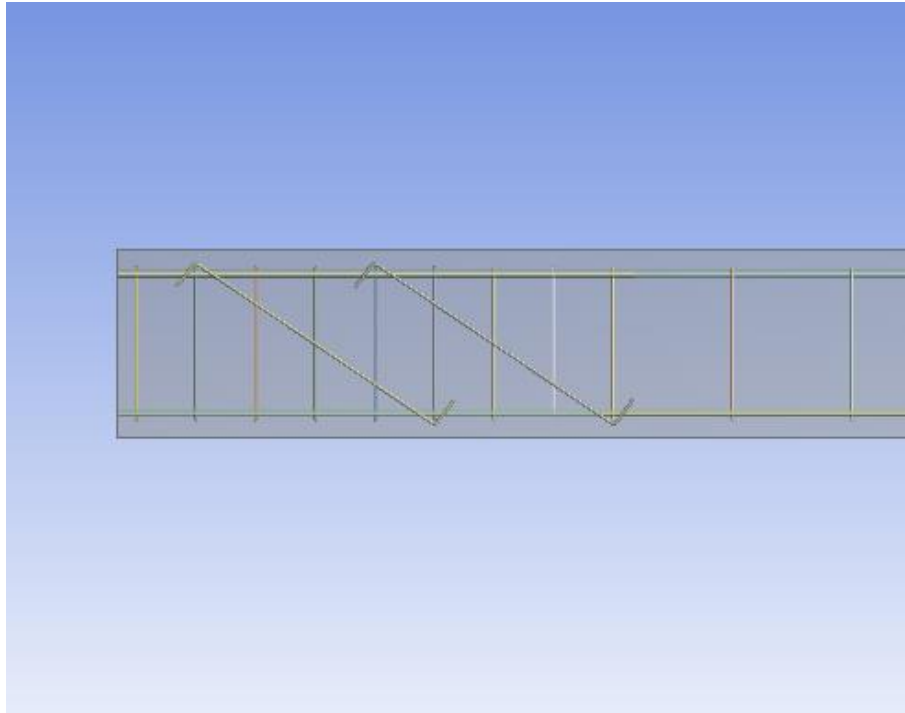


Gambar 4.41 Tampak tulangan sengkang sudut 55 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm

Pada tulangan sengkang 55 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46175 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.42.

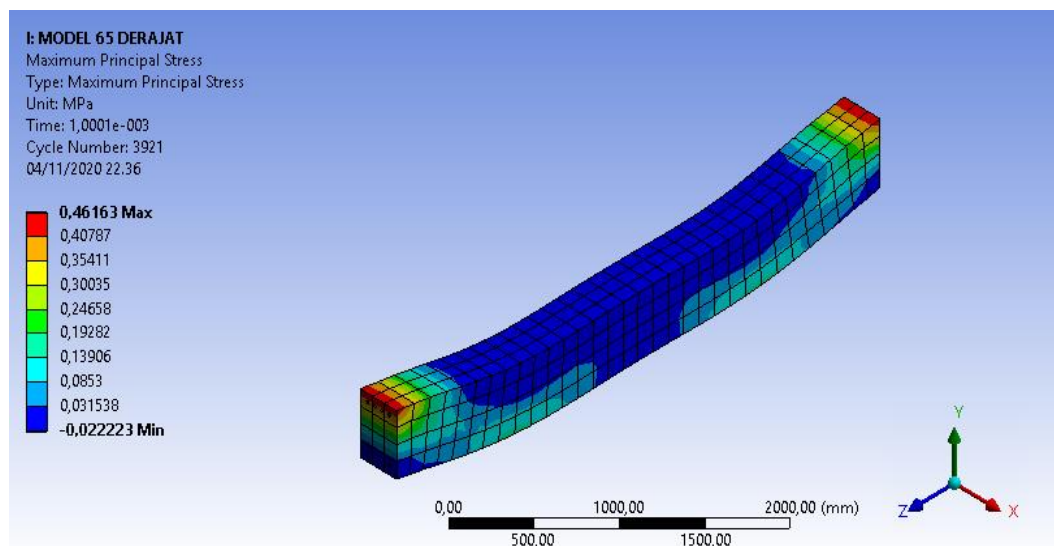


Gambar 4.42 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 55 derajat



Gambar 4.43 Tampak tulangan sengkang sudut 65 derajat dengan jarak tumpuan 150 mm

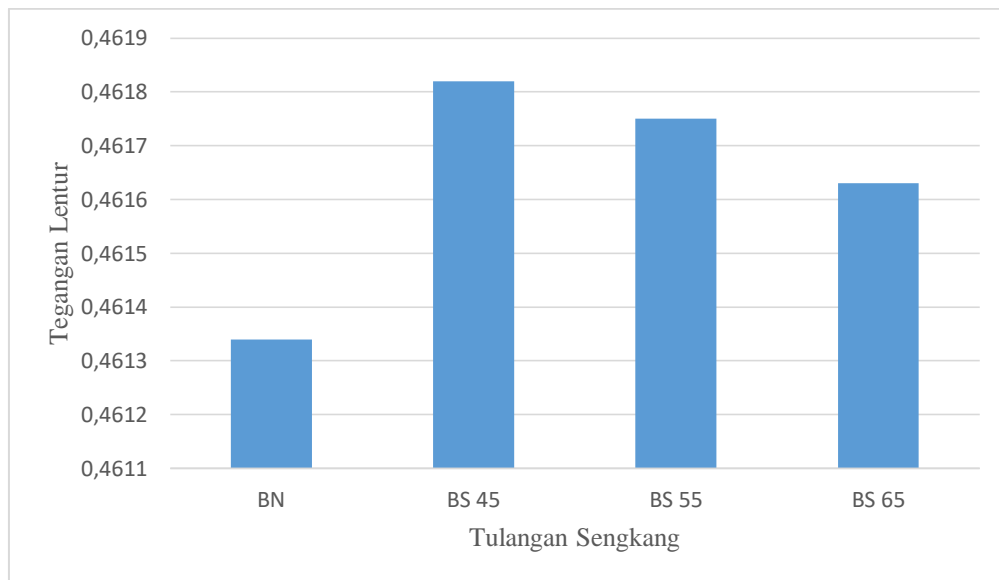
Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46163 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.44.



Gambar 4.44 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat

Tabel. 4.5. Hasil Analisa Tegangan Lentur yang Terjadi Pada Balok

Balok Beton Bertulang	Beban ( N )	Tegangan Lentur (MPa)
Normal	91680	0,46134
Sengkang 45 derajat	91680	0,46182
Sengkang 55 derajat	91680	0,46175
Sengkang 65 derajat	91680	0,46163



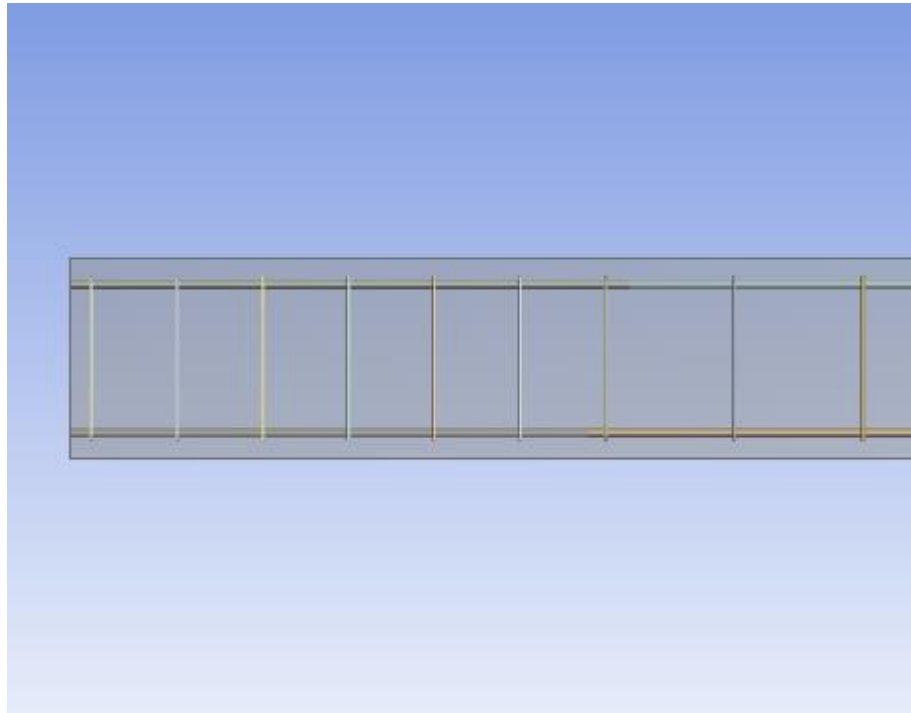
Gambar 4.45. Diagram Hasil Perbandingan Pengaruh Tegangan Lentur Terhadap Model

Pada gambar 4.45 dapat disimpulkan bahwa pengaruh tegangan lentur yang terjadi pada beton bertulang paling besar terjadi pada tulangan sengkang miring 45 derajat yaitu sebesar 0,46182 MPa sedangkan momen terkecil terjadi pada beton sengkang tulangan sengkang normal yaitu sebesar 0,46134 MPa. hal ini dapat terjadi berdasarkan analisa yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa kemiringan tulangan menentukan besarnya lendutan pada beton bertulang.

Dari gambar 4.45 dapat dilihat bahwa nilai tegangan lentur pada tulangan sengkang miring mengalami kenaikan sebesar 0,10% untuk BS 45, 0,089% untuk BS 55 dan 0,06% untuk BS 65 dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal.

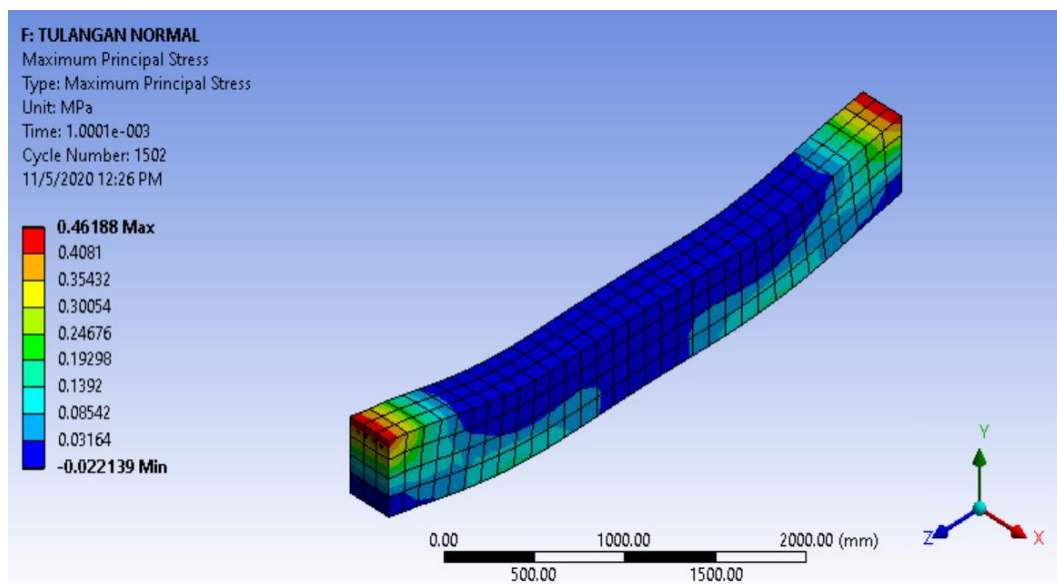


#### 4.1.4.2 Tulangan Sengkan Tumpuan Berjarak 200 mm

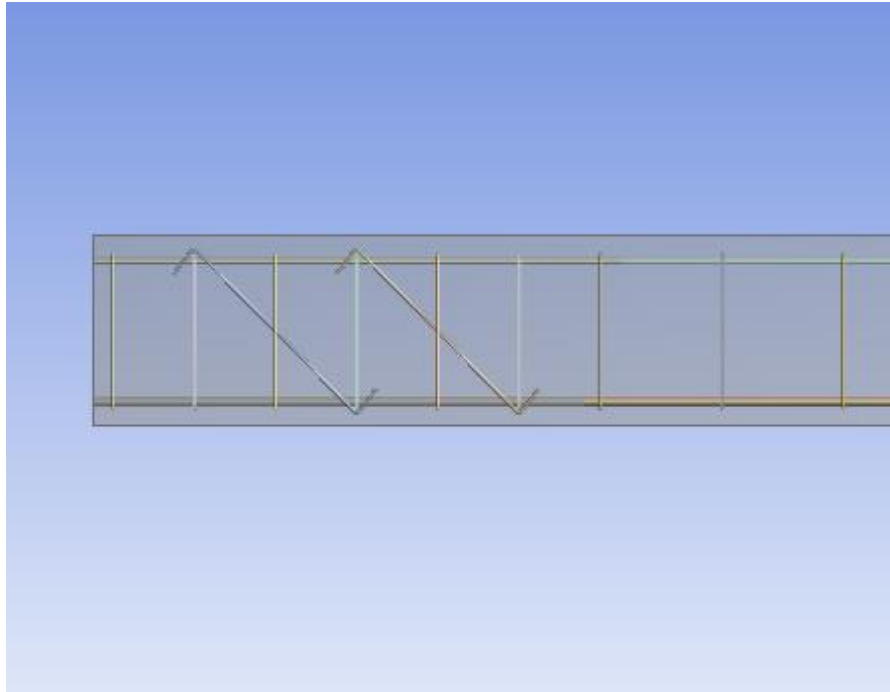


Gambar 4.46 Tampak tulangan sengkang normal dengan jarak tumpuan 200 mm

Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46188 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.34.

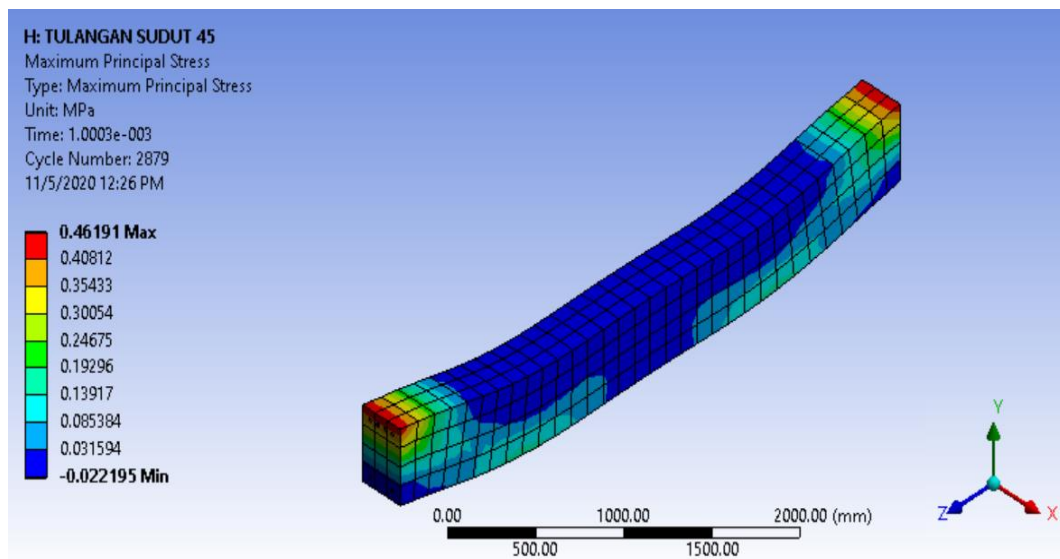


Gambar 4.47 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat

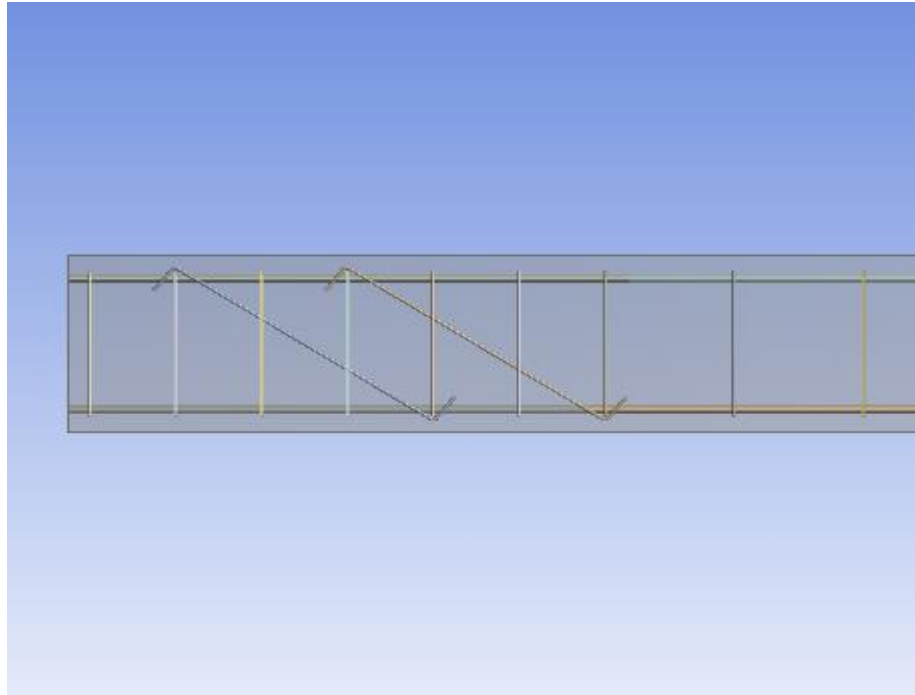


Gambar 4.48 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm

Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46191 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.18.

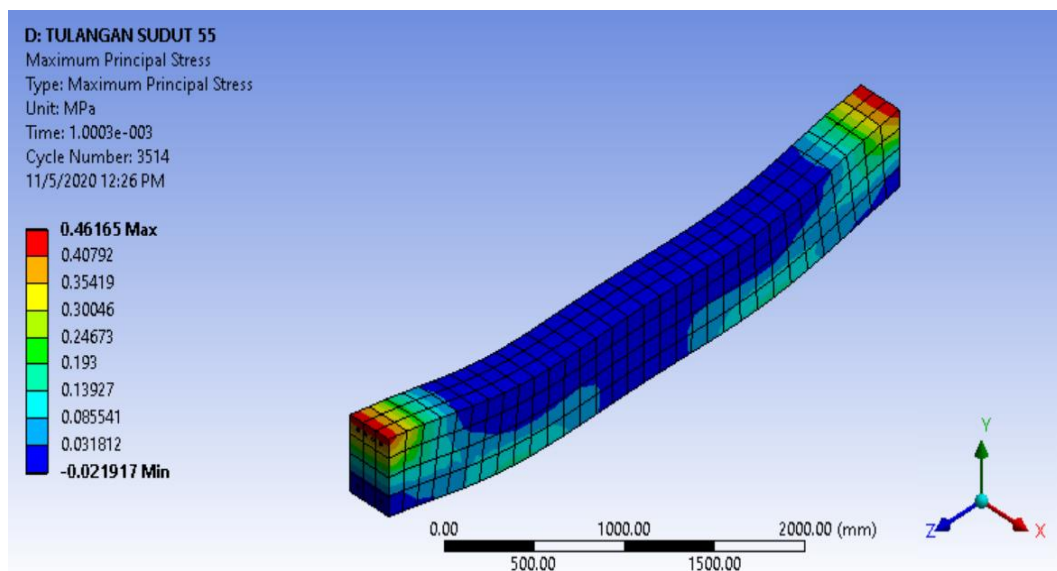


Gambar 4.49 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat

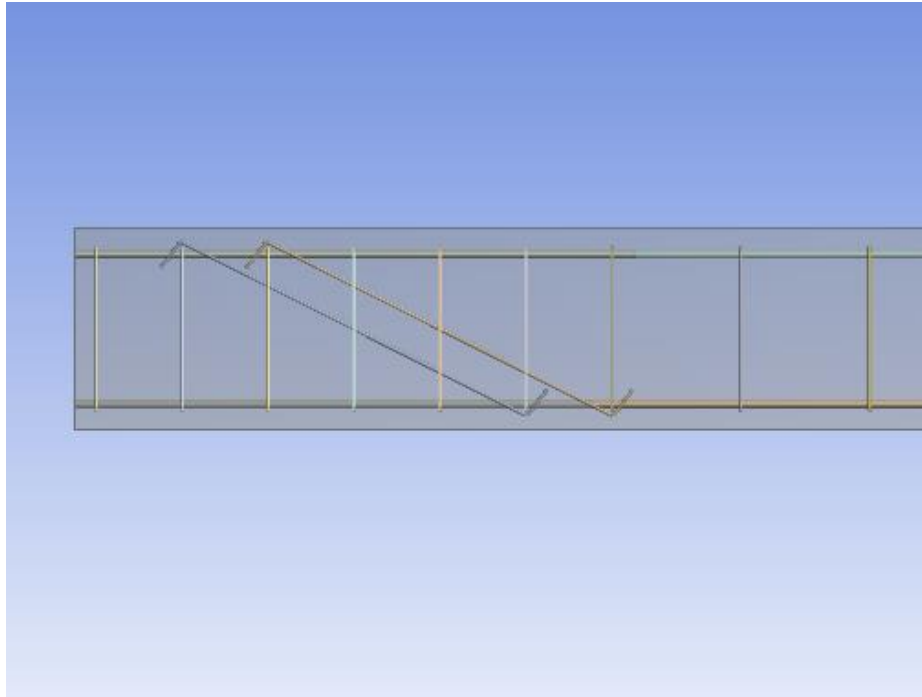


Gambar 4.50 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm

Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46165 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.36.

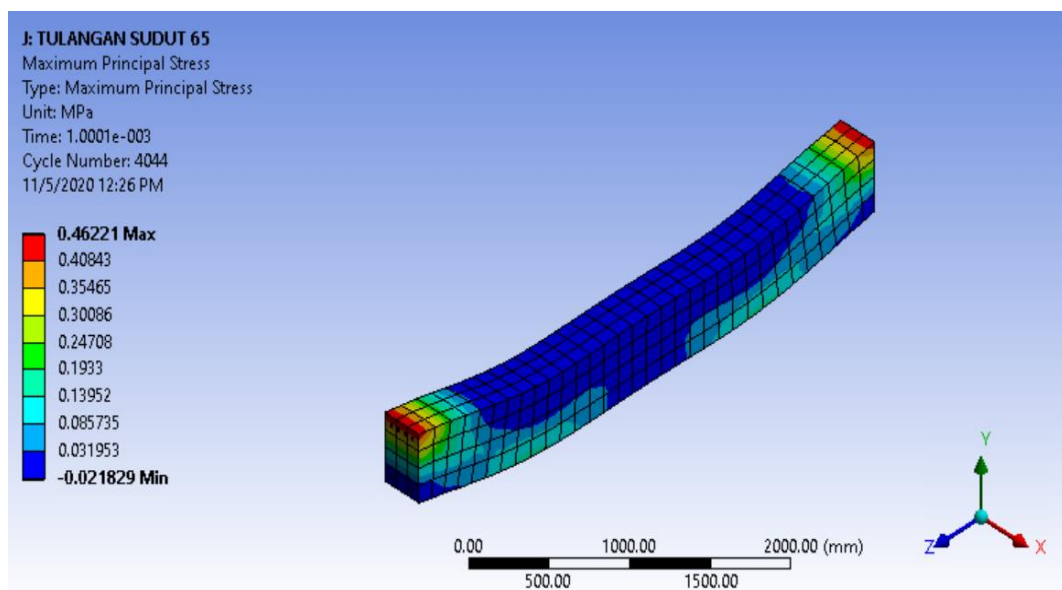


Gambar 4.51 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat



Gambar 4.52 Tampak tulangan sengkang sudut 45 derajat dengan jarak tumpuan 200 mm

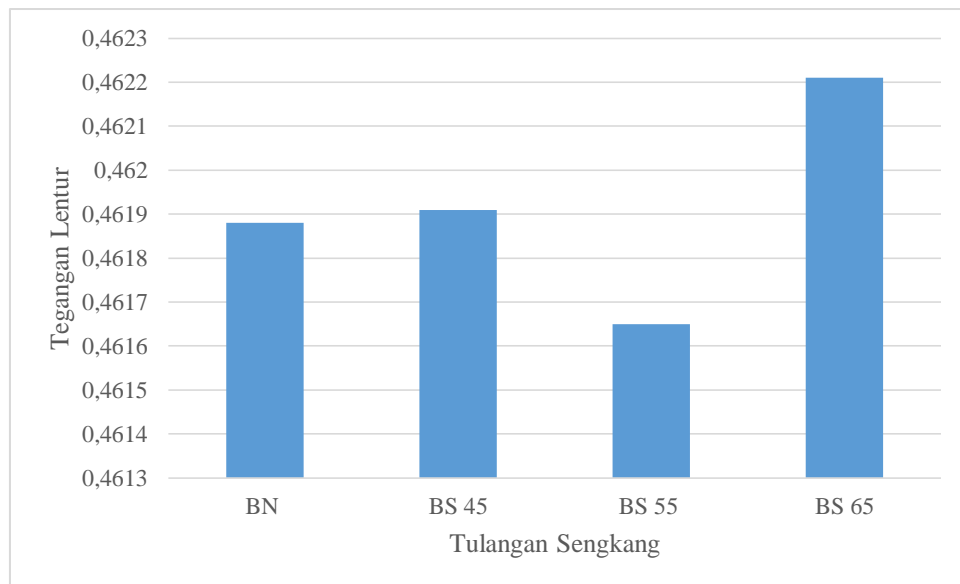
Pada tulangan sengkang 65 derajat, balok beton bertulang terjadi tegangan lentur maksimum diujung bentang sebesar 0,46221 MPa seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.37.



Gambar 4.53 Tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan sengkang 65 derajat

Tabel. 4.6. Hasil Analisa Tegangan Lentur yang Terjadi Pada Balok

Balok Beton Bertulang	Beban ( N )	Tegangan Lentur (MPa)
Normal	91680	0,46188
Senggang 45 derajat	91680	0,46191
Senggang 55 derajat	91680	0,46165
Senggang 65 derajat	91680	0,46221



Gambar 4.54. Diagram Hasil Perbandingan Pengaruh Tegangan lentur Terhadap Model

Pada gambar 4.54 dapat disimpulkan bahwa pengaruh tegangan lentur yang terjadi pada beton bertulang paling besar terjadi pada tulangan sengkang miring 65 derajat yaitu sebesar 0,46221 MPa sedangkan momen terkecil terjadi pada beton tulangan sengkang normal yaitu sebesar 0,46165 MPa. hal ini dapat terjadi berdasarkan analisa yang dilakukan dan beberapa faktor seperti penempatan tulangan geser, kerapatan tulangan geser maupun kemiringan efektif tulangan geser

Dari gambar 4.54 dapat dilihat bahwa nilai tegangan lentur pada tulangan sudut 45 dan 65 derajat mengalami kenaikan sebesar 0,0065% dan 0,071% dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisis yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tegangan geser yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 150 mm mengalami kenaikan tertinggi pada BS 45 yaitu sebesar 0.26306 MPa. nilai tegangan geser pada tulangan sengkang BS45 mengalami kenaikan yang sebesar 0,26% sedangkan tulangan BS55 dan BS65 masing-masing mengalami penurunan sebesar 0,06% dan 0,14% dibandingkan BN. Sedangkan pada balok sengkang tumpuan berjarak 200 mm BN memiliki nilai tegangan geser tertinggi dibanding tulangan sengkang miring lainnya yaitu sebesar 0,26381 MPa. nilai tegangan geser pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan sebesar 0,17%, 0,23% dan 0,12% dibandingkan tegangan geser pada BN.
2. Deformasi yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 150 mm mengalami kenaikan terbesar pada BN dibandingkan dengan tulangan BS lainnya yaitu sebesar 0,033635 mm. nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,10% pada BS45, 0,21% pada BS55 dan 0,31% pada BS65 dibandingkan pada BN. Sedangkan pada balok sengkang tumpuan berjarak 200 mm mengalami deformasi terbesar pada BN juga sebesar 0,033673 mm dan deformasi terkecil terjadi pada BS65 yaitu sebesar 0,033568 mm. nilai deformasi pada tulangan sengkang miring mengalami penurunan yang sebesar 0,10% pada BS45, 0,21% pada BS55 dan 0,31% pada BS65 dibandingkan deformasi pada tulangan normal.
3. Tegangan lentur yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 150 mm mengalami kenaikan tertinggi pada BS45 derajat yaitu sebesar 0,46182 MPa. Nilai tegangan lentur pada tulangan sengkang miring mengalami kenaikan sebesar 0,10% untuk BS 45, 0,089% untuk BS 55 dan 0,06% untuk BS 65 dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal. Sedangkan tegangan geser yang terjadi pada balok sengkang tumpuan berjarak 200 mm BS45 memiliki nilai tegangan geser tertinggi dibanding tulangan sengkang miring

lainnya yaitu sebesar 0,46221 MPa. nilai tegangan lentur pada tulangan sudut 45 dan 65 derajat mengalami kenaikan sebesar 0,0065% dan 0,071% dibandingkan tegangan lentur pada tulangan normal.

## **5.2 Saran**

Setelah melakukan penelitian ini penulis memberti saran yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambah beban pada balok serta variasi bentang pada balok beton bertulang
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan mengubah posisi beban yang diberikan pada balok beton bertulang
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan menambah atau mengurangi jumlah tulangan pada balok beton bertulang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R., Amelia, R., Simatupang, R. M., & Nuralinah, D. (2017). *PENGUJIAN GESER-LENTUR BALOK ( The Effects of Shear Bamboo Reinforcement Type on The Shear-Flexural Beam Testing )*.
- Berdasarkan, T., & Keruntuhan, T. (2009). *Kajian eksperimental perilaku balok beton tulangan tunggal berdasarkan tipe keruntuhan balok*. 5(2), 39–52.
- Kusuma, B. (1999). *TULANGAN GESER MINIMUM PADA BALOK BETON MUTU TINGGI*. 253–265.
- Madra, Y. M. (2003). Encircling the real. *Rethinking Marxism*, 15(3), 316–325. <https://doi.org/10.1080/0893569032000131613>
- Palit, C. M., Pangouw, J. D., & Pandaleke, R. (2016). Perencanaan Struktur Gedung Hotel Jalan Martadinata Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(4), 263–270. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2005.08.001>
- Sangga pramana, 2018. (artikel). *Retakan pada balok akibat gaya geser*, semarang
- Sipil, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2002). *STUDI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN VARIASI SENGGANG MIRING TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG* Arif Rachman., Rifa Aulia Bakri. Sri Tudjono \*) , Han Ay Lie \*). 1–13.
- SISTEM RANGKA DENGAN VARIASI JARAK SPASI DISUSUN OLEH: ASNI TANDILINO JURUSAN SIPIL*. (2018).
- SNI, 2847:2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–265.
- SNI, & 1727. (2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 196. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)



Sumajouw, M. D. J., Windah, R. S., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2015). *Pengaruh kuat tekan terhadap kuat lentur balok beton bertulang*. 3(5), 341–350.

Wicaksono, D. A., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2019). *Studi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan dan Tanpa Sengkang*.

## **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN 1

### PERHITUNGAN BEBAN GEMPA

#### 1. Umum

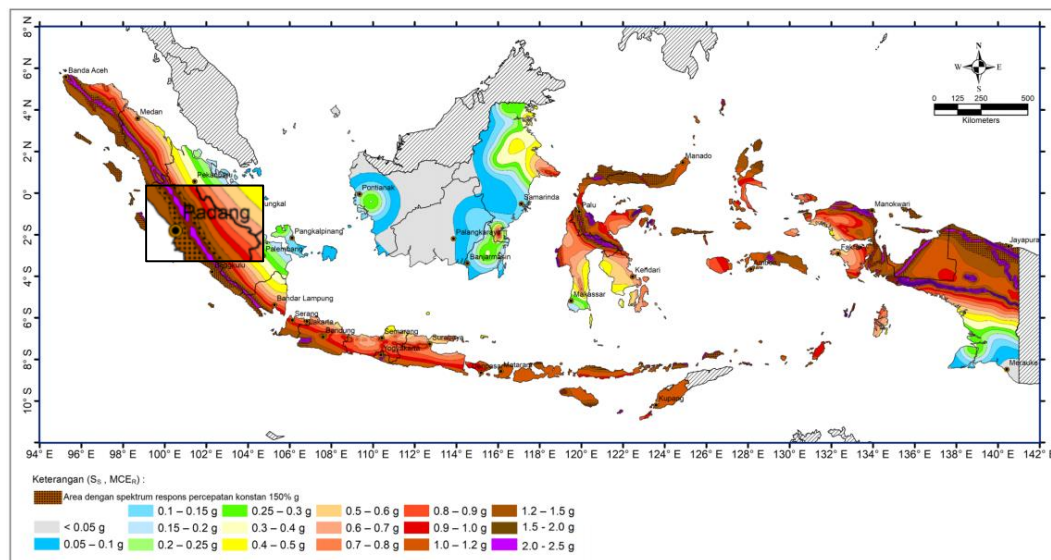
Fungsi bangunan = Perkantoran  
Lokasi = Padang , Indonesia  
Kategori resiko = II  
Kelas situs tanah = SD (Tanah Sedang)

#### 2. Faktor Keutamaan Gempa

Tabel L1.1: Faktor keutamaan gempa.

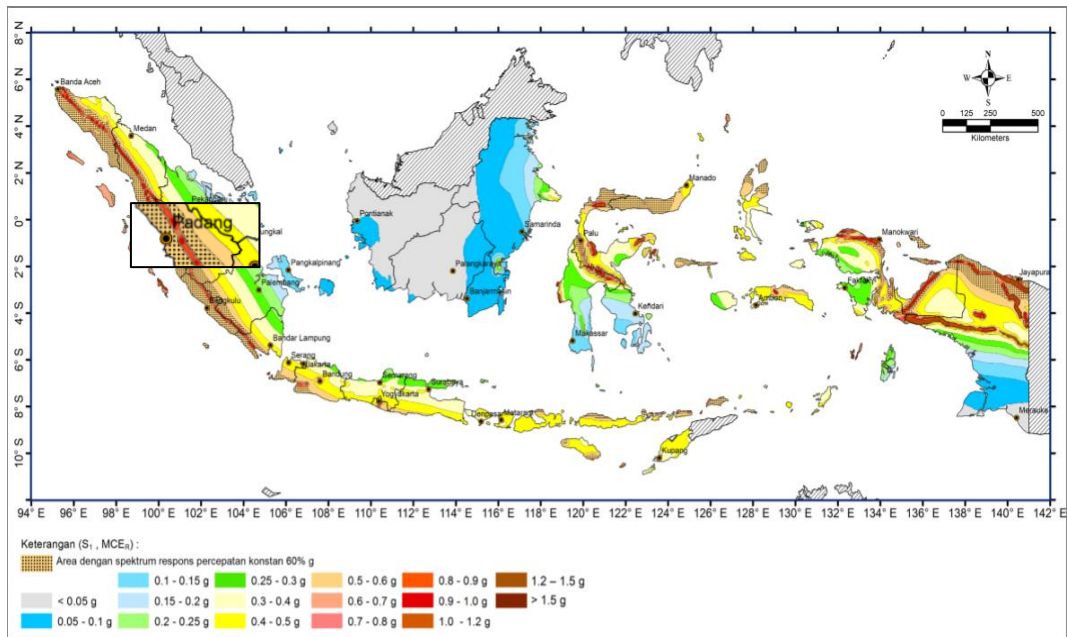
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

#### 3. Parameter Percepatan Gempa



Gambar L1.1: Peta parameter  $S_s$  untuk kota Padang.

Percepatan gempa untuk periode pendek, ( $S_s$ ) = 1,5g



Gambar L1.2: Peta parameter  $S_1$  untuk kota Padang.

Percepatan gempa untuk periode 1 detik, ( $S_1$ ) = 0,6g

#### 4. Koefisien Situs

Faktor amplifikasi getaran percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) = 1

Faktor amplifikasi getaran percepatan pada getaran periode 1 detik ( $F_v$ ) = 1,7

#### 5. Parameter respon spektral

Parameter respon spektral percepatan pada periode pendek

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S = 1 \cdot 1,5 = 1,5$$

Parameter respon spektral percepatan pada periode 1 detik

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 1,7 \cdot 0,6 = 1,02$$

#### 6. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ )

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = 1$$

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{D1}$ )

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = 0,680$$

## 7. Kategori Desain Seismik

Tabel L1.2: Kategori desain seismik untuk periode pendek.

$S_{DS}$	Kategori Risiko		
	I, II atau III		IV
$S_{DS} < 0,167$	A		A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B		C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C		D
$0,50 \leq S_{DS}$	D		D

KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek = D

Tabel L1.3: Kategori desain seismic untuk periode 1 detik.

$S_{D1}$	Kategori Risiko		
	I, II atau III		IV
$S_{D1} < 0,067$	A		A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B		C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C		D
$0,20 \leq S_{D1}$	D		D

KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik = D

## 8. Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismic = Rangka baja pemikul momen khusus (SRPMK)

Koefisien modifikasi respon  $R = 8$

Faktor kuat lebih sistem,  $\Omega_0 = 3$

Faktor pembesaran simpangan lateral,  $C_d = 5.5$

Redudansi,  $\rho = 1.3$

## 9. Spektrum Respon Desain

Tata cara perhitungan spektrum respon desain terdapat pada di bawah ini:

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respon percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil sebesar:

$$S_a = S_{DS} \cdot \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respon percepatan desain,  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$
- 3) Untuk periode yang lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respon spectral percepatan desain,  $S_a$ , digunakan formulasi:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

- 4) Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respon spektral percepatan desain,  $S_a$ , digunakan formulasi:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2}$$

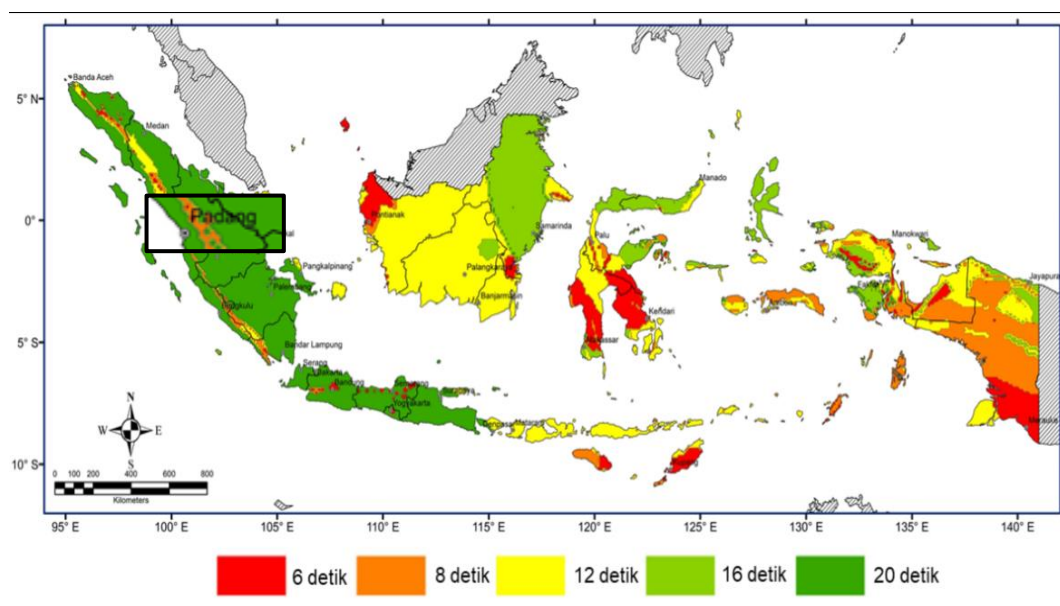
Untuk  $T$ ,  $T_0$ ,  $T_s$ , dan  $T_L$  terdapat pada dibawah ini:

$T$  = periode fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,68}{1} = 0,136 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,68}{1} = 0,68 \text{ detik}$$

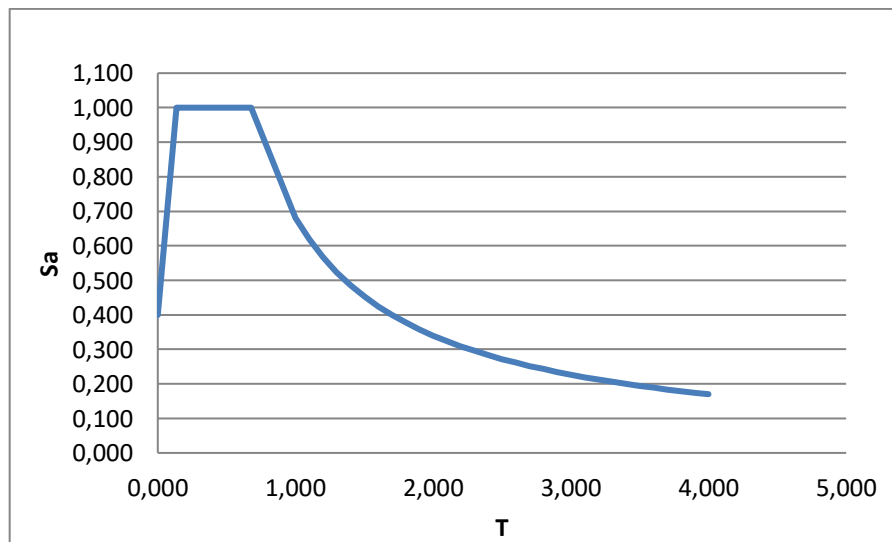
$T_L = 20$  detik (terdapat pada gambar L2.3 dibawah ini)



Gambar L1.3: Peta transisi periode panjang,  $T_L$  untuk kota Padang.

Tabel L1.4: Data respon spektrum kota Padang.

T (detik)	Sa (g)
0.000	0.400
0.136	1.000
0.680	1.000
1.000	0.680
1.200	0.567
1.400	0.486
1.600	0.425
1.800	0.378
2.000	0.340
2.200	0.309
2.400	0.283
2.600	0.262
2.800	0.243
3.000	0.227
3.200	0.213
3.400	0.200
3.600	0.189
3.800	0.179
4.000	0.170



Gambar L1.4: Spektrum respon desain untuk kota Padang.

## LAMPIRAN 2

### TABEL HASIL PADA BETON SENGGANG TUMPUAN 150mm

Tabel L2.1 : Deformasi

NO	Normal	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	-6.35E-04
3	1.01E-04	-1.41E-03
4	1.51E-04	-1.98E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03
7	3.00E-04	-3.54E-03
8	3.50E-04	-4.58E-03
9	4.00E-04	-6.05E-03
10	4.50E-04	-7.53E-03
11	5.00E-04	-9.00E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.01E-04	-1.22E-02
14	6.51E-04	-1.43E-02
15	7.00E-04	-1.67E-02
16	7.50E-04	-1.93E-02
17	8.00E-04	-2.19E-02
18	8.50E-04	-2.45E-02
19	9.00E-04	-2.71E-02
20	9.50E-04	-3.02E-02
21	1.00E-03	-3.36E-02

NO	Sudut 45	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.02E-05	-6.36E-04
3	1.00E-04	-1.40E-03
4	1.50E-04	-1.97E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03
7	3.00E-04	-3.53E-03
8	3.50E-04	-4.57E-03
9	4.00E-04	-6.04E-03
10	4.50E-04	-7.52E-03
11	5.00E-04	-8.98E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.00E-04	-1.21E-02
14	6.50E-04	-1.42E-02
15	7.00E-04	-1.66E-02
16	7.50E-04	-1.93E-02
17	8.00E-04	-2.18E-02
18	8.50E-04	-2.44E-02
19	9.00E-04	-2.71E-02
20	9.50E-04	-3.02E-02
21	1.00E-03	-3.36E-02

Tabel L2.2: Deformasi

NO	Sudut 55	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.01E-05	-6.34E-04
3	1.00E-04	-1.40E-03
4	1.50E-04	-1.97E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03

NO	Sudut 65	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	-6.31E-04
3	1.00E-04	-1.40E-03
4	1.50E-04	-1.97E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03



Tabel L2.2: Lanjutan.

7	3.00E-04	-3.53E-03
8	3.50E-04	-4.57E-03
9	4.00E-04	-6.04E-03
10	4.50E-04	-7.52E-03
11	5.00E-04	-8.96E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.00E-04	-1.21E-02
14	6.50E-04	-1.42E-02
15	7.00E-04	-1.66E-02
16	7.50E-04	-1.92E-02
17	8.00E-04	-2.18E-02
18	8.50E-04	-2.44E-02
19	9.00E-04	-2.70E-02
20	9.50E-04	-3.01E-02
21	1.00E-03	-3.36E-02

7	3.00E-04	-3.53E-03
8	3.50E-04	-4.57E-03
9	4.00E-04	-6.03E-03
10	4.50E-04	-7.52E-03
11	5.00E-04	-8.96E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.00E-04	-1.21E-02
14	6.50E-04	-1.42E-02
15	7.00E-04	-1.66E-02
16	7.50E-04	-1.92E-02
17	8.00E-04	-2.18E-02
18	8.50E-04	-2.44E-02
19	9.00E-04	-2.70E-02
20	9.50E-04	-3.01E-02
21	1.00E-03	-3.35E-02

Tabel L2.3: Tegangan Geser

NO	Normal	
	Time	Tegangan geser
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	4.00E-02
3	1.01E-04	6.28E-02
4	1.51E-04	6.75E-02
5	2.00E-04	6.80E-02
6	2.50E-04	6.93E-02
7	3.00E-04	7.97E-02
8	3.50E-04	0.10143
9	4.00E-04	0.12398
10	4.50E-04	0.13442
11	5.00E-04	0.13671
12	5.50E-04	0.14207
13	6.01E-04	0.15397
14	6.51E-04	0.17266
15	7.00E-04	0.19216
16	7.50E-04	0.20495
17	8.00E-04	0.21204
18	8.50E-04	0.21781

NO	Sudut 45	
	Time	Tegangan geser
1	1.18E-38	0
2	5.02E-05	4.04E-02
3	1.00E-04	6.27E-02
4	1.50E-04	6.73E-02
5	2.00E-04	6.77E-02
6	2.50E-04	6.90E-02
7	3.00E-04	7.94E-02
8	3.50E-04	0.1011
9	4.00E-04	0.12382
10	4.50E-04	0.13425
11	5.00E-04	0.13654
12	5.50E-04	0.1418
13	6.00E-04	0.15345
14	6.50E-04	0.1721
15	7.00E-04	0.19192
16	7.50E-04	0.20494
17	8.00E-04	0.21199
18	8.50E-04	0.21767

Tabel L2.3: Lanjutan

19	9.00E-04	0.22783
20	9.50E-04	0.24476
21	1.00E-03	0.26298

19	9.00E-04	0.22765
20	9.50E-04	0.24476
21	1.00E-03	0.26306

Tabel L2.4: Tegangan Geser

NO	Sudut 55	
	Time	Tegangan geser
1	1.18E-38	0
2	5.01E-05	4.03E-02
3	1.00E-04	6.28E-02
4	1.50E-04	6.73E-02
5	2.00E-04	6.78E-02
6	2.50E-04	6.90E-02
7	3.00E-04	7.94E-02
8	3.50E-04	0.10101
9	4.00E-04	0.1236
10	4.50E-04	0.1341
11	5.00E-04	0.13647
12	5.50E-04	0.14189
13	6.00E-04	0.15346
14	6.50E-04	0.17201
15	7.00E-04	0.1916
16	7.50E-04	0.20453
17	8.00E-04	0.21186
18	8.50E-04	0.21779
19	9.00E-04	0.22777
20	9.50E-04	0.24461
21	1.00E-03	0.26281

NO	Sudut 65	
	Time	Tegangan geser
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	4.02E-02
3	1.00E-04	6.29E-02
4	1.50E-04	6.73E-02
5	2.00E-04	6.78E-02
6	2.50E-04	6.90E-02
7	3.00E-04	7.94E-02
8	3.50E-04	0.10101
9	4.00E-04	0.12354
10	4.50E-04	0.13404
11	5.00E-04	0.13636
12	5.50E-04	0.14177
13	6.00E-04	0.15344
14	6.50E-04	0.17197
15	7.00E-04	0.19149
16	7.50E-04	0.20437
17	8.00E-04	0.21162
18	8.50E-04	0.21754
19	9.00E-04	0.22759
20	9.50E-04	0.24448
21	1.00E-03	0.26262

Tabel L2.5: Tegangan Lentur

NO	Normal	
	time	teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	2.57E-03
3	1.01E-04	2.60E-02
4	1.51E-04	4.86E-02
5	2.00E-04	5.86E-02
6	2.50E-04	6.52E-02

NO	Sudut 45	
	time	teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	4.04E-02
3	1.01E-04	6.27E-02
4	1.51E-04	6.73E-02
5	2.00E-04	6.77E-02
6	2.50E-04	6.90E-02

Tabel L2.5: *Lanjutan*

7	3.00E-04	8.61E-02
8	3.50E-04	0.12353
9	4.00E-04	0.15818
10	4.50E-04	0.18354
11	5.00E-04	0.2039
12	5.50E-04	0.22064
13	6.01E-04	0.24121
14	6.51E-04	0.27166
15	7.00E-04	0.30731
16	7.50E-04	0.3385
17	8.00E-04	0.36121
18	8.50E-04	0.37952
19	9.00E-04	0.40029
20	9.50E-04	0.42818
21	1.00E-03	0.46134

7	3.00E-04	7.94E-02
8	3.50E-04	0.1011
9	4.00E-04	0.12382
10	4.50E-04	0.13425
11	5.00E-04	0.13654
12	5.50E-04	0.1418
13	6.01E-04	0.15345
14	6.51E-04	0.1721
15	7.00E-04	0.19192
16	7.50E-04	0.20494
17	8.00E-04	0.21199
18	8.50E-04	0.21767
19	9.00E-04	0.22765
20	9.50E-04	0.24476
21	1.00E-03	0.26306

Tabel L2.6: Tegangan Lentur

NO	Sudut 55	
	Time	Teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	2.65E-03
3	1.01E-04	2.58E-02
4	1.51E-04	4.81E-02
5	2.00E-04	5.81E-02
6	2.50E-04	6.47E-02
7	3.00E-04	8.54E-02
8	3.50E-04	0.1228
9	4.00E-04	0.15771
10	4.50E-04	0.18311
11	5.00E-04	0.20358
12	5.50E-04	0.22049
13	6.01E-04	0.24066
14	6.51E-04	0.27098
15	7.00E-04	0.30656
16	7.50E-04	0.33791
17	8.00E-04	0.36124
18	8.50E-04	0.37993
19	9.00E-04	0.40078

NO	Sudut 65	
	Time	Teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	2.62E-03
3	1.01E-04	2.56E-02
4	1.51E-04	4.81E-02
5	2.00E-04	5.81E-02
6	2.50E-04	6.47E-02
7	3.00E-04	8.55E-02
8	3.50E-04	0.12282
9	4.00E-04	0.15756
10	4.50E-04	0.18301
11	5.00E-04	0.20341
12	5.50E-04	0.2203
13	6.01E-04	0.24068
14	6.51E-04	0.27101
15	7.00E-04	0.30644
16	7.50E-04	0.33773
17	8.00E-04	0.36094
18	8.50E-04	0.37966
19	9.00E-04	0.40065

Tabel L2.6: *Lanjutan*

20	9.50E-04	0.42859
21	1.00E-03	0.46175

20	9.50E-04	0.42856
21	1.00E-03	0.46163

Tabel L2.7: Deformasi

NO	Normal	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	-6.35E-04
3	1.01E-04	-1.41E-03
4	1.51E-04	-1.98E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03
7	3.00E-04	-3.54E-03
8	3.50E-04	-4.58E-03
9	4.00E-04	-6.06E-03
10	4.50E-04	-7.56E-03
11	5.00E-04	-9.02E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.01E-04	-1.22E-02
14	6.51E-04	-1.43E-02
15	7.00E-04	-1.67E-02
16	7.50E-04	-1.94E-02
17	8.00E-04	-2.19E-02
18	8.50E-04	-2.45E-02
19	9.00E-04	-2.72E-02
20	9.50E-04	-3.02E-02
21	1.00E-03	-3.37E-02

NO	Sudut 45	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	-6.33E-04
3	1.01E-04	-1.40E-03
4	1.51E-04	-1.97E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03
7	3.00E-04	-3.53E-03
8	3.50E-04	-4.58E-03
9	4.00E-04	-6.04E-03
10	4.50E-04	-7.53E-03
11	5.00E-04	-8.99E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.01E-04	-1.22E-02
14	6.51E-04	-1.42E-02
15	7.00E-04	-1.67E-02
16	7.50E-04	-1.93E-02
17	8.00E-04	-2.19E-02
18	8.50E-04	-2.44E-02
19	9.00E-04	-2.71E-02
20	9.50E-04	-3.02E-02
21	1.00E-03	-3.36E-02

Tabel L2.8: Deformasi

NO	Sudut 55	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	-6.34E-04
3	1.01E-04	-1.40E-03
4	1.51E-04	-1.97E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03
7	3.00E-04	-3.53E-03

NO	Sudut 65	
	Time	Deformasi
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	-6.35E-04
3	1.01E-04	-1.40E-03
4	1.51E-04	-1.97E-03
5	2.00E-04	-2.50E-03
6	2.50E-04	-2.92E-03
7	3.00E-04	-3.53E-03

Tabel L2.8: *Lanjutan*

8	3.50E-04	-4.57E-03
9	4.00E-04	-6.04E-03
10	4.50E-04	-7.52E-03
11	5.00E-04	-8.97E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.01E-04	-1.21E-02
14	6.51E-04	-1.42E-02
15	7.00E-04	-1.67E-02
16	7.50E-04	-1.93E-02
17	8.00E-04	-2.19E-02
18	8.50E-04	-2.44E-02
19	9.00E-04	-2.71E-02
20	9.50E-04	-3.01E-02
21	1.00E-03	-3.36E-02

8	3.50E-04	-4.57E-03
9	4.00E-04	-6.03E-03
10	4.50E-04	-7.52E-03
11	5.00E-04	-8.96E-03
12	5.50E-04	-1.05E-02
13	6.01E-04	-1.21E-02
14	6.51E-04	-1.42E-02
15	7.00E-04	-1.66E-02
16	7.50E-04	-1.92E-02
17	8.00E-04	-2.18E-02
18	8.50E-04	-2.44E-02
19	9.00E-04	-2.71E-02
20	9.50E-04	-3.01E-02
21	1.00E-03	-3.36E-02

Tabel L2.9: Tegangan Geser

NO	Normal	
	Time	Teg geser
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	4.00E-02
3	1.01E-04	6.30E-02
4	1.51E-04	6.82E-02
5	2.00E-04	6.87E-02
6	2.50E-04	7.00E-02
7	3.00E-04	8.04E-02
8	3.50E-04	0.10207
9	4.00E-04	0.12476
10	4.50E-04	0.13543
11	5.00E-04	0.13778
12	5.50E-04	0.14297
13	6.01E-04	0.15464
14	6.51E-04	0.17324
15	7.00E-04	0.19295
16	7.50E-04	0.20607
17	8.00E-04	0.21326
18	8.50E-04	0.21888
19	9.00E-04	0.22867
20	9.50E-04	0.24548
21	1.00E-03	0.26381

NO	sudut 45	
	Time	Teg geser
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	4.02E-02
3	1.01E-04	6.29E-02
4	1.51E-04	6.82E-02
5	2.00E-04	6.86E-02
6	2.50E-04	6.98E-02
7	3.00E-04	8.02E-02
8	3.50E-04	0.10197
9	4.00E-04	0.12467
10	4.50E-04	0.13536
11	5.00E-04	0.13771
12	5.50E-04	0.14283
13	6.01E-04	0.15415
14	6.51E-04	0.17257
15	7.00E-04	0.19239
16	7.50E-04	0.20567
17	8.00E-04	0.21296
18	8.50E-04	0.21863
19	9.00E-04	0.22831
20	9.50E-04	0.24503
21	1.00E-03	0.26337

Tabel L2.10: Tegangan Geser

NO	Sudut 55	
	Time	Teg geser
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	4.03E-02
3	1.01E-04	6.29E-02
4	1.51E-04	6.82E-02
5	2.00E-04	6.86E-02
6	2.50E-04	6.98E-02
7	3.00E-04	8.02E-02
8	3.50E-04	0.10187
9	4.00E-04	0.12457
10	4.50E-04	0.13525
11	5.00E-04	0.13761
12	5.50E-04	0.14282
13	6.01E-04	0.15417
14	6.51E-04	0.1726
15	7.00E-04	0.1923
16	7.50E-04	0.2054
17	8.00E-04	0.21272
18	8.50E-04	0.21848
19	9.00E-04	0.22821
20	9.50E-04	0.24493
21	1.00E-03	0.2632

NO	Sudut 65	
	Time	Teg geser
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	4.05E-02
3	1.01E-04	6.29E-02
4	1.51E-04	6.82E-02
5	2.00E-04	6.86E-02
6	2.50E-04	6.97E-02
7	3.00E-04	8.00E-02
8	3.50E-04	0.10173
9	4.00E-04	0.12436
10	4.50E-04	0.13505
11	5.00E-04	0.13739
12	5.50E-04	0.14255
13	6.01E-04	0.15405
14	6.51E-04	0.17252
15	7.00E-04	0.1922
16	7.50E-04	0.20533
17	8.00E-04	0.21261
18	8.50E-04	0.21838
19	9.00E-04	0.22831
20	9.50E-04	0.24515
21	1.00E-03	0.26348

Tabel L2.11: Tegangan Lentur

NO	Normal	
	Time	Teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	2.58E-03
3	1.01E-04	2.60E-02
4	1.51E-04	4.88E-02
5	2.00E-04	5.89E-02
6	2.50E-04	6.55E-02
7	3.00E-04	8.64E-02
8	3.50E-04	0.12386
9	4.00E-04	0.15865
10	4.50E-04	0.18423
11	5.00E-04	0.20471
12	5.50E-04	0.22131

NO	Sudut 45	
	Time	Teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	2.64E-03
3	1.01E-04	2.57E-02
4	1.51E-04	4.84E-02
5	2.00E-04	5.83E-02
6	2.50E-04	6.48E-02
7	3.00E-04	8.58E-02
8	3.50E-04	0.12339
9	4.00E-04	0.15836
10	4.50E-04	0.18405
11	5.00E-04	0.2044
12	5.50E-04	0.22076

Tabel L2.11. *Lanjutan*

13	6.01E-04	0.24168
14	6.51E-04	0.27212
15	7.00E-04	0.30793
16	7.50E-04	0.3393
17	8.00E-04	0.3621
18	8.50E-04	0.38036
19	9.00E-04	0.40102
20	9.50E-04	0.42878
21	1.00E-03	0.46188

13	6.01E-04	0.24075
14	6.51E-04	0.27105
15	7.00E-04	0.30699
16	7.50E-04	0.33867
17	8.00E-04	0.36183
18	8.50E-04	0.38026
19	9.00E-04	0.40084
20	9.50E-04	0.42864
21	1.00E-03	0.46191

Tabel L2.12: Tegangan Lentur

NO	Sudut 55	
	Time	Teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	2.66E-03
3	1.01E-04	2.58E-02
4	1.51E-04	4.84E-02
5	2.00E-04	5.84E-02
6	2.50E-04	6.48E-02
7	3.00E-04	8.56E-02
8	3.50E-04	0.12316
9	4.00E-04	0.15805
10	4.50E-04	0.18362
11	5.00E-04	0.20414
12	5.50E-04	0.22084
13	6.01E-04	0.24087
14	6.51E-04	0.27117
15	7.00E-04	0.30685
16	7.50E-04	0.33819
17	8.00E-04	0.36147
18	8.50E-04	0.38006
19	9.00E-04	0.4007
20	9.50E-04	0.4285
21	1.00E-03	0.46165

NO	Sudut 65	
	Time	Teg lentur
1	1.18E-38	0
2	5.00E-05	2.69E-03
3	1.01E-04	2.58E-02
4	1.51E-04	4.84E-02
5	2.00E-04	5.83E-02
6	2.50E-04	6.48E-02
7	3.00E-04	8.55E-02
8	3.50E-04	0.12293
9	4.00E-04	0.15774
10	4.50E-04	0.1833
11	5.00E-04	0.20372
12	5.50E-04	0.22037
13	6.01E-04	0.24073
14	6.51E-04	0.27115
15	7.00E-04	0.30669
16	7.50E-04	0.33804
17	8.00E-04	0.36118
18	8.50E-04	0.37984
19	9.00E-04	0.40099
20	9.50E-04	0.429
21	1.00E-03	0.46221



**TUGAS AKHIR**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**LEMBAR ASISTENSI**

**NAMA** : PADLI MARDIANSYAH TAMPUBOLON .

**NPM** : 1607210120

**JUDUL** : ANALISA BALOK BETON BERTULANG DENGAN VARIASI SUDUT  
TULANGAN SENGGKANG MIRING TERHADAP PENGARUH LENDUTAN  
DAN KEKUATAN GESER NAMUN DIAMETER TULANGAN TETAP SAMA

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PABAF
1.	14/8 - 2020	- Tambahi Bab 2. Tulangan Miring - - Lanjutkan pemodelan .	
2.	22/8 - 2020	- Analisa Tulangan Untuk Gedung . - Pemodelan Perbaiki . - Analisa Manual	
3.	29/8 - 2020 .	- Masuk Pembebanan . - Perbaiki Tulangan . - Contact Beton & Tulangan .	
4.	7/9 - 2020	- Perbaiki Analisa Elemen Hingga - Desain Gempa .	
5.	23/9 - 2020 .	- Ganti Geometri ke line tulangan . - Defenisi Mesh di Geometri c	

**DOSEN PEMBIMBING**

(Tondi Amirsyah Putera, ST.MT)





TUGAS AKHIR  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : PADLI MARDIANSYAH TAMPUBOLON

NPM : 1607210120

JUDUL : ANALISA BALOK BETON BERTULANG DENGAN VARIASI SUDUT  
TULANGAN SENGGANG MIRING TERHADAP PENGARUH LENDUTAN  
DAN KEKUATAN GESER NAMUN DIAMETER TULANGAN TETAP SAMA

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
6.	20/10 - 2020	- Perbaiki Permodelan .	
7.	30/10 - 2020	- Perbaiki Permodelan . - Tambahi Tinjauan .	
8.	2/11 - 2020	- Tambahi Tinjauan .	
9.	5/11 - 2020	- Perbaiki Laporan .	
10.	7/11 - 2020	Acc Semirah Hrs /	

DOSEN PEMBIMBING

(Tondi Amirsyah Putera, ST.MT)

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : Padli Mardiansyah Tampubolon  
Panggilan : Padli  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 04 Desember 1998  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat Sekarang : Jl. Belibis IX No.120 Perumnas Mandala  
HP/Tlpn Seluler : 087874867342

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210120  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

### PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
Sekolah Dasar	SDN 066057	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 13 Medan	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMAN 8 Medan	2013 - 2016

### ORGANISASI