

**Pengaruh Tiga Variasi Tipe Perekat Labur dan Penggunaan
Pasak Horizontal pada Jarak 15 Cm Terhadap Kuat Geser Balok
Bambu Laminasi**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Strata-1
Jurusan Teknik Sipil



Di susun oleh :

RIFQI APRILIAN
3336 12 2666

**JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rifqi Aprilian

NIM : 333612666

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng
Tirtayasa,

“MENYATAKAN”

Dengan menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengesahan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di acu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Cilegon, Januari 2018

(Rifqi Aprilian)

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH TIGA VARIASI TPE PERKAT LABUR DAN PENGGUNAAN PASAK HORIZONTAL PADA JARAK 15 CM TERHADAP KUAT GESER BALOK BAMBUI LAMINASI

Disusun Oleh :

RIFQI APRILIAN/3336122666

Telah Dipertabankan Didepan Dewan Penguji
Pada Tanggal : 11 Januari 2018

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I,


Zulmahdi Darwis, ST., M.Eng
NIP : 197706182008011005

Pembimbing II,

Hendrian Budi B.K., ST., M.Eng
NIP : 201601042075

Penguji I,

Soelarso, ST., M.Eng
NIP : 19810812000121004

Penguji II,

Baehaki, ST., M.Eng
NIP : 198705082015041001



Skripsi ini telah diterima
sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Tanggal :

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Rama Indera Kusuma, ST., M.T
NIP : 198108222006041001

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkah dan rahmat – Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Rama Indera Kusuma ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah menyediakan waktu serta saran dan kritiknya dalam perbaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Restu Wigati, ST., M.Eng selaku sekretaris Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sekaligus pembimbing akademik yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Zulmahdi Darwis ST., M.Eng selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga serta pikiran selama pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Soelarso ST., M.Eng selaku dosen penguji I yang telah menyediakan waktu, tenaga serta pikiran selama pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Hendrian Budi Bagus ST., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga serta pikiran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dicki Dian Purnama ST., M.Eng dan bapak Baehaki ST., M.Eng, selaku dosen penguji II yang telah menyediakan waktu serta saran dan kritiknya dalam perbaikan Tugas Akhir ini.
7. Ibu Enden Mina, ST., MT selaku Koordinator Laboratorium Jurusan Teknik Sipil yang telah menyediakan waktu, tempat serta perizinan lainnya selama untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.

8. Para Staff dan pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas kerjasama yang baik selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Pihak Lem Rajawali yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Mama Siti Rohmah dan Ayah Chaerudin beserta kedua kakakku dan adikku yang telah bersabar menunggu dan me-support dengan penuh kasih sayang dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Penghuni Barak yang telah berjuang bersama menemani proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Cilegon, Januari 2018

Penulis

ABSTRAK

Penggunaan balok bambu laminasi menjadi alternatif sebagai salah satu unsur bahan bangunan. Teknik laminasi seperti ini mampu digunakan untuk membentuk bahan bangunan yang digunakan sebagai bahan konstruksi dalam ukuran besar. Penelitian–penelitian sebelumnya telah banyak mengulas kekuatan balok bambu laminasi, tipe keruntuhan dan pola retak. Beberapa pengujian terhadap kuat geser dengan penggunaan perekat labur 50MDGL, mengakibatkan patahan secara parsial atau patahan geser antar material bambu dan bukan terjadi pada perekat.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penggunaan 3 variasi tipe perekat pada balok bambu laminasi terhadap kuat geser. Perbandingan ukuran balok antara tinggi dan lebarnya adalah dua banding satu yang berukuran (120 mm x 60 mm).sebelumnya bambu bulat itu nantinya akan Selanjutnya diuji kekuatan balok terhadap kapasitas geser dengan variasi tipe perekat Fox, Ligno dan Rajawali. Untuk bambu laminasi tanpa menggunakan kulit luar bambu pada permukaan balok serta menggunakan jumlah perekat labur 50MDGL.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kekuatan geser yang signifikan diantara ketiga variasi tipe perekat. Kekuatan Balok tertinggi adalah benda uji 50MDGL Ligno dengan nilai beban 24,4 KN dengan lendutan sebesar 41,5 mm. Tegangan geser rata-rata balok laminasi yang didapat adalah 5,49-6,66 dan 4,58 Mpa. kekuatan ini masih lebih besar dari kekuatan balok kayu pada umumnya dimana tegangan geser kayu kuat kelas II 1,25 Mpa.

Kata kunci: *kapasitas geser, variasi jarak pasak, bambu petung*

ABSTRACT

The use of laminated bamboo beams to be an alternative as one of the elements of building materials. Techniques such laminates can be used to form the building materials used as construction materials in large sizes. Previous studies have extensively covered the beam strength of laminated bamboo, type and pattern collapse crack. Some testing of the shear strength with the use of adhesive labur 60 MDGL, resulting in partial fracture or shear fracture between bamboo material and not occur in the adhesive.

This research is directed to find out the effect of variation within the stake on the block against the shear strength of laminated bamboo. Comparison between high beam size and the width is two to one size (120 mm x 60 mm). Further tested the strength of the beam to the shear capacity with four variations within the stake is fox, Ligno and Rajawali. For laminated bamboo using bamboo outer skin on the surface of the beam as well as the use of adhesives labur 50 MDGL.

The results showed that there was no significant difference in shear strengths between the four variations within the stake. Beam strength is highest test object 50 # MDGL Ligno with a value of 24,4 KN load with a deflection of 41,5 mm. The average shear stress laminated beams obtained is 5,49-6,66 and 4,58 MPa. This strength is still greater than the strength of the wood beams in general where strong wood shear stress of 1.25 MPa class II.

Keywords: capacity sliding, peg distance variations, petung

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Keaslian Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
III. LANDASAN TEORI	
A. Sifat Fisik dan Mekanika.....	8
1. Kadar Air	8
2. Kerapatan.....	8
3. Kuat Tarik Sejajar Serat	9
4. Kuat Tekan Sejajar serat.....	9
5. Kuat Geser Sejajar Serat.....	9
6. Kelengkungan	10
7. Perhitungan Momen Internal	10
8. Kuat Lentur	13
9. Kuat Geser	14

B. Modulus Elastisitas	15
C. Proses Perekatan	15
D. Balok Laminasi	17
IV. METODE PELAKSANAAN PENELITIAN	
A. Bahan Penelitian.....	18
B. Peralatan Penelitian	19
C. Benda Uji.....	21
D. Flow Chart Metodologi Penelitian	24
E. Pengujian Balok Laminasi	25
F. Cara Analisis	27
G. Luaran Yang Diharapkan	27
V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	
A. Hasil Uji Pendahuluan	28
1 Sifat Fisik.....	28
a. Kadar Air.....	28
b. Kerapatan	30
B. Uji Tarik	31
C. Uji Tekan	33
D. Kekuatan Balok Laminasi.....	35
1 Balok Laminasi Perekat Fox	
a. 50#MDGL Fox1	35
b. 50#MDGL Fox2.....	38
c. 50#MDGL Fox3.....	39
2 Balok Laminasi Perekat Ligno	
d. 50#MDGL Ligno1.....	41
e. 50#MDGL Ligno2.....	43
f. 50#MDGL Ligno3.....	44
3 Balok Laminasi Perekat Rajawali	
a. 60#MDGL Rajawali1	46
b. 60#MDGL Rajawali2	47
c. 60#MDGL Rajawali3	48
E. Kekakuan Balok Laminasi	51

F. Momen Internal Dan Eksternal	52
G. Tegangan Geser	54
H. Kesulitan - Kesulitan Selama Penelitian.....	55
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	56
B. Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian dengan Penelitian yang berhubungan	5
Tabel 4.1 Pengujian sifat fisik Kerapatan dan Kadar Air	22
Tabel 4.2 Pengujian Balok Geser	23
Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji Balok Bambu Laminasi.....	23
Tabel 5. Hasil Pengujian Kadar Air Pembanding.....	28
Tabel 6. Hasil Uji Kerapatan	28
Tabel 7. Hasil Uji Kerapatan Pembanding	29
Tabel 8. Hasil Uji Tarik).....	30
Tabel 9. Hasil Uji Tekan.....	32
Tabel 10. Hasil Uji Kerapatan Pembanding.....	35
Tabel 11. Kekakuan Balok Laminasi.....	47
Tabel 12. Momen Internal Balok Laminasi.....	48
Tabel 13. Momen Eksternal dan Internal Balok Laminasi	50
Tabel 14. Kuat geser balok laminasi bambu petung.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Bambu Petung	18
Gambar 4.2 Bahan Perekat (PVAC).....	19
Gambar 4.3 Mesin Gergaji Kayu.....	19
Gambar 4.4 Mesin Penyerut	20
Gambar 4.5 Mesin Bor	20
Gambar 4.6 Baja Kanal	20
Gambar 4.7 Alat Uji Tarik.....	21
Gambar 4.8 Benda uji Pendahuluan kerapatan dan kadar air.....	22
Gambar 4.9 Benda uji Pendahuluan Tekan Bambu.....	22
Gambar 5.0 Bentuk Tampang dan Variasi yang di Usulkan	23
Gambar 4.11 Diagram alir pembuatan balok laminasi	24
Gambar 4.12 Gambar Potongan Alat Pengujian.....	25
Gambar 4.13 <i>Setting Up</i> Pengujian	26
Gambar 5.1 Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik Bambu	32
Gambar 5.2 Grafik Tegangan Regangan Uji Tekan Bambu.....	34
Gambar 5.3 Benda Uji Fox1 Setelah di Uji.....	34
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Fox1	37
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Fox1	37
Gambar 5.6 Fox2 Setelah di Uji.....	38
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Fox2	38
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Fox2	39
Gambar 5.9. Fox Setelah di Uji.....	39
Gambar 21. Grafik Hubungan Beban-Lendutan Fox3.....	33
Gambar 22. Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Fox3	34
Gambar 21. Grafik Hubungan Beban-Lendutan Balok Fox	40
Gambar 22. Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Balok Fox	41
Gambar 23. Ligno1 Setelah di Uji.....	41

DAFTAR NOTASI

Notasi Penjelasan

- w = Kadar Air Bambu (%)
- m = Massa Bambu Sebelum Dikeringkan (g)
- m_2 = Massa Bambu Kering Oven (g)
- w = Kerapatan Bambu Pada Kadar Air w (g/cm^3)
- mw = massa bambu pada kadar air w (g)
- V_w = volume bambu pada kadar air w (cm^3)
- $\dagger_{tk//}$ = kuat tekan sejajar serat (MPa).
- P_{maks} = gaya tekan maksimum (N)
- A = *tebal x lebar* = luas bidang yang tertekan (mm^2) dari benda uji
- $_{tk}$ = kuat tekan tegak lurus serat (MPa),
- P_{mak} = gaya tekan maksimum
- $\ddagger_{tk//}$ = kuat tarik sejajar serat (MPa),
- P_{maks} = gaya tarik maksimum (N),
- $_{//}$ = kuat geser sejajar serat (MPa),
- P_{maks} = gaya geser maksimum (N)
- MOR = modulus lentur bambu (MPa),
- M_{maks} = Momen maksimum (N mm),
- Y_a = Jarak Tepi atas ke garis netral (mm)
- I = Inersia Penampang Balok (mm^4).
- MOE = modulus elastisitas bambu (MPa), L = panjang bambu (mm)
= lendutan proposional bambu (mm), P = beban proposional (N),
- I = momen inersia bambu (mm^4) dari benda uji.
- a = Jarak tumpuan dan beban (mm)
- GPU = *Gram Pick Up* (dalam gram)
- S = jumlah perekat yang dilaburkan dalam pound/MSGGL atau pound/MDGL
- A = luas bidang yang akan direkatkan (in persegi)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bambu merupakan salah satu sumber daya alam Non-hutan yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Bambu dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pengganti kayu untuk mengatasi kelangkaan pasokan bahan baku kayu bagi industri perabotan. Bambu mempunyai beberapa keunggulan seperti mudah ditanam, laju pertumbuhan yang cepat, tidak memerlukan pemeliharaan secara khusus, mudah didapat harganya murah, mudah diolah dan pada arah sejajar serat mempunyai sifat mekanik yang lebih baik daripada kayu. Dalam dunia industri, bambu dapat dimanfaatkan sebagai panel komposit struktural seperti *plywood board* yang memiliki kekuatan sebanding dengan kayu

Pengolahan bambu tergantung pada penggunaan atau pemanfaatannya. Selain untuk dimanfaatkan sendiri oleh masyarakat, sekarang produk olahan bambu sudah banyak diekspor ke luar negeri seperti *furniture*, kerajinan/*handycraft*, supit, tusuk gigi dan lain-lain. Perkembangan teknologi sekarang ini bambu telah dibuat berbentuk balok atau papan dengan cara dilaminasi (*laminated bamboo*). Teknik laminasi ini digunakan untuk membentuk dimensi bahan bangunan yang digunakan sebagai bahan konstruksi. Penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak mengulas kekuatan balok bambu laminasi, tipe keruntuhan dan pola retak. Beberapa pengujian terhadap kuat geser dengan penggunaan perekat labur 50#MDGL, didapat patahan secara parsial atau patahan geser antar material bambu dan bukan terjadi pada perekat (Arqam laya, 2007).

Melakukan pengujian kuat tarik kulit bambu ori dengan hasil cukup tinggi yaitu hampir mencapai 5000 kg/cm^2 atau sekitar dua kali tegangan leleh baja, sedang kuat tarik rata-rata bambu petung juga lebih tinggi dari tegangan leleh baja. Hanya satu spesimen bambu petung yang

mempunyai kuat tarik lebih rendah dari tegangan luluh baja pada pengujian tersebut (Morisco, 1999).

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Hanung, 2016) didapat penggunaan variasi jarak pasak 10 cm, 15 cm dan 20 cm pada balok bambu laminasi tidak ada perbedaan signifikan terhadap kekuatan geser dan kekakuan, dan didapat kekuatan optimum ada pada jarak 15 cm dengan nilai rata-rata pengujian 3,8 Mpa.

Penelitian yang akan diusulkan adalah pembuatan balok bambu laminasi tanpa menggunakan kulit luar bambu dengan menggunakan variasi tipe perekat labur dan penggunaan pasak dengan jarak 15 cm, sehingga didapat penggunaan tipe perekat labur yang mempunyai kekuatan optimum dan ekonomis dalam pembuatan. Perbandingan ukuran atau dimensi balok antara tinggi balok dan lebarnya yaitu 2 : 1 berukuran (12 cm x 6 cm) dengan 3 buah variasi tipe perekat labur selanjutnya diuji kekuatan balok tersebut terhadap kekuatan geser dan lentur.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dari penelitin ini adalah:

1. Teknik laminasi menggabungkan bahan yg berdimensi kecil dan terbatas menjadi bahan yang berdimens lebih besar, baik panjang, lebar dan tebal.
2. Perbandingan nilai kuat geser dari variasi 3 tipe perekat labur yang digunakan pada penelitian ini.
3. Menganalisis bambu laminasi tanpa menggunakan kulit luar bambu untuk meminimalisir terjadinya rongga didalam bilah bambu dan menjadikannya lebih simetris.

Penelitian ini nantinya menganalisa penggunaan 3 variasi tipe perekat labur diantaranya perekat *LFP 003 (fox PVAC)*, *rajawali PVAC* dan *perekat super 800 PVAC PT.Liqno Speciality Adhesive* dan jarak pasak 15 cm dengan penggunaan perekat labur 50#MDGL tanpa

menggunakan kulit luar bambu. Sehingga didapat penggunaan tipe perekat labur yang mempunyai kekuatan optimum dan ekonomis dalam pembuatan.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kekuatan geser dan kekakuan balok bambu laminasi tanpa menggunakan kulit luar bambu dengan menggunakan 3 variasi tipe perekat labur.
2. Mengetahui pola kerusakan balok bambu laminasi terhadap beban lateral.
3. Mendapatkan hasil dimensi balok laminasi yang simetris tanpa penggunaan kulit luar bambu.
4. Memberi masukan dan dapat menjadi pendorong bagi penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik bambu petung laminasi dan menunjang perluasan aplikasi bambu sebagai bahan konstruksi.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dan memberikan manfaat, antara lain:

1. Dapat mengetahui tipe perekat labur yang efisien dan tepat untuk kekuatan balok bambu laminasi yang optimum tanpa menggunakan kulit luar bambu.
2. Dapat memberikn pelajaran bagi masyarakat untuk lebih melestarikan memanfaatkan bambu sebagai bahan baku pengganti kayu untuk sebuah kontruksi bangunan dan alat-alat rumah tangga.
3. Inovasi dalam industri Pembuatan balok bambu laminasi yang lebih ekonomis dari sisi biaya.
4. Dapat memperkaya pengetahuan dalam bidang laminasi bambu sebagai material struktur.

E. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan benda uji jenis material bambu petung (*Dendrocalamus sp*), dengan dimensi spacement laminasi 12 cm x 6 cm.
2. Menggunakan 3 variasi tipe perekat di antaranya *LFP 003 (fox PVAC)*, *rajawali PVAC* dan *perekat super 800 PVAC PT liqno Speciality Adhesive*.
3. Panjang balok sekitar 100 cm untuk pengujian geser dan ukuran lebar bilah yaitu 1-3 cm.
4. Pembebanan dilakukan secara lateral statik

F. Keaslian Penelitian

Penelitian bambu laminasi dengan menggunakan perekat labur sudah pernah dilakukan, tetapi perbedaan tipe perekat labur tanpa menggunakan kulit luar bambu belum pernah dilakukan. Penelitian ini murni dan bebas dari cara plagiat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Zulmahdi (2009) meneliti tentang pengaruh variasi perekat labur terhadap kuat geser balok bambu laminasi. Perekat labur yang digunakan 40#MDGL, 50#MDGL dan 60#MDGL. Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kekuatan geser dan kekakuan.

Adi Nurhasan, Ahmad Supiadi (2013) meneliti tentang pengaruh variasi perekat labur dan penggunaan pasak horisontal dan vertikal pada kuat geser balok bambu laminasi. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh penggunaan pasak dan variasi perekat labur pada balok laminasi tidak ada pengaruh yang signifikan. Kekuatan balok tertinggi adalah benda uji 50#MSGL dengan nilai 28,8 KN pada benda uji 50#MDGL. Tegangan geser balok laminasi didapat rata-rata 2 Mpa.

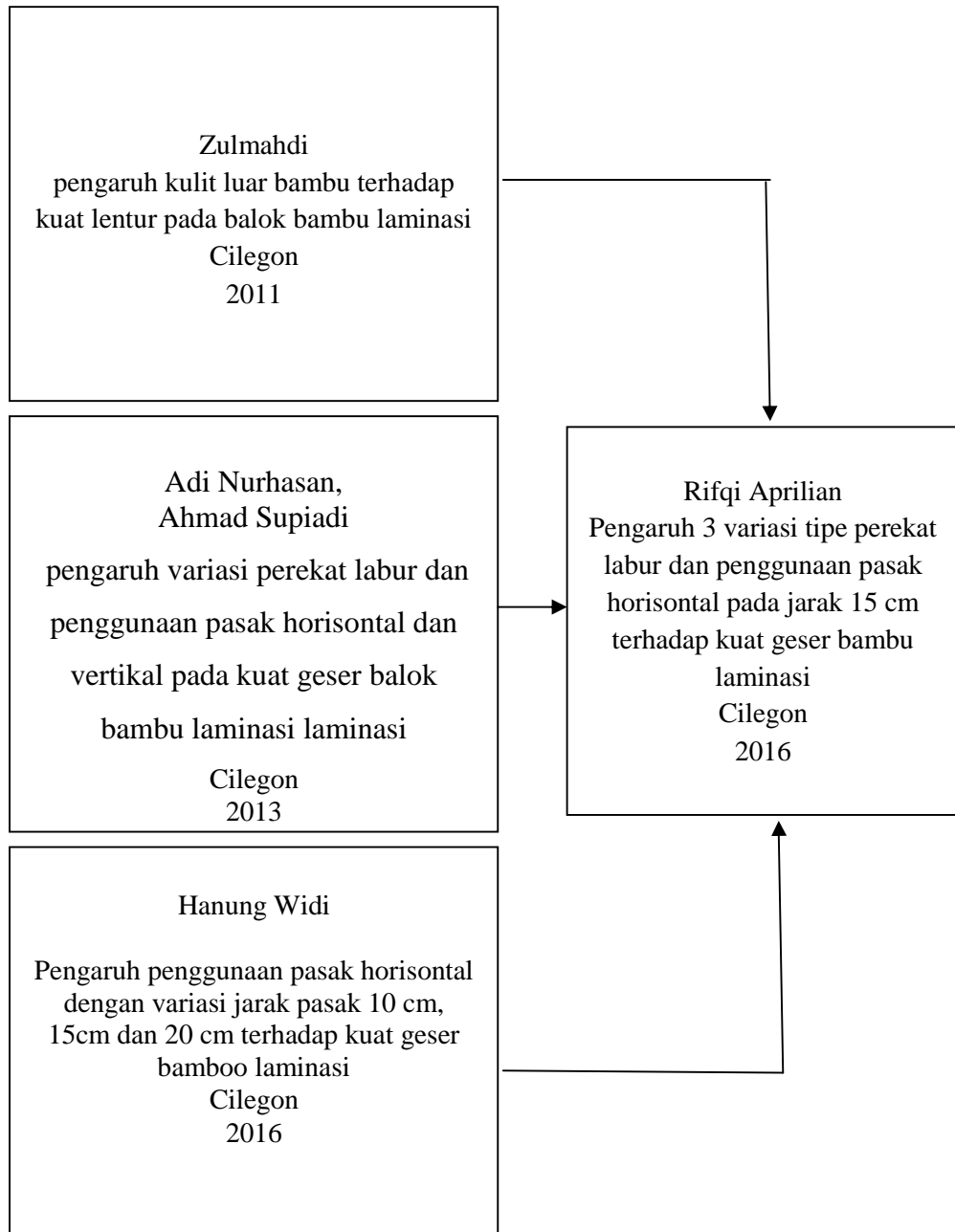
Hanung Widi (2016) meneliti tentang pengaruh penggunaan pasak horisontal dengan variasi jarak 10 cm, 15 cm dan 20 cm terhadap kuat geser bambu laminasi. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan pasak dan perekat labur terhadap balok laminasi terhadap kekuatan dan kekakuan tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Kekuatan balok optimum ada pada benda uji dengan jarak pasak 15 cm dengan nilai rata-rata 3,8 .

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Aspek	Zulmahdi Darwis	Adi Nurhasan, Ahmad Supiadi	Hanung Widi Nugroho	Rifqi Aprilian
1	Judul Penelitian	pengaruh kulit luar bambu terhadap kuat lentur pada balok bambu laminasi	pengaruh variasi perekat labur dan penggunaan pasak horisontal dan vertikal pada kuat	Pengaruh penggunaan pasak horisontal dengan variasi jarak 10 cm, 15 cm dan 20 cm terhadap kuat geser	Pengaruh 3 variasi tipe perekat labur dan penggunaan pasak horisontal pada jarak 15 cm

			geser balok bambu laminasi	balok bambu laminasi	terhadap kuat geser bambu laminasi
2	Parameter Pengujian	Kuat Lentur	Kuat geser	Kuat Geser	Kuat Geser
3	Lokasi Penelitian	cilegon	Yogyakarta	Cilegon	Cilegon
4	Tahun Penelitian	2011	2013	2016	2017
5	Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan penggunaan kulit luar bambu pada permukaan balok bambu laminasi menambah kekakuan pada balok bambu laminasi sebesar 45,43% dan kuat lentur 21,6%.	Hasil penelitian menunjukkan pengaruh penggunaan pasak dan variasi perekat labur pada balok laminasi tidak ada pengaruh yang signifikan. Kekuatan balok tertinggi adalah benda uji 50#MSGL dengan nilai 28,8 KN pada benda uji 50#MDGL. Tegangan geser balok laminasi didapat rata-rata 2 Mpa.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan pasak dengan variasi jarak 10 cm, 15 cm dan 20 cm terhadap kuat geser balok bambu laminasi tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap kuat geser. Kekuatan balok optimum ada pada benda uji dengan jarak pasak 15 cm dengan nilai rata-rata 3,8 Mpa	

Sumber : Penulis, 2017



Keterangan : —————> : Garis Koordinasi

Gambar 1. Flowchart Hubungan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Sekarang

Sumber : Penulis, 2017

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Sifat Fisik dan Mekanika

Bambu pada dasarnya sama dengan kayu yaitu bersifat higroskopis, maka kelembaban udara akan mempengaruhi kadar air bambu. Kadar air pada kayu/bambu sangat berpengaruh pada sifat fisik maupun mekaniknya.

Sifat mekanika bahan adalah sifat suatu bahan yang berhubungan dengan perubahan bentuk suatu benda yang disebabkan oleh adanya kekuatan dari perlawanan benda tersebut terhadap beban yang mengenainya. Sifat ini penting untuk menentukan kegunaan suatu barang, bahkan untuk beberapa keperluan, sifat ini dapat dipakai sebagai kriteria pemilihan material (*Haygreen & Bowyer, 1982* dalam *Morisco, 2006*). Sifat-sifat mekanika meliputi : kuat lentur, kuat tarik, kuat tekan, kuat geser, sifat kekerasan dan lain-lain.

1. Kadar air

Kadar air bambu adalah nilai yang menunjukkan jumlah air yang dikandung bambu dibandingkan dengan berat bambu pada keadaan kering oven. Nilai kadar air bambu petung dinyatakan dalam persen, dan dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

w = kadar air bambu (%),

m = massa bambu sebelum dikeringkan (g),

m₂ = massa bambu kering oven (g).

2. Kerapatan

Kerapatan bambu adalah perbandingan antara massa bambu dengan volume bambu baik pada kadar air tertentu maupun pada kadar air kering oven.

Nilai kerapatan bambu petung dihitung dengan menggunakan Persamaan... 2.

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

w = kerapatan bambu pada kadar air w (g/cm^3)

m_w = massa bambu pada kadar air w (g)

V_w = volume bambu pada kadar air w (cm^3).

3. Kuat tarik sejajar serat

Nilai kuat tarik sejajar serat bambu ditentukan dengan Persamaan 5.

$$\sigma_{tk//} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

$\sigma_{tk//}$ = kuat tarik sejajar serat (MPa),

P_{maks} = gaya tarik maksimum (N),

A = *tebal x lebar* = luas bidang yang tertarik (mm^2) dari benda uji.

4. Kuat tekan sejajar serat

Nilai kuat tekan sejajar serat bambu petung ditentukan dengan Persamaan 4.

$$\sigma_{tk//} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

$\sigma_{tk//}$ = kuat tekan sejajar serat (MPa),

P_{maks} = gaya tekan maksimum (N),

A = *tebal x lebar* = luas bidang yang tertekan (mm^2) dari benda uji.

5. Kuat geser sejajar serat

Nilai kuat geser sejajar serat bambu petung ditentukan dengan Persamaan 6.

$$\tau_{tk//} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (5)$$

dengan:

$\tau_{tk//}$ = kuat geser sejajar serat (MPa),

P_{maks} = gaya geser maksimum (N)

A = *tebal x panjang* = luas bidang yang tergeser (mm²) dari benda uji.

6. Kelengkungan

Nilai kelengkungan di dapat dari persamaan 7

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots (6)$$

dengan:

R= Kelengkungan

M= Momen

EI= Modulus Elastisitas

Nilai kelengkungan juga dapat dicari dengan persamaan 7

$$R = \frac{y(n-1)+2yi+y(n+1)}{dx^2} \dots\dots\dots (7)$$

dengan:

Y_{n-1} = Lendutan balok ditepi kiri bentang

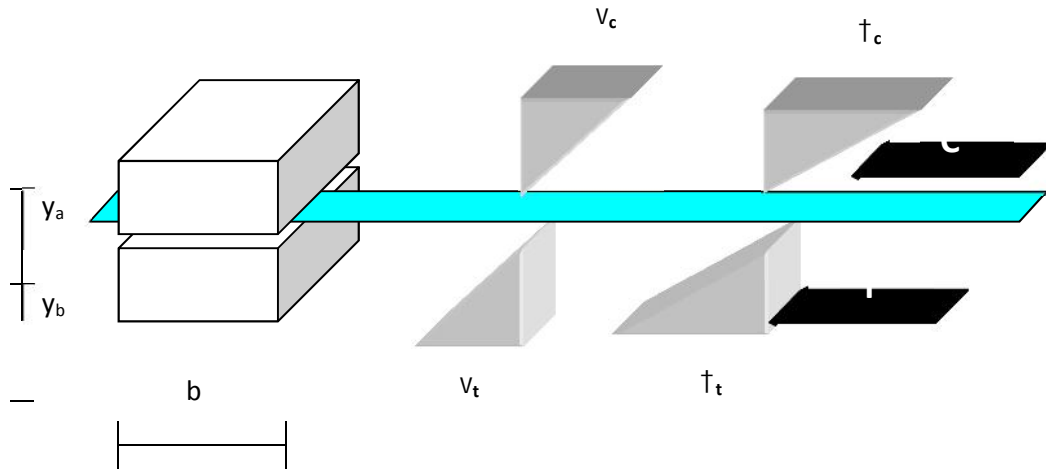
Y_i = Lendutan balok ditengah bentang

Y_{n+1} = Lendutan balok ditepi kanan bentang

dx = Panjang $\frac{1}{2}$ bentang

7. Perhitungan Momen Internal

Perhitungan momen internal balok laminasi didasarkan pada metode pias yang dijabarkan lebih lanjut sebagai berikut:



Sebagai contoh hitungan momen internal digunakan balok 50#MDGL A1 dengan lebar 60 mm, tinggi balok 120 mm. Berdasarkan tabel kelengkungan dan kekakuan balok lentur diperoleh nilai kelengkungan. Tinggi daerah tekan (y_a) dan daerah tarik (y_b) ditentukan berdasarkan perhitungan menggunakan metode pias. Setelah dilakukan uji pendahuluan tekan sejajar serat dan tarik sejajar serat diperoleh grafik hubungan tegangan – regangan (Terlampir).

Berdasarkan hubungan di atas diperoleh persamaan garis untuk daerah tekan adalah $y = -8E+10x^4 + 2E+09x^3 - 3E+06x^2 + 8765,7x - 0,8638$ sementara persamaan garis untuk daerah tarik adalah $y = 11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Selanjutnya, penentuan tinggi daerah tekan dan tarik dilakukan dengan prosedur berikut:

Menentukan jumlah pias yang akan digunakan,

- Regangan = kelengkungan balok \times jarak Pias
- Tegangan = persamaan garis dari grafik tegangan – regangan dengan variabel x adalah regangan.

- c. Luas pias = tegangan x delta pias
- d. Jarak pias ke garis netral = $\frac{1}{2}$ jarak delta Pias baru ditambah delta pias sebelumnya
- e. Statis momen = jarak pias ke garis netral x luas pias
- f. Gaya Pias = luas pias x lebar balok

Dengan metode *trial and error* ditentukan tinggi delta pias, sehingga total gaya pias daerah tekan sama dengan total gaya pias daerah tarik. Untuk memudahkan dalam pengerjaannya digunakan dalam program Excell. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel Penentuan Garis Netral untuk masing-masing balok laminasi.

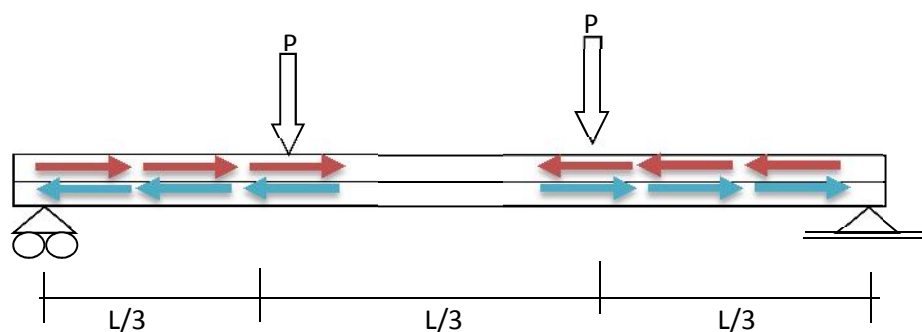
Apabila tinggi daerah tekan dan tinggi daerah tarik balok laminasi telah diperoleh maka selanjutnya dapat digunakan untuk mencari besarnya momen internal, tegangan lentur dan tegangan geser balok.

Jarak lengan momen =

$$d = \frac{\text{total statis momen daerah tekan}}{\text{total luas pias daerah tekan}} + \frac{\text{total statis momen daerah tarik}}{\text{total luas pias daerah tarik}}$$

Momen internal = $C \cdot d$

Perhitungan Tegangan Geser



Distribusi tegangan geser secara umum:

$$\tau(y) = \frac{V \cdot S}{b(y) \cdot I} \quad ; S = \left(\frac{1}{2}h - y\right) \cdot b \cdot \left(\frac{\frac{1}{2}h + y}{2}\right)$$

$$S = b \cdot \left(\frac{h^2}{8} - y^2\right)$$

$$\tau(y) = \frac{V \cdot \left[\left(\frac{1}{8}h^2 - y^2\right) \cdot b\right]}{b \cdot \frac{1}{12}b \cdot h^3}$$

$$\tau(y) = \frac{V \cdot b \left(\frac{1}{8}h^2 - y^2\right)}{\frac{1}{12}b^2 \cdot h^3}$$

$$\tau(y) = \frac{V \cdot b \left(\frac{1}{8}h^2 - y^2\right)}{\frac{1}{12}b^2 \cdot h^3}$$

- Pada tepi atas dan bawah : $y = \frac{1}{2}h$

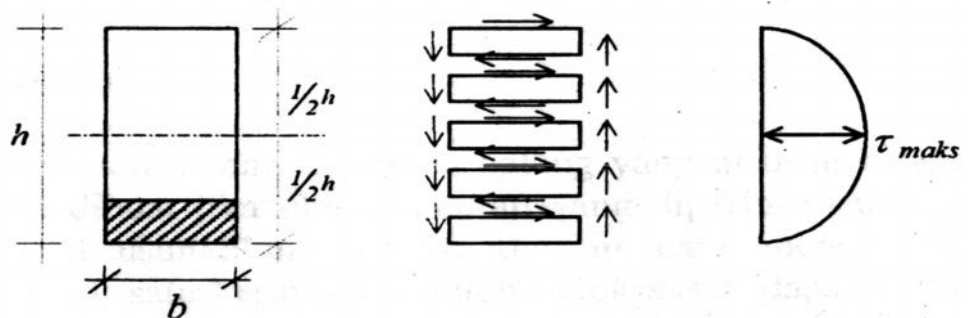
$$\tau = 0$$

- Pada garis netral $y = 0$

$$\tau = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$$

$$\text{Jika } \tau_{\min} = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$$

$$\text{Jika } \tau_{\max} = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$$



8. Kuat lentur

Kapasitas lentur bambu ditentukan berdasarkan harga modulus lentur (*modulus of rupture*) dan disebut juga tegangan lentur maksimum bambu dengan beban satu titik ditengah bentang. Nilai modulus lentur (MOR) dihitung dengan menggunakan Persamaan 7.

$$MOR = \frac{M.Ya}{I} \dots\dots\dots (8)$$

dengan:

- MOR = modulus lentur bambu (MPa),
- Mmaks = Momen maksimum (N mm),
- Ya = Jarak Tepi atas ke garis netral (mm)
- I = Inersia Penampang Balok (mm⁴).

9. Kuat Geser

Keruntuhan balok dalam geser adalah sangat berbeda dengan keruntuhan dala lentur. Keruntuhan geser terjadi tiba-tiba dengan peringatan kecil atau tanpa peringatan sebelumnya. Pembaca sebelumnya telah mempelajari bahwa dalam balok homogen elastis dengan tegangan sebanding dengan regangan, terjadi dua macam tegangan (lentur dan geser) dan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$f = \frac{Mc}{I} \dots\dots\dots (9)$$

$$v = \frac{VQ}{Ib} \dots\dots\dots (10)$$

dengan:

- f = tegangan lentur
- M = momen akibat beban lateral
- y = jarak garis netral dari sisi terluar bagian tekan
- I = momen inersia (mm⁴)
- v = tegangan geser
- Q = momen statis terhadap sumbu netral penampang (mm³)
- V = gaya geser yang terjadi (N)
- b = lebar balok (mm).

B. Modulus elastisitas

Ukuran ketahanan terhadap perpanjangan apabila bambu mengalami tarikan, atau pemendekan apabila bambu mengalami tekanan selama pembebanan berlangsung dengan kecepatan pembebanan konstan, dalam hal ini yang menjadi tolak ukur adalah besaran modulus elastisitas (*modulus of elastic*). Nilai modulus elastisitas (MOE) dengan beban satu titik ditengah bentang dihitung dengan Persamaan 8.

$$MOE = \frac{PL^3}{48.u.I} \dots\dots\dots (11)$$

dengan:

MOE = modulus elastisitas bambu (MPa),

L = panjang bambu (mm)

= lendutan proposional bambu (mm),

P = beban proposional (N),

I = momen inersia bambu (mm⁴) dari benda uji.

a = Jarak tumpuan dan beban (mm)

terlihat bahwa defleksi maksimum terjadi di tengah bentang dan untuk mencari modulus elastisitas berdasarkan defleksi maksimum, sehingga nilai modulus elastisitas (MOE) dengan beban dua titik dapat dicari menggunakan Persamaan 9.

$$E = \frac{\frac{1}{2}.P.a}{24.It.\delta} (3Ls^2 - 4a^2) + \frac{5.q.Ls^4}{384.It.\delta} \dots\dots\dots (12)$$

Dengan : P = beban maksimum (kg)

Ls = jarak tumpuan (cm)

q = berat sendiri sampel (kg/m)

It = momen inersia total penampang (cm⁴)

= defleksi balok (cm).

C. Proses Peretakan

1. Pengertian perekat kayu

Perekatan didefinisikan sebagai keadaan dimana permukaan disatukan oleh gaya antar permukaan yang terdiri dari gaya valensi (aksi saling

kunci). Perekat berfungsi sebagai penggabung antar dua substrat yang direkat, kekuatan perekatan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sifat perekatnya sendiri dan kompatibilitas atau kesesuaian antara bahan yang direkat dengan bahan perekat (Prayitno, 1996). Dalam perekatan kayu terdapat tiga aspek utama yaitu aspek bahan yang direkat, aspek bahan perekat dan aspek teknologi perekatan. Masing-masing aspek mempunyai faktor yang yang mempengaruhi kualitas hasil perekatan. Aspek bahan meliputi: struktur dan anatomi kayu (susunan sel, arah serat), sifat fisika (kerapatan, kadar air, kembang susut, porositas, *wettability*), sifat kimia (kimia penyusun sel, ekstraktif). Aspek perekat meliputi: jenis, sifat dan kegunaan perekat dan komponen pembentuk termasuk bahan tambahan. Aspek teknologi perekatan meliputi: penyiapan perekat (komposisi dan cara pengadonan), berat laburan, pengempaan, kondisi kerja (durasi, suhu, cara pelaksanaan) (Prayitno 1996).

2. Perekat kayu

Jenis jenis perekat yang secara luas dipergunakan untuk perekatan kayu adalah *phenol-formaldehyde* (PF), *resorcinol-formaldehyde* (RF), *melamine formaldehyde* (MF) dan *urea formaldehyde* (UF), yang diolah dari bahan alam berupa gas alam, batu bara dan petroleum (minyak bumi) dengan bahan tambahan unsure-unsur alam di udara (Prayitno,1996).

Membagi perekat kedalam tiga jenis yaitu perekat tumbuhan (*plant*), perekat binatang (*animal*), perekat sintetik (*synthetic*) atau resin. Perekat sintetik dibagi lagi kedalam *thermoplastic resin* dan *thermosetting resin*. *Thermoplastic resin* adalah jenis perekat bersifat melunak bila dikenai panas dan kembali mengeras setelah dingin, pengerasan *thermoplastic* melalui proses fisika hasil penguapan pelarut atau penurunan panas. *Thermosetting resin* merupakan perekat yang bersifat pengerasan permanent tidak berpengaruh panas yang dikenakan, proses pengerasan jenis *thermosetting* melalui reaksi kimia dipercepat dengan panas atau katalis. Kelompok *thermoplastic resin* yang terutama adalah jenis *polyvinyl acetate* (PVA) dan termasuk kelompok *thermosetting resin*

adalah resin dengan unsur utama *formaldehyde* dan jenis *epoxy* maupun *isocyanate (polyurethane adhesive)* (Tsoumis 1991).

Perekatan kayu menggunakan istilah *glue spread* adalah jumlah perekat yang dilaburkan per satuan luas permukaan bidang rekat. Jumlah perekat yang dilaburkan menggambarkan banyaknya perekat terlabur agar tercapainya garis perekat yang pejal yang kuat. Satuan luas permukaan rekat ditentukan dengan satuan Inggris yakni seribu kaki persegi (1000 *square feet*) dengan sebutan MSGL (*Multilayer Single Glue Line*) yang dinyatakan dalam satuan pound (Lbs). Bila kedua bidang permukaan dilabur maka disebut MDGL (*Multilayer Double Glue Line*) atau pelaburan dua sisi (Prayitno, 1996), di laboraorium satuan perekat dikonversikan menjadi lebih sederhana yang disebut GPU (*grampick up*) dengan Persamaan 9:

$$GPU = \frac{S.A}{317,5} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

GPU = *Gram Pick Up* (dalam gram)

S = jumlah perekat yang dilaburkan dalam pound/MSGL atau pound/MDGL

A = luas bidang yang akan direkatkan (in persegi)

Bidang rekat dihitung dalam dalam satuan centimeter persegi Persamaan 9 menjadi:

$$GPU = \frac{S.A}{2048,3} \dots\dots\dots (14)$$

D. Balok Laminasi

Balok laminasi dibuat dari lapisan-lapisan kayu yang relatif tipis yang dapat digabungkan dan direkatkan sedemikian rupa untuk menghasilkan balok kayu dalam berbagai ukuran dan panjang (Breyer, 1988). Material yang dipakai dalam balok dapat dipilih dari persediaan bahan laminasi yang berkualitas baik dan sifat/karakteristik alami yang membatasi kapasitas

balok mumi (*solid wood*) dapat diabaikan dalam balok glulam (Breyer, 1988).

Berdasarkan material yang dipakai, terdapat balok dengan satu macam material/bahan penyusun dan balok dengan dua macam material penyusun dimana material yang lebih kuat berada di bagian luar, sedangkan yang lebih lemah berada dibagian dalam (*inti/core*). Dengan mengikuti konsep di atas, lamina bambu diperoleh dari pengolahan batangan bambu dimulai dari pemotongan, perekatan dan pengempaan hingga diperoleh bentuk lamina dengan ketinggian yang diinginkan. Untuk beberapa hal, sifat-sifat lamina tidak berbeda jauh dengan sifat bambu aslinya. Sifat akhir akan banyak dipengaruhi oleh banyaknya nodia/ruas yang ada pada satu batang dan perekat yang dipergunakan (Widjaja, 1995).

BAB IV

METODE PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan pembuatan laminasi bilah tanpa menggunakan kulit luar bambu dan penggunaan pasak pada jarak 15 cm dengan tipe perekat yang berbeda, hasil penelitian ini didapat tipe perekat dengan kekuatan geser yang optimum.

A. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bambu Petung

Bambu yang digunakan untuk bahan balok laminasi dan pembuatan pasak diambil pada bagian tengah batang tanpa memakai kulit luar.



Gambar 3.1 Bambu Petung
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

2. Bahan Perekat

Bahan perekat yang digunakan adalah jenis perekat *Polyvinyl Asetate (PVAC)* dengan 3 jenis perekat di antaranya *LFP 003 (fox PVAC)*, *rajawali PVAC* dan *Super 800 PVAC* produksi PT Liqno *Speciality Adhesive*.



Gambar 3.2 Variasi Perekat yang di Gunakan
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

B. Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian dikelompokkan menjadi dua, yaitu peralatan untuk pembuatan benda uji dan peralatan untuk pengujian benda uji, baik sifat fisik maupun sifat mekanik.

1. Peralatan Pembuatan Benda Uji

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji yakni

- i. Mesin gergaji kayu (*Circular Panel Saw*).



Gambar 3.3 Mesin Gergaji Kayu
Sumber: Dokumentasi penulis, 2017

ii. Mesin penyerut (*planner*)



Gambar 3.4 Mesin Penyerut
Sumber: Dokumentasi penulis, 2017

iii. Mesin Bor



Gambar 3.5 Mesin Bor
Sumber: Dokumentasi penulis, 2017

iv. Baja Canal (C)



Gambar 3.6 alat pres
Sumber: Dokumentasi penulis, 2017

Alat-alat pelengkap lainnya, antara lain: Meteran/mistar ukur, kawat, neraca/timbangan, klem penjepit, , wadah perekat beserta pengaduk (stik), tang catut, kunci baut, kapak, gergaji dan pisau cutter.

2. Peralatan pengujian fisik dan mekanik

Alat-alat yang dipergunakan dalam pengujian fisik dan mekanik :

1. Alat uji Tarik (*Universal testing machine*)



Gambar 3.7 alat uji Tarik (*Universal testing machine*)
Sumber: Dokumentasi penulis, 2017

C. Benda Uji

1. Benda Uji Pendahuluan

Ukuran benda uji untuk pengujian sifat fisik dan sifat mekanika bambu mengikuti standar ISO (*International Standard Organisation*) ISO 22157(1)- 2004. Untuk mendapatkan nilai dari kadar air dan kerapatan, sample benda uji berukuran 2,5 x 2,5 x 2 cm dengan mengambil bagian ujung, pangkal, dan tengah batang bambu masing – masing dibuat tiga kali pengulangan. Jumlah benda uji untuk pengujian pendahuluan bambu petung disajikan dalam Tabel 3.1 dan masing-masing benda uji pendahuluan bahan dibuat dalam jumlah seperti dibawah ini.

a. Benda Uji Kadar Air

Tabel 3.1. Pengujian sifat fisik Kerapatan dan Kadar Air

Kerapatan dan Kadar Air (ISO 22157(1)-2004)	Jumlah Benda Uji
KAKU	3 buah
KAKT	3 buah
KAKP	3 buah
Jumlah	9 buah

***Keterangan:**

KAKU : Kadar Air Kerapatan Ujung

KAKT : Kadar Air Kerapatan Tengah

KAKP : Kadar Air Kerapatan Pangkal



Gambar 3.8 Benda uji Pendahuluan Kerapatan dan Kadar Air
Sumber : Dokumentasi penulis, 2017

b. Benda uji Tekan



Gambar 3.9. Benda Uji Pendahuluan Tekan Bambu
Sumber : Dokumentasi penulis

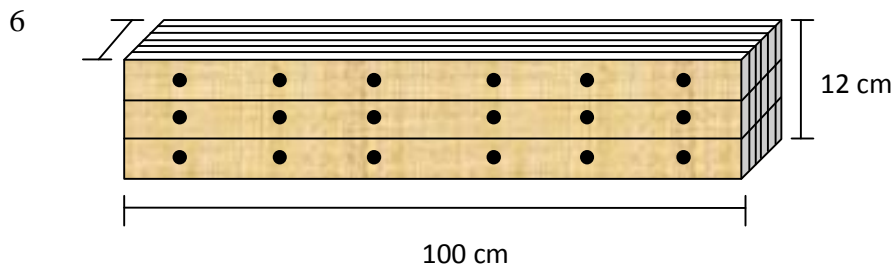
Benda uji blok geser laminasi dan tarik laminasi dibuat menggunakan perekat labur 60#MDGL. Masing-masing Benda Uji dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 3.2. Pengujian Blok Geser

No	Jenis Benda Uji	Jumlah
1	Geser Laminasi 60#MDGL dan Pasak laminasi	9 buah
	Jumlah	9 buah

c. Benda Uji Balok Laminasi

Benda uji balok laminasi dibuat sebanyak 9 balok ukuran 6 cm x 12 cm dengan variasi jenis perekat yang berbeda tanpa menggunakan kulit luar bambu, masing-masing 3 replika dengan menggunakan tipe perekat yang berbeda.



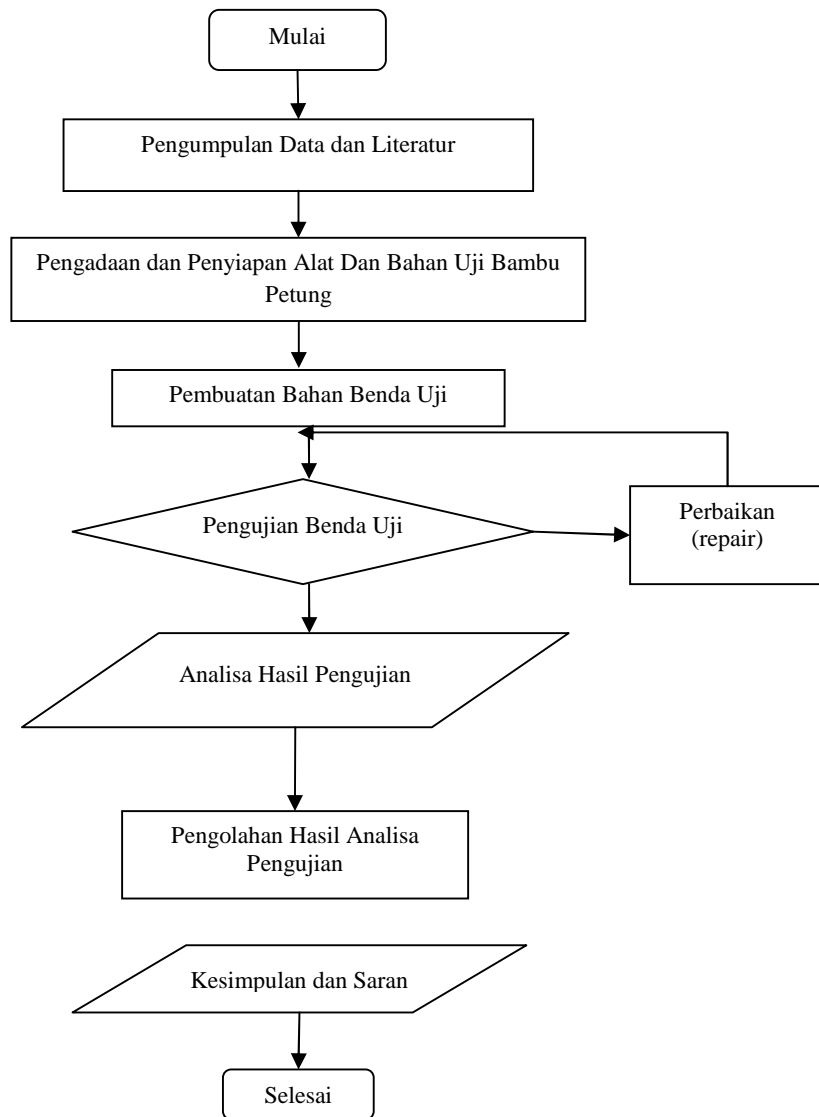
Gambar 3.10 Bentuk Tampang dan Variasi yang diusulkan

Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji Balok Bambu Laminasi.

Nama benda uji	Type Perekat	Jumlah (buah)
50#MDGL A	LFP 003 (Fox PVAC)	3
50#MDGL B	Rajawali PVAC	3
50#MDGL C	Super 800 PT Ligno PVAC	3
	Total	9

D. Flow Chart Metodologi Penelitian

Secara umum pelaksanaan penelitian mengikuti bagan alir sebagai berikut:

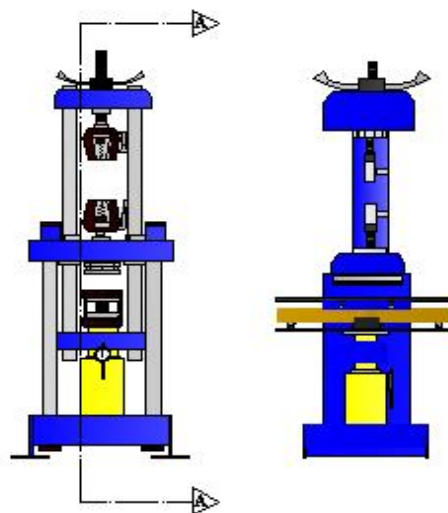


Gambar 3.11 Diagram Alir Pembuatan balok laminasi

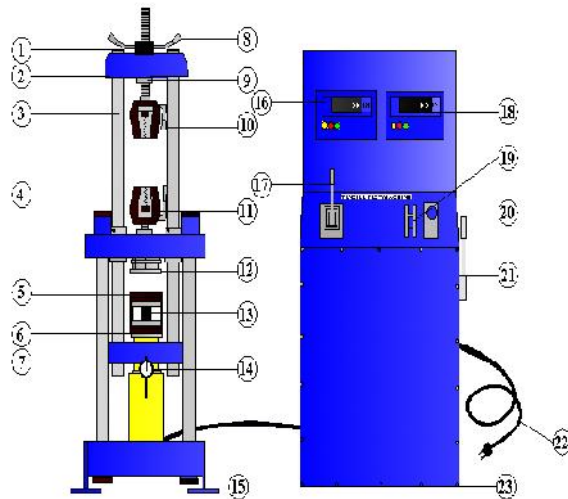
E. Pengujian Balok Laminasi

Pengujian balok laminasi dilakukan pada tumpuan sederhana (sendi-rol) dengan satu buah titik pembebanan pada jarak sepertiga bentang bebas. Pengekangan lateral disediakan untuk mencegah adanya kontribusi pengaruh tekuk torsi lateral. Dari setting ini diharapkan terjadi keruntuhan lentur.

Loading frame terlebih dahulu dipersiapkan dengan dua tumpuan dan satu pengekang lateral diantara titik beban dan rol. Setelah itu balok uji diletakkan diatas tumpuan, beserta balok profil yang dipergunakan sebagai titik pembebanan. Serta *load cell* di atasnya. *Load cell* dihubungkan dengan *hydraulic jack* dan *transducer indicator* digital untuk mengetahui besarnya beban yang bekerja. Setelah itu dipasang sebuah dial gauge ditengah bentang dan dua buah dial gauge di kiri dan kanannya dengan jarum penunjuk telah diset ke angka nol. *Setting up* pengujian selengkapnya ditunjukkan dalam Gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 3.12 Gambar Potongan Alat Pengujian di Lapangan



Gambar 3.13 *Setting up* Pengujian

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Mur Tiang | 13. Benda Uji |
| 2. <i>Plat Frame</i> | 14. <i>Dial</i> |
| 3. Tiang | 15. Selang Hidraulik |
| 4. <i>Grip</i> | 16. Indikator Beban |
| 5. <i>Loading Frame</i> | 17. <i>Handle Speed</i> |
| 6. Alas Sample | 18. Indikator KTRB |
| 7. <i>Coppel</i> | 19. <i>Power On/Off</i> |
| 8. Handel Pemutar | 20. <i>Inverter</i> |
| 9. Mur Pengunci | 21. Handel tuas |
| 10. Handel Pengunci Pemutar | 22. <i>Steaker 220 V</i> |
| 11. <i>Chuck Jaw</i> | 23. <i>Box Control</i> |
| 12. <i>Loading Cell</i> | |

Pembebanan dilakukan secara bertahap dimana beban ditambah dengan penambahan beban sebesar 50 kg dan dilakukan pencatatan lendutan yang terjadi. Selama pembebanan berlangsung diamati kerusakan yang terjadi pada benda uji.

F. Cara Analisis

Analisis dilakukan dengan cara menghubungkan data-data hasil dari studi literatur dengan penerapannya ke dalam struktur konstruksi bangunan. Data dianalisis dengan memperhatikan hubungan timbal balik antara sifat-sifat yang dimiliki bambu dengan struktur konstruksi yang terjadi, sehingga terjadi suatu kesimpulan

G. Luaran yang Diharapkan

Keberhasilan penelitian ini diukur berdasarkan pencapaian indikator-indikator keberhasilan sebagai berikut:

1. Penggunaan pasak yang ideal dan ekonomis didapat perimbangan antara kekuatan material bambu dengan kekuatan pasak.
2. Penggunaan type perekat yang berbeda nantinya akan didapat type perekat yang ideal khususnya terhadap kekuatan material bambu dengan kekuatan perekat tersebut.
3. Teknik pembuatan balok bambu laminasi yang efisien dan bisa dibuat oleh usaha kecil dan menengah, sehingga dapat diproduksi dengan harga yang bersaing dengan balok kayu kelas II.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Pendahuluan

1. Sifat Fisik

a. Kadar Air

Kadar air bambu merupakan kelembapan bambu akibat kandungan air didalamnya. Pada bambu laminasi bambu harus direkatkan dengan perekat labur. Salah satu yang disyaratkan oleh pabrik PT. *Ligno Specialty adhesive* proses perekatan adalah mengetahui kandungan air pada bambu yang ingin direkatkan, yaitu sekitar 8 – 12%.

Kadar air merupakan salah satu dari sifat fisika yang harus diperhatikan dalam proses perekatan karena kadar air yang terlalu tinggi dan terlalu rendah dapat menyebabkan keteguhan rekat yang rendah bahkan kegagalan rekatan. Kegagalan rekatan akibat kadar air yang terlalu tinggi disebabkan karena penumpukan bahan ekstraktif yang terbawa keluar pada saat air menguap di permukaan kayu, pengeceran adonan perekat (*glue mix*) yang telah dilaburkan pada permukaan kayu, dan melepuhnya garis perekat pada suhu tinggi. Sedangkan kegagalan rekatan akibat kadar air yang terlalu rendah disebabkan oleh meresapnya air dari larutan perekat sehingga perekatan tidak mampu membentuk garis perekat yang pejal (Prayitno, 1996).

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan menggunakan *oven*. Sampel yang digunakan pada pengujian ini adalah bagian ujung bambu, tengah bambu dan pangkal bambu. Langkah pertama yang dilakukan pada pengujian dengan mengukur dimensi dan menimbang benda uji. Langkah kedua benda uji dimasukkan dalam *oven* dengan temperatur 100°C dalam waktu 24 jam. Pada pengujian kering oven

nilai kadar air rata-rata pada bagian ujung, tengah dan pangkal terlampir pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air

Benda Uji	Rata-rata
Bagian Ujung	11,4405%
Bagian Tengah	14,2217%
Bagian Pangkal	13,9263%

Sumber : Hasil Analisis 2017

Cara perhitungan kadar air dapat menggunakan rumus :

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%$$

dengan:

w = kadar air bambu (%),

m = massa bambu sebelum dikeringkan (g),

m_2 = massa bambu kering oven (g).

Sebagai perbandingan, dalam penelitian sebelumnya Slamet Widodo (2016) menunjukkan nilai kadar air yang tidak jauh berbeda.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kadar Air Pembanding

Benda Uji	Rata-rata Kadar Air	
	Slamet Widodo (2016)	Rifqi Aprilian (2017)
Bagian Ujung	17.37%	0,69 gr/cm ³
Bagian Tengah	19,39%	0,56 gr/cm ³
Bagian Pangkal	17,30%	0,58 gr/cm ³

Berdasarkan tabel diatas didapat kadar air bambu masih dalam batas wajar kadar air yang disyaratkan dalam proses perekatan bambu laminasi, yaitu 8% sampai 12%.

b. Kerapatan

Prayitno (1996) menyatakan bahwa untuk klasifikasi kerapatan kayu kurang dari 0,4 g/cm³ termasuk kayu ringan, kerapatan kayu kurang dari 0,55% g/cm³ termasuk kayu sedang dan kerapatan kayu kurang dari 0,72 g/cm³ termasuk kayu berat.

Nilai kerapatan bambu petung dihitung dengan menggunakan persamaa: .

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

dengan:

w = kerapan bambu pada kadar air w (g/cm³)

m_w = massa bambu pada kadar air w (g)

V_w = volume bambu pada kadar air w (m³).

Tabel 5.3 Hasil Uji Kerapatan

Benda Uji	P	L	T	w	Volume (m ³).	Kerapatan (g/cm ³)
U1	3,5	3	1	6,5	10,5	0,714286
U2	3,5	3,1	0,8	4,3	8,68	0,518433
U3	3,2	3	1	7	9,6	0,833333
T1	3,55	3,4	0,88	6	10,6216	0,611961
T2	3,52	3,33	0,9	3,1	10,54944	0,331771
T3	3,38	3,13	1,07	7	11,31996	0,750886
P1	3,4	3,21	0,767	5,3	8,371038	0,716757
P2	3,5	3,3	0,945	3,5	10,91475	0,366477
P3	3,6	3,5	0,952	7	11,9952	0,666933

Sumber: Analisis Penulis 2017

dengan :

U = bagian Ujung bambu

T = bagian Tengah bambu

P = bagian Pangkal bambu

Sebagai perbandingan, dalam penelitian sebelumnya Slamet Widodo menunjukkan nilai kerapatan yang tidak jauh berbeda.

Tabel 5.4 Hasil Uji Kerapatan Pemanding

Benda Uji	Rata-rata Kerapatan	
	Slamet Widodo (2016)	Rifqi Aprilian (2017)
Bagian Ujung	0,66 g/cm ³	0,69 g/cm ³
Bagian Tengah	0,60 g/cm ³	0,56 g/cm ³
Bagian Pangkal	0,50 g/cm ³	0,58 g/cm ³

B. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mendapatkan persamaan yang dihasilkan dari grafik uji tarik sendiri sebagai pelengkap data untuk menganalisis momen internal pada bambu laminasi.

Perhitungan tegangan didapatkan dengan cara : $P/(Tebal \times Lebar)$,

sedangkan regangan didapatkan dengan cara $\Delta l/l_0$

Dimana :

Δl = Perubahan panjang (mm)

l_0 = Panjang awal benda uji (mm)

dan untuk mendapatkan MOE dengan cara $E = \sigma / \epsilon$

dimana :

σ = Tegangan luluh (Mpa)

ϵ = Regangan luluh

Tabel 5.5 Hasil Uji Tarik

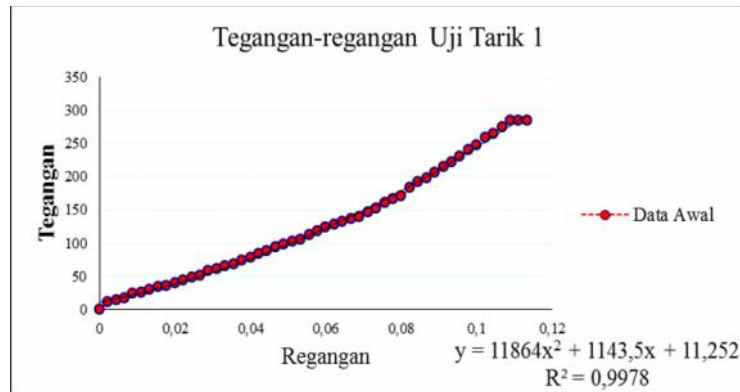
No	Beban (kN)	Beban (N)	(mm)	(MPa)		Keterangan
1	0	0	0	0.000	0.0000	Data benda uji menurut ASTM:
2	0.6	600	0.5	12.000	0.0022	Lebar = 40 mm
3	0.7	700	1	14.000	0.0044	Tebal = 1.25 mm
4	0.9	900	1.5	18.000	0.0067	Panjang awal, l_0 = 225 mm
5	1.2	1200	2	24.000	0.0089	
6	1.3	1300	2.5	26.000	0.0111	Modulus elastisitas = 2608.2 MPa
7	1.5	1500	3	30.000	0.0133	
8	1.7	1700	3.5	34.000	0.0156	Tegangan luluh = 284.000 MPa
9	1.8	1800	4	36.000	0.0178	Regangan luluh = 0.10889
10	2	2000	4.5	40.000	0.0200	

No	Beban (KN)	Beban (N)	(mm)	(MPa)	
11	2.2	2200	5	44.000	0.0222
12	2.4	2400	5.5	48.000	0.0244
13	2.6	2600	6	52.000	0.0267
14	2.9	2900	6.5	58.000	0.0289
15	3.1	3100	7	62.000	0.0311
16	3.3	3300	7.5	66.000	0.0333
17	3.4	3400	8	68.000	0.0356
18	3.7	3700	8.5	74.000	0.0378
19	3.9	3900	9	78.000	0.0400
20	4.2	4200	9.5	84.000	0.0422
21	4.4	4400	10	88.000	0.0444
22	4.7	4700	10.5	94.000	0.0467
23	4.9	4900	11	98.000	0.0489
24	5.1	5100	11.5	102.000	0.0511
25	5.3	5300	12	106.000	0.0533
26	5.6	5600	12.5	112.000	0.0556
27	5.9	5900	13	118.000	0.0578
28	6.2	6200	13.5	124.000	0.0600
29	6.4	6400	14	128.000	0.0622
30	6.6	6600	14.5	132.000	0.0644
31	6.8	6800	15	136.000	0.0667
32	7	7000	15.5	140.000	0.0689
33	7.3	7300	16	146.000	0.0711
34	7.6	7600	16.5	152.000	0.0733
35	8	8000	17	160.000	0.0756
36	8.3	8300	17.5	166.000	0.0778
37	8.5	8500	18	170.000	0.0800
38	9.2	9200	18.5	184.000	0.0822
39	9.6	9600	19	192.000	0.0844
40	9.9	9900	19.5	198.000	0.0867
41	10.3	10300	20	206.000	0.0889
42	10.7	10700	20.5	214.000	0.0911
43	11.1	11100	21	222.000	0.0933
44	11.5	11500	21.5	230.000	0.0956
45	12	12000	22	240.000	0.0978
46	12.4	12400	22.5	248.000	0.1000
47	12.9	12900	23	258.000	0.1022
48	13.2	13200	23.5	264.000	0.1044
49	13.7	13700	24	274.000	0.1067
50	14.2	14200	24.5	284.000	0.1089
51	14.2	14200	25	284.000	0.1111
52	14.2	14200	25.5	284.000	0.1133

Tegangan maksimal = 284.000 MPa

Sumber: Analisis Penulis 2017

Dari data analisa uji tarik didapatkan bentuk grafik seperti pada gambar 5.1. Data dalam grafik dapat ditentukan persamaan untuk persamaan uji tarik dengan cara *trendline* di *excel*.



Gambar 5.1 Grafik tegangan regangan uji tarik bambu
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

C. Uji Tekan

Uji tekan dilakukan untuk mendapatkan persamaan yang dihasilkan dari grafik uji tekan sendiri sebagai pelengkap data untuk menganalisis momen internal pada bambu laminasi.

Perhitungan tegangan didapatkan dengan cara $P/(A(luar) - A(dalam))$
 regangan didapatkan dengan cara $\Delta l/l_0$.

Dimana :

Δl = Perubahan Panjang Benda Uji

l_0 = Panjang Awal Benda Uji

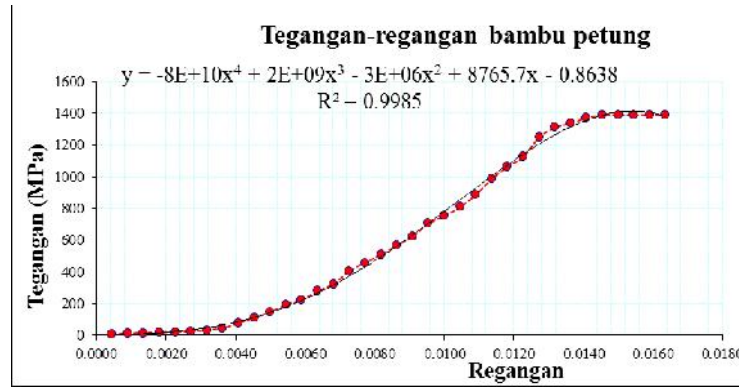
Tabel 5.6 Hasil Uji Tekan

No	Beban (kN)	Beban (N)	(mm)	(MPa)		Keterangan
1	0.5	500	0.1	8.113	0.0005	Data benda uji : Diameter luar = 112.60 mm Diameter dalam = 111.50 mm Panjang awal = 220.00 mm
2	0.7	700	0.2	11.359	0.0009	
3	0.9	900	0.3	14.604	0.0014	
4	1	1000	0.4	16.227	0.0018	
5	1.2	1200	0.5	19.472	0.0023	
6	1.4	1400	0.6	22.717	0.0027	
7	1.9	1900	0.7	30.830	0.0032	
8	2.7	2700	0.8	43.812	0.0036	

No	Beban (kN)	Beban (N)	(mm)	(MPa)		Keterangan
9	4.7	4700	0.9	76.265	0.0041	
10	6.8	6800	1	110.340	0.0045	Kuat tekan maksimal = 1392.236 Mpa
11	9	9000	1.1	146.039	0.0050	
12	11.8	11800	1.2	191.473	0.0055	
13	13.9	13900	1.3	225.549	0.0059	
14	17.2	17200	1.4	279.096	0.0064	
15	19.9	19900	1.5	322.908	0.0068	
16	24.9	24900	1.6	404.040	0.0073	
17	28.3	28300	1.7	459.211	0.0077	
18	31.3	31300	1.8	507.890	0.0082	
19	35	35000	1.9	567.928	0.0086	
20	38.4	38400	2	623.098	0.0091	
21	43.5	43500	2.1	705.854	0.0095	
22	46.3	46300	2.2	751.288	0.0100	
23	49.9	49900	2.3	809.703	0.0105	
24	54.7	54700	2.4	887.591	0.0109	
25	60.9	60900	2.5	988.195	0.0114	
26	65.6	65600	2.6	1064.460	0.0118	
27	69.5	69500	2.7	1127.743	0.0123	
28	77.1	77100	2.8	1251.065	0.0127	
29	80.9	80900	2.9	1312.726	0.0132	
30	82.5	82500	3	1338.688	0.0136	
31	84.7	84700	3.1	1374.386	0.0141	
32	85.8	85800	3.2	1392.236	0.0145	
33	85.8	85800	3.3	1392.236	0.0150	
34	85.8	85800	3.4	1392.236	0.0155	
35	85.8	85800	3.5	1392.236	0.0159	
36	85.8	85800	3.6	1392.236	0.0164	

Sumber: Analisis Penulis 2017

Dari data analisa uji tekan didapatkan bentuk grafik seperti pada gambar 5.2. Data dalam grafik dapat ditentukan persamaan untuk persamaan uji tekan dengan cara *trendline* di *excel*.



Gambar 5.2 Grafik tegangan regangan uji tekan bambu
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

D. Kekuatan Balok Laminasi

1. Balok Laminasi perekat fox
 - a. 50#MDGL fox1



Gambar 5.1 Benda Uji Fox1 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

Balok 50#MDGL fox1 retak rambut terjadi pada gaya 19,4KN dan lendutan 19,5mm dengan momen 2425,0KNmm dan kelengkungan 06,24E-04. Setelah retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* hingga lendutan mencapai 24mm data ini dapat dilihat pada contoh tabel yg diberi tanda warna kuning, kemudian gaya tersebut kembali bereaksi dan berkelanjutan hingga gaya maksimum yang terjadi mencapai 23,4 kN dengan lendutan 41 mm data ini diberi tanda warna merah pada contoh tabel. Untuk lebih detail lihat Tabel berikut :

Tabel 5.7 Hasil Uji Balok dengan perekat Fox 1

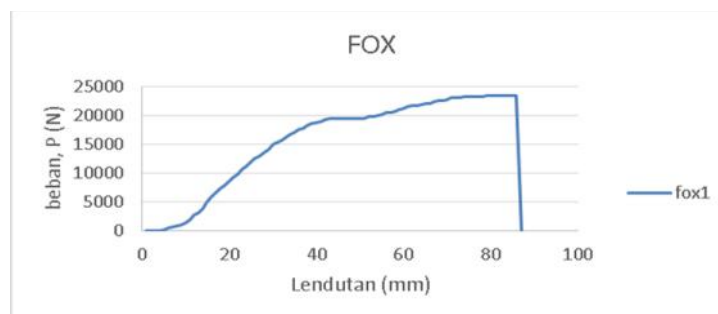
Beban, P	Lendutan, d (mm)	1/2L (dx)	Kelengkungan, j	Momen, M	EI
(KN)	Y_i	(mm)	(1/mm)	(kN-mm)	(KNm²)
0	0	375	0	0	0
0	0	375	0	0	0
0	0	375	0	0	0
0	0	375	0	0	0
0.2	0.5	375	07.11E-06	50.0	7
0.4	1	375	14.22E-06	100.0	7
0.6	1.5	375	21.33E-06	150.0	7
0.9	2	375	28.44E-06	225.0	8
1	2.5	375	35.56E-06	250.0	7
1.4	3	375	42.67E-06	350.0	8
1.9	3.5	375	49.78E-06	475.0	9.54
2.7	4	375	56.89E-06	675.0	11.87
3.1	4.5	375	64.00E-06	775.0	12.11
3.8	5	375	71.11E-06	950.0	13.36
4.9	5.5	375	78.22E-06	1225.0	15.66
5.9	6	375	85.33E-06	1475.0	17.29
6.7	6.5	375	92.44E-06	1675.0	18.12
7.3	7	375	99.56E-06	1825.0	18.33
7.9	7.5	375	01.07E-04	1975.0	18.52
8.5	8	375	01.14E-04	2125.0	18.68
9.2	8.5	375	01.21E-04	2300.0	19.03
9.8	9	375	01.28E-04	2450.0	19.14
10.7	9.5	375	01.35E-04	2675.0	19.80
11.2	10	375	01.42E-04	2800.0	19.69
11.9	10.5	375	01.49E-04	2975.0	19.92
12.5	11	375	01.56E-04	3125.0	19.98
12.9	11.5	375	01.64E-04	3225.0	19.72
13.5	12	375	01.71E-04	3375.0	19.78
14.1	12.5	375	01.78E-04	3525.0	19.83
15	13	375	01.85E-04	3750.0	20.28
15.3	13.5	375	01.92E-04	3825.0	19.92
15.7	14	375	01.99E-04	3925.0	19.71
16.2	14.5	375	02.06E-04	4050.0	19.64
16.7	15	375	02.13E-04	4175.0	19.57
17.1	15.5	375	02.20E-04	4275.0	19.39

Beban, P (KN)	Lendutan, d (mm) Y_i	1/2L (dx) (mm)	Kelengkungan, j (1/mm)	Momen, M (kN-mm)	EI (KNm²)
17.6	16	375	02.28E-04	4400.0	19.34
17.8	16.5	375	02.35E-04	4450.0	18.96
18.2	17	375	02.42E-04	4550.0	18.82
18.5	17.5	375	02.49E-04	4625.0	18.58
18.7	18	375	02.56E-04	4675.0	18.26
19	18.5	375	02.63E-04	4750.0	18.05
19.2	19	375	02.70E-04	4800.0	17.76
19.4	19.5	375	02.77E-04	4850.0	17.49
19.4	20	375	02.84E-04	4850.0	17.05
19.4	20.5	375	02.92E-04	4850.0	16.63
19.4	21	375	02.99E-04	4850.0	16.24
19.4	21.5	375	03.06E-04	4850.0	15.86
19.4	22	375	03.13E-04	4850.0	15.50
19.4	22.5	375	03.20E-04	4850.0	15.16
19.4	23	375	03.27E-04	4850.0	14.83
19.4	23.5	375	03.34E-04	4850.0	14.51
19.8	24	375	03.41E-04	4950.0	14.50
19.8	24.5	375	03.48E-04	4950.0	14.21
20	25	375	03.56E-04	5000.0	14.06
20.2	25.5	375	03.63E-04	5050.0	13.92
20.4	26	375	03.70E-04	5100.0	13.79
20.5	26.5	375	03.77E-04	5125.0	13.60
20.7	27	375	03.84E-04	5175.0	13.48
21	27.5	375	03.91E-04	5250.0	13.42
21.2	28	375	03.98E-04	5300.0	13.31
21.5	28.5	375	04.05E-04	5375.0	13.26
21.6	29	375	04.12E-04	5400.0	13.09
21.7	29.5	375	04.20E-04	5425.0	12.93
21.9	30	375	04.27E-04	5475.0	12.83
22.1	30.5	375	04.34E-04	5525.0	12.74
22.1	31	375	04.41E-04	5525.0	12.53
22.3	31.5	375	04.48E-04	5575.0	12.44
22.5	32	375	04.55E-04	5625.0	12.36
22.5	32.5	375	04.62E-04	5625.0	12.17
22.7	33	375	04.69E-04	5675.0	12.09
23.1	33.5	375	04.76E-04	5775.0	12.12
23.1	34	375	04.84E-04	5775.0	11.94
23.1	34.5	375	04.91E-04	5775.0	11.77

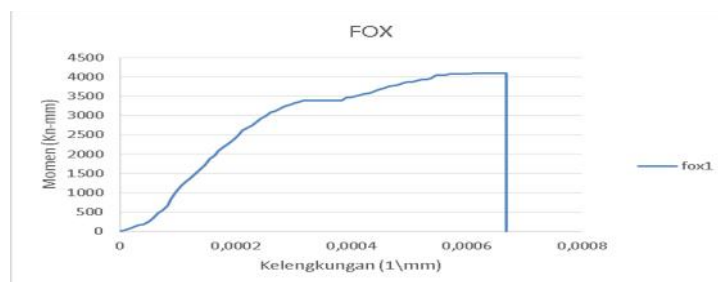
Beban, P (KN)	Lendutan, d (mm) Y_i	1/2L (dx) (mm)	Kelengkungan, j (1/mm)	Momen, M (kN-mm)	EI (KNm ²)
23.3	35	375	04.98E-04	5825.0	11.70
23.3	35.5	375	05.05E-04	5825.0	11.54
23.3	36	375	05.12E-04	5825.0	11.38
23.3	36.5	375	05.19E-04	5825.0	11.22
23.3	37	375	05.26E-04	5825.0	11.07
23.4	37.5	375	05.33E-04	5850.0	10.97
23.4	38	375	05.40E-04	5850.0	10.82
23.4	38.5	375	05.48E-04	5850.0	10.68
23.4	39	375	05.55E-04	5850.0	10.55
23.4	39.5	375	05.62E-04	5850.0	10.41
23.4	40	375	05.69E-04	5850.0	10.28
23.4	40.5	375	05.76E-04	5850.0	10.16
23.4	41	375	05.83E-04	5850.0	10.03
0	41	375	05.83E-04	0.0	0.00

Sumber : Hasil Analisis 2017

Grafik hubungan beban-lendutan dan hubungan momen-kelengkungan untuk benda uji fox1 dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4.



Gambar 5.3 Grafik hubungan beban dengan lendutan fox1
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.4 Grafik hubungan momen dan kelengkungan fox1
Sumber : Analisis Penulis, 2017

b. 50#MDGL fox2

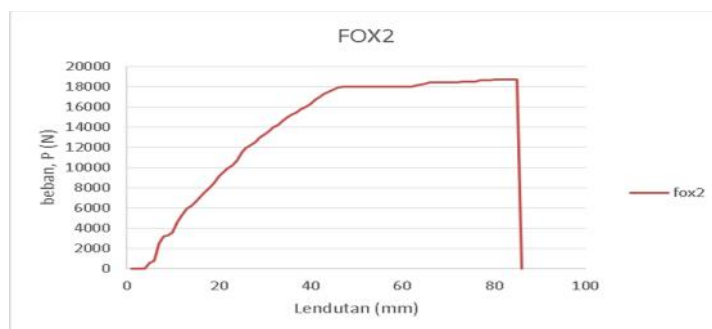


Gambar 5.2 Fox2 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

Balok 50#MDGL fox2 retak rambut terjadi pada gaya 18kN dan lendutan 21,5mm dengan momen 2250,0kNm dan kelengkungan 06,88E-04. Pada retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* beberapa saat tetapi lendutan terus berjalan, perihal tersebut berkelanjutan hingga lendutan mencapai 31mm, hingga gaya maksimum yang terjadi mencapai 18,7 kN dengan lendutan 35mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.8.

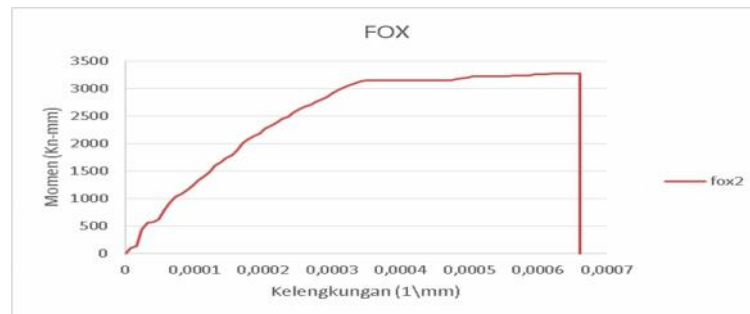
Tabel 5.8 Hasil Uji Balok degan perekat fox 2 (Terlampir)

Grafik hubungan beban-lendutan dan hubungan momen-kelengkungan untuk benda uji fox2 dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.



Gambar 5.5 Grafik hubungan beban dengan lendutan fox2

Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.6 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan fox2

Sumber : Analisis Penulis, 2017

c. 50#MDGL fox3

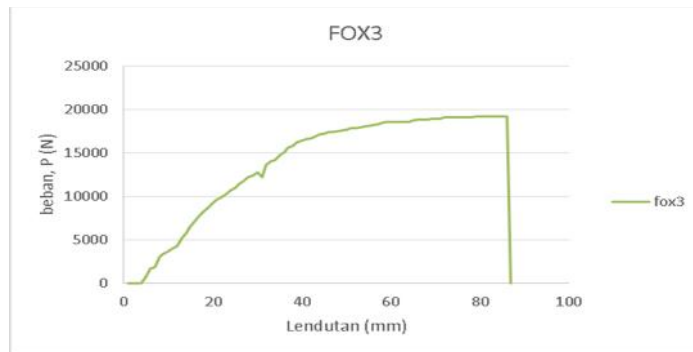


Gambar 5.3 Fox3 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

Balok 50#MDGL fox3 retak rambut terjadi pada gaya 12,2 KN dan lendutan 13,5mm dengan momen 1525,0 KNmm dan kelengkungan 04,32E-04. Pada retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* beberapa saat tetapi lendutan terus berjalan, perihal tersebut berkelanjutan hingga lendutan mencapai 34 mm, hingga gaya maksimum yang terjadi mencapai 19,2 kN dengan lendutan 37,5 mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.9.

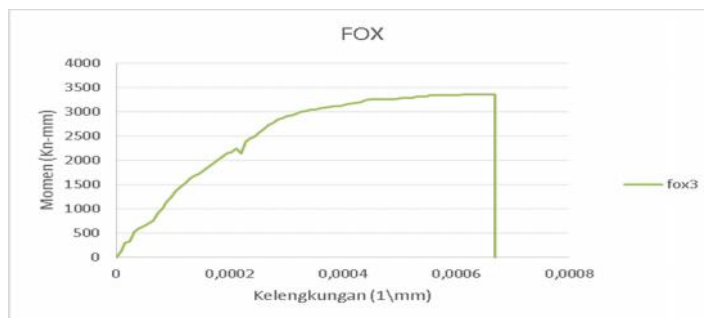
Tabel 5.9 Hasil Uji Balok dengan fox 3 (Terlampir)

Grafik hubungan beban-lendutan dan hubungan momen-kelengkungan untuk benda uji fox3 dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.



Gambar 5.7 Grafik hubungan beban dengan lendutan fox3

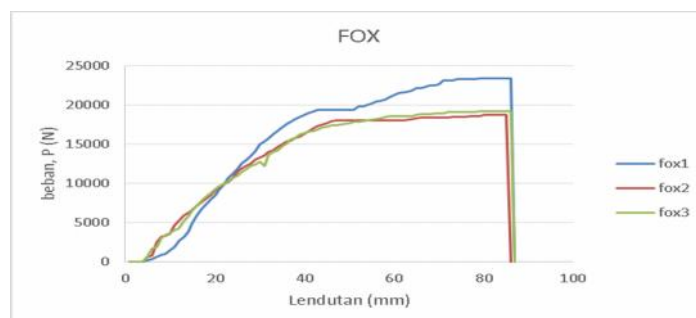
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.8 Grafik hubungan momen dengan lengkung fox3

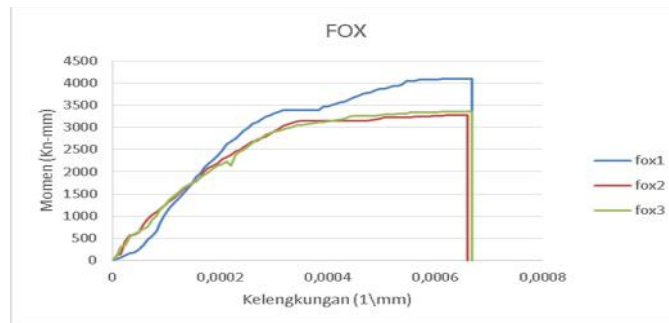
Sumber : Analisis Penulis, 2017

Grafik hubungan beban-lendutan, hubungan Momen-kelengkungan untuk masing-masing benda uji dengan tanpa kulit dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.



Gambar 5.9 Grafik perbandingan beban dengan lendutan balok fox

Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.10 Grafik perbandingan momen dengan lengkung balok fox
Sumber : Analisis Penulis, 2017

Berdasarkan grafik hubungan beban-lendutan pada Gambar 5.9 yang dihasilkan dari pengujian balok sampel perekat Fox, untuk mengetahui perilaku defleksi akibat pembebanan yang terjadi pada balok.

Balok yang mempunyai kekuatan tertinggi dan lendutan terbesar adalah sampel 1 dengan beban 23,4 KN dan lendutan 41 mm.

2. Balok Laminasi Perekat Ligno
 - a. 50#MDGL Ligno1

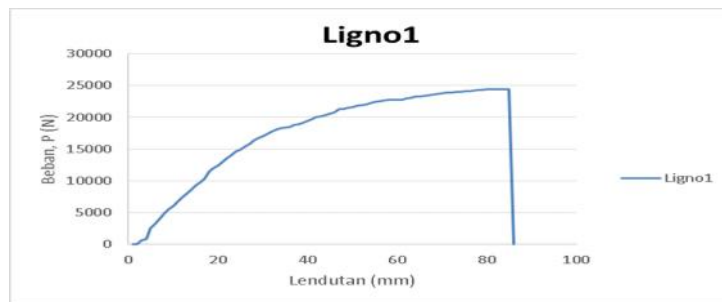


Gambar 5.4 Ligno1 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

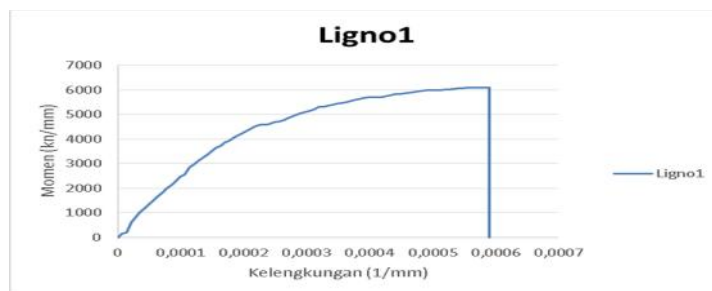
Balok 50#MDGL Ligno1 retak rambut terjadi pada gaya 21,3 KN dan lendutan 22,5 mm dengan momen 2662,0KNmm dan kelengkungan 07,20E-04. Pada retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* beberapa saat tetapi lendutan terus berjalan, perihal tersebut berkelanjutan hingga lendutan mencapai 28mm. Gaya maksimum yang terjadi mencapai 24,4 kN dengan lendutan 39 mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.10

Tabel 5.10 Hasil Uji Balok Ligno1 (Terlampir)

Grafik hubungan beban-lendutan dan hubungan momen-kelengkungan untuk benda uji Ligno1 dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12.



Gambar 5.11 Grafik hubungan beban dengan lendutan Ligno1
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.12 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan Ligno1
Sumber : Analisis Penulis, 2017

b. 50#MDGL Ligno2



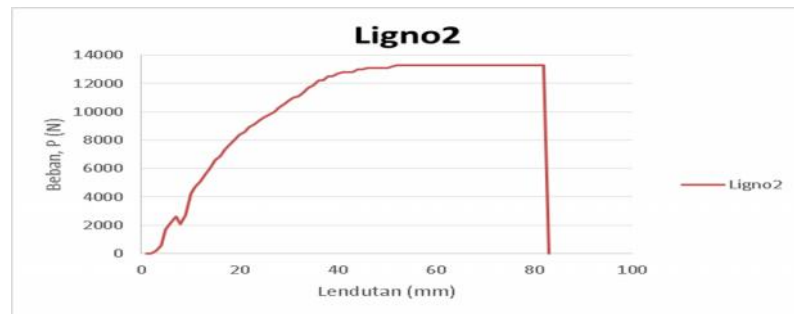
Gambar 5.5 Ligno2 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

Balok 50#MDGL Ligno2 retak rambut terjadi pada gaya 12,2 KN dan lendutan 17 mm dengan momen 1525,0KNmm dan kelengkungan

05,44E-04. Pada retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* hingga lendutan mencapai 18 mm, lalu pada lendutan mencapai 22 mm terjadi kegagalan puntir pada benda uji Ligno2, tetapi setelah pengujian kegagalan pada benda uji tersebut kembali seperti semula. Dan maksimum yang terjadi hanya mencapai 13,3 kN dengan lendutan 25 mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Hasil Uji Ligno2 (Terlampir)

Grafik hubungan beban-lendutan, grafik hubungan momen-kelengkungan dan kerusakan pada balok Ligno2 dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14



Gambar 5.13 Grafik hubungan beban dengan lendutan Ligno2
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.14 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan Ligno2
Sumber : Analisis Penulis, 2017

c. 50#MDGL Ligno3



Gambar 5.6 Ligno3 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

Balok 50#MDGL Ligno3 retak rambut terjadi pada gaya 20,9 KN dan lendutan 30 mm dengan momen 2612,0KNmm dan kelengkungan 09,60E-04. Setelah retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* hingga lendutan mencapai 31,5mm, perihal tersebut berkelanjutan hingga gaya maksimum yang terjadi mencapai 22,9 kN dengan lendutan 39mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Hasil Uji Balok Ligno3 (Terlampir)

Grafik hubungan beban-lendutan, grafik hubungan momen-kelengkungan dan kerusakan pada balok Ligno3 dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16.

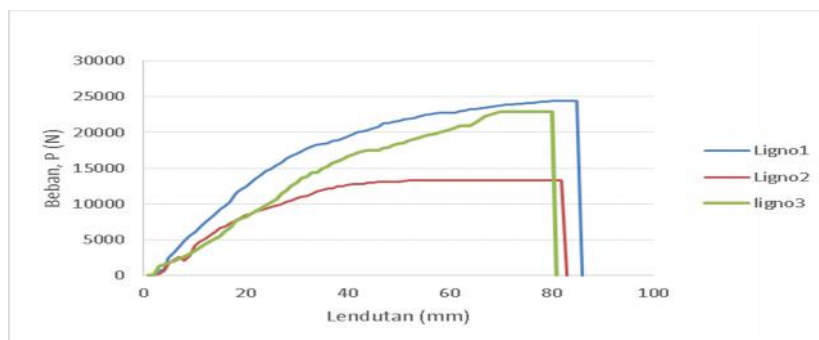


Gambar 5.15 Grafik hubungan beban dengan lendutan Ligno3
Sumber : Analisis Penulis, 2017

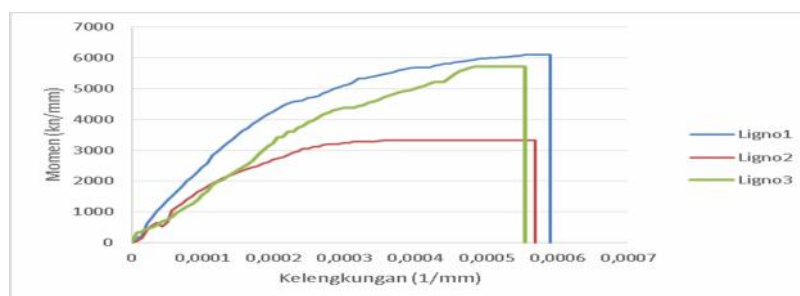


Gambar 5.16 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan Ligno3
Sumber : Analisis Penulis, 2017

Grafik hubungan beban-lendutan dan hubungan momen-kelengkungan untuk masing-masing benda uji Ligno dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.



Gambar 5.17 Grafik perbandingan beban dengan lendutan LIGNO
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.18 Grafik perbandingan momen dengan kelengkungan LIGNO
Sumber : Analisis Penulis, 2017

Berdasarkan grafik hubungan beban-lendutan pada Gambar 5.17 yang dihasilkan dari pengujian balok sampel perekat Ligno, untuk mengetahui perilaku defleksi akibat pembebanan yang terjadi pada balok.

Balok yang mempunyai kekuatan tertinggi dan lendutan terbesar adalah sampel 1 dengan beban 24,4 KN dan lendutan 39 mm.

3. Balok Laminasi Perekat Rajawali

a. 50#MDGL Rajawali1

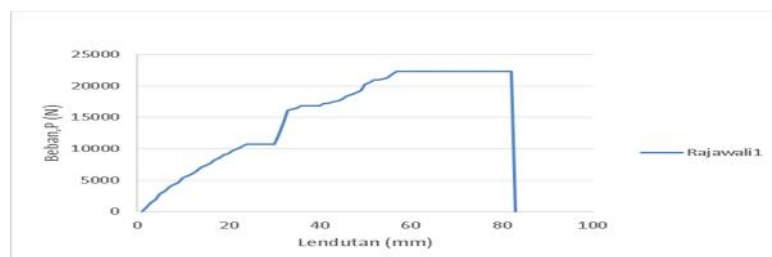


Gambar 5.7 Rajawali1 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

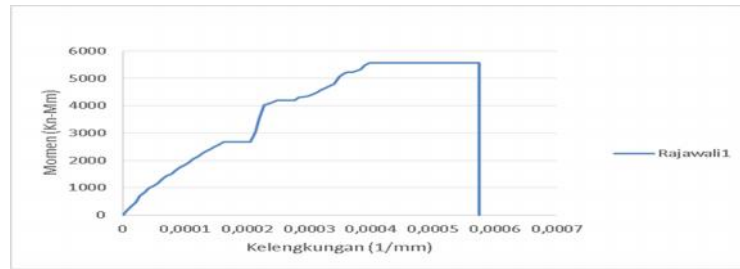
Balok 50#MDGL Rajawali1 retak rambut terjadi pada gaya 10,7 KN dan lendutan 11,5 mm dengan momen 1337,0KNmm dan kelengkungan 03,68E-04. Pada retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* beberapa saat tetapi lendutan terus berjalan, perihal tersebut berkelanjutan hingga lendutan mencapai 17,5 mm. maksimum yang terjadi mencapai 22,3 KN dengan lendutan 28 mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Uji Balok Rajawali1 (Terlampir)

Grafik hubungan beban-lendutan dan hubungan momen-kelengkungan untuk benda uji Ligno1 dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20.



Gambar 5.19 Grafik hubungan beban dengan lendutan Rajawali1
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.20 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan Rajawali1
Sumber : Analisis Penulis, 2017

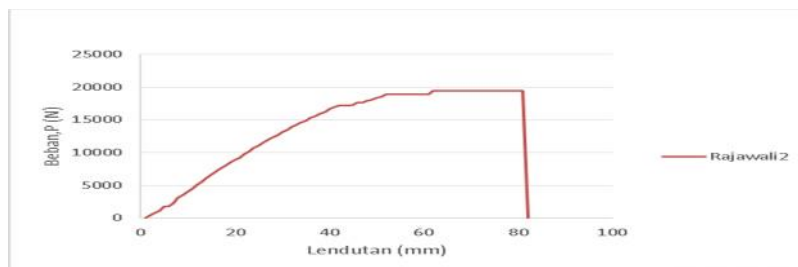
b. 50#MDGL Rajawali2



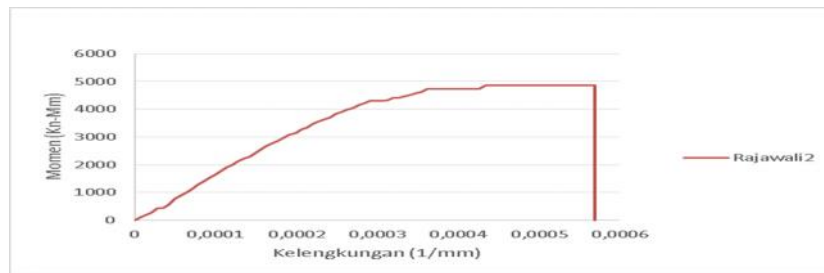
Gambar 5.8 Rajawali2 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

Balok 50#MDGL Rajawali2 retak rambut terjadi pada gaya 17,2 KN dan lendutan 20,5 mm dengan momen 2150,0KNmm dan kelengkungan 06,56E-04. Setelah retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* hingga lendutan mencapai 22,5 mm, perihal tersebut berkelanjutan hingga gaya maksimum yang terjadi mencapai 19,4 kN dengan lendutan 30,5 mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Uji Balok Rajawali 2 (Terlampir)



Gambar 5.21 Grafik hubungan beban dengan lendutan Rajawali2
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.22 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan Rajawali2
Sumber : Analisis Penulis, 2017

c. 50#MDGL Rajawali3

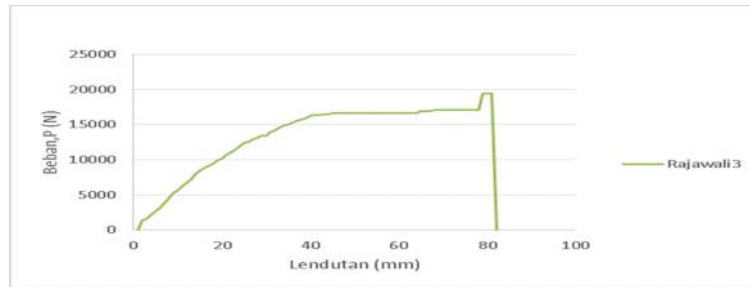


Gambar 5.18 Rajawali3 setelah diuji
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2017

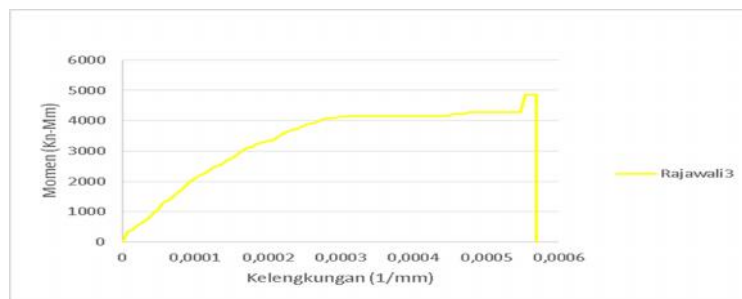
Balok 50#MDGL Rajawali3 retak rambut terjadi pada gaya 13,4 KN dan lendutan 14 mm dengan momen 1675,0KNmm dan kelengkungan 04,48E-04. Setelah retak pertama gaya yang terjadi pada balok *stuck* hingga lendutan mencapai 20 mm, perihal tersebut berkelanjutan hingga gaya maksimum yang terjadi mencapai 19,4 kN dengan lendutan 40 mm. Untuk melihat lebih detail lihat Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Uji Balok Rajawali3 (Terlampir)

Grafik hubungan beban-lendutan, grafik hubungan momen-kelengkungan dan kerusakan pada balok Rajawali3 dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24.

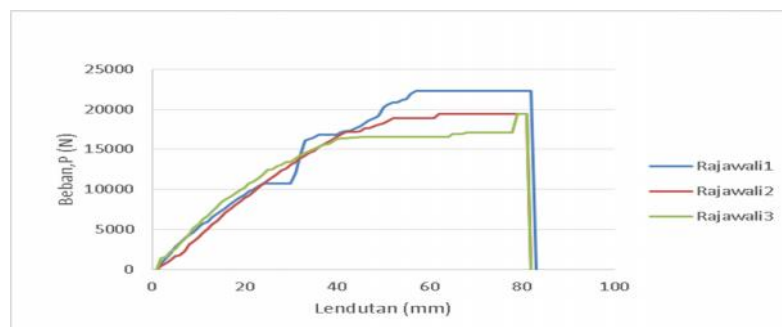


Gambar 5.23 Grafik hubungan beban dengan lendutan Rajawali3
Sumber : Analisis Penulis, 2017

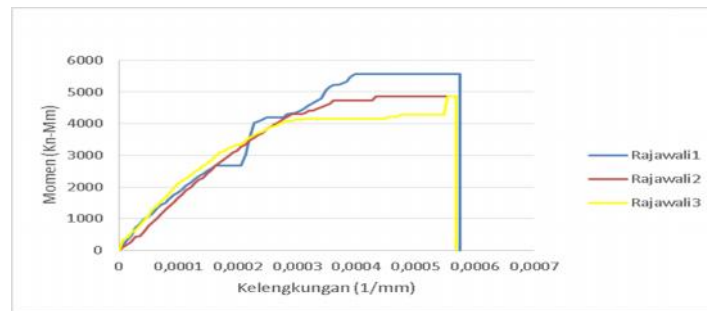


Gambar 5.24 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan Rajawali3
Sumber : Analisis Penulis, 2017

Grafik hubungan beban-lendutan dan hubungan momen-kelengkungan untuk masing-masing benda uji Liqno dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26.



Gambar 5.25 Grafik perbandingan beban dengan lendutan Rajawali
Sumber : Analisis Penulis, 2017



Gambar 5.26 Grafik perbandingan momen dengan kelengkungan Rajawali
Sumber : Analisis Penulis, 2017

Berdasarkan grafik hubungan beban-lendutan pada Gambar 5.25 yang dihasilkan dari pengujian balok sampel perekat Rajawali, untuk mengetahui perilaku defleksi akibat pembebanan yang terjadi pada balok.

Balok yang mempunyai kekuatan tertinggi dan lendutan terbesar adalah sampel 1 dengan beban 22,3 KN dan lendutan 28 mm.

Perilaku pengujian terhadap kekuatan geser bambu laminasi antara 3 tipe perekat Fox Ligno dan Rajawali tidak memiliki perbedaan yang tidak signifikan tetapi tetap memiliki perbedaan diantara ketiganya. Gaya yang terjadi pada balok bambu laminasi tipe Ligno lebih besar dibanding balok bambu laminasi tipe Fox dan rajawali walaupun lendutan yang terjadi dari ketiga tipe benda uji tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Akan tetapi, pada salah satu benda uji tipe Ligno terjadi puntir saat pengujian berlangsung. Di sebabkan karena tidak adanya beban penahan yang dibuat dari baut berukuran menyesuaikan tinggi benda uji saat pengujian berlangsung dan diletakkan diantara dua sisi untuk tidak terjadinya torsi.

E. Kekakuan Balok Laminasi

Besarnya nilai kekakuan menunjukkan tingkat daktilitas dari suatu balok. Semakin kaku suatu balok maka semakin tidak daktil balok tersebut,
Tabel 5.15

memperlihatkan nilai kekakuan dari seluruh balok laminasi yang diuji. Kekakuan didapat dengan cara $\frac{P/1000}{\delta}$.

Tabel 5.15 Kekakuan Balok Laminasi

Kekakuan Balok Bambu Laminasi				
Benda Uji	Beban	Lendutan	Kekakuan	Rata-rata
	N	mm	KN/mm	
Fox1	19400	19,5	0,9948718	0,9119283
Fox2	18000	21,5	0,8372093	
Fox3	12200	13,5	0,9037037	
Ligno1	21300	22,5	0,9466667	0,7869935
Ligno2	12200	17	0,7176471	
Ligno3	20900	30	0,6966667	
Rajawali1	10700	11,5	0,9304348	0,9088673
Rajawali2	17200	20,5	0,8390244	
Rajawali3	13400	14	0,9571429	

Sumber : Hasil Analisis 2017

Tabel 5.15 memperlihatkan balok bambu laminasi Fox memiliki nilai kekakuan yang lebih besar dibanding balok bambu laminasi Ligno dan Rajawali.

F. Momen Internal dan Eksternal

Uji pendahuluan atas tekan sejajar serat dan tarik sejajar serat dapat mengetahui persamaan *trend line* dari grafik hubungan tegangan dan regangan Bambu Petung.

Menentukan tinggi garis netral, luas bidang gaya dan lengan momen, maka dapat dihitung momen internal balok laminasi. Besarnya nilai momen eksternal dan internal balok laminasi yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Momen internal yang terjadi pada masing-masing balok dapat diketahui dengan adanya nilai gaya pias. Persamaan garis untuk daerah tekan adalah $y = -8E+10x^4 + 2E+09x^3 - 3E+06x^2 + 8765,7x - 0,8638$ sementara persamaan garis untuk daerah tarik adalah $y = 11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Selanjutnya, penentuan tinggi daerah tekan dan tarik dilakukan dengan prosedur berikut:

Menentukan jumlah pias yang akan digunakan:

- a. Regangan = kelengkungan balok x jarak Pias
- b. Tegangan = persamaan garis dari grafik tegangan – regangan dengan variabel x adalah regangan.
- c. Luas pias = tegangan x delta pias
- d. Jarak pias ke garis netral = ½ jarak delta Pias baru ditambah delta pias sebelumnya
- e. Statis momen = jarak pias ke garis netral x luas pias
- f. Gaya Pias = luas pias x lebar balok
- g. Jarak lengan momen =
- i.
$$= \frac{\text{total statis momen daerah tekan}}{\text{total luas pias daerah tekan}} + \frac{\text{total statis momen daerah tarik}}{\text{total luas pias daerah tarik}}$$
- i. Momen internal = Luas Pias . d
- j. Tegangan geser =
$$= \frac{\sum \text{ gaya pias}}{b \times L}$$

Tabel 5.16 Momen Eksternal dan Internal Balok Laminasi

Benda Uji	Momen				Rasio
	Eksternal		Internal		
	kNmm	Rata-rata	kNmm	Rata-rata	
Fox 1	4850	4133.333	9596.57	9079.25	1.978675
fox 2	4500		10412.67		
fox 3	3050		7228.501		
Ligno1	5325	4533.333	10832.64	11168.03	2.463537
Ligno2	3050		8593.46		
Ligno3	5225		14078.01		
rajawali 1	2675	3441.667	6467.07	7964.18	2.314048
Rajawali 2	4300		10004.65		
Rajawali 3	3350		7420.83		

Sumber : Hasil Analisis 2017

Hasil yang diperoleh dari proses analisa menunjukkan bahwa nilai rata-rata momen eksternal lebih besar dibanding nilai rata-rata momen internal akan tetapi nilai keduanya tidak terlalu signifikan dan telah memenuhi syarat kesetimbangan struktur. Yaitu gaya dalam harus sama dengan gaya luar. Perbedaan nilai yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor lain saat pengujian.

G. Tegangan Geser

Pengaruh perbedaan tipe perekat pada balok bambu laminasi terhadap kekuatan geser ditampilkan pada Tabel 5.7. Perhitungan secara lengkap ditampilkan dalam lampiran. Penggunaan pasak tidak berpengaruh terhadap kekuatan geser balok bambu. Rata-rata kerusakan yang terjadi pada bambu, disimpulkan material bambu mempunyai kekuatan material antara lapisan lamina-lamina penyusun balok bambu laminasi tidak homogen. Maryanto (2004) menyatakan bahwa penyimpangan letak retak geser pada balok laminasi horisontal kemungkinan disebabkan oleh rendahnya kekuatan bahan pada lokasi retak terjadi dibanding lapis-lapis yang lain karena kurang homogenitasnya bahan. Ramer (1996) menyatakan bahwa pecah balok akan terjadi bila salah satu bagian laminasi tidak mampu melakukan transfer geser yang secara mendasar terjadi pengurangan inersia, dan pada beban terus bertambah menyebabkan keruntuhan bagian tersisa oleh putus geser.

Adapun distribusi tegangan geser secara umum:

$$\tau(y) = \frac{V.S}{b(y).I} \quad ; S = \left(\frac{1}{2}h - y\right) \cdot b \cdot \left(\frac{\frac{1}{2}h + y}{2}\right)$$

$$S = b \cdot \left(\frac{h^2}{8} - y^2\right)$$

$$\tau(y) = \frac{V \cdot \left[\left(\frac{1}{8}h^2 - y^2\right) \cdot b\right]}{b \cdot \frac{1}{12} b \cdot h^3}$$

$$\tau(y) = \frac{V \cdot b \left(\frac{1}{8} h^2 - y^2 \right)}{\frac{1}{12} b^2 \cdot h^3}$$

$$\tau(y) = \frac{V \cdot b \left(\frac{1}{8} h^2 - y^2 \right)}{\frac{1}{12} b^2 \cdot h^3}$$

- Pada tepi atas dan bawah : $y = \frac{1}{2}h$

$$\tau = 0$$

- Pada garis netral $y = 0$

$$\tau = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$$

$$\text{Jika } \tau_{\min} = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$$

$$\text{Jika } \tau_{\max} = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$$

Tabel 5.10 Kuat geser balok laminasi bambu petung

Benda Uji 50#MDGL	Tegangan Geser (Mpa)	Rata-rata	Kayu Kelas
Fox1	5.78	5.49	
Fox2	6.25		
Fox3	4.44		
Ligno1	6.48	6.66	
Ligno2	5.22		
Ligno3	8.29		
Rajawali1	4.00	4.85	
Rajawali2	6.01		
Rajawali3	4.55		

Sumber : Hasil Analisis 2016

Tabel 5.10 memperlihatkan balok bambu laminasi Ligno memiliki nilai tegangan geser yang optimum dibanding balok bambu laminasi Fox dan Rajawali

H. Kesulitan-kesulitan Selama Penelitian

Selama melakukan Penelitian terdapat beberapa kesulitan yang dialami, antara lain :

- a. Keterbatasan sumber daya manusia (SDM) yang terampil selama pengerjaan.
- b. Kondisi cuaca yang berubah-ubah sangat mempengaruhi lama penjemuran bilah bambu.
- c. Mesin potong kayu yang sering mengalami masalah menyebabkan lamanya proses pemotongan dan pembuatan bilah bambu.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan tujuan terhadap penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata pengujian balok didapat tegangan geser 50#MDGL berurutan adalah 5,49 MPa, 6,66 MPa, 4,85 Mpa. Memperlihatkan bahwa benda uji ligno memiliki tegangan geser optimum pada 6,66 Mpa, akan tetapi hasil dari pengujian ini tidak didapat perbedaan yang terlalu signifikan.
2. Nilai rata-rata kekakuan balok bambu laminasi didapat nilai sebesar 0,91 , 0,78 dan 0,9
3. Perilaku pengujian terhadap kekuatan geser balok laminasi diamati pada saat mencapai retak pertama beban mengalami kondisi stabil atau stuck beberapa saat. Balok melakukan perlawanan dengan lendutan sehingga beban naik pelahan sampai pada beban maksimal dalam kondisi stuck.
4. Dengan tidak memakainya kulit luar bambu ditambah beberapa alat pabrikasi yang menunjang maka didapat hasil dimensi balok bambu laminasi yang simetris.

B. Saran

Beberapa saran yang perlu dipertimbangkan dalam penelitian bambu:

1. Pabrikasi balok laminasi ini sebaiknya dilakukan pada musim-musim kemarau, untuk memperoleh kadar air bambu yang optimal sesuai anjuran dari pabrik pembuatan perekat agar terjadi perekatan yang maksimal antar bambu yang dilaminasi, dimana batasan kadar air tersebut sangat sulit tercapai dan apabila berada pada musim penghujan
2. Dalam pengolahan bambu untuk pabrikasi balok laminasi sebaiknya factor keselamatan perlu diperhatikan sehingga kecelakaan akibat tertusuk bambu terutama pada saat proses pengelupasan kulit bambu dapat dihindari, bila perlu gunakan sarung tangan.

DAFTAR PUSTAKA

Adi Nurhasan, Ahmad Supiadi. 2013. *Pengaruh variasi perekat labur dan penggunaan pasak horizontal dan vertikal pada kuat geser balok bambu laminasi.*

Hanung Widi, 2016. *Pengaruh Penggunaan Pasak Horizontal Dengan Variasi Jarak 10 Cm, 15 Cm Dan 20 Cm Terhadap Kuat Geser Bambu Laminasi.*

<http://elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/byId/262797> .

Terakhir diakses tanggal 28/10/2016

<https://bamboeindonesia.wordpress.com/peneliti-bambu/purwito/makalah/>.

Terakhir diakses tanggal 28/10/2016

<puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/cef/article/.../17397/17317>.

diakses tanggal 29/10/2016

Terakhir

<http://blog.act.id/3-fakta-tentang-penebangan-hutan-di-indonesia>

diakses tanggal 03/06/2017

Terakhir

Morisco, 2006, *Teknologi Bambu*, Bahan Kuliah, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak diterbitkan).

Prayitno, T.A, 1994, *Perekatan Kayu KTM 650*, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Prayitno, T.A. 1996, *Perekatan Kayu*, Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Zulmahdi Darwis, 2009. *Meneliti tentang pengaruh variasi perekat labur terhadap kuat geser balok bambu laminasi.*

Zulmahdi Darwis, 2012. *Kapasitas Geser Balok Bambu Laminasi Dengan Variasi Perekat Labur MSGS Dan Penggunaan Pasak Horizontal.*

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1a
Kelengkungan balok	277,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,73	6,729864	0,0019	1,127	7,59	3,36	25,52	455,11
2	6,73	13,459727	0,0037	0,679	4,57	10,09	46,12	274,15
3	6,73	20,189591	0,0056	1,703	11,46	16,82	192,80	687,55
4	6,73	26,919455	0,0075	4,199	28,26	23,55	665,54	1695,33
5	6,73	33,649318	0,0093	8,166	54,96	30,28	1664,36	3297,47
6	6,73	40,379182	0,0112	13,606	91,57	37,01	3389,26	5493,97
7	6,73	47,109046	0,0131	20,518	138,08	43,74	6040,22	8284,85
8	6,73	53,838909	0,0149	28,901	194,50	50,47	9817,26	11670,09
9	6,73	60,568773	0,0168	38,757	260,83	57,20	14920,37	15649,69
10	6,73	67,298637	0,0187	50,084	337,06	63,93	21549,56	20223,66
					1128,86	272,56	58311,02	67731,86

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,27	5,270136	0,0015	12,9487	68,24	2,64	179,82	4094,47
2	5,27	10,540273	0,0029	14,6960	77,45	7,91	612,26	4647,00
3	5,27	15,810409	0,0044	16,4941	86,93	13,18	1145,28	5215,56
4	5,27	21,080545	0,0058	18,3428	96,67	18,45	1783,11	5800,14
5	5,27	26,350682	0,0073	20,2422	106,68	23,72	2529,96	6400,75
6	5,27	31,620818	0,0088	22,1923	116,96	28,99	3390,07	7017,39
7	5,27	36,890954	0,0102	24,1931	127,50	34,26	4367,66	7650,06
8	5,27	42,161091	0,0117	26,2446	138,31	39,53	5466,95	8298,76
9	5,27	47,431227	0,0132	28,3468	149,39	44,80	6692,16	8963,48
10	5,27	52,701363	0,0146	30,4996	160,74	50,07	8047,52	9644,24
					1128,86	263,51	34214,79	67731,86

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	67,2986 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	52,7014 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9636227279442 mm
Momen internal	=	5551,548968644 kNm
Tegangan Geser (τ)	=	3,010305060925050 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1b
Kelengkungan balok	341,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,25	6,25	0,0021	0,973	6,08	3,12	18,99	364,82
2	6,25	12,50	0,0043	0,821	5,13	9,37	48,07	307,74
3	6,25	18,74	0,0064	2,590	16,18	15,62	252,79	971,06
4	6,25	24,99	0,0085	6,282	39,25	21,87	858,23	2354,80
5	6,25	31,24	0,0107	11,895	74,32	28,12	2089,41	4458,95
6	6,25	37,49	0,0128	19,429	121,39	34,36	4171,41	7283,51
7	6,25	43,73	0,0149	28,886	180,47	40,61	7329,25	10828,48
8	6,25	49,98	0,0171	40,264	251,56	46,86	11788,01	15093,86
9	6,25	56,23	0,0192	53,564	334,66	53,11	17772,72	20079,64
10	6,25	62,48	0,0213	68,786	429,76	59,35	25508,44	25785,84
					1458,81	253,04	69837,32	87528,69

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,75	5,75	0,0020	13,5429	77,90	2,88	224,05	4674,05
2	5,75	11,50	0,0039	15,9252	91,60	8,63	790,38	5496,27
3	5,75	17,26	0,0059	18,3991	105,83	14,38	1521,94	6350,06
4	5,75	23,01	0,0079	20,9644	120,59	20,13	2427,79	7235,42
5	5,75	28,76	0,0098	23,6211	135,87	25,88	3517,02	8152,34
6	5,75	34,51	0,0118	26,3694	151,68	31,64	4798,70	9100,84
7	5,75	40,27	0,0137	29,2091	168,02	37,39	6281,92	10080,91
8	5,75	46,02	0,0157	32,1403	184,88	43,14	7975,75	11092,54
9	5,75	51,77	0,0177	35,1629	202,26	48,89	9889,28	12135,75
10	5,75	57,521552	0,0196	38,2770	220,18	54,65	12031,59	13210,52
					1458,81	287,61	49458,42	87528,69

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	62,47845 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	57,52155 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,7759734007744 mm
Momen internal	=	7157,743930182 mm
Tegangan Geser (τ)	=	4,66819702415035 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1c
Kelengkungan balok	433,78E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,76	5,76	0,0025	0,811	4,67	2,88	13,44	280,10
2	5,76	11,52	0,0050	1,211	6,98	8,64	60,28	418,61
3	5,76	17,28	0,0075	4,250	24,48	14,40	352,43	1468,57
4	5,76	23,04	0,0100	9,925	57,17	20,16	1152,39	3429,99
5	5,76	28,80	0,0125	18,239	105,05	25,92	2722,62	6302,85
6	5,76	34,56	0,0150	29,190	168,12	31,68	5325,61	10087,16
7	5,76	40,32	0,0175	42,778	246,38	37,44	9223,83	14782,92
8	5,76	46,08	0,0200	59,004	339,84	43,20	14679,76	20390,13
9	5,76	51,84	0,0225	77,867	448,48	48,96	21955,87	26908,79
10	5,76	57,60	0,0250	99,368	572,31	54,72	31314,65	34338,90
					1973,47	233,26	86800,86	118408,00

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,24	6,24	0,0027	14,4344	90,08	3,12	281,06	5404,61
2	6,24	12,48	0,0054	17,7906	111,02	9,36	1039,23	6661,27
3	6,24	18,72	0,0081	21,3207	133,05	15,60	2075,74	7983,03
4	6,24	24,96	0,0108	25,0246	156,16	21,84	3410,89	9369,89
5	6,24	31,20	0,0135	28,9025	180,36	28,08	5064,99	10821,86
6	6,24	37,44	0,0162	32,9542	205,65	34,32	7058,37	12338,93
7	6,24	43,68	0,0189	37,1798	232,02	40,56	9411,33	13921,10
8	6,24	49,92	0,0217	41,5792	259,47	46,80	12144,20	15568,37
9	6,24	56,16	0,0244	46,1525	288,01	53,04	15277,27	17280,74
10	6,24	62,40446	0,0271	50,8997	317,64	59,28	18830,86	19058,22
					1973,47	312,02	74593,94	118408,00

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 57,59554 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 62,40446 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,782375257417 mm
 Momen internal = 9683,687898036 mm
 Tegangan Geser (τ) = 6,315093599257440 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1d
Kelengkungan balok	455,11E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,67	5,67	0,0026	0,782	4,43	2,84	12,57	265,96
2	5,67	11,34	0,0052	1,330	7,54	8,51	64,15	452,57
3	5,67	17,01	0,0077	4,693	26,61	14,18	377,19	1596,52
4	5,67	22,68	0,0103	10,869	61,63	19,85	1223,10	3697,81
5	5,67	28,35	0,0129	19,859	112,61	25,52	2873,30	6756,45
6	5,67	34,02	0,0155	31,664	179,54	31,19	5599,20	10772,44
7	5,67	39,69	0,0181	46,282	262,43	36,86	9672,23	15745,77
8	5,67	45,36	0,0206	63,714	361,27	42,53	15363,80	21676,44
9	5,67	51,03	0,0232	83,960	476,07	48,20	22945,33	28564,46
10	5,67	56,70	0,0258	107,020	606,83	53,87	32688,25	36409,82
					2098,97	229,64	90819,13	125938,24

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,33	6,33	0,0029	14,6446	92,70	3,16	293,37	5561,81
2	6,33	12,66	0,0058	18,2341	115,42	9,49	1095,85	6925,06
3	6,33	18,99	0,0086	22,0205	139,38	15,82	2205,68	8363,09
4	6,33	25,32	0,0115	26,0038	164,60	22,15	3646,54	9875,90
5	6,33	31,65	0,0144	30,1841	191,06	28,48	5442,10	11463,50
6	6,33	37,98	0,0173	34,5612	218,76	34,81	7616,01	13125,88
7	6,33	44,31	0,0202	39,1353	247,72	41,14	10191,96	14863,04
8	6,33	50,64	0,0230	43,9063	277,92	47,47	13193,61	16674,99
9	6,33	56,97	0,0259	48,8742	309,36	53,80	16644,62	18561,73
10	6,33	63,29770	0,0288	54,0390	342,05	60,13	20568,68	20523,25
					2098,97	316,49	80898,43	125938,24

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 56,702303 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 63,29770 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,8103673524263 mm
 Momen internal = 10303,053670602 mm
 Tegangan Geser (τ) = 6,716705901967060 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1e
Kelengkungan balok	476,44E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,59	5,59	0,0027	0,756	4,22	2,79	11,80	253,46
2	5,59	11,18	0,0053	1,459	8,15	8,38	68,35	489,30
3	5,59	16,76	0,0080	5,158	28,82	13,97	402,56	1729,11
4	5,59	22,35	0,0106	11,850	66,21	19,56	1294,92	3972,89
5	5,59	27,94	0,0133	21,538	120,34	25,14	3025,92	7220,63
6	5,59	33,53	0,0160	34,220	191,21	30,73	5876,04	11472,35
7	5,59	39,11	0,0186	49,897	278,80	36,32	10125,77	16728,03
8	5,59	44,70	0,0213	68,568	383,13	41,91	16055,60	22987,68
9	5,59	50,29	0,0240	90,234	504,19	47,49	23946,00	30251,30
10	5,59	55,88	0,0266	114,895	641,98	53,08	34077,48	38518,89
					2227,06	226,30	94884,46	133623,62

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,41	6,41	0,0031	14,8563	95,27	3,21	305,44	5715,93
2	6,41	12,82	0,0061	18,6821	119,80	9,62	1152,30	7187,90
3	6,41	19,24	0,0092	22,7294	145,75	16,03	2336,56	8745,09
4	6,41	25,65	0,0122	26,9982	173,12	22,44	3885,54	10387,48
5	6,41	32,06	0,0153	31,4885	201,92	28,86	5826,56	12115,10
6	6,41	38,47	0,0183	36,2002	232,13	35,27	8186,94	13927,92
7	6,41	44,89	0,0214	41,1334	263,77	41,68	10994,01	15825,96
8	6,41	51,30	0,0244	46,2881	296,82	48,09	14275,09	17809,21
9	6,41	57,71	0,0275	51,6643	331,29	54,51	18057,49	19877,68
10	6,41	64,124510	0,0306	57,2619	367,19	60,92	22368,54	22031,36
					2227,06	320,62	87388,48	133623,62

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	55,87549 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	64,12451 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,844630109165 mm
Momen internal	=	10936,376117827 mm
Tegangan Geser (τ)	=	7,126593227629050 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1f
Kelengkungan balok	497,78E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,51	5,51	0,0027	0,733	4,04	2,76	11,13	242,45
2	5,51	11,02	0,0055	1,599	8,81	8,27	72,84	528,68
3	5,51	16,53	0,0082	5,644	31,10	13,78	428,52	1866,25
4	5,51	22,04	0,0110	12,869	70,92	19,29	1367,87	4255,16
5	5,51	27,55	0,0137	23,274	128,26	24,80	3180,57	7695,40
6	5,51	33,06	0,0165	36,858	203,12	30,31	6156,31	12186,98
7	5,51	38,58	0,0192	53,622	295,50	35,82	10584,76	17729,89
8	5,51	44,09	0,0219	73,565	405,40	41,33	16755,62	24324,14
9	5,51	49,60	0,0247	96,688	532,83	46,84	24958,56	31969,72
10	5,51	55,11	0,0274	122,991	677,78	52,35	35483,27	40666,64
					2357,76	223,19	98999,46	141465,32

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,49	6,49	0,0032	15,0695	97,79	3,24	317,29	5867,36
2	6,49	12,98	0,0065	19,1346	124,17	9,73	1208,64	7450,12
3	6,49	19,47	0,0097	23,4473	152,15	16,22	2468,41	9129,28
4	6,49	25,96	0,0129	28,0075	181,75	22,71	4127,89	10904,83
5	6,49	32,45	0,0162	32,8154	212,95	29,20	6218,35	12776,77
6	6,49	38,94	0,0194	37,8708	245,75	35,69	8771,06	14745,12
7	6,49	45,42	0,0226	43,1738	280,16	42,18	11817,31	16809,86
8	6,49	51,91	0,0258	48,7244	316,18	48,67	15388,37	18970,99
9	6,49	58,40	0,0291	54,5225	353,81	55,16	19515,52	21228,53
10	6,49	64,892214	0,0323	60,5683	393,04	61,65	24230,03	23582,46
					2357,76	324,46	94062,88	141465,32

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	55,10779 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	64,89221 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8839590286306 mm
Momen internal	=	11583,740195252 mm
Tegangan Geser (τ)	=	7,54481702313510 mm

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1g
Kelengkungan balok	533,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

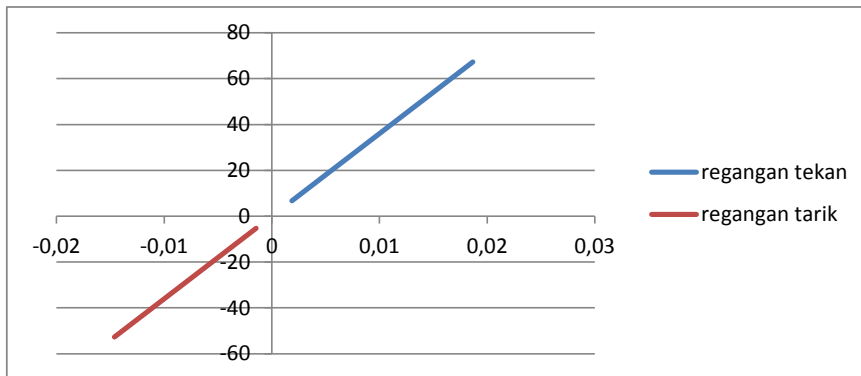
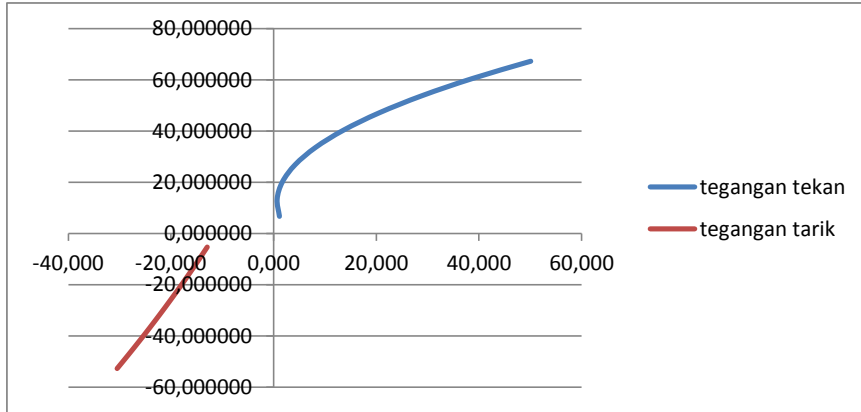
Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,39	5,39	0,0029	0,702	3,79	2,70	10,21	227,11
2	5,39	10,79	0,0058	1,854	10,00	8,09	80,91	599,94
3	5,39	16,18	0,0086	6,503	35,08	13,49	473,07	2104,74
4	5,39	21,58	0,0115	14,650	79,03	18,88	1492,00	4741,51
5	5,39	26,97	0,0144	26,294	141,84	24,27	3443,01	8510,25
6	5,39	32,37	0,0173	41,436	223,52	29,67	6631,41	13410,95
7	5,39	37,76	0,0201	60,075	324,06	35,06	11362,51	19443,62
8	5,39	43,15	0,0230	82,211	443,47	40,46	17941,62	26608,26
9	5,39	48,55	0,0259	107,845	581,75	45,85	26674,04	34904,87
10	5,39	53,94	0,0288	136,976	738,89	51,25	37865,08	44333,44
					2581,41	218,47	105973,85	154884,69

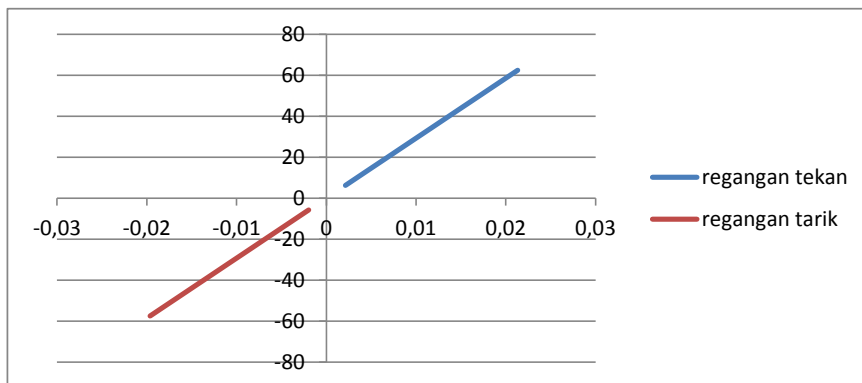
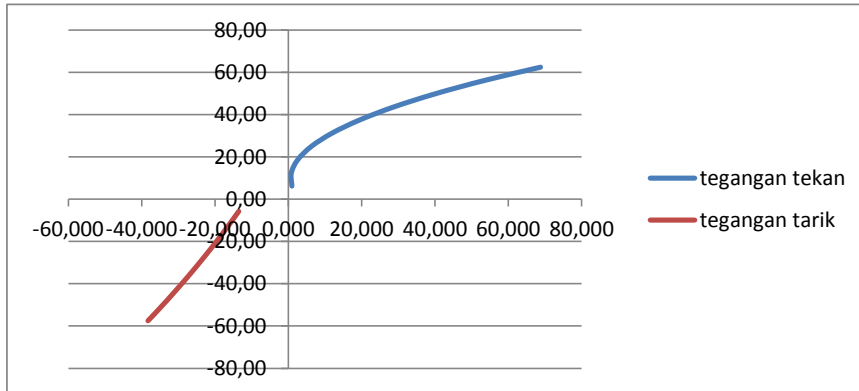
120

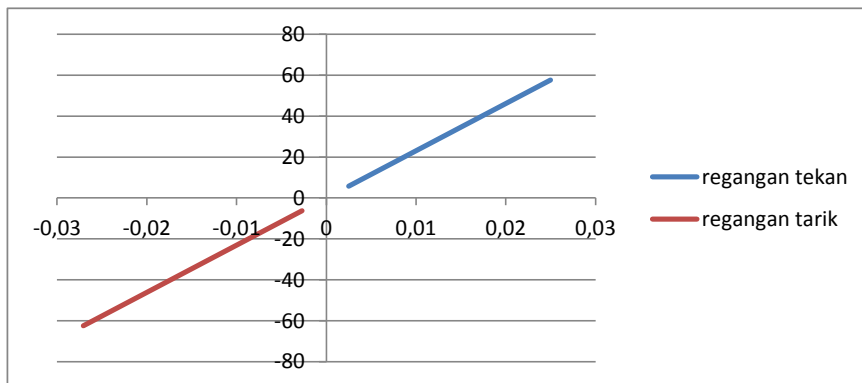
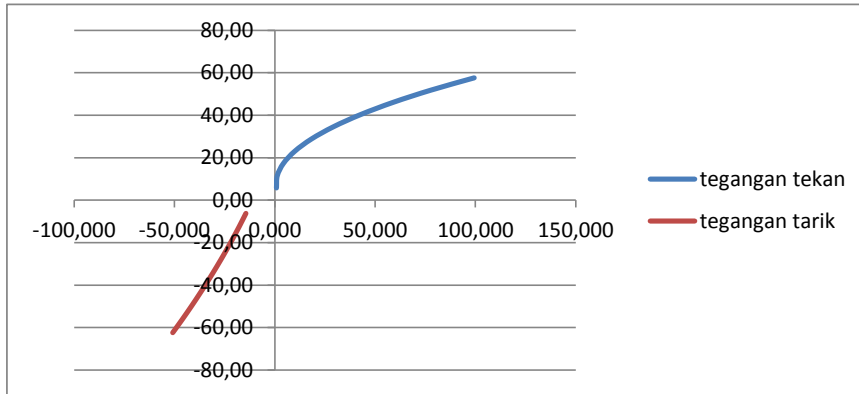
Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,61	6,61	0,0035	15,4278	101,91	3,30	336,60	6114,70
2	6,61	13,21	0,0070	19,8982	131,44	9,91	1302,40	7886,50
3	6,61	19,82	0,0106	24,6631	162,92	16,51	2690,45	9775,01
4	6,61	26,42	0,0141	29,7224	196,34	23,12	4539,31	11780,25
5	6,61	33,03	0,0176	35,0763	231,70	29,73	6887,54	13902,22
6	6,61	39,63	0,0211	40,7247	269,02	36,33	9773,69	16140,91
7	6,61	46,24	0,0247	46,6676	308,27	42,94	13236,30	18496,33
8	6,61	52,85	0,0282	52,9050	349,47	49,54	17313,93	20968,48
9	6,61	59,45	0,0317	59,4369	392,62	56,15	22045,14	23557,35
10	6,61	66,056999	0,0352	66,2633	437,72	62,75	27468,48	26262,94
					2581,41	330,28	105593,84	154884,69

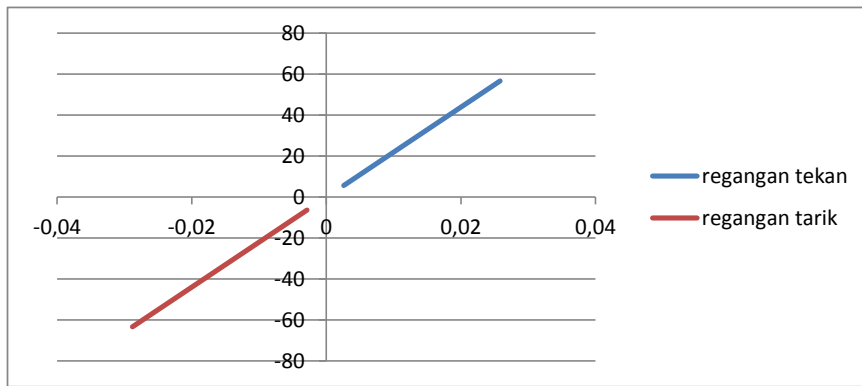
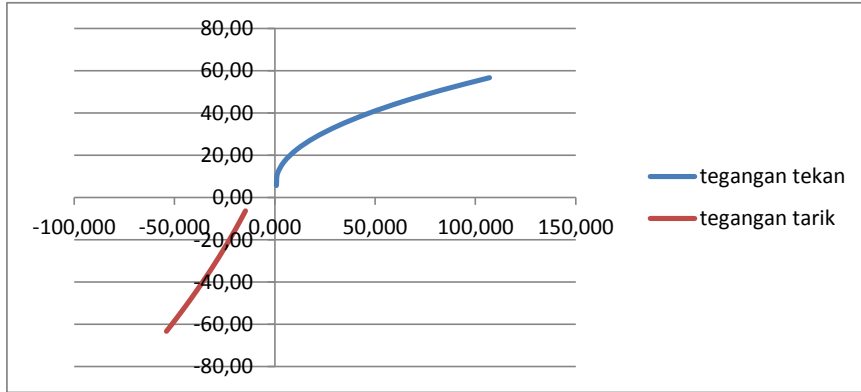
OK

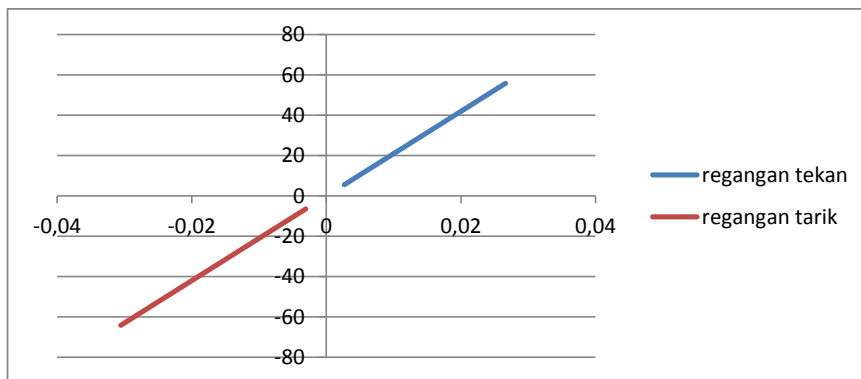
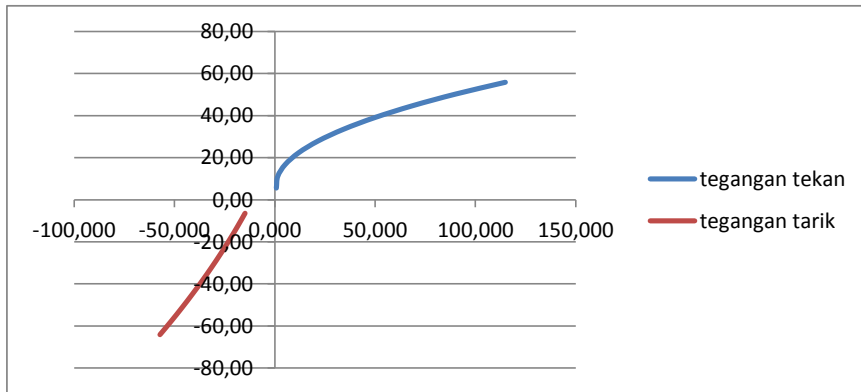
Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	53,94300 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	66,05700 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9581401741659 mm
Momen internal	=	12694,061496639 mm
Tegangan Geser (τ)	=	8,26051692068175 mm

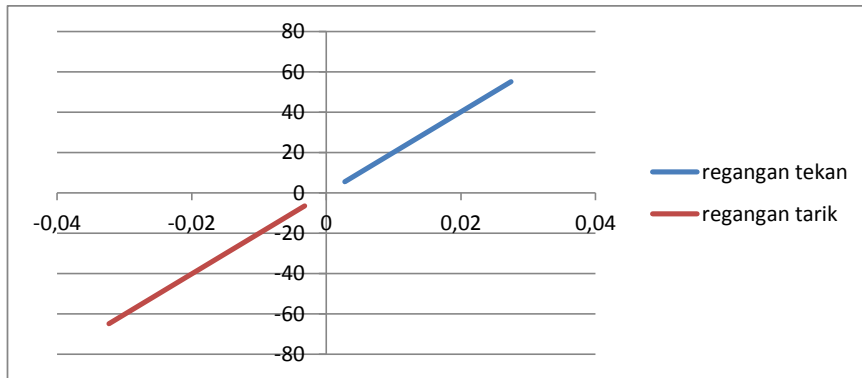
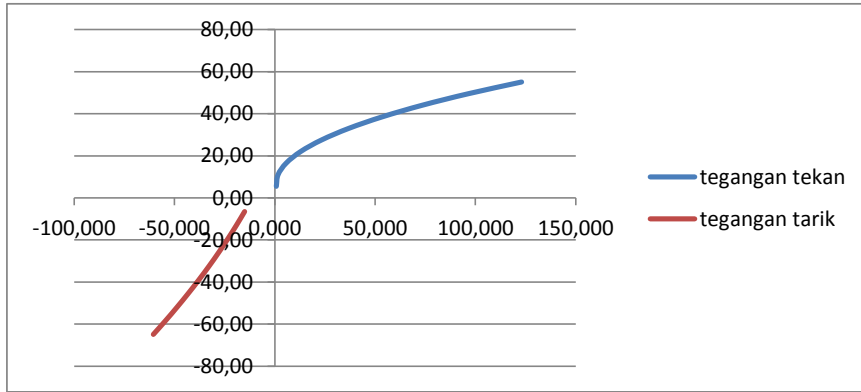


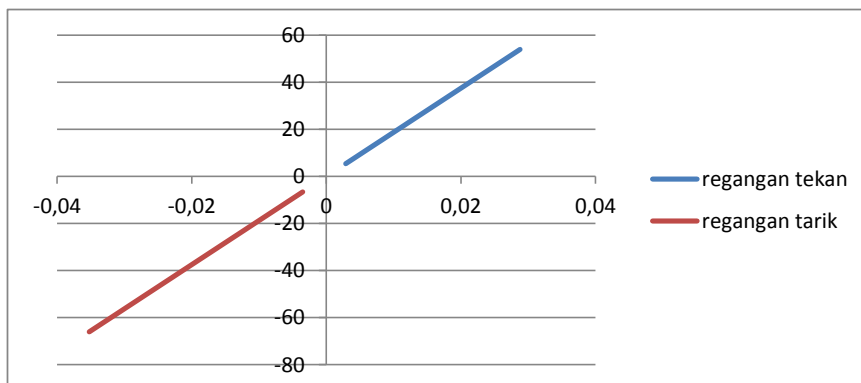
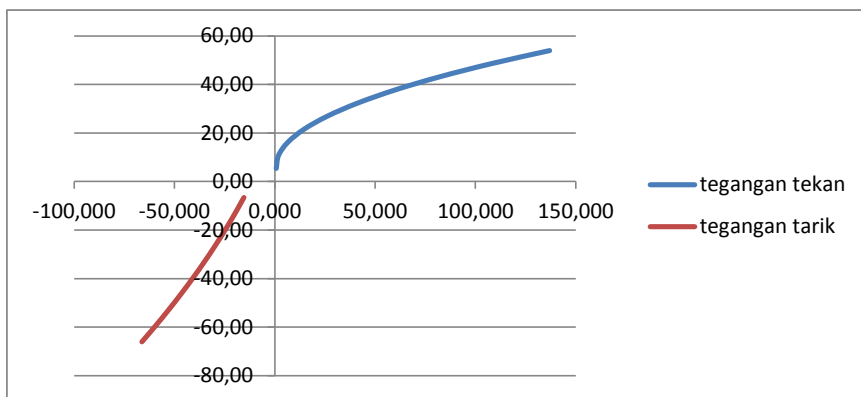












Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1a
Kelengkungan balok	277,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,73	6,729864	0,0019	1,127	7,59	3,36	25,52	455,11
2	6,73	13,459727	0,0037	0,679	4,57	10,09	46,12	274,15
3	6,73	20,189591	0,0056	1,703	11,46	16,82	192,80	687,55
4	6,73	26,919455	0,0075	4,199	28,26	23,55	665,54	1695,33
5	6,73	33,649318	0,0093	8,166	54,96	30,28	1664,36	3297,47
6	6,73	40,379182	0,0112	13,606	91,57	37,01	3389,26	5493,97
7	6,73	47,109046	0,0131	20,518	138,08	43,74	6040,22	8284,85
8	6,73	53,838909	0,0149	28,901	194,50	50,47	9817,26	11670,09
9	6,73	60,568773	0,0168	38,757	260,83	57,20	14920,37	15649,69
10	6,73	67,298637	0,0187	50,084	337,06	63,93	21549,56	20223,66
					1128,86	272,56	58311,02	67731,86

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,27	5,270136	0,0015	12,9487	68,24	2,64	179,82	4094,47
2	5,27	10,540273	0,0029	14,6960	77,45	7,91	612,26	4647,00
3	5,27	15,810409	0,0044	16,4941	86,93	13,18	1145,28	5215,56
4	5,27	21,080545	0,0058	18,3428	96,67	18,45	1783,11	5800,14
5	5,27	26,350682	0,0073	20,2422	106,68	23,72	2529,96	6400,75
6	5,27	31,620818	0,0088	22,1923	116,96	28,99	3390,07	7017,39
7	5,27	36,890954	0,0102	24,1931	127,50	34,26	4367,66	7650,06
8	5,27	42,161091	0,0117	26,2446	138,31	39,53	5466,95	8298,76
9	5,27	47,431227	0,0132	28,3468	149,39	44,80	6692,16	8963,48
10	5,27	52,701363	0,0146	30,4996	160,74	50,07	8047,52	9644,24
					1128,86	263,51	34214,79	67731,86

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	67,2986 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	52,7014 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9636227279442 mm
Momen internal	=	5551,548968644 kNm
Tegangan Geser (τ)	=	3,010305060925050 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1b
Kelengkungan balok	341,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,25	6,25	0,0021	0,973	6,08	3,12	18,99	364,82
2	6,25	12,50	0,0043	0,821	5,13	9,37	48,07	307,74
3	6,25	18,74	0,0064	2,590	16,18	15,62	252,79	971,06
4	6,25	24,99	0,0085	6,282	39,25	21,87	858,23	2354,80
5	6,25	31,24	0,0107	11,895	74,32	28,12	2089,41	4458,95
6	6,25	37,49	0,0128	19,429	121,39	34,36	4171,41	7283,51
7	6,25	43,73	0,0149	28,886	180,47	40,61	7329,25	10828,48
8	6,25	49,98	0,0171	40,264	251,56	46,86	11788,01	15093,86
9	6,25	56,23	0,0192	53,564	334,66	53,11	17772,72	20079,64
10	6,25	62,48	0,0213	68,786	429,76	59,35	25508,44	25785,84
					1458,81	253,04	69837,32	87528,69

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,75	5,75	0,0020	13,5429	77,90	2,88	224,05	4674,05
2	5,75	11,50	0,0039	15,9252	91,60	8,63	790,38	5496,27
3	5,75	17,26	0,0059	18,3991	105,83	14,38	1521,94	6350,06
4	5,75	23,01	0,0079	20,9644	120,59	20,13	2427,79	7235,42
5	5,75	28,76	0,0098	23,6211	135,87	25,88	3517,02	8152,34
6	5,75	34,51	0,0118	26,3694	151,68	31,64	4798,70	9100,84
7	5,75	40,27	0,0137	29,2091	168,02	37,39	6281,92	10080,91
8	5,75	46,02	0,0157	32,1403	184,88	43,14	7975,75	11092,54
9	5,75	51,77	0,0177	35,1629	202,26	48,89	9889,28	12135,75
10	5,75	57,521552	0,0196	38,2770	220,18	54,65	12031,59	13210,52
					1458,81	287,61	49458,42	87528,69

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	62,47845 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	57,52155 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,7759734007744 mm
Momen internal	=	7157,743930182 mm
Tegangan Geser (τ)	=	4,66819702415035 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1c
Kelengkungan balok	433,78E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,76	5,76	0,0025	0,811	4,67	2,88	13,44	280,10
2	5,76	11,52	0,0050	1,211	6,98	8,64	60,28	418,61
3	5,76	17,28	0,0075	4,250	24,48	14,40	352,43	1468,57
4	5,76	23,04	0,0100	9,925	57,17	20,16	1152,39	3429,99
5	5,76	28,80	0,0125	18,239	105,05	25,92	2722,62	6302,85
6	5,76	34,56	0,0150	29,190	168,12	31,68	5325,61	10087,16
7	5,76	40,32	0,0175	42,778	246,38	37,44	9223,83	14782,92
8	5,76	46,08	0,0200	59,004	339,84	43,20	14679,76	20390,13
9	5,76	51,84	0,0225	77,867	448,48	48,96	21955,87	26908,79
10	5,76	57,60	0,0250	99,368	572,31	54,72	31314,65	34338,90
					1973,47	233,26	86800,86	118408,00

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,24	6,24	0,0027	14,4344	90,08	3,12	281,06	5404,61
2	6,24	12,48	0,0054	17,7906	111,02	9,36	1039,23	6661,27
3	6,24	18,72	0,0081	21,3207	133,05	15,60	2075,74	7983,03
4	6,24	24,96	0,0108	25,0246	156,16	21,84	3410,89	9369,89
5	6,24	31,20	0,0135	28,9025	180,36	28,08	5064,99	10821,86
6	6,24	37,44	0,0162	32,9542	205,65	34,32	7058,37	12338,93
7	6,24	43,68	0,0189	37,1798	232,02	40,56	9411,33	13921,10
8	6,24	49,92	0,0217	41,5792	259,47	46,80	12144,20	15568,37
9	6,24	56,16	0,0244	46,1525	288,01	53,04	15277,27	17280,74
10	6,24	62,40446	0,0271	50,8997	317,64	59,28	18830,86	19058,22
					1973,47	312,02	74593,94	118408,00

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 57,59554 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 62,40446 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,782375257417 mm
 Momen internal = 9683,687898036 mm
 Tegangan Geser (τ) = 6,315093599257440 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1d
Kelengkungan balok	455,11E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,67	5,67	0,0026	0,782	4,43	2,84	12,57	265,96
2	5,67	11,34	0,0052	1,330	7,54	8,51	64,15	452,57
3	5,67	17,01	0,0077	4,693	26,61	14,18	377,19	1596,52
4	5,67	22,68	0,0103	10,869	61,63	19,85	1223,10	3697,81
5	5,67	28,35	0,0129	19,859	112,61	25,52	2873,30	6756,45
6	5,67	34,02	0,0155	31,664	179,54	31,19	5599,20	10772,44
7	5,67	39,69	0,0181	46,282	262,43	36,86	9672,23	15745,77
8	5,67	45,36	0,0206	63,714	361,27	42,53	15363,80	21676,44
9	5,67	51,03	0,0232	83,960	476,07	48,20	22945,33	28564,46
10	5,67	56,70	0,0258	107,020	606,83	53,87	32688,25	36409,82
					2098,97	229,64	90819,13	125938,24

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,33	6,33	0,0029	14,6446	92,70	3,16	293,37	5561,81
2	6,33	12,66	0,0058	18,2341	115,42	9,49	1095,85	6925,06
3	6,33	18,99	0,0086	22,0205	139,38	15,82	2205,68	8363,09
4	6,33	25,32	0,0115	26,0038	164,60	22,15	3646,54	9875,90
5	6,33	31,65	0,0144	30,1841	191,06	28,48	5442,10	11463,50
6	6,33	37,98	0,0173	34,5612	218,76	34,81	7616,01	13125,88
7	6,33	44,31	0,0202	39,1353	247,72	41,14	10191,96	14863,04
8	6,33	50,64	0,0230	43,9063	277,92	47,47	13193,61	16674,99
9	6,33	56,97	0,0259	48,8742	309,36	53,80	16644,62	18561,73
10	6,33	63,29770	0,0288	54,0390	342,05	60,13	20568,68	20523,25
					2098,97	316,49	80898,43	125938,24

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 56,702303 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 63,29770 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,8103673524263 mm
 Momen internal = 10303,053670602 mm
 Tegangan Geser (τ) = 6,716705901967060 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1e
Kelengkungan balok	476,44E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,59	5,59	0,0027	0,756	4,22	2,79	11,80	253,46
2	5,59	11,18	0,0053	1,459	8,15	8,38	68,35	489,30
3	5,59	16,76	0,0080	5,158	28,82	13,97	402,56	1729,11
4	5,59	22,35	0,0106	11,850	66,21	19,56	1294,92	3972,89
5	5,59	27,94	0,0133	21,538	120,34	25,14	3025,92	7220,63
6	5,59	33,53	0,0160	34,220	191,21	30,73	5876,04	11472,35
7	5,59	39,11	0,0186	49,897	278,80	36,32	10125,77	16728,03
8	5,59	44,70	0,0213	68,568	383,13	41,91	16055,60	22987,68
9	5,59	50,29	0,0240	90,234	504,19	47,49	23946,00	30251,30
10	5,59	55,88	0,0266	114,895	641,98	53,08	34077,48	38518,89
					2227,06	226,30	94884,46	133623,62

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,41	6,41	0,0031	14,8563	95,27	3,21	305,44	5715,93
2	6,41	12,82	0,0061	18,6821	119,80	9,62	1152,30	7187,90
3	6,41	19,24	0,0092	22,7294	145,75	16,03	2336,56	8745,09
4	6,41	25,65	0,0122	26,9982	173,12	22,44	3885,54	10387,48
5	6,41	32,06	0,0153	31,4885	201,92	28,86	5826,56	12115,10
6	6,41	38,47	0,0183	36,2002	232,13	35,27	8186,94	13927,92
7	6,41	44,89	0,0214	41,1334	263,77	41,68	10994,01	15825,96
8	6,41	51,30	0,0244	46,2881	296,82	48,09	14275,09	17809,21
9	6,41	57,71	0,0275	51,6643	331,29	54,51	18057,49	19877,68
10	6,41	64,124510	0,0306	57,2619	367,19	60,92	22368,54	22031,36
					2227,06	320,62	87388,48	133623,62

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	55,87549 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	64,12451 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,844630109165 mm
Momen internal	=	10936,376117827 mm
Tegangan Geser (τ)	=	7,126593227629050 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1f
Kelengkungan balok	497,78E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,51	5,51	0,0027	0,733	4,04	2,76	11,13	242,45
2	5,51	11,02	0,0055	1,599	8,81	8,27	72,84	528,68
3	5,51	16,53	0,0082	5,644	31,10	13,78	428,52	1866,25
4	5,51	22,04	0,0110	12,869	70,92	19,29	1367,87	4255,16
5	5,51	27,55	0,0137	23,274	128,26	24,80	3180,57	7695,40
6	5,51	33,06	0,0165	36,858	203,12	30,31	6156,31	12186,98
7	5,51	38,58	0,0192	53,622	295,50	35,82	10584,76	17729,89
8	5,51	44,09	0,0219	73,565	405,40	41,33	16755,62	24324,14
9	5,51	49,60	0,0247	96,688	532,83	46,84	24958,56	31969,72
10	5,51	55,11	0,0274	122,991	677,78	52,35	35483,27	40666,64
					2357,76	223,19	98999,46	141465,32

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,49	6,49	0,0032	15,0695	97,79	3,24	317,29	5867,36
2	6,49	12,98	0,0065	19,1346	124,17	9,73	1208,64	7450,12
3	6,49	19,47	0,0097	23,4473	152,15	16,22	2468,41	9129,28
4	6,49	25,96	0,0129	28,0075	181,75	22,71	4127,89	10904,83
5	6,49	32,45	0,0162	32,8154	212,95	29,20	6218,35	12776,77
6	6,49	38,94	0,0194	37,8708	245,75	35,69	8771,06	14745,12
7	6,49	45,42	0,0226	43,1738	280,16	42,18	11817,31	16809,86
8	6,49	51,91	0,0258	48,7244	316,18	48,67	15388,37	18970,99
9	6,49	58,40	0,0291	54,5225	353,81	55,16	19515,52	21228,53
10	6,49	64,892214	0,0323	60,5683	393,04	61,65	24230,03	23582,46
					2357,76	324,46	94062,88	141465,32

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 55,10779 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 64,89221 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,8839590286306 mm
 Momen internal = 11583,740195252 mm
 Tegangan Geser (τ) = 7,54481702313510 mm

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX1g
Kelengkungan balok	533,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

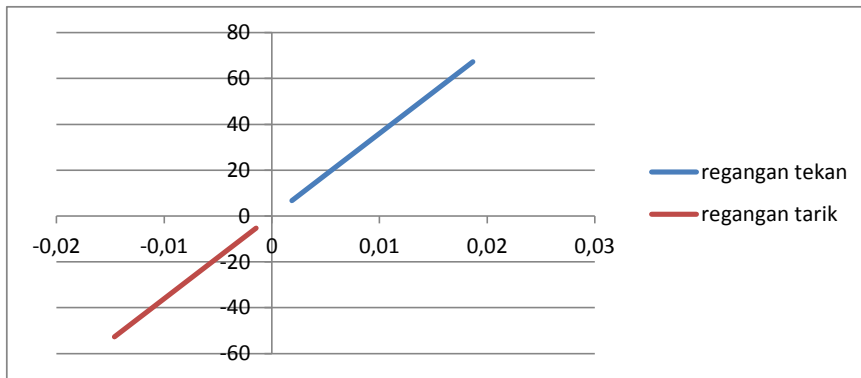
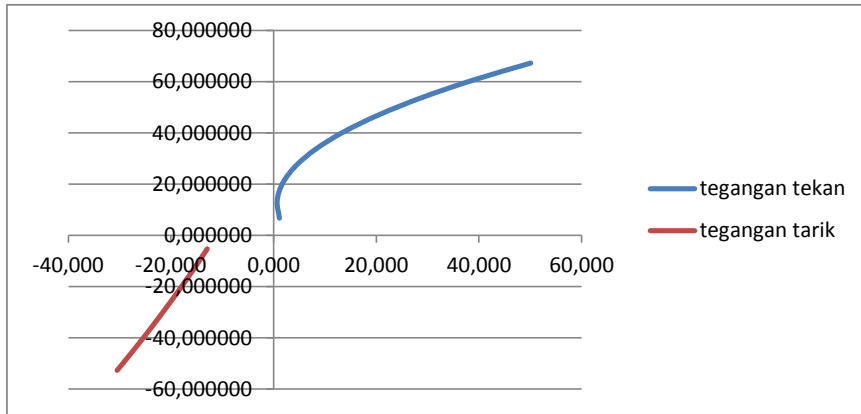
Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,39	5,39	0,0029	0,702	3,79	2,70	10,21	227,11
2	5,39	10,79	0,0058	1,854	10,00	8,09	80,91	599,94
3	5,39	16,18	0,0086	6,503	35,08	13,49	473,07	2104,74
4	5,39	21,58	0,0115	14,650	79,03	18,88	1492,00	4741,51
5	5,39	26,97	0,0144	26,294	141,84	24,27	3443,01	8510,25
6	5,39	32,37	0,0173	41,436	223,52	29,67	6631,41	13410,95
7	5,39	37,76	0,0201	60,075	324,06	35,06	11362,51	19443,62
8	5,39	43,15	0,0230	82,211	443,47	40,46	17941,62	26608,26
9	5,39	48,55	0,0259	107,845	581,75	45,85	26674,04	34904,87
10	5,39	53,94	0,0288	136,976	738,89	51,25	37865,08	44333,44
					2581,41	218,47	105973,85	154884,69

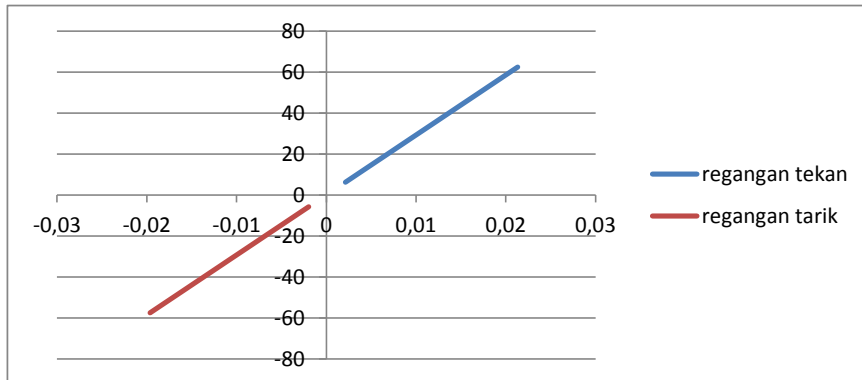
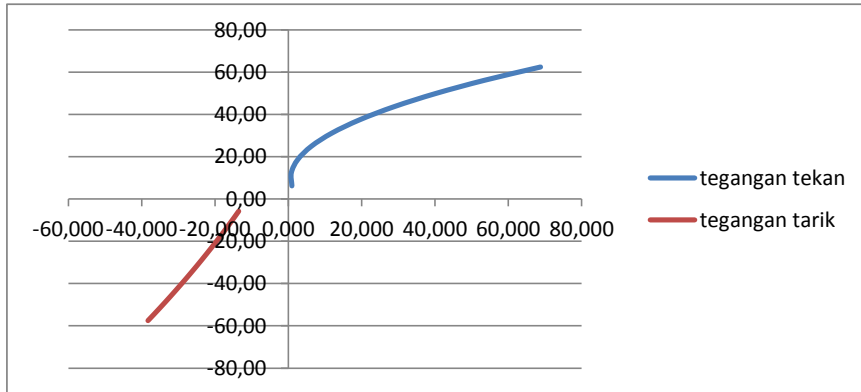
120

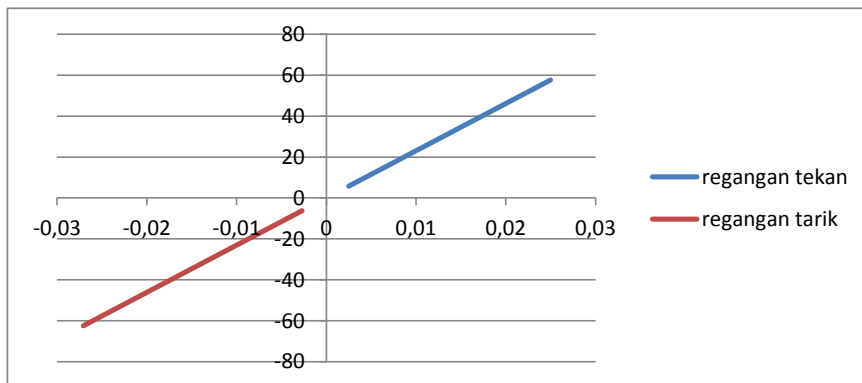
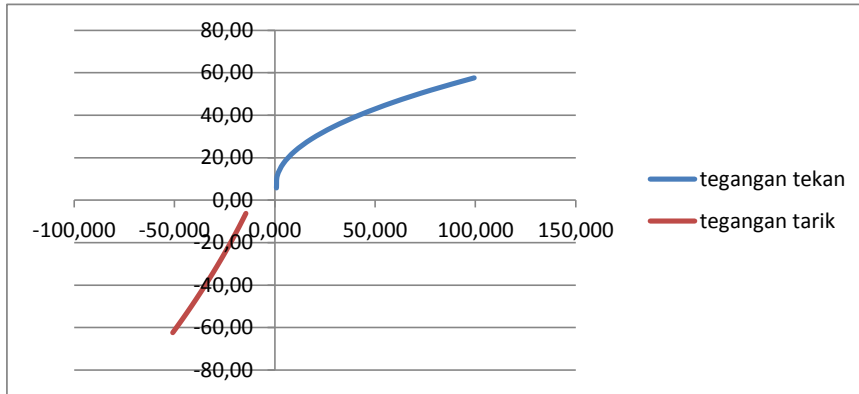
Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,61	6,61	0,0035	15,4278	101,91	3,30	336,60	6114,70
2	6,61	13,21	0,0070	19,8982	131,44	9,91	1302,40	7886,50
3	6,61	19,82	0,0106	24,6631	162,92	16,51	2690,45	9775,01
4	6,61	26,42	0,0141	29,7224	196,34	23,12	4539,31	11780,25
5	6,61	33,03	0,0176	35,0763	231,70	29,73	6887,54	13902,22
6	6,61	39,63	0,0211	40,7247	269,02	36,33	9773,69	16140,91
7	6,61	46,24	0,0247	46,6676	308,27	42,94	13236,30	18496,33
8	6,61	52,85	0,0282	52,9050	349,47	49,54	17313,93	20968,48
9	6,61	59,45	0,0317	59,4369	392,62	56,15	22045,14	23557,35
10	6,61	66,056999	0,0352	66,2633	437,72	62,75	27468,48	26262,94
					2581,41	330,28	105593,84	154884,69

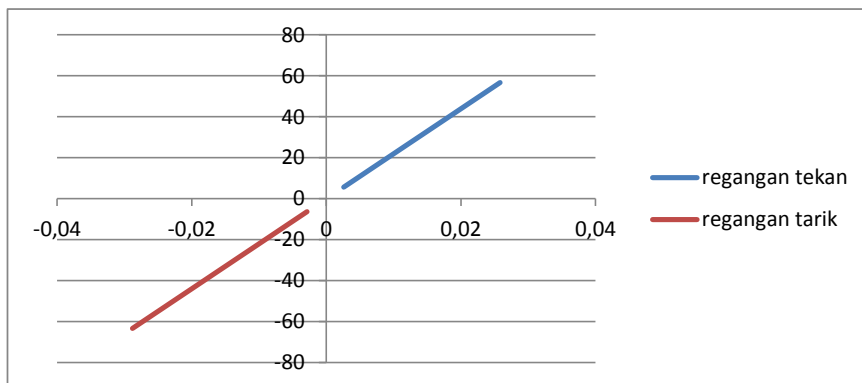
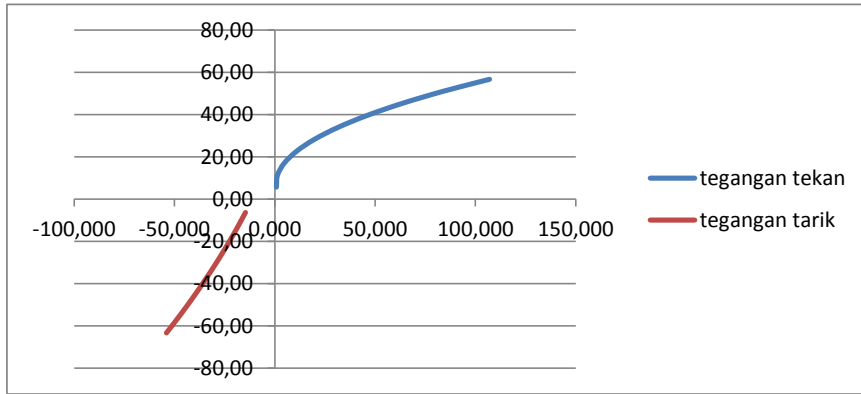
OK

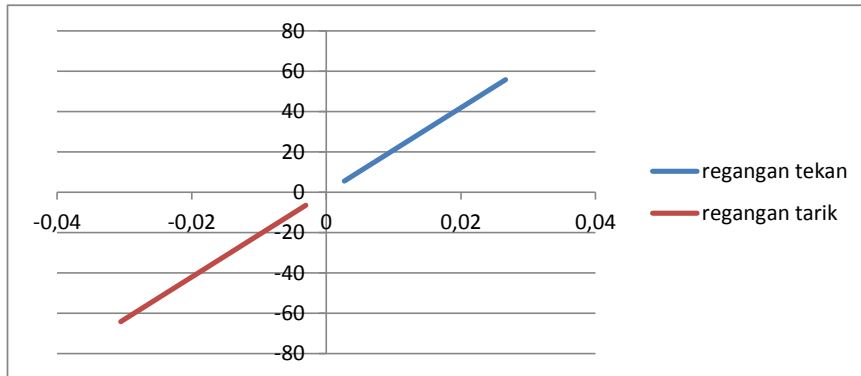
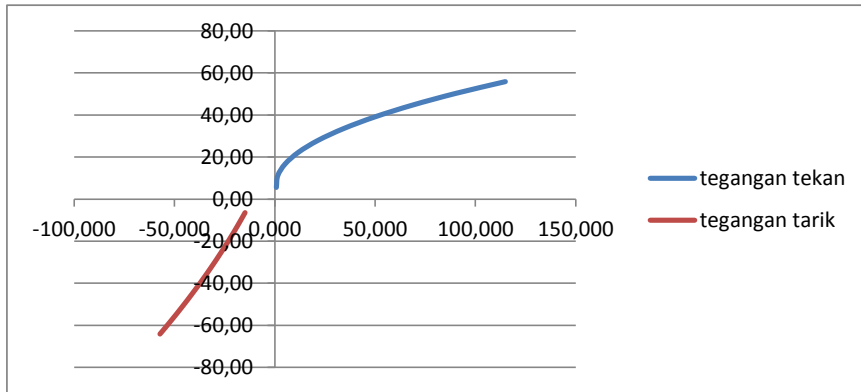
Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	53,94300 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	66,05700 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9581401741659 mm
Momen internal	=	12694,061496639 mm
Tegangan Geser (τ)	=	8,26051692068175 mm

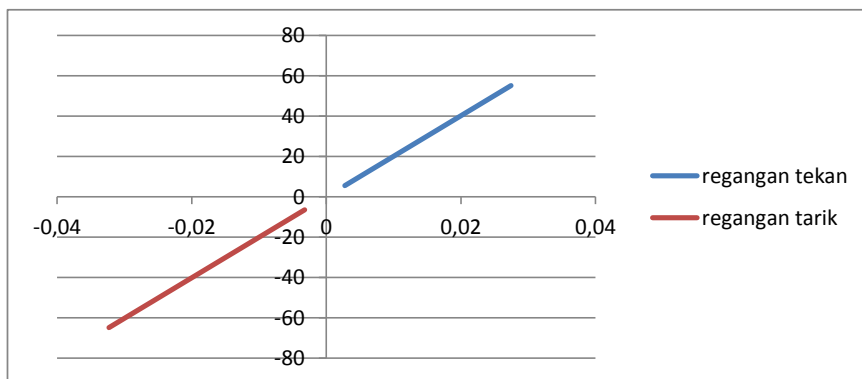
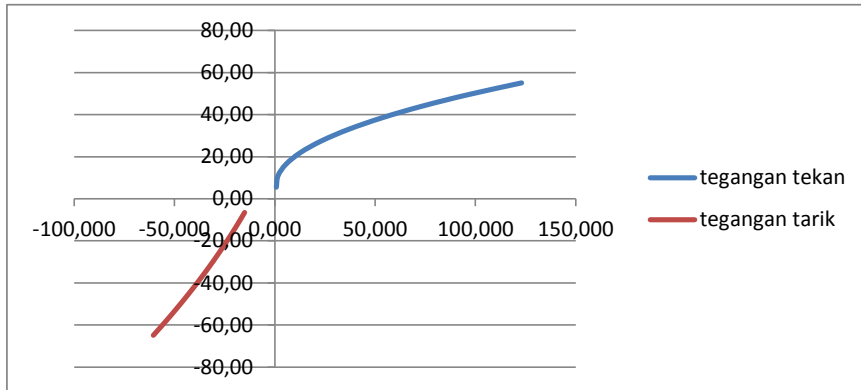


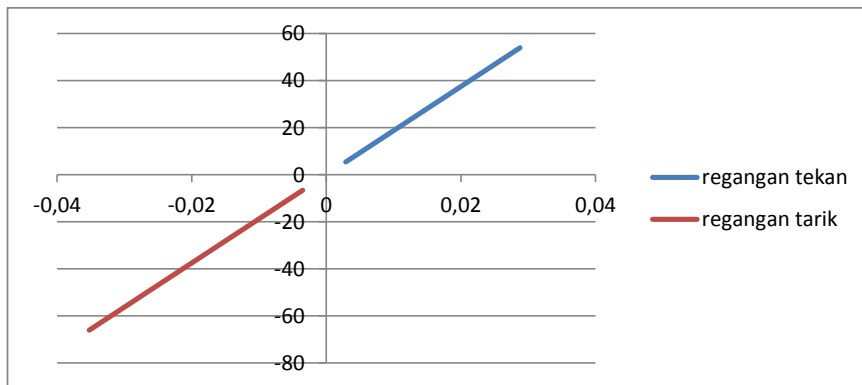
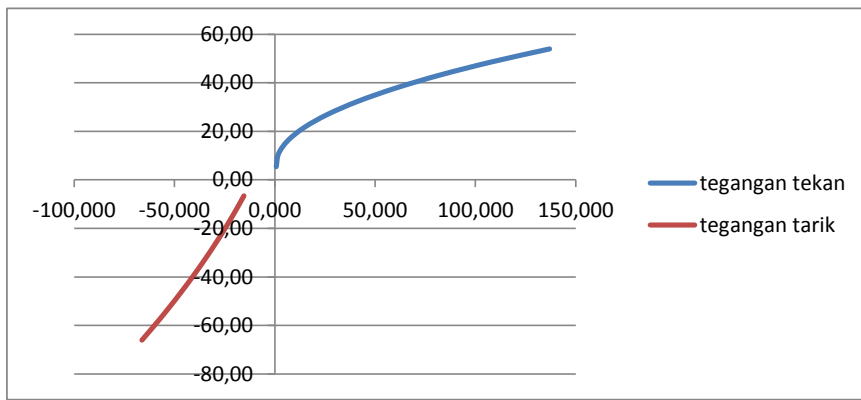












Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX3a
Kelengkungan balok	192,00E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	7,71	7,714186	0,0015	1,403	10,82	3,86	41,74	649,33
2	7,71	15,428372	0,0030	0,686	5,29	11,57	61,19	317,31
3	7,71	23,142558	0,0044	0,895	6,91	19,29	133,18	414,33
4	7,71	30,856744	0,0059	2,032	15,67	27,00	423,18	940,40
5	7,71	38,570930	0,0074	4,095	31,59	34,71	1096,68	1895,52
6	7,71	46,285115	0,0089	7,086	54,66	42,43	2319,17	3279,68
7	7,71	53,999301	0,0104	11,003	84,88	50,14	4256,15	5092,89
8	7,71	61,713487	0,0118	15,848	122,25	57,86	7073,09	7335,15
9	7,71	69,427673	0,0133	21,619	166,77	65,57	10935,48	10006,45
10	7,71	77,141859	0,0148	28,318	218,45	73,28	16008,81	13106,80
					717,30	312,42	42348,67	43037,87

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	4,29	4,285814	0,0008	12,2010	52,29	2,14	112,06	3137,47
2	4,29	8,571628	0,0016	13,1661	56,43	6,43	362,76	3385,64
3	4,29	12,857442	0,0025	14,1472	60,63	10,71	649,65	3637,93
4	4,29	17,143256	0,0033	15,1444	64,91	15,00	973,61	3894,36
5	4,29	21,429071	0,0041	16,1576	69,25	19,29	1335,54	4154,92
6	4,29	25,714885	0,0049	17,1870	73,66	23,57	1736,31	4419,61
7	4,29	30,000699	0,0058	18,2324	78,14	27,86	2176,82	4688,43
8	4,29	34,286513	0,0066	19,2938	82,69	32,14	2657,94	4961,38
9	4,29	38,572327	0,0074	20,3713	87,31	36,43	3180,57	5238,47
10	4,29	42,858141	0,0082	21,4649	91,99	40,72	3745,59	5519,68
					717,30	214,29	16930,84	43037,87

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	77,1419 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	42,8581 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	82,6428144143024 mm
Momen internal	=	3556,771060017 kNm
Tegangan Geser (τ)	=	1,912794277642740 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX3b
Kelengkungan balok	483,56E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,56	5,56	0,0027	0,748	4,16	2,78	11,57	249,63
2	5,56	11,12	0,0054	1,505	8,37	8,34	69,81	502,14
3	5,56	16,68	0,0081	5,317	29,57	13,90	411,15	1774,32
4	5,56	22,25	0,0108	12,186	67,77	19,46	1319,11	4066,18
5	5,56	27,81	0,0134	22,110	122,96	25,03	3077,24	7377,71
6	5,56	33,37	0,0161	35,090	195,15	30,59	5969,08	11708,92
7	5,56	38,93	0,0188	51,126	284,33	36,15	10278,15	17059,80
8	5,56	44,49	0,0215	70,218	390,51	41,71	16288,00	23430,35
9	5,56	50,05	0,0242	92,366	513,68	47,27	24282,17	30820,58
10	5,56	55,61	0,0269	117,569	653,84	52,83	34544,19	39230,48
					2270,34	225,23	96250,49	136220,10

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,44	6,44	0,0031	14,9272	96,11	3,22	309,41	5766,69
2	6,44	12,88	0,0062	18,8325	121,26	9,66	1171,09	7275,36
3	6,44	19,32	0,0093	22,9677	147,88	16,10	2380,40	8872,89
4	6,44	25,75	0,0125	27,3330	175,99	22,54	3965,95	10559,28
5	6,44	32,19	0,0156	31,9283	205,58	28,97	5956,34	12334,53
6	6,44	38,63	0,0187	36,7536	236,64	35,41	8380,19	14198,63
7	6,44	45,07	0,0218	41,8089	269,19	41,85	11266,09	16151,59
8	6,44	51,51	0,0249	47,0942	303,22	48,29	14642,66	18193,41
9	6,44	57,95	0,0280	52,6095	338,73	54,73	18538,50	20324,09
10	6,44	64,386650	0,0311	58,3548	375,73	61,17	22982,21	22543,62
					2270,34	321,93	89592,85	136220,10

OK

- Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 55,61335 mm
- Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 64,38665 mm
- Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,8572298910390 mm
- Momen internal = 11150,600393724 mm
- Tegangan Geser (τ) = 7,26507204576991 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL FOX3c
Kelengkungan balok	533,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,39	5,39	0,0029	0,702	3,79	2,70	10,21	227,11
2	5,39	10,79	0,0058	1,854	10,00	8,09	80,91	599,94
3	5,39	16,18	0,0086	6,503	35,08	13,49	473,07	2104,74
4	5,39	21,58	0,0115	14,650	79,03	18,88	1492,00	4741,51
5	5,39	26,97	0,0144	26,294	141,84	24,27	3443,01	8510,25
6	5,39	32,37	0,0173	41,436	223,52	29,67	6631,41	13410,95
7	5,39	37,76	0,0201	60,075	324,06	35,06	11362,51	19443,62
8	5,39	43,15	0,0230	82,211	443,47	40,46	17941,62	26608,26
9	5,39	48,55	0,0259	107,845	581,75	45,85	26674,04	34904,87
10	5,39	53,94	0,0288	136,976	738,89	51,25	37865,08	44333,44
					2581,41	218,47	105973,85	154884,69

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,61	6,61	0,0035	15,4278	101,91	3,30	336,60	6114,70
2	6,61	13,21	0,0070	19,8982	131,44	9,91	1302,40	7886,50
3	6,61	19,82	0,0106	24,6631	162,92	16,51	2690,45	9775,01
4	6,61	26,42	0,0141	29,7224	196,34	23,12	4539,31	11780,25
5	6,61	33,03	0,0176	35,0763	231,70	29,73	6887,54	13902,22
6	6,61	39,63	0,0211	40,7247	269,02	36,33	9773,69	16140,91
7	6,61	46,24	0,0247	46,6676	308,27	42,94	13236,30	18496,33
8	6,61	52,85	0,0282	52,9050	349,47	49,54	17313,93	20968,48
9	6,61	59,45	0,0317	59,4369	392,62	56,15	22045,14	23557,35
10	6,61	66,05700	0,0352	66,2633	437,72	62,75	27468,48	26262,94
					2581,41	330,28	105593,84	154884,69

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)

= 53,94300 mm

Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)

= 66,05700 mm

Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik

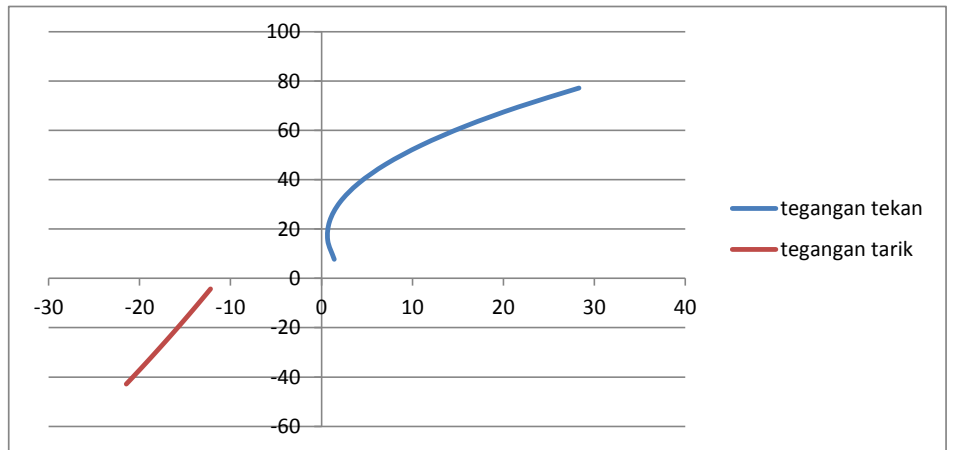
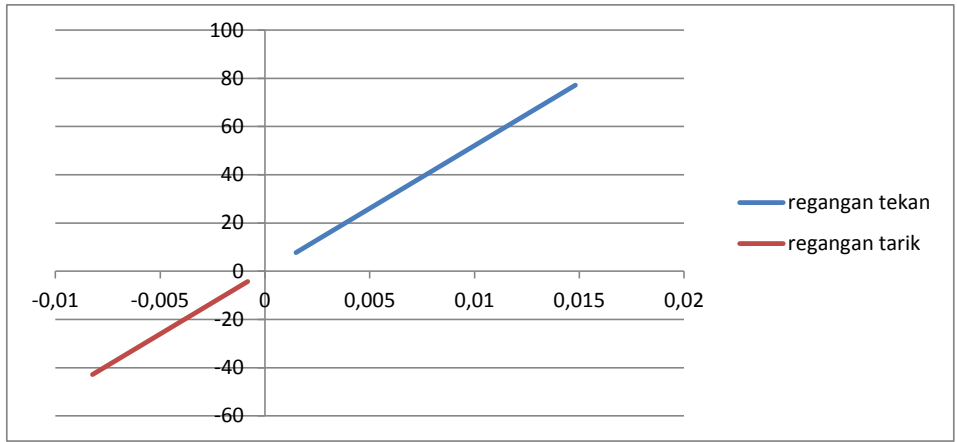
= 81,958140167010 mm

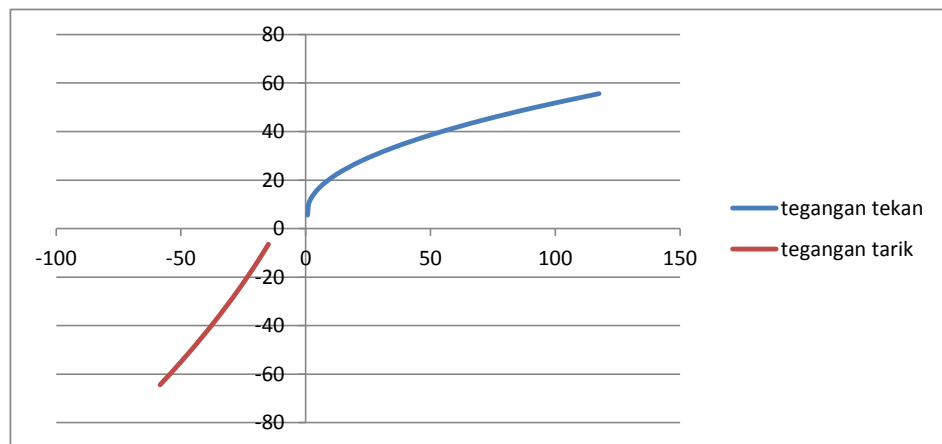
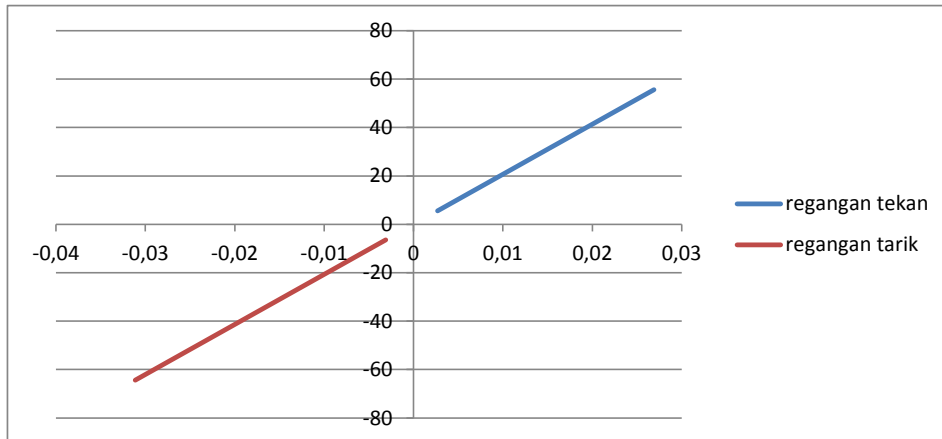
Momen internal

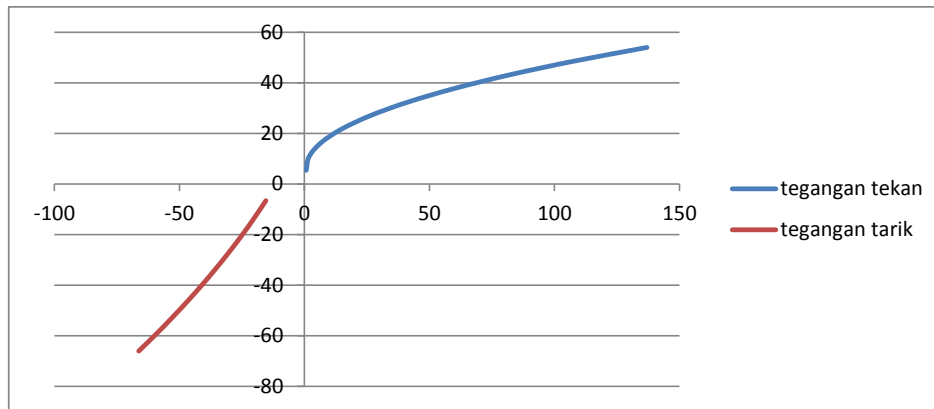
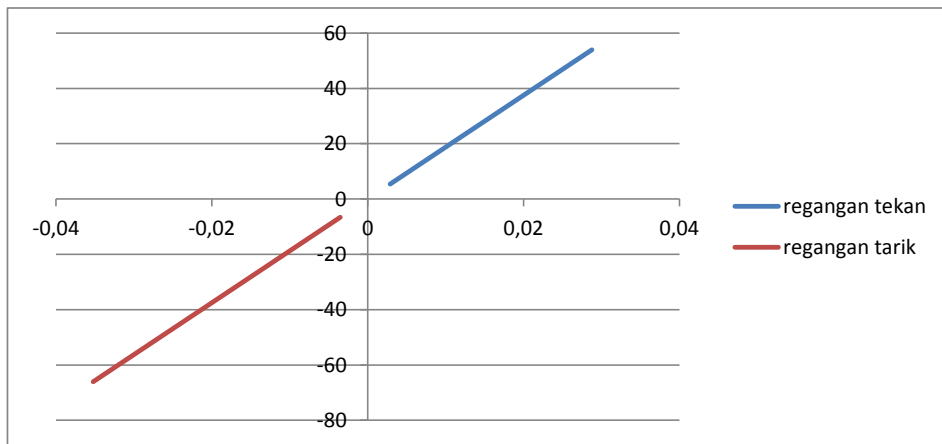
= 12694,061531219 mm

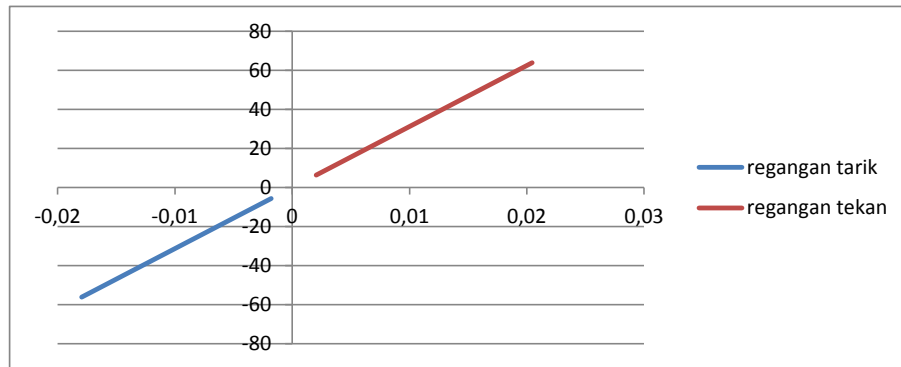
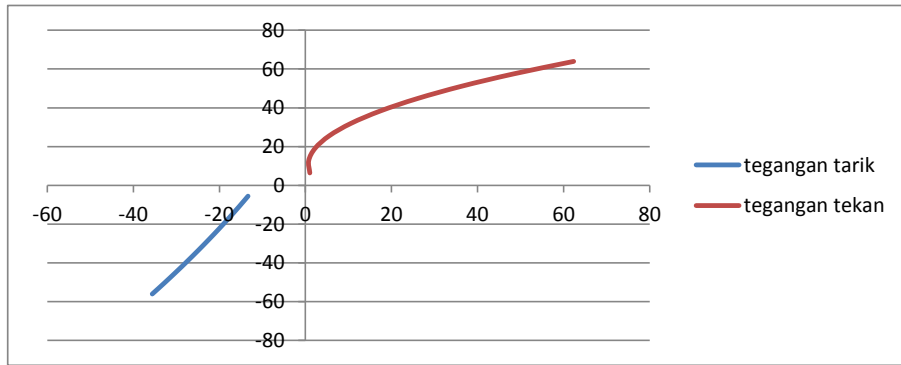
Tegangan Geser (τ)

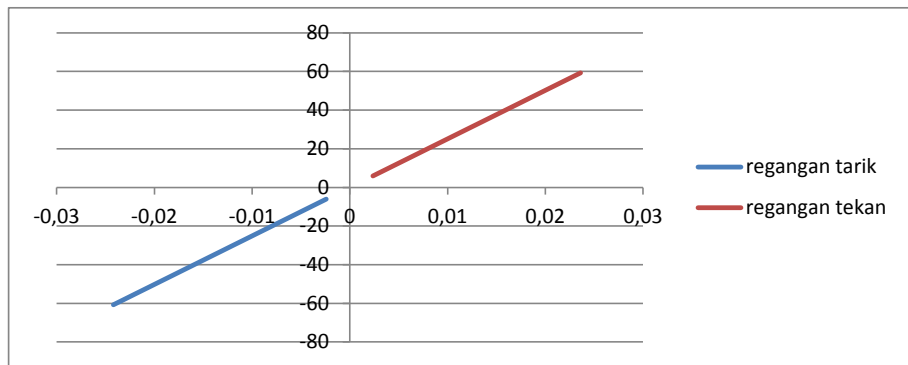
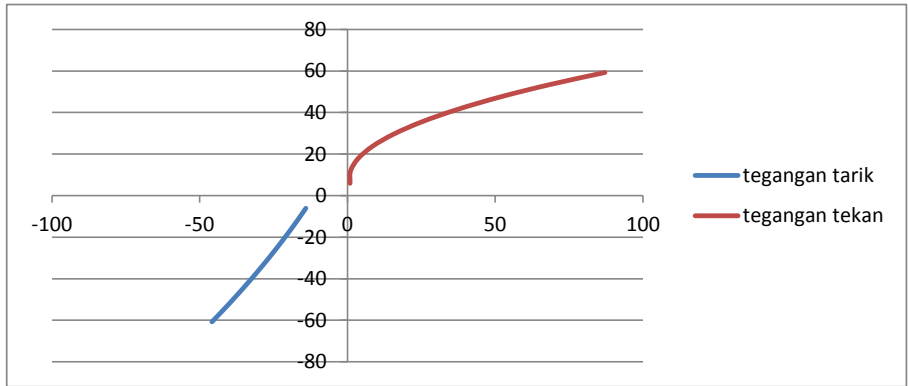
= 8,260516869485920 MPa

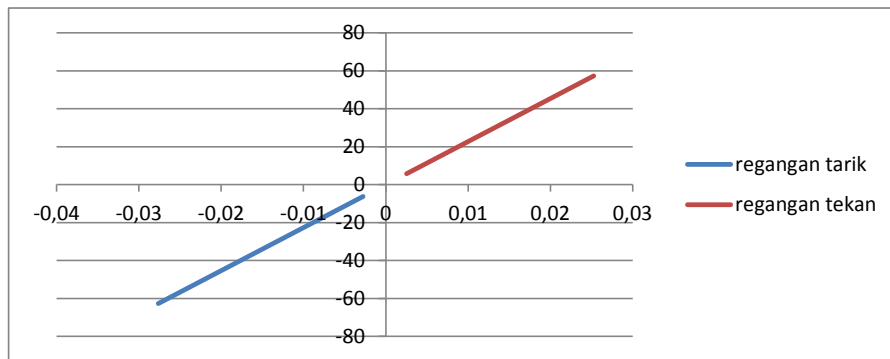
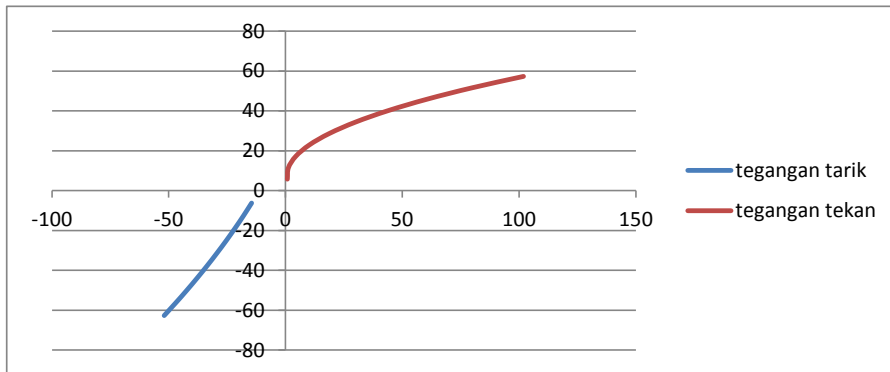


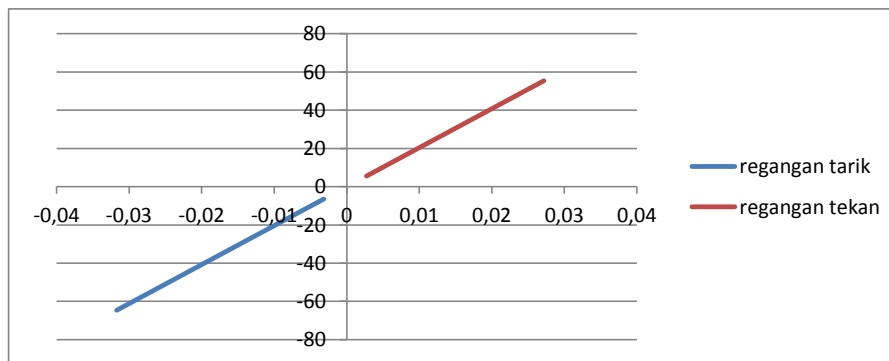
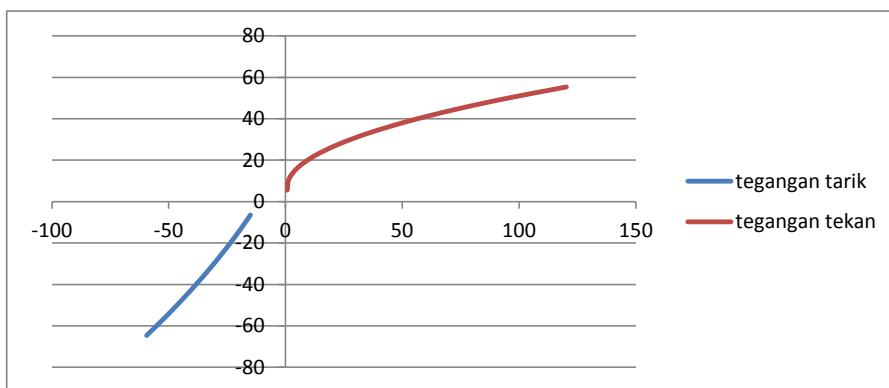


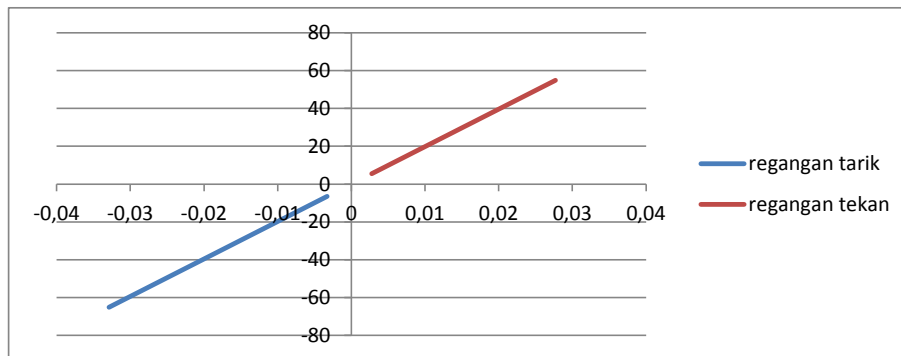
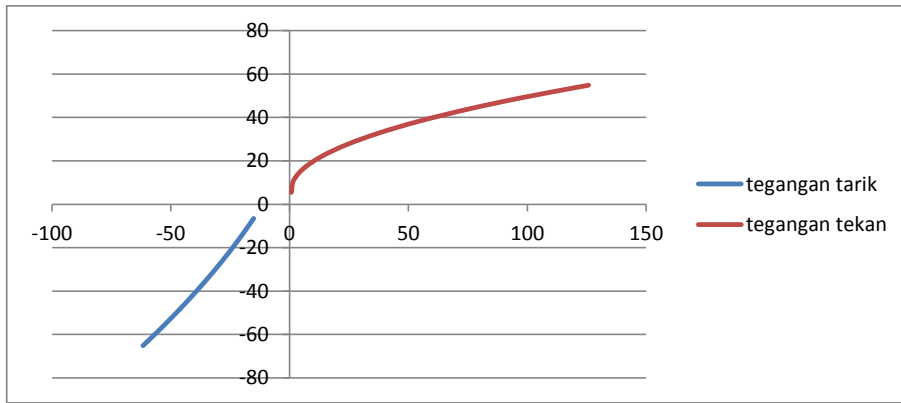


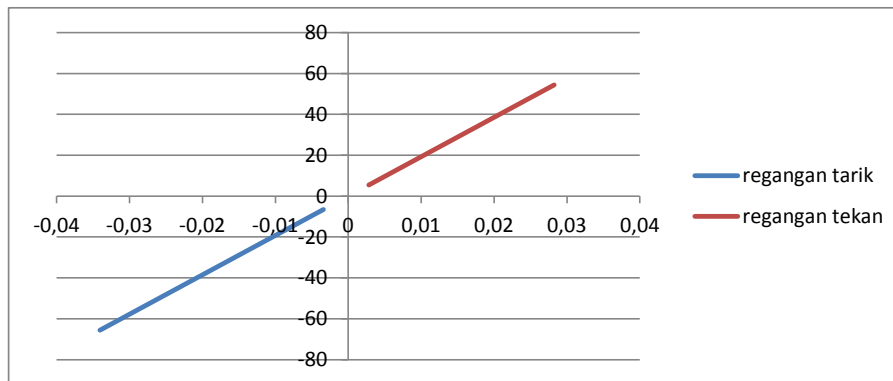
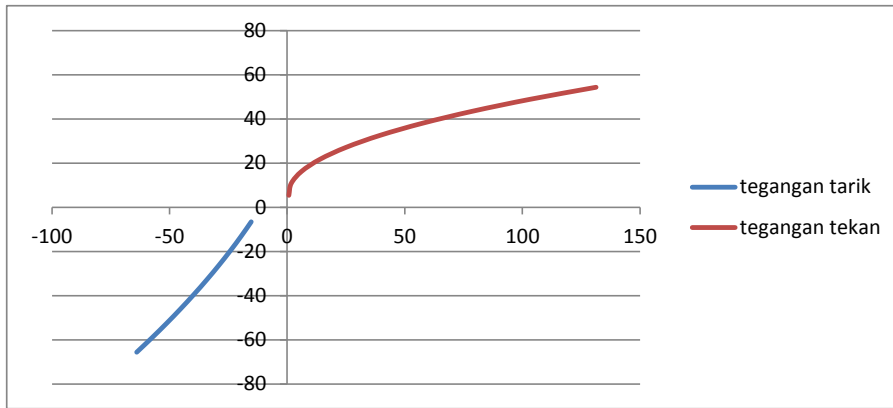


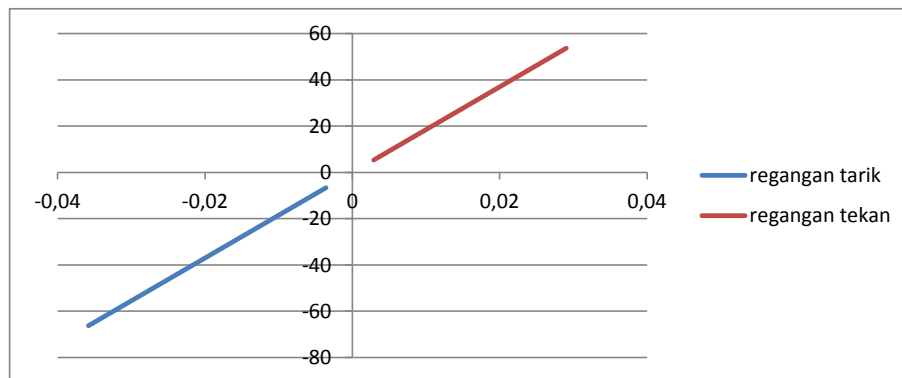
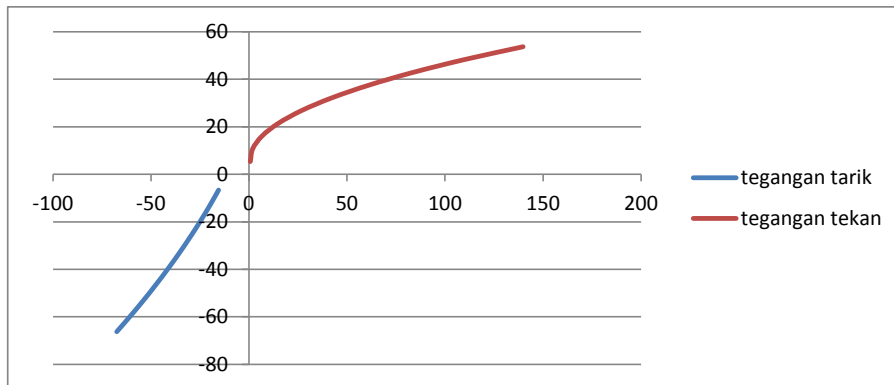


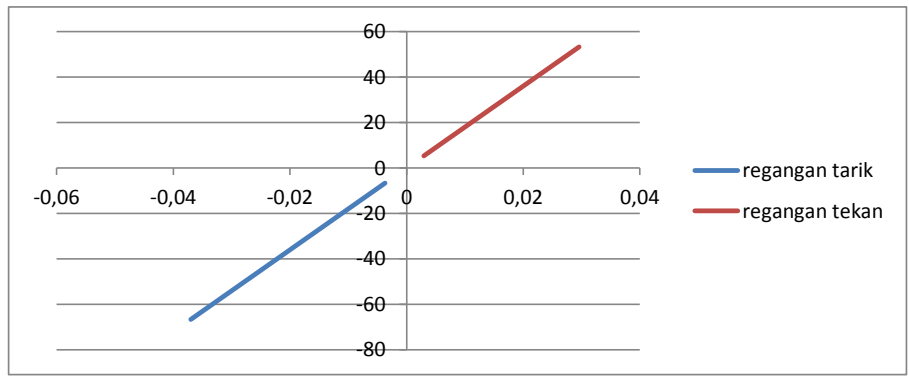
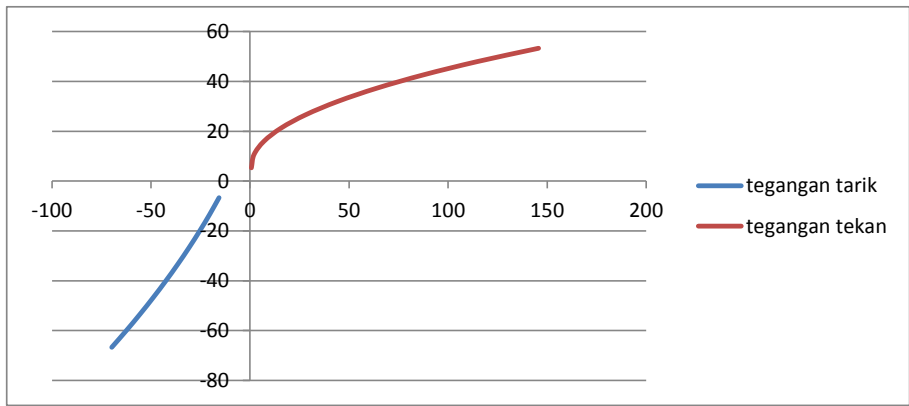












Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1a
Kelengkungan balok	320,00E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,39	6,391735	0,0020	1,020	6,52	3,20	20,84	391,30
2	6,39	12,783471	0,0041	0,761	4,87	9,59	46,65	291,92
3	6,39	19,175206	0,0061	2,270	14,51	15,98	231,83	870,47
4	6,39	25,566941	0,0082	5,546	35,45	22,37	793,04	2126,96
5	6,39	31,958677	0,0102	10,590	67,69	28,76	1946,95	4061,38
6	6,39	38,350412	0,0123	17,402	111,23	35,15	3910,20	6673,74
7	6,39	44,742147	0,0143	25,982	166,07	41,55	6899,47	9964,03
8	6,39	51,133883	0,0164	36,329	232,20	47,94	11131,41	13932,25
9	6,39	57,525618	0,0184	48,444	309,64	54,33	16822,68	18578,42
10	6,39	63,917353	0,0205	62,327	398,38	60,72	24189,93	23902,51
					1346,55	258,87	65993,00	80792,97

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,61	5,608265	0,0018	13,3424	74,83	2,80	209,83	4489,66
2	5,61	11,216529	0,0036	15,5092	86,98	8,41	731,71	5218,78
3	5,61	16,824794	0,0054	17,7524	99,56	14,02	1395,90	5973,62
4	5,61	22,433059	0,0072	20,0721	112,57	19,63	2209,62	6754,17
5	5,61	28,041323	0,0090	22,4682	126,01	25,24	3180,07	7560,44
6	5,61	33,649588	0,0108	24,9407	139,87	30,85	4314,47	8392,43
7	5,61	39,257853	0,0126	27,4896	154,17	36,45	5620,03	9250,13
8	5,61	44,866117	0,0144	30,1149	168,89	42,06	7103,95	10133,54
9	5,61	50,474382	0,0162	32,8167	184,04	47,67	8773,45	11042,68
10	5,61	56,082647	0,0179	35,5949	199,63	53,28	10635,74	11977,52
					1346,55	280,41	44174,77	80792,97

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	63,9174 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	56,0826 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8148626515942 mm
Momen internal	=	6610,065659366 kNmm
Tegangan Geser (τ)	=	3,590798781894330 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1b
Kelengkungan balok	398,22E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,93	5,93	0,0024	0,866	5,13	2,96	15,20	307,73
2	5,93	11,85	0,0047	1,037	6,14	8,89	54,60	368,59
3	5,93	17,78	0,0071	3,561	21,10	14,81	312,57	1265,97
4	5,93	23,70	0,0094	8,438	50,00	20,74	1036,93	2999,87
5	5,93	29,63	0,0118	15,667	92,84	26,67	2475,54	5570,29
6	5,93	35,55	0,0142	25,250	149,62	32,59	4876,24	8977,24
7	5,93	41,48	0,0165	37,185	220,34	38,52	8486,88	13220,70
8	5,93	47,40	0,0189	51,474	305,01	44,44	13555,28	18300,68
9	5,93	53,33	0,0212	68,115	403,62	50,37	20329,31	24217,18
10	5,93	59,26	0,0236	87,109	516,17	56,29	29056,80	30970,21
					1769,97	239,99	80199,35	106198,46

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,07	6,07	0,0024	14,0875	85,57	3,04	259,90	5134,40
2	6,07	12,15	0,0048	17,0619	103,64	9,11	944,34	6218,45
3	6,07	18,22	0,0073	20,1751	122,55	15,19	1861,07	7353,10
4	6,07	24,30	0,0097	23,4271	142,31	21,26	3025,49	8538,35
5	6,07	30,37	0,0121	26,8180	162,90	27,33	4452,94	9774,20
6	6,07	36,45	0,0145	30,3477	184,34	33,41	6158,81	11060,66
7	6,07	42,52	0,0169	34,0162	206,63	39,48	8158,46	12397,72
8	6,07	48,60	0,0194	37,8236	229,76	45,56	10467,27	13785,39
9	6,07	54,67	0,0218	41,7699	253,73	51,63	13100,59	15223,66
10	6,07	60,744136	0,0242	45,8550	278,54	57,71	16073,81	16712,53
					1769,97	303,72	64502,69	106198,46

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	59,25586 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	60,74414 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,7537552227955 mm
Momen internal	=	8682,123050184 mm
Tegangan Geser (τ)	=	5,66391765659538 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1c
Kelengkungan balok	440,89E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,73	5,73	0,0025	0,801	4,59	2,86	13,14	275,19
2	5,73	11,46	0,0051	1,250	7,16	8,59	61,53	429,61
3	5,73	17,19	0,0076	4,395	25,18	14,32	360,62	1510,70
4	5,73	22,92	0,0101	10,236	58,64	20,05	1175,84	3518,45
5	5,73	28,64	0,0126	18,773	107,55	25,78	2772,63	6452,88
6	5,73	34,37	0,0152	30,005	171,90	31,51	5416,46	10313,97
7	5,73	40,10	0,0177	43,934	251,70	37,24	9372,74	15101,72
8	5,73	45,83	0,0202	60,558	346,94	42,97	14906,94	20816,15
9	5,73	51,56	0,0227	79,878	457,62	48,70	22284,49	27457,25
10	5,73	57,29	0,0253	101,894	583,75	54,43	31770,84	35025,01
					2015,02	232,02	88135,24	120900,92

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,27	6,27	0,0028	14,5043	90,96	3,14	285,19	5457,38
2	6,27	12,54	0,0055	17,9379	112,49	9,41	1058,13	6749,32
3	6,27	18,81	0,0083	21,5529	135,16	15,68	2118,95	8109,52
4	6,27	25,08	0,0111	25,3493	158,97	21,95	3489,07	9537,95
5	6,27	31,36	0,0138	29,3271	183,91	28,22	5189,87	11034,64
6	6,27	37,63	0,0166	33,4863	209,99	34,49	7242,77	12599,57
7	6,27	43,90	0,0194	37,8268	237,21	40,76	9669,15	14232,75
8	6,27	50,17	0,0221	42,3488	265,57	47,03	12490,42	15934,18
9	6,27	56,44	0,0249	47,0521	295,06	53,30	15727,97	17703,85
10	6,27	62,71009	0,0276	51,9368	325,70	59,57	19403,21	19541,77
					2015,02	313,55	76674,74	120900,92

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 57,28991 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 62,71009 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,790924979317 mm
 Momen internal = 9888,598450071 mm
 Tegangan Geser (τ) = 6,448049305246260 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1d
Kelengkungan balok	490,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,54	5,54	0,0027	0,741	4,10	2,77	11,35	245,96
2	5,54	11,07	0,0054	1,551	8,59	8,30	71,31	515,27
3	5,54	16,61	0,0081	5,480	30,33	13,84	419,80	1820,04
4	5,54	22,14	0,0109	12,525	69,34	19,38	1343,43	4160,27
5	5,54	27,68	0,0136	22,689	125,60	24,91	3128,79	7535,97
6	5,54	33,21	0,0163	35,970	199,12	30,45	6062,50	11947,13
7	5,54	38,75	0,0190	52,368	289,90	35,98	10431,15	17393,75
8	5,54	44,29	0,0217	71,884	397,93	41,52	16521,34	23875,83
9	5,54	49,82	0,0244	94,517	523,22	47,05	24619,68	31393,38
10	5,54	55,36	0,0272	120,268	665,77	52,59	35012,78	39946,39
					2313,90	224,20	97622,13	138833,99

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,46	6,46	0,0032	14,9983	96,95	3,23	313,36	5817,16
2	6,46	12,93	0,0063	18,9833	122,71	9,70	1189,87	7362,77
3	6,46	19,39	0,0095	23,2070	150,02	16,16	2424,35	9000,96
4	6,46	25,86	0,0127	27,6694	178,86	22,62	4046,73	10731,73
5	6,46	32,32	0,0159	32,3706	209,25	29,09	6086,94	12555,09
6	6,46	38,79	0,0190	37,3104	241,18	35,55	8574,90	14471,03
7	6,46	45,25	0,0222	42,4890	274,66	42,02	11540,53	16479,56
8	6,46	51,71	0,0254	47,9063	309,68	48,48	15013,76	18580,67
9	6,46	58,18	0,0285	53,5622	346,24	54,95	19024,51	20774,37
10	6,46	64,64247	0,0317	59,4569	384,34	61,41	23602,71	23060,65
					2313,90	323,21	91817,66	138833,99

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	55,357526 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	64,64247 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8703517638753 mm
Momen internal	=	11366,387617561 mm
Tegangan Geser (τ)	=	7,404479309038670 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1e
Kelengkungan balok	504,89E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,49	5,49	0,0028	0,726	3,98	2,74	10,93	239,09
2	5,49	10,97	0,0055	1,648	9,04	8,23	74,39	542,38
3	5,49	16,46	0,0083	5,811	31,88	13,72	437,30	1912,97
4	5,49	21,95	0,0111	13,217	72,51	19,20	1392,44	4350,84
5	5,49	27,43	0,0139	23,865	130,93	24,69	3232,59	7856,01
6	5,49	32,92	0,0166	37,755	207,14	30,18	6250,52	12428,47
7	5,49	38,40	0,0194	54,888	301,14	35,66	10739,01	18068,23
8	5,49	43,89	0,0222	75,263	412,92	41,15	16990,85	24775,27
9	5,49	49,38	0,0249	98,880	542,49	46,63	25298,82	32549,61
10	5,49	54,86	0,0277	125,739	689,85	52,12	35955,68	41391,24
					2401,90	222,20	100382,55	144114,12

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,51	6,51	0,0033	15,1409	98,62	3,26	321,19	5917,31
2	6,51	13,03	0,0066	19,2864	125,62	9,77	1227,40	7537,44
3	6,51	19,54	0,0099	23,6885	154,30	16,28	2512,59	9257,86
4	6,51	26,05	0,0132	28,3473	184,64	22,80	4209,42	11078,58
5	6,51	32,57	0,0164	33,2626	216,66	29,31	6350,57	12999,59
6	6,51	39,08	0,0197	38,4346	250,35	35,82	8968,69	15020,89
7	6,51	45,60	0,0230	43,8633	285,71	42,34	12096,44	17142,49
8	6,51	52,11	0,0263	49,5485	322,74	48,85	15766,50	19364,38
9	6,51	58,62	0,0296	55,4904	361,44	55,37	20011,51	21686,56
10	6,51	65,136090	0,0329	61,6889	401,82	61,88	24864,16	24109,03
					2401,90	325,68	96328,47	144114,12

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 54,86391 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 65,13609 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,898017146907 mm
 Momen internal = 11802,660720931 mm
 Tegangan Geser (τ) = 7,686086545860610 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1f
Kelengkungan balok	519,11E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,44	5,44	0,0028	0,713	3,88	2,72	10,55	232,82
2	5,44	10,88	0,0056	1,748	9,51	8,16	77,59	570,62
3	5,44	16,32	0,0085	6,152	33,46	13,60	455,06	2007,88
4	5,44	21,76	0,0113	13,925	75,74	19,04	1441,96	4544,59
5	5,44	27,20	0,0141	25,067	136,35	24,48	3337,32	8180,77
6	5,44	32,64	0,0169	39,577	215,27	29,92	6440,14	12916,41
7	5,44	38,08	0,0198	57,457	312,53	35,36	11049,45	18751,51
8	5,44	43,51	0,0226	78,705	428,10	40,79	17464,25	25686,06
9	5,44	48,95	0,0254	103,323	562,00	46,23	25983,56	33720,08
10	5,44	54,39	0,0282	131,309	714,23	51,67	36906,39	42853,55
					2491,07	220,29	103166,28	149464,28

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,56	6,56	0,0034	15,2841	100,27	3,28	328,94	6016,46
2	6,56	13,12	0,0068	19,5914	128,53	9,84	1264,90	7711,99
3	6,56	19,68	0,0102	24,1739	158,60	16,40	2601,28	9515,86
4	6,56	26,24	0,0136	29,0316	190,47	22,96	4373,62	11428,08
5	6,56	32,80	0,0170	34,1646	224,14	29,52	6617,44	13448,63
6	6,56	39,36	0,0204	39,5728	259,63	36,08	9368,29	15577,52
7	6,56	45,92	0,0238	45,2562	296,91	42,64	12661,71	17814,75
8	6,56	52,49	0,0272	51,2148	336,01	49,21	16533,24	20160,31
9	6,56	59,05	0,0307	57,4486	376,90	55,77	21018,42	22614,22
10	6,56	65,607079	0,0341	63,9577	419,61	62,33	26152,78	25176,47
					2491,07	328,04	100920,61	149464,28

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	54,39292 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	65,60708 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9273585800904 mm
Momen internal	=	12245,213629551 mm
Tegangan Geser (τ)	=	7,97142820870664 mm

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1g
Kelengkungan balok	540,44E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,37	5,37	0,0029	0,696	3,74	2,69	10,05	224,47
2	5,37	10,75	0,0058	1,908	10,25	8,06	82,60	615,01
3	5,37	16,12	0,0087	6,682	35,90	13,43	482,17	2153,91
4	5,37	21,49	0,0116	15,018	80,69	18,80	1517,21	4841,15
5	5,37	26,86	0,0145	26,917	144,61	24,18	3496,22	8676,75
6	5,37	32,24	0,0174	42,378	227,68	29,55	6727,67	13660,70
7	5,37	37,61	0,0203	61,402	329,88	34,92	11520,04	19793,00
8	5,37	42,98	0,0232	83,988	451,23	40,29	18181,82	27073,65
9	5,37	48,35	0,0261	110,136	591,71	45,67	27021,47	35502,66
10	5,37	53,73	0,0290	139,847	751,33	51,04	38347,47	45080,01
					2627,02	217,59	107386,72	157621,31

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,63	6,63	0,0036	15,5000	102,73	3,31	340,40	6163,51
2	6,63	13,25	0,0072	20,0523	132,90	9,94	1321,14	7973,75
3	6,63	19,88	0,0107	24,9091	165,08	16,57	2735,21	9905,03
4	6,63	26,51	0,0143	30,0703	199,29	23,20	4622,73	11957,36
5	6,63	33,14	0,0179	35,5359	235,51	29,82	7023,80	14130,73
6	6,63	39,76	0,0215	41,3059	273,75	36,45	9978,55	16425,15
7	6,63	46,39	0,0251	47,3803	314,01	43,08	13527,08	18840,62
8	6,63	53,02	0,0287	53,7591	356,29	49,71	17709,49	21377,14
9	6,63	59,65	0,0322	60,4423	400,58	56,33	22565,92	24034,70
10	6,63	66,274508	0,0358	67,4299	446,89	62,96	28136,45	26813,31
					2627,02	331,37	107960,78	157621,31

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	53,72549 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	66,27451 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9740049776700 mm
Momen internal	=	12920,850302681 mm
Tegangan Geser (τ)	=	8,40646984027691 mm

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 1
Kelengkungan balok	554,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,33	5,33	0,0030	0,687	3,66	2,67	9,75	219,57
2	5,33	10,66	0,0059	2,020	10,77	8,00	86,08	645,94
3	5,33	15,99	0,0089	7,047	37,56	13,33	500,55	2253,68
4	5,33	21,32	0,0118	15,767	84,05	18,66	1568,03	5042,80
5	5,33	26,65	0,0148	28,182	150,22	23,99	3603,38	9013,30
6	5,33	31,98	0,0177	44,290	236,09	29,32	6921,46	14165,18
7	5,33	37,31	0,0207	64,092	341,64	34,65	11837,15	20498,43
8	5,33	42,64	0,0237	87,588	466,88	39,98	18665,30	28013,06
9	5,33	47,97	0,0266	114,778	611,82	45,31	27720,77	36709,07
10	5,33	53,30	0,0296	145,661	776,44	50,64	39318,44	46586,45
					2719,12	215,88	110230,90	163147,49

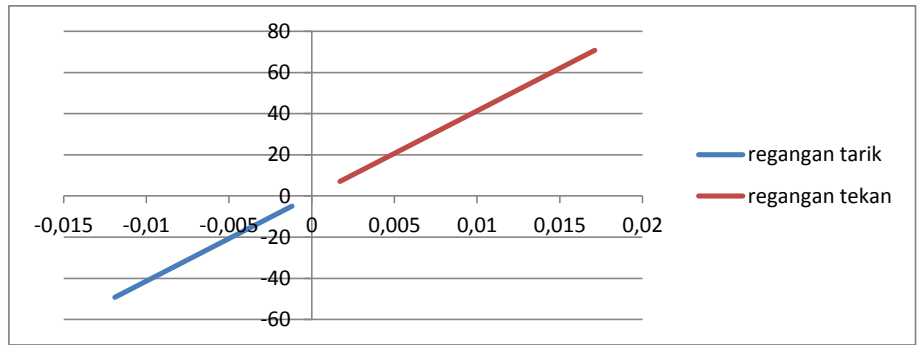
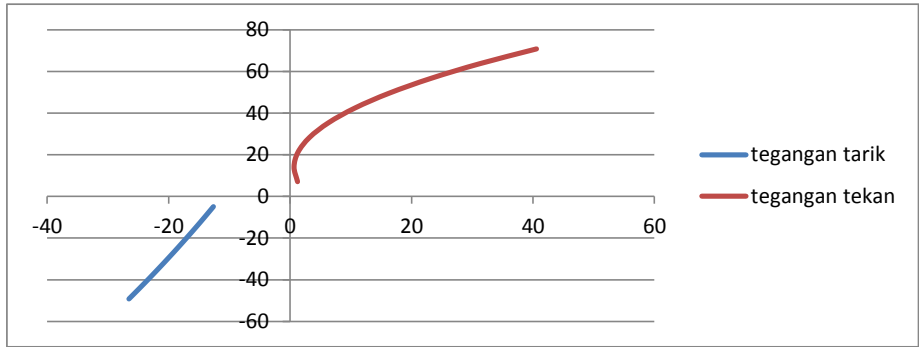
120

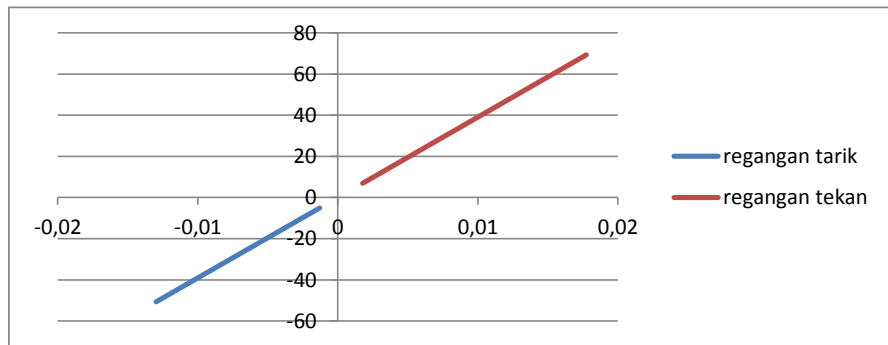
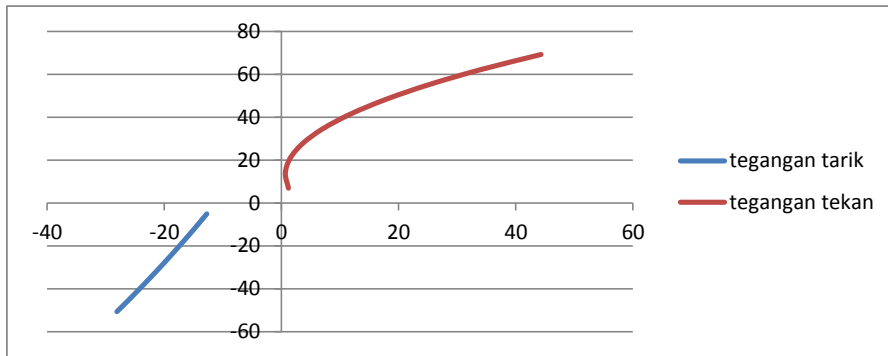
Daerah Tarik

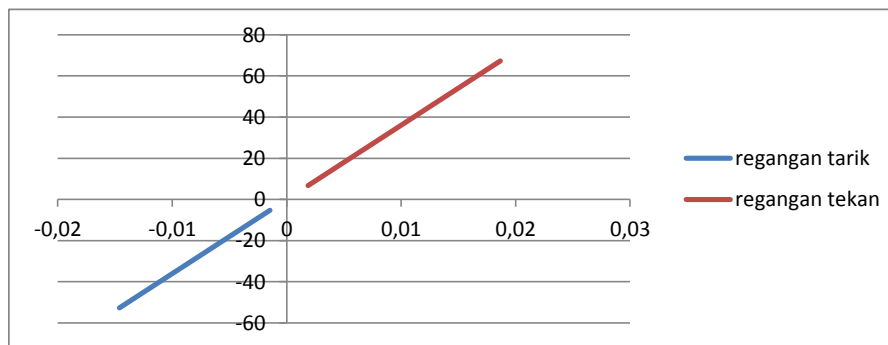
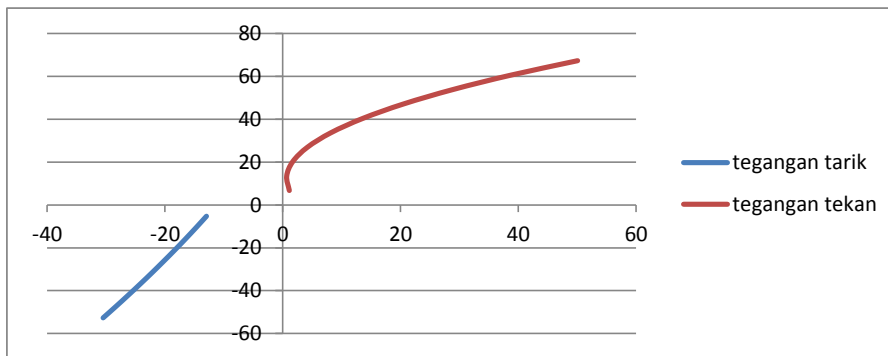
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,67	6,67	0,0037	15,6446	104,34	3,33	347,96	6260,54
2	6,67	13,34	0,0074	20,3619	135,80	10,00	1358,63	8148,28
3	6,67	20,01	0,0111	25,4040	169,43	16,67	2825,10	10165,98
4	6,67	26,68	0,0148	30,7707	205,23	23,34	4790,69	12313,61
5	6,67	33,35	0,0185	36,4623	243,19	30,01	7298,75	14591,20
6	6,67	40,02	0,0222	42,4785	283,31	36,68	10392,60	16998,73
7	6,67	46,69	0,0259	48,8194	325,60	43,35	14115,57	19536,20
8	6,67	53,36	0,0296	55,4851	370,06	50,02	18511,01	22203,63
9	6,67	60,03	0,0333	62,4755	416,68	56,69	23622,25	25001,00
10	6,67	66,695446	0,0370	69,7907	465,47	63,36	29492,62	27928,32
					2719,12	333,48	112755,18	163147,49

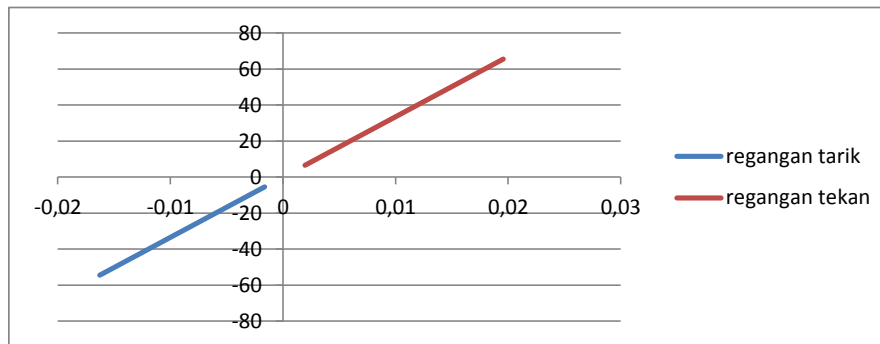
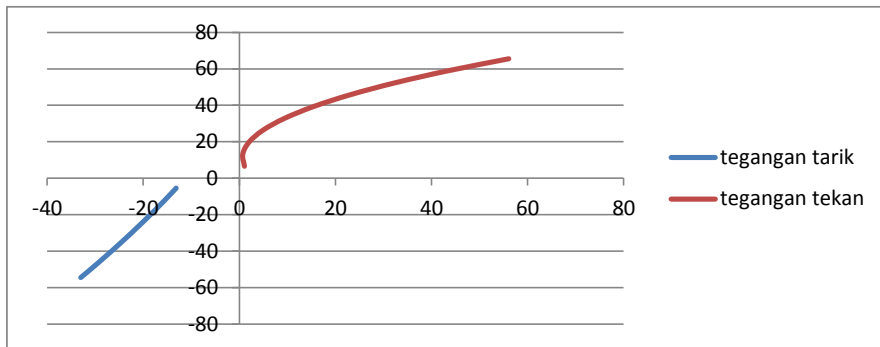
OK

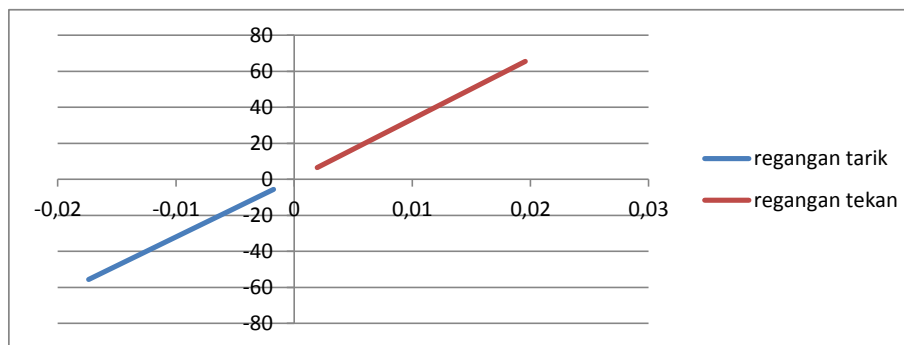
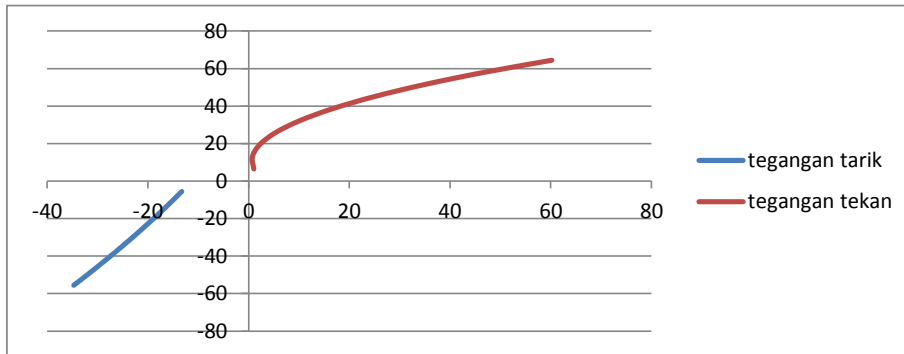
Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	53,30455 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	66,69545 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	82,0065642201340 mm
Momen internal	=	13379,164864437 mm
Tegangan Geser (τ)	=	8,70119946722740 mm











Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 2a
Kelengkungan balok	241,78E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	7,08	7,078466	0,0017	1,230	8,71	3,54	30,83	522,60
2	7,08	14,156932	0,0034	0,651	4,61	10,62	48,96	276,67
3	7,08	21,235398	0,0051	1,310	9,27	17,70	164,09	556,36
4	7,08	28,313863	0,0068	3,206	22,69	24,77	562,26	1361,69
5	7,08	35,392329	0,0086	6,340	44,88	31,85	1429,49	2692,65
6	7,08	42,470795	0,0103	10,711	75,82	38,93	2951,82	4549,24
7	7,08	49,549261	0,0120	16,321	115,52	46,01	5315,28	6931,47
8	7,08	56,627727	0,0137	23,167	163,99	53,09	8705,91	9839,32
9	7,08	63,706193	0,0154	31,252	221,21	60,17	13309,74	13272,81
10	7,08	70,784659	0,0171	40,574	287,20	67,25	19312,81	17231,93
					953,91	286,68	51831,19	57234,75

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	4,92	4,921534	0,0012	12,6295	62,16	2,46	152,95	3729,38
2	4,92	9,843068	0,0024	14,0405	69,10	7,38	510,12	4146,06
3	4,92	14,764602	0,0036	15,4852	76,21	12,30	937,69	4572,66
4	4,92	19,686137	0,0048	16,9635	83,49	17,23	1438,08	5009,17
5	4,92	24,607671	0,0059	18,4753	90,93	22,15	2013,75	5455,61
6	4,92	29,529205	0,0071	20,0208	98,53	27,07	2667,13	5911,97
7	4,92	34,450739	0,0083	21,5998	106,30	31,99	3400,67	6378,25
8	4,92	39,372273	0,0095	23,2125	114,24	36,91	4216,80	6854,45
9	4,92	44,293807	0,0107	24,8587	122,34	41,83	5117,98	7340,58
10	4,92	49,215342	0,0119	26,5385	130,61	46,75	6106,63	7836,62
					953,91	246,08	26561,80	57234,75

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	70,7847 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	49,2153 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	82,1804814422400 mm
Momen internal	=	4703,579669671 kNm
Tegangan Geser (τ)	=	2,543766886079530 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 2b
Kelengkungan balok	256,00E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,93	6,93	0,0018	1,187	8,23	3,47	28,52	493,75
2	6,93	13,86	0,0035	0,658	4,56	10,40	47,38	273,48
3	6,93	20,79	0,0053	1,458	10,10	17,33	175,07	606,28
4	6,93	27,72	0,0071	3,588	24,87	24,26	603,24	1492,15
5	6,93	34,65	0,0089	7,049	48,85	31,19	1523,52	2931,10
6	6,93	41,58	0,0106	11,839	82,05	38,12	3127,59	4923,12
7	6,93	48,51	0,0124	17,960	124,47	45,05	5607,08	7468,22
8	6,93	55,44	0,0142	25,411	176,11	51,98	9153,64	10566,39
9	6,93	62,37	0,0160	34,192	236,96	58,91	13958,94	14217,64
10	6,93	69,30	0,0177	44,302	307,03	65,84	20214,61	18421,95
					1023,23	280,68	54439,59	61394,08

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,07	5,07	0,0013	12,7560	64,67	2,53	163,92	3880,09
2	5,07	10,14	0,0026	14,3001	72,50	7,60	551,29	4349,75
3	5,07	15,21	0,0039	15,8840	80,53	12,67	1020,59	4831,55
4	5,07	20,28	0,0052	17,5080	88,76	17,74	1574,90	5325,52
5	5,07	25,35	0,0065	19,1719	97,19	22,81	2217,31	5831,64
6	5,07	30,42	0,0078	20,8757	105,83	27,88	2950,90	6349,92
7	5,07	35,49	0,0091	22,6196	114,67	32,95	3778,75	6880,36
8	5,07	40,56	0,0104	24,4034	123,72	38,02	4703,94	7422,95
9	5,07	45,63	0,0117	26,2272	132,96	43,09	5729,55	7977,70
10	5,07	50,696163	0,0130	28,0909	142,41	48,16	6858,66	8544,60
					1023,23	253,48	29549,82	61394,08

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 69,30384 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 50,69616 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 82,0822409068115 mm
 Momen internal = 5039,364033845 mm
 Tegangan Geser (τ) = 3,27435117043554 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 2c
Kelengkungan balok	277,33E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,73	6,73	0,0019	1,127	7,59	3,36	25,52	455,11
2	6,73	13,46	0,0037	0,679	4,57	10,09	46,12	274,15
3	6,73	20,19	0,0056	1,703	11,46	16,82	192,80	687,55
4	6,73	26,92	0,0075	4,199	28,26	23,55	665,54	1695,33
5	6,73	33,65	0,0093	8,166	54,96	30,28	1664,36	3297,47
6	6,73	40,38	0,0112	13,606	91,57	37,01	3389,25	5493,97
7	6,73	47,11	0,0131	20,518	138,08	43,74	6040,22	8284,85
8	6,73	53,84	0,0149	28,901	194,50	50,47	9817,26	11670,09
9	6,73	60,57	0,0168	38,757	260,83	57,20	14920,37	15649,69
10	6,73	67,30	0,0187	50,084	337,06	63,93	21549,56	20223,66
					1128,86	272,56	58311,02	67731,86

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,27	5,27	0,0015	12,9487	68,24	2,64	179,82	4094,47
2	5,27	10,54	0,0029	14,6960	77,45	7,91	612,26	4647,00
3	5,27	15,81	0,0044	16,4941	86,93	13,18	1145,28	5215,56
4	5,27	21,08	0,0058	18,3428	96,67	18,45	1783,11	5800,14
5	5,27	26,35	0,0073	20,2422	106,68	23,72	2529,96	6400,75
6	5,27	31,62	0,0088	22,1923	116,96	28,99	3390,07	7017,39
7	5,27	36,89	0,0102	24,1931	127,50	34,26	4367,66	7650,06
8	5,27	42,16	0,0117	26,2446	138,31	39,53	5466,95	8298,76
9	5,27	47,43	0,0132	28,3468	149,39	44,80	6692,16	8963,48
10	5,27	52,70136	0,0146	30,4996	160,74	50,07	8047,52	9644,24
					1128,86	263,51	34214,79	67731,86

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 67,29864 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 52,70136 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,963622687200 mm
 Momen internal = 5551,549012326 mm
 Tegangan Geser (τ) = 3,612366018510260 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 2d
Kelengkungan balok	298,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,55	6,55	0,0020	1,072	7,02	3,28	23,00	421,20
2	6,55	13,10	0,0039	0,714	4,68	9,83	45,95	280,54
3	6,55	19,65	0,0059	1,974	12,93	16,38	211,78	775,82
4	6,55	26,21	0,0078	4,851	31,78	22,93	728,82	1907,05
5	6,55	32,76	0,0098	9,347	61,24	29,48	1805,37	3674,23
6	6,55	39,31	0,0117	15,461	101,29	36,03	3649,77	6077,35
7	6,55	45,86	0,0137	23,192	151,94	42,58	6470,32	9116,43
8	6,55	52,41	0,0157	32,541	213,19	49,14	10475,36	12791,46
9	6,55	58,96	0,0176	43,508	285,04	55,69	15873,20	17102,43
10	6,55	65,51	0,0196	56,093	367,49	62,24	22872,16	22049,35
					1236,60	265,33	62155,72	74195,85

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,45	5,45	0,0016	13,1442	71,62	2,72	195,10	4297,00
2	5,45	10,90	0,0033	15,0993	82,27	8,17	672,37	4936,13
3	5,45	16,35	0,0049	17,1172	93,26	13,62	1270,37	5595,80
4	5,45	21,79	0,0065	19,1979	104,60	19,07	1994,71	6276,02
5	5,45	27,24	0,0081	21,3415	116,28	24,52	2850,98	6976,77
6	5,45	32,69	0,0098	23,5479	128,30	29,97	3844,79	7698,07
7	5,45	38,14	0,0114	25,8171	140,67	35,42	4981,71	8439,91
8	5,45	43,59	0,0130	28,1492	153,37	40,86	6267,36	9202,28
9	5,45	49,04	0,0146	30,5441	166,42	46,31	7707,32	9985,20
10	5,45	54,48526	0,0163	33,0018	179,81	51,76	9307,20	10788,66
					1236,60	272,43	39091,91	74195,85

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	65,514743 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	54,48526 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8759843505614 mm
Momen internal	=	6074,858030928 mm
Tegangan Geser (τ)	=	3,957112144828540 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 2e
Kelengkungan balok	312,89E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,44	6,44	0,0020	1,037	6,68	3,22	21,52	400,86
2	6,44	12,89	0,0040	0,744	4,79	9,66	46,33	287,61
3	6,44	19,33	0,0060	2,168	13,97	16,11	225,04	838,24
4	6,44	25,77	0,0081	5,310	34,21	22,55	771,52	2052,76
5	6,44	32,22	0,0101	10,169	65,52	28,99	1899,67	3931,17
6	6,44	38,66	0,0121	16,745	107,89	35,44	3823,34	6473,47
7	6,44	45,10	0,0141	25,039	161,33	41,88	6756,42	9679,66
8	6,44	51,54	0,0161	35,050	225,83	48,32	10912,78	13549,74
9	6,44	57,99	0,0181	46,778	301,40	54,77	16506,29	18083,70
10	6,44	64,43	0,0202	60,224	388,03	61,21	23750,83	23281,56
					1309,65	260,95	64713,75	78578,77

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,56	5,56	0,0017	13,2761	73,77	2,78	204,98	4426,43
2	5,56	11,11	0,0035	15,3719	85,42	8,34	712,01	5125,20
3	5,56	16,67	0,0052	17,5394	97,46	13,89	1354,01	5847,88
4	5,56	22,23	0,0070	19,7786	109,91	19,45	2137,62	6594,48
5	5,56	27,78	0,0087	22,0896	122,75	25,01	3069,49	7365,00
6	5,56	33,34	0,0104	24,4723	135,99	30,56	4156,27	8159,43
7	5,56	38,90	0,0122	26,9268	149,63	36,12	5404,60	8977,78
8	5,56	44,46	0,0139	29,4530	163,67	41,68	6821,13	9820,04
9	5,56	50,01	0,0156	32,0509	178,10	47,23	8412,50	10686,22
10	5,56	55,569056	0,0174	34,7205	192,94	52,79	10185,35	11576,32
					1309,65	277,85	42457,96	78578,77

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	64,43094 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	55,56906 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,832562972020 mm
Momen internal	=	6430,302476889 mm
Tegangan Geser (τ)	=	4,190867855481940 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 2
Kelengkungan balok	355,56E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,16	6,16	0,0022	0,944	5,81	3,08	17,91	348,83
2	6,16	12,32	0,0044	0,867	5,34	9,24	49,36	320,53
3	6,16	18,48	0,0066	2,817	17,35	15,40	267,24	1041,25
4	6,16	24,64	0,0088	6,794	41,85	21,56	902,23	2511,01
5	6,16	30,80	0,0110	12,798	78,83	27,72	2185,02	4729,80
6	6,16	36,96	0,0131	20,828	128,29	33,88	4346,29	7697,62
7	6,16	43,12	0,0153	30,885	190,24	40,04	7616,74	11414,47
8	6,16	49,28	0,0175	42,969	264,67	46,20	12227,04	15880,35
9	6,16	55,44	0,0197	57,080	351,59	52,36	18407,88	21095,27
10	6,16	61,60	0,0219	73,217	450,99	58,52	26389,96	27059,21
					1534,97	249,46	72409,66	92098,35

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,84	5,84	0,0021	13,6777	79,88	2,92	233,28	4793,03
2	5,84	11,68	0,0042	16,2058	94,65	8,76	829,18	5678,92
3	5,84	17,52	0,0062	18,8362	110,01	14,60	1606,28	6600,68
4	5,84	23,36	0,0083	21,5689	125,97	20,44	2575,04	7558,29
5	5,84	29,20	0,0104	24,4039	142,53	26,28	3745,94	8551,75
6	5,84	35,04	0,0125	27,3413	159,68	32,12	5129,44	9581,07
7	5,84	40,88	0,0145	30,3810	177,44	37,96	6736,01	10646,25
8	5,84	46,72	0,0166	33,5229	195,79	43,80	8576,13	11747,28
9	5,84	52,56	0,0187	36,7673	214,74	49,64	10660,27	12884,17
10	5,84	58,404189	0,0208	40,1139	234,28	55,48	12998,89	14056,91
					1534,97	292,02	53090,45	92098,35

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	= 61,59581 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	= 58,40419 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	= 81,7604971819284 mm
Momen internal	= 7530,006962860 mm
Tegangan Geser (τ)	= 4,91191209826513 mm

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 3
Kelengkungan balok	426,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,79	5,790948	0,0025	0,821	4,75	2,90	13,76	285,20
2	5,79	11,581897	0,0049	1,174	6,80	8,69	59,06	407,93
3	5,79	17,372845	0,0074	4,107	23,78	14,48	344,31	1426,98
4	5,79	23,163793	0,0099	9,619	55,71	20,27	1129,06	3342,33
5	5,79	28,954742	0,0124	17,712	102,57	26,06	2672,81	6153,99
6	5,79	34,745690	0,0148	28,383	164,37	31,85	5235,10	9861,97
7	5,79	40,536638	0,0173	41,635	241,10	37,64	9075,44	14466,25
8	5,79	46,327586	0,0198	57,466	332,78	43,43	14453,37	19966,84
9	5,79	52,118535	0,0222	75,876	439,40	49,22	21628,40	26363,74
10	5,79	57,909483	0,0247	96,867	560,95	55,01	30860,06	33656,95
					1932,20	234,53	85471,37	115932,17

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,21	6,209052	0,0026	14,3646	89,19	3,10	276,89	5351,44
2	6,21	12,418103	0,0053	17,6438	109,55	9,31	1020,31	6573,06
3	6,21	18,627155	0,0079	21,0894	130,95	15,52	2032,62	7856,73
4	6,21	24,836207	0,0106	24,7016	153,37	21,73	3333,07	9202,43
5	6,21	31,045259	0,0132	28,4804	176,84	27,94	4940,93	10610,17
6	6,21	37,254310	0,0159	32,4256	201,33	34,15	6875,46	12079,95
7	6,21	43,463362	0,0185	36,5374	226,86	40,36	9155,92	13611,77
8	6,21	49,672414	0,0212	40,8158	253,43	46,57	11801,57	15205,63
9	6,21	55,881465	0,0238	45,2606	281,03	52,78	14831,66	16861,53
10	6,21	62,090517	0,0265	49,8720	309,66	58,99	18265,47	18579,46
					1932,20	310,45	72533,91	115932,17

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	57,9095 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	62,0905 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,7746818073398 mm
Momen internal	=	9480,316424308 kNmm
Tegangan Geser (τ)	=	5,152540971428470 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 3
Kelengkungan balok	448,00E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,70	5,70	0,0026	0,791	4,51	2,85	12,85	270,48
2	5,70	11,40	0,0051	1,289	7,35	8,55	62,82	440,93
3	5,70	17,10	0,0077	4,543	25,89	14,25	368,87	1553,35
4	5,70	22,80	0,0102	10,550	60,13	19,95	1199,41	3607,73
5	5,70	28,50	0,0128	19,313	110,07	25,65	2822,86	6604,08
6	5,70	34,20	0,0153	30,830	175,71	31,35	5507,65	10542,39
7	5,70	39,89	0,0179	45,102	257,04	37,04	9522,21	15422,67
8	5,70	45,59	0,0204	62,128	354,08	42,74	15134,95	21244,92
9	5,70	51,29	0,0230	81,909	466,82	48,44	22614,31	28009,13
10	5,70	56,99	0,0255	104,445	595,26	54,14	32228,70	35715,31
					2056,85	230,82	89474,62	123410,99

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,30	6,30	0,0028	14,5743	91,83	3,15	289,30	5509,78
2	6,30	12,60	0,0056	18,0857	113,95	9,45	1077,00	6837,25
3	6,30	18,90	0,0085	21,7862	137,27	15,75	2162,27	8236,20
4	6,30	25,20	0,0113	25,6757	161,78	22,05	3567,62	9706,62
5	6,30	31,50	0,0141	29,7543	187,48	28,35	5315,58	11248,52
6	6,30	37,80	0,0169	34,0220	214,36	34,65	7428,65	12861,89
7	6,30	44,11	0,0198	38,4787	242,45	40,96	9929,36	14546,73
8	6,30	50,41	0,0226	43,1245	271,72	47,26	12840,23	16303,05
9	6,30	56,71	0,0254	47,9593	302,18	53,56	16183,76	18130,84
10	6,30	63,007728	0,0282	52,9832	333,84	59,86	19982,49	20030,11
					2056,85	315,04	78776,25	123410,99

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	56,99227 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	63,00773 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8002736218249 mm
Momen internal	=	10095,052355973 mm
Tegangan Geser (τ)	=	6,58191920963918 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 3
Kelengkungan balok	483,56E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,56	5,56	0,0027	0,748	4,16	2,78	11,57	249,63
2	5,56	11,12	0,0054	1,505	8,37	8,34	69,81	502,14
3	5,56	16,68	0,0081	5,317	29,57	13,90	411,15	1774,32
4	5,56	22,25	0,0108	12,186	67,77	19,46	1319,11	4066,18
5	5,56	27,81	0,0134	22,110	122,96	25,03	3077,24	7377,71
6	5,56	33,37	0,0161	35,090	195,15	30,59	5969,08	11708,92
7	5,56	38,93	0,0188	51,126	284,33	36,15	10278,15	17059,80
8	5,56	44,49	0,0215	70,218	390,51	41,71	16288,00	23430,35
9	5,56	50,05	0,0242	92,366	513,68	47,27	24282,17	30820,58
10	5,56	55,61	0,0269	117,569	653,84	52,83	34544,19	39230,48
					2270,34	225,23	96250,49	136220,10

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,44	6,44	0,0031	14,9272	96,11	3,22	309,41	5766,69
2	6,44	12,88	0,0062	18,8325	121,26	9,66	1171,09	7275,36
3	6,44	19,32	0,0093	22,9677	147,88	16,10	2380,40	8872,89
4	6,44	25,75	0,0125	27,3330	175,99	22,54	3965,95	10559,28
5	6,44	32,19	0,0156	31,9283	205,58	28,97	5956,34	12334,53
6	6,44	38,63	0,0187	36,7536	236,64	35,41	8380,19	14198,63
7	6,44	45,07	0,0218	41,8089	269,19	41,85	11266,09	16151,59
8	6,44	51,51	0,0249	47,0942	303,22	48,29	14642,66	18193,41
9	6,44	57,95	0,0280	52,6095	338,73	54,73	18538,50	20324,09
10	6,44	64,38665	0,0311	58,3548	375,73	61,17	22982,21	22543,62
					2270,34	321,93	89592,85	136220,10

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	= 55,61335 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	= 64,38665 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	= 81,857229891990 mm
Momen internal	= 11150,600390099 mm
Tegangan Geser (τ)	= 7,265072051047030 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL LIGNO 3
Kelengkungan balok	554,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

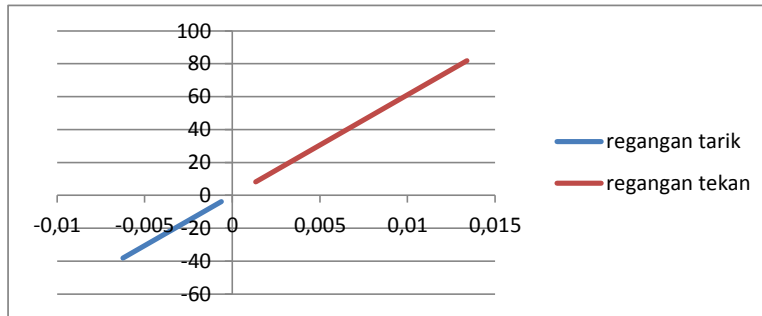
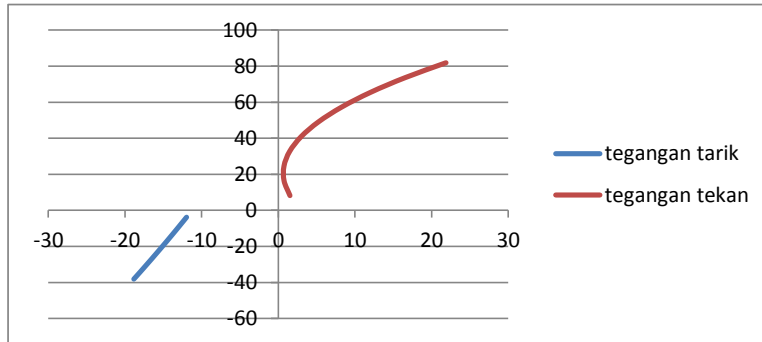
Daerah Tekan									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	5,33	5,33	0,0030	0,687	3,66	2,67	9,75	219,57	
2	5,33	10,66	0,0059	2,020	10,77	8,00	86,08	645,94	
3	5,33	15,99	0,0089	7,047	37,56	13,33	500,55	2253,68	
4	5,33	21,32	0,0118	15,767	84,05	18,66	1568,03	5042,80	
5	5,33	26,65	0,0148	28,182	150,22	23,99	3603,38	9013,30	
6	5,33	31,98	0,0177	44,290	236,09	29,32	6921,46	14165,18	
7	5,33	37,31	0,0207	64,092	341,64	34,65	11837,15	20498,43	
8	5,33	42,64	0,0237	87,588	466,88	39,98	18665,30	28013,06	
9	5,33	47,97	0,0266	114,778	611,82	45,31	27720,77	36709,07	
10	5,33	53,30	0,0296	145,661	776,44	50,64	39318,44	46586,45	
						2719,12	215,88	110230,91	163147,49

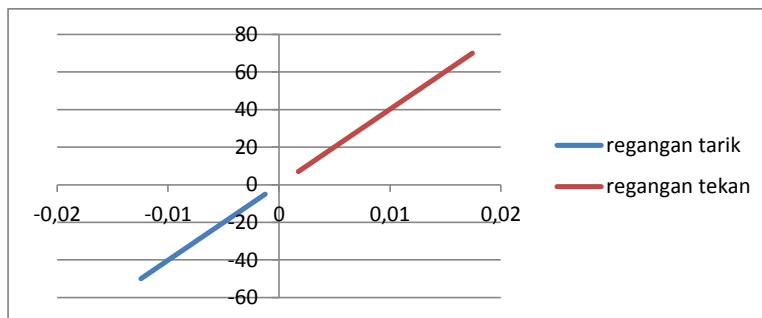
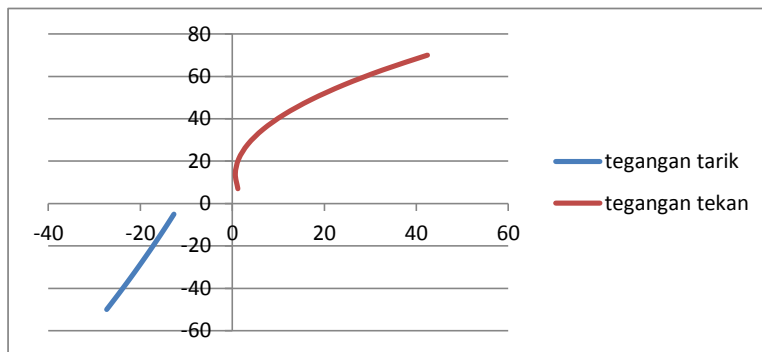
120

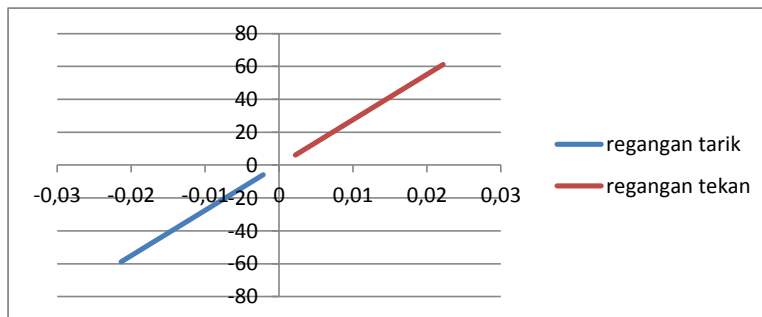
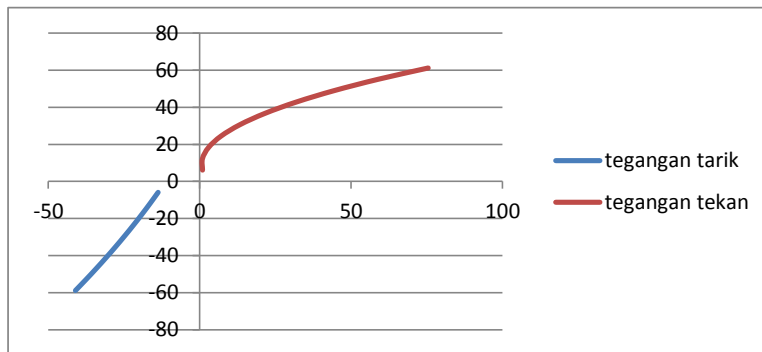
Daerah Tarik									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	6,67	6,67	0,0037	15,6446	104,34	3,33	347,96	6260,54	
2	6,67	13,34	0,0074	20,3619	135,80	10,00	1358,63	8148,28	
3	6,67	20,01	0,0111	25,4040	169,43	16,67	2825,10	10165,98	
4	6,67	26,68	0,0148	30,7707	205,23	23,34	4790,69	12313,61	
5	6,67	33,35	0,0185	36,4623	243,19	30,01	7298,75	14591,20	
6	6,67	40,02	0,0222	42,4785	283,31	36,68	10392,60	16998,73	
7	6,67	46,69	0,0259	48,8194	325,60	43,35	14115,57	19536,20	
8	6,67	53,36	0,0296	55,4851	370,06	50,02	18511,01	22203,63	
9	6,67	60,03	0,0333	62,4755	416,68	56,69	23622,25	25001,00	
10	6,67	66,69545	0,0370	69,7907	465,47	63,36	29492,62	27928,32	
						2719,12	333,48	112755,18	163147,49

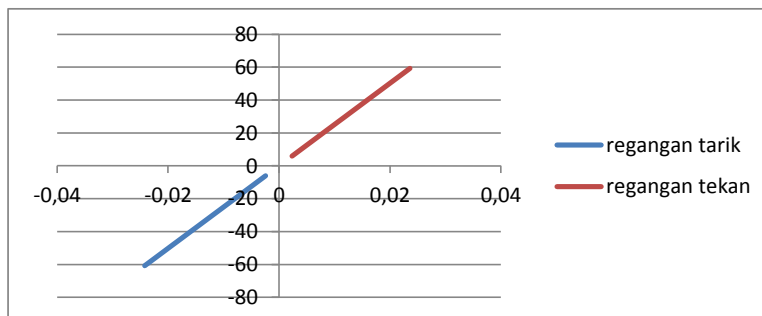
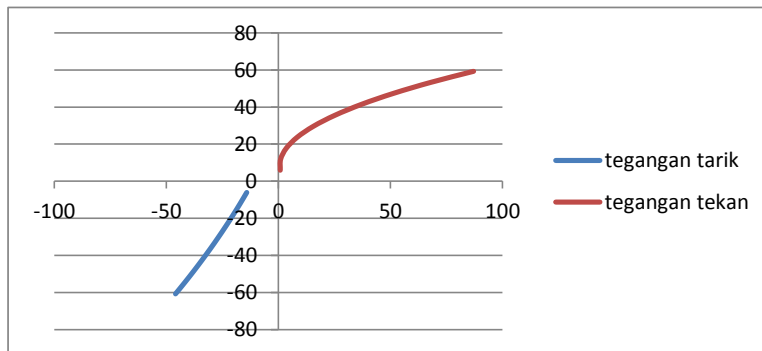
OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	53,304554 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	66,69545 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	82,0065642428008 mm
Momen internal	=	13379,164743859 mm
Tegangan Geser (τ)	=	8,701199646832530 MPa









Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 1a
Kelengkungan balok	163,56E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	8,19	8,186805	0,0013	1,520	12,45	4,09	50,95	746,87
2	8,19	16,373609	0,0027	0,751	6,15	12,28	75,54	369,07
3	8,19	24,560414	0,0040	0,740	6,06	20,47	123,96	363,40
4	8,19	32,747218	0,0054	1,486	12,16	28,65	348,56	729,88
5	8,19	40,934023	0,0067	2,990	24,47	36,84	901,67	1468,49
6	8,19	49,120827	0,0080	5,251	42,99	45,03	1935,62	2579,25
7	8,19	57,307632	0,0094	8,270	67,70	53,21	3602,73	4062,14
8	8,19	65,494437	0,0107	12,046	98,62	61,40	6055,34	5917,17
9	8,19	73,681241	0,0121	16,580	135,74	69,59	9445,79	8144,35
10	8,19	81,868046	0,0134	21,872	179,06	77,77	13926,40	10743,66
					585,40	331,57	36466,57	35124,28

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	3,81	3,813195	0,0006	11,9698	45,64	1,91	87,02	2738,59
2	3,81	7,626391	0,0012	12,6968	48,42	5,72	276,93	2904,92
3	3,81	11,439586	0,0019	13,4330	51,22	9,53	488,31	3073,37
4	3,81	15,252782	0,0025	14,1785	54,07	13,35	721,57	3243,92
5	3,81	19,065977	0,0031	14,9332	56,94	17,16	977,11	3416,59
6	3,81	22,879173	0,0037	15,6971	59,86	20,97	1255,34	3591,37
7	3,81	26,692368	0,0044	16,4703	62,80	24,79	1556,66	3768,26
8	3,81	30,505563	0,0050	17,2527	65,79	28,60	1881,46	3947,27
9	3,81	34,318759	0,0056	18,0443	68,81	32,41	2230,16	4128,38
10	3,81	38,131954	0,0062	18,8451	71,86	36,23	2603,16	4311,61
					585,40	190,66	12077,71	35124,28

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	81,8680 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	38,1320 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	82,9243091037473 mm
Momen internal	=	2912,656739689 kNm
Tegangan Geser (τ)	=	1,561079248376680 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 1b
Kelengkungan balok	248,89E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	7,00	7,00	0,0017	1,209	8,46	3,50	29,64	507,84
2	7,00	14,01	0,0035	0,654	4,58	10,50	48,09	274,68
3	7,00	21,01	0,0052	1,382	9,68	17,51	169,49	580,87
4	7,00	28,01	0,0070	3,395	23,77	24,51	582,69	1426,41
5	7,00	35,01	0,0087	6,691	46,85	31,51	1476,53	2811,30
6	7,00	42,02	0,0105	11,270	78,93	38,52	3039,88	4735,53
7	7,00	49,02	0,0122	17,134	119,99	45,52	5461,56	7199,12
8	7,00	56,02	0,0139	24,281	170,03	52,52	8930,45	10202,05
9	7,00	63,03	0,0157	32,711	229,07	59,52	13635,37	13744,33
10	7,00	70,03	0,0174	42,425	297,10	66,53	19765,19	17825,96
					988,47	283,62	53138,89	59308,08

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,00	5,00	0,0012	12,6926	63,43	2,50	158,48	3805,59
2	5,00	9,99	0,0025	14,1698	70,81	7,50	530,76	4248,51
3	5,00	14,99	0,0037	15,6838	78,37	12,49	979,11	4702,44
4	5,00	19,99	0,0050	17,2345	86,12	17,49	1506,29	5167,38
5	5,00	24,99	0,0062	18,8218	94,06	22,49	2115,03	5643,32
6	5,00	29,98	0,0075	20,4459	102,17	27,48	2808,09	6130,26
7	5,00	34,98	0,0087	22,1067	110,47	32,48	3588,22	6628,21
8	5,00	39,98	0,0099	23,8042	118,95	37,48	4458,17	7137,16
9	5,00	44,97	0,0112	25,5384	127,62	42,48	5420,69	7657,12
10	5,00	49,971353	0,0124	27,3093	136,47	47,47	6478,52	8188,09
					988,47	249,86	28043,37	59308,08

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 70,02865 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 49,97135 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 82,1293698058168 mm
 Momen internal = 4870,934849016 mm
 Tegangan Geser (τ) = 3,16309769982666 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 1c
Kelengkungan balok	362,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,12	6,12	0,0022	0,930	5,69	3,06	17,40	341,30
2	6,12	12,24	0,0044	0,892	5,46	9,18	50,10	327,56
3	6,12	18,35	0,0067	2,935	17,95	15,29	274,59	1077,25
4	6,12	24,47	0,0089	7,057	43,17	21,41	924,40	2590,39
5	6,12	30,59	0,0111	13,260	81,12	27,53	2233,04	4866,97
6	6,12	36,71	0,0133	21,542	131,78	33,65	4434,03	7906,98
7	6,12	42,82	0,0155	31,904	195,17	39,76	7760,88	11710,44
8	6,12	48,94	0,0177	44,346	271,29	45,88	12447,13	16277,33
9	6,12	55,06	0,0200	58,868	360,13	52,00	18726,28	21607,67
10	6,12	61,18	0,0222	75,470	461,69	58,12	26831,85	27701,44
					1573,46	247,76	73699,69	94407,34

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,88	5,88	0,0021	13,7455	80,86	2,94	237,82	4851,46
2	5,88	11,76	0,0043	16,3470	96,16	8,82	848,50	5769,65
3	5,88	17,65	0,0064	19,0565	112,10	14,71	1648,55	6725,97
4	5,88	23,53	0,0085	21,8740	128,67	20,59	2649,21	7720,40
5	5,88	29,41	0,0107	24,7995	145,88	26,47	3861,67	8752,94
6	5,88	35,29	0,0128	27,8330	163,73	32,35	5297,15	9823,60
7	5,88	41,18	0,0149	30,9744	182,21	38,24	6966,85	10932,38
8	5,88	47,06	0,0171	34,2239	201,32	44,12	8882,00	12079,27
9	5,88	52,94	0,0192	37,5814	221,07	50,00	11053,79	13264,28
10	5,88	58,82472	0,0213	41,0468	241,46	55,88	13493,45	14487,41
					1573,46	294,12	54938,99	94407,35

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a) = 61,17528 mm
 Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b) = 58,82472 mm
 Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik = 81,755511911194 mm
 Momen internal = 7718,321274836 mm
 Tegangan Geser (τ) = 5,035057949348550 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 1d
Kelengkungan balok	398,22E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,93	5,93	0,0024	0,866	5,13	2,96	15,20	307,73
2	5,93	11,85	0,0047	1,037	6,14	8,89	54,60	368,59
3	5,93	17,78	0,0071	3,561	21,10	14,81	312,57	1265,97
4	5,93	23,70	0,0094	8,438	50,00	20,74	1036,93	2999,87
5	5,93	29,63	0,0118	15,667	92,84	26,67	2475,54	5570,29
6	5,93	35,55	0,0142	25,250	149,62	32,59	4876,24	8977,24
7	5,93	41,48	0,0165	37,185	220,34	38,52	8486,88	13220,70
8	5,93	47,40	0,0189	51,474	305,01	44,44	13555,28	18300,68
9	5,93	53,33	0,0212	68,115	403,62	50,37	20329,31	24217,18
10	5,93	59,26	0,0236	87,109	516,17	56,29	29056,80	30970,21
					1769,97	239,99	80199,36	106198,46

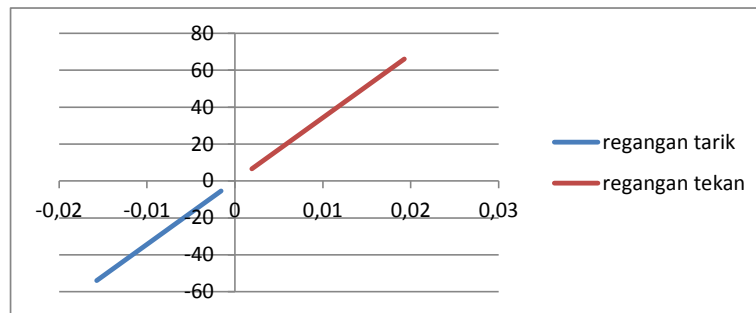
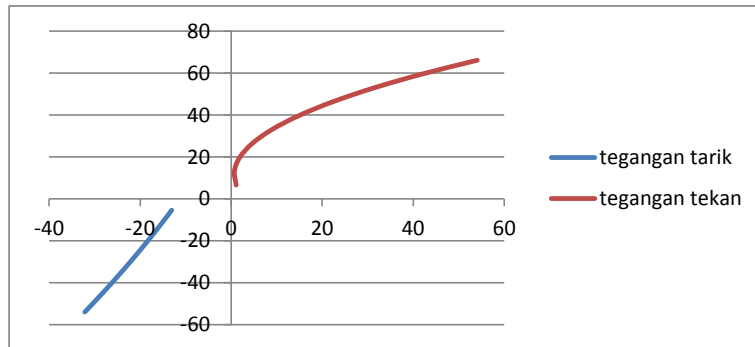
120

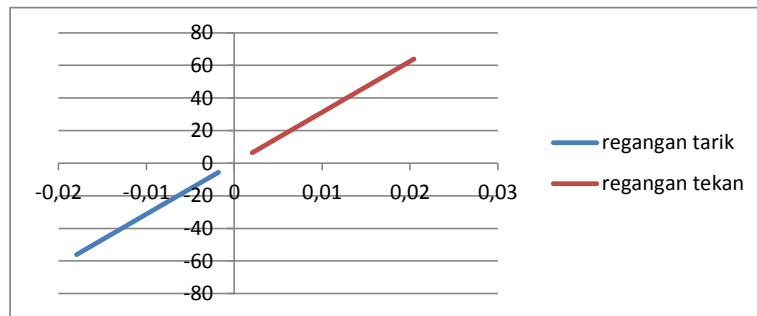
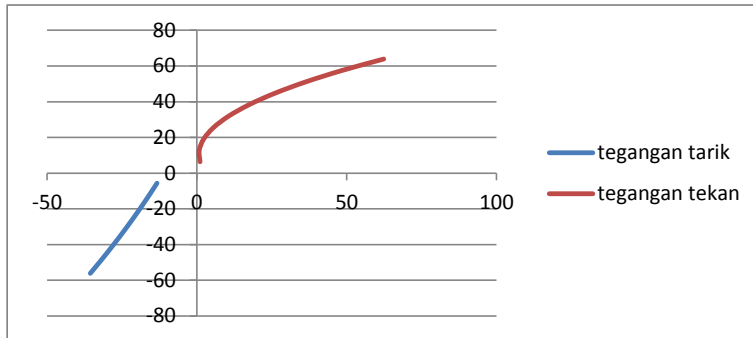
Daerah Tarik

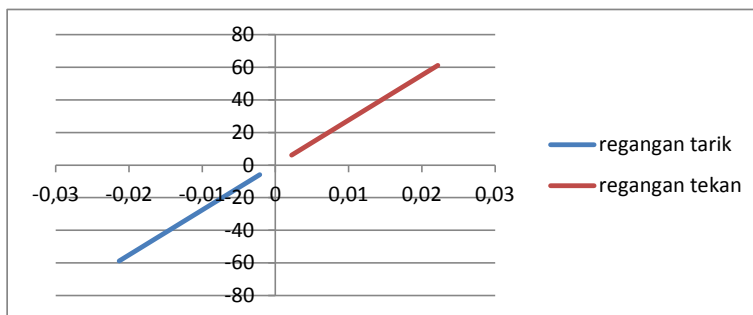
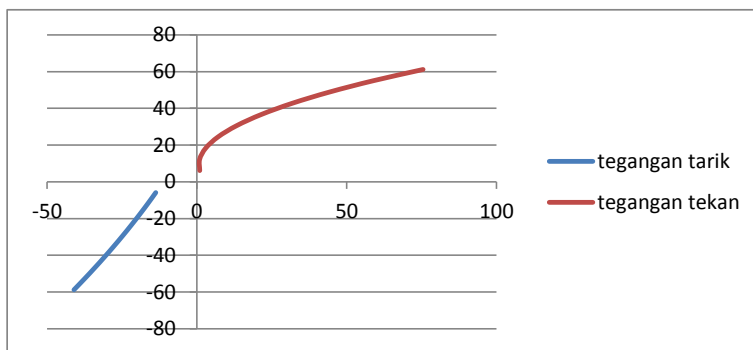
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,07	6,07	0,0024	14,0875	85,57	3,04	259,90	5134,40
2	6,07	12,15	0,0048	17,0619	103,64	9,11	944,34	6218,45
3	6,07	18,22	0,0073	20,1751	122,55	15,19	1861,07	7353,10
4	6,07	24,30	0,0097	23,4271	142,31	21,26	3025,49	8538,35
5	6,07	30,37	0,0121	26,8180	162,90	27,33	4452,94	9774,20
6	6,07	36,45	0,0145	30,3477	184,34	33,41	6158,81	11060,66
7	6,07	42,52	0,0169	34,0162	206,63	39,48	8158,46	12397,72
8	6,07	48,60	0,0194	37,8236	229,76	45,56	10467,27	13785,39
9	6,07	54,67	0,0218	41,7699	253,73	51,63	13100,59	15223,66
10	6,07	60,74414	0,0242	45,8550	278,54	57,71	16073,81	16712,53
					1769,97	303,72	64502,69	106198,46

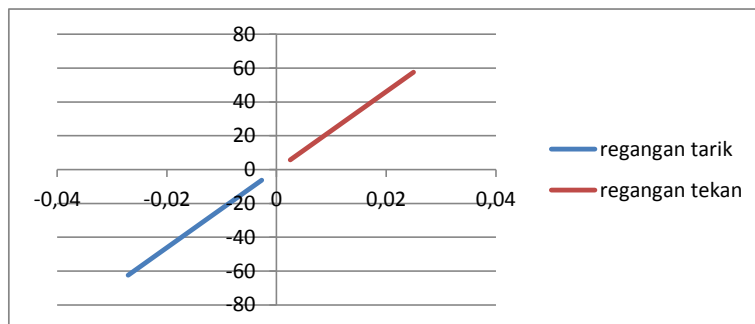
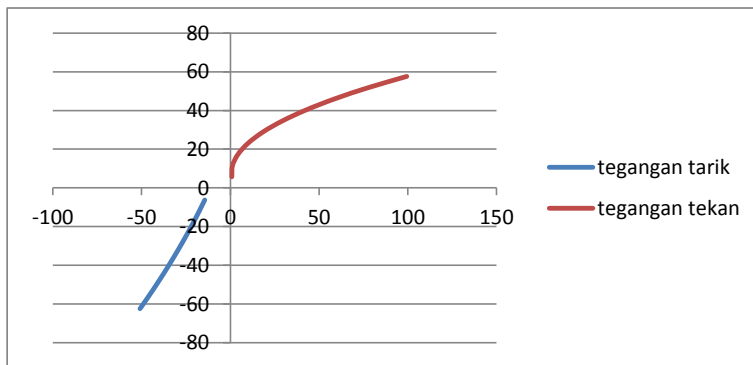
OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	= 59,255865 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	= 60,74414 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	= 81,7537552460230 mm
Momen internal	= 8682,122994144 mm
Tegangan Geser (τ)	= 5,663917734920000 MPa









Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 2a
Kelengkungan balok	291,56E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm^2)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm^3)	Gaya pias (N)
1	6,61	6,608709	0,0019	1,090	7,20	3,30	23,79	432,03
2	6,61	13,217418	0,0039	0,701	4,63	9,91	45,90	277,82
3	6,61	19,826127	0,0058	1,881	12,43	16,52	205,33	745,66
4	6,61	26,434835	0,0077	4,629	30,59	23,13	707,62	1835,55
5	6,61	33,043544	0,0096	8,946	59,12	29,74	1758,32	3547,49
6	6,61	39,652253	0,0116	14,833	98,02	36,35	3562,98	5881,47
7	6,61	46,260962	0,0135	22,288	147,29	42,96	6327,15	8837,50
8	6,61	52,869671	0,0154	31,311	206,93	49,57	10256,37	12415,58
9	6,61	59,478380	0,0173	41,904	276,93	56,17	15556,19	16615,71
10	6,61	66,087089	0,0193	54,065	357,30	62,78	22432,15	21437,89
					1200,45	267,65	60875,82	72026,70

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm^2)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm^3)	Gaya pias (N)
1	5,39	5,391291	0,0016	13,0787	70,51	2,70	190,07	4230,68
2	5,39	10,782582	0,0031	14,9641	80,68	8,09	652,42	4840,55
3	5,39	16,173873	0,0047	16,9081	91,16	13,48	1228,63	5469,38
4	5,39	21,565165	0,0063	18,9107	101,95	18,87	1923,81	6117,18
5	5,39	26,956456	0,0079	20,9719	113,07	24,26	2743,07	6783,95
6	5,39	32,347747	0,0094	23,0918	124,49	29,65	3691,53	7469,68
7	5,39	37,739038	0,0110	25,2703	136,24	35,04	4774,29	8174,37
8	5,39	43,130329	0,0126	27,5074	148,30	40,43	5996,48	8898,03
9	5,39	48,521620	0,0141	29,8032	160,68	45,83	7363,20	9640,65
10	5,39	53,912911	0,0157	32,1575	173,37	51,22	8879,57	10402,23
					1200,45	269,56	37443,07	72026,70

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	66,0871 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	53,9129 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9020291313760 mm
Momen internal	=	5899,133169712 kNm
Tegangan Geser (τ)	=	3,201186769415120 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 2b
Kelengkungan balok	320,00E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm^2)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm^3)	Gaya pias (N)
1	6,39	6,39	0,0020	1,020	6,52	3,20	20,84	391,30
2	6,39	12,78	0,0041	0,761	4,87	9,59	46,65	291,92
3	6,39	19,18	0,0061	2,270	14,51	15,98	231,83	870,47
4	6,39	25,57	0,0082	5,546	35,45	22,37	793,04	2126,96
5	6,39	31,96	0,0102	10,590	67,69	28,76	1946,95	4061,38
6	6,39	38,35	0,0123	17,402	111,23	35,15	3910,20	6673,74
7	6,39	44,74	0,0143	25,982	166,07	41,55	6899,47	9964,03
8	6,39	51,13	0,0164	36,329	232,20	47,94	11131,41	13932,25
9	6,39	57,53	0,0184	48,444	309,64	54,33	16822,68	18578,41
10	6,39	63,92	0,0205	62,327	398,38	60,72	24189,93	23902,51
					1346,55	258,87	65992,99	80792,97

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm^2)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm^3)	Gaya pias (N)
1	5,61	5,61	0,0018	13,3424	74,83	2,80	209,83	4489,66
2	5,61	11,22	0,0036	15,5092	86,98	8,41	731,71	5218,78
3	5,61	16,82	0,0054	17,7524	99,56	14,02	1395,90	5973,62
4	5,61	22,43	0,0072	20,0721	112,57	19,63	2209,62	6754,17
5	5,61	28,04	0,0090	22,4682	126,01	25,24	3180,07	7560,44
6	5,61	33,65	0,0108	24,9407	139,87	30,85	4314,47	8392,43
7	5,61	39,26	0,0126	27,4896	154,17	36,45	5620,03	9250,13
8	5,61	44,87	0,0144	30,1149	168,89	42,06	7103,95	10133,54
9	5,61	50,47	0,0162	32,8167	184,04	47,67	8773,45	11042,68
10	5,61	56,082648	0,0179	35,5949	199,63	53,28	10635,74	11977,52
					1346,55	280,41	44174,77	80792,97

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	63,91735 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	56,08265 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8148625122223 mm
Momen internal	=	6610,065863975 mm
Tegangan Geser (τ)	=	4,30895826920697 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 2c
Kelengkungan balok	362,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	6,12	6,12	0,0022	0,930	5,69	3,06	17,40	341,30	
2	6,12	12,24	0,0044	0,892	5,46	9,18	50,10	327,56	
3	6,12	18,35	0,0067	2,935	17,95	15,29	274,59	1077,26	
4	6,12	24,47	0,0089	7,057	43,17	21,41	924,40	2590,39	
5	6,12	30,59	0,0111	13,260	81,12	27,53	2233,04	4866,97	
6	6,12	36,71	0,0133	21,542	131,78	33,65	4434,03	7906,99	
7	6,12	42,82	0,0155	31,904	195,17	39,76	7760,89	11710,44	
8	6,12	48,94	0,0177	44,346	271,29	45,88	12447,13	16277,34	
9	6,12	55,06	0,0200	58,868	360,13	52,00	18726,28	21607,67	
10	6,12	61,18	0,0222	75,470	461,69	58,12	26831,86	27701,44	
						1573,46	247,76	73699,70	94407,35

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	5,88	5,88	0,0021	13,7455	80,86	2,94	237,82	4851,46	
2	5,88	11,76	0,0043	16,3470	96,16	8,82	848,50	5769,65	
3	5,88	17,65	0,0064	19,0565	112,10	14,71	1648,55	6725,97	
4	5,88	23,53	0,0085	21,8740	128,67	20,59	2649,21	7720,39	
5	5,88	29,41	0,0107	24,7995	145,88	26,47	3861,67	8752,94	
6	5,88	35,29	0,0128	27,8330	163,73	32,35	5297,15	9823,60	
7	5,88	41,18	0,0149	30,9744	182,21	38,24	6966,85	10932,38	
8	5,88	47,06	0,0171	34,2239	201,32	44,12	8882,00	12079,27	
9	5,88	52,94	0,0192	37,5814	221,07	50,00	11053,79	13264,28	
10	5,88	58,82472	0,0213	41,0468	241,46	55,88	13493,44	14487,41	
						1573,46	294,12	54938,98	94407,35

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	= 61,17528 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	= 58,82472 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	= 81,755512109388 mm
Momen internal	= 7718,320889123 mm
Tegangan Geser (τ)	= 5,035058475725460 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 2d
Kelengkungan balok	433,78E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,76	5,76	0,0025	0,811	4,67	2,88	13,44	280,10
2	5,76	11,52	0,0050	1,211	6,98	8,64	60,28	418,61
3	5,76	17,28	0,0075	4,250	24,48	14,40	352,43	1468,57
4	5,76	23,04	0,0100	9,925	57,17	20,16	1152,39	3429,99
5	5,76	28,80	0,0125	18,239	105,05	25,92	2722,62	6302,85
6	5,76	34,56	0,0150	29,190	168,12	31,68	5325,61	10087,16
7	5,76	40,32	0,0175	42,778	246,38	37,44	9223,83	14782,92
8	5,76	46,08	0,0200	59,004	339,84	43,20	14679,76	20390,13
9	5,76	51,84	0,0225	77,867	448,48	48,96	21955,87	26908,79
10	5,76	57,60	0,0250	99,368	572,31	54,72	31314,65	34338,90
					1973,47	233,26	86800,86	118408,00

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,24	6,24	0,0027	14,4344	90,08	3,12	281,06	5404,61
2	6,24	12,48	0,0054	17,7906	111,02	9,36	1039,23	6661,27
3	6,24	18,72	0,0081	21,3207	133,05	15,60	2075,74	7983,03
4	6,24	24,96	0,0108	25,0246	156,16	21,84	3410,89	9369,89
5	6,24	31,20	0,0135	28,9025	180,36	28,08	5064,99	10821,86
6	6,24	37,44	0,0162	32,9542	205,65	34,32	7058,37	12338,93
7	6,24	43,68	0,0189	37,1798	232,02	40,56	9411,33	13921,10
8	6,24	49,92	0,0217	41,5792	259,47	46,80	12144,20	15568,37
9	6,24	56,16	0,0244	46,1525	288,01	53,04	15277,27	17280,74
10	6,24	62,40446	0,0271	50,8997	317,64	59,28	18830,86	19058,22
					1973,47	312,02	74593,94	118408,00

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	57,595537 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	62,40446 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,7823752575052 mm
Momen internal	=	9683,687897774 mm
Tegangan Geser (τ)	=	6,315093599629450 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 3a
Kelengkungan balok	199,11E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	7,61	7,610100	0,0015	1,376	10,47	3,81	39,84	628,26	
2	7,61	15,220200	0,0030	0,675	5,14	11,42	58,62	308,14	
3	7,61	22,830300	0,0045	0,944	7,18	19,03	136,67	431,00	
4	7,61	30,440400	0,0061	2,183	16,61	26,64	442,53	996,86	
5	7,61	38,050501	0,0076	4,393	33,43	34,25	1144,77	2005,70	
6	7,61	45,660601	0,0091	7,572	57,63	41,86	2411,95	3457,54	
7	7,61	53,270701	0,0106	11,722	89,21	49,47	4412,64	5352,37	
8	7,61	60,880801	0,0121	16,842	128,17	57,08	7315,38	7690,18	
9	7,61	68,490901	0,0136	22,932	174,52	64,69	11288,74	10470,99	
10	7,61	76,101001	0,0152	29,993	228,25	72,30	16501,28	13694,78	
						750,60	308,21	43752,43	45035,81

120

Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	4,39	4,389900	0,0009	12,2606	53,82	2,19	118,14	3229,36	
2	4,39	8,779800	0,0017	13,2873	58,33	6,58	384,09	3499,79	
3	4,39	13,169700	0,0026	14,3321	62,92	10,97	690,49	3774,99	
4	4,39	17,559600	0,0035	15,3951	67,58	15,36	1038,39	4054,97	
5	4,39	21,949499	0,0044	16,4761	72,33	19,75	1428,82	4339,72	
6	4,39	26,339399	0,0052	17,5754	77,15	24,14	1862,84	4629,24	
7	4,39	30,729299	0,0061	18,6927	82,06	28,53	2341,50	4923,55	
8	4,39	35,119199	0,0070	19,8282	87,04	32,92	2865,85	5222,62	
9	4,39	39,509099	0,0079	20,9818	92,11	37,31	3436,93	5526,47	
10	4,39	43,898999	0,0087	22,1535	97,25	41,70	4055,79	5835,10	
						750,60	219,49	18222,84	45035,81

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	76,1010 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	43,8990 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	82,5679887267788 mm
Momen internal	=	3718,516181129 kNmm
Tegangan Geser (τ)	=	2,001591534816960 Mpa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 3b
Kelengkungan balok	284,44E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	6,67	6,67	0,0019	1,108	7,39	3,33	24,63	443,32	
2	6,67	13,34	0,0038	0,689	4,59	10,00	45,96	275,68	
3	6,67	20,00	0,0057	1,790	11,94	16,67	199,00	716,23	
4	6,67	26,67	0,0076	4,411	29,42	23,34	686,53	1764,97	
5	6,67	33,34	0,0095	8,553	57,03	30,01	1711,33	3421,90	
6	6,67	40,01	0,0114	14,214	94,78	36,67	3476,16	5687,02	
7	6,67	46,68	0,0133	21,396	142,67	43,34	6183,81	8560,32	
8	6,67	53,35	0,0152	30,098	200,70	50,01	10037,05	12041,82	
9	6,67	60,01	0,0171	40,320	268,86	56,68	15238,65	16131,50	
10	6,67	66,68	0,0190	52,062	347,16	63,35	21991,38	20829,37	
						1164,54	270,06	59594,49	69872,13

120

Daerah Tarik									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	5,33	5,33	0,0015	13,0135	69,39	2,67	184,98	4163,19	
2	5,33	10,66	0,0030	14,8297	79,07	8,00	632,39	4744,19	
3	5,33	16,00	0,0045	16,7004	89,04	13,33	1186,93	5342,65	
4	5,33	21,33	0,0061	18,6256	99,31	18,66	1853,27	5958,57	
5	5,33	26,66	0,0076	20,6055	109,87	23,99	2636,06	6591,95	
6	5,33	31,99	0,0091	22,6399	120,71	29,33	3539,95	7242,79	
7	5,33	37,32	0,0106	24,7289	131,85	34,66	4569,60	7911,09	
8	5,33	42,65	0,0121	26,8725	143,28	39,99	5729,66	8596,85	
9	5,33	47,99	0,0136	29,0707	155,00	45,32	7024,79	9300,07	
10	5,33	53,318706	0,0152	31,3234	167,01	50,65	8459,65	10020,75	
						1164,54	266,59	35817,28	69872,13

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	66,68129 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	53,31871 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,9311859118999 mm
Momen internal	=	5724,706121202 mm
Tegangan Geser (τ)	=	3,72651347612611 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 3c
Kelengkungan balok	298,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	6,55	6,55	0,0020	1,072	7,02	3,28	23,00	421,20
2	6,55	13,10	0,0039	0,714	4,68	9,83	45,95	280,54
3	6,55	19,65	0,0059	1,974	12,93	16,38	211,78	775,82
4	6,55	26,21	0,0078	4,851	31,78	22,93	728,82	1907,05
5	6,55	32,76	0,0098	9,347	61,24	29,48	1805,37	3674,23
6	6,55	39,31	0,0117	15,461	101,29	36,03	3649,77	6077,35
7	6,55	45,86	0,0137	23,192	151,94	42,58	6470,32	9116,43
8	6,55	52,41	0,0157	32,541	213,19	49,14	10475,36	12791,46
9	6,55	58,96	0,0176	43,508	285,04	55,69	15873,20	17102,43
10	6,55	65,51	0,0196	56,093	367,49	62,24	22872,16	22049,35
					1236,60	265,33	62155,72	74195,85

120

Daerah Tarik								
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ Regangan	σ Tegangan	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)
1	5,45	5,45	0,0016	13,1442	71,62	2,72	195,10	4297,00
2	5,45	10,90	0,0033	15,0993	82,27	8,17	672,37	4936,13
3	5,45	16,35	0,0049	17,1172	93,26	13,62	1270,37	5595,80
4	5,45	21,79	0,0065	19,1979	104,60	19,07	1994,71	6276,02
5	5,45	27,24	0,0081	21,3415	116,28	24,52	2850,98	6976,77
6	5,45	32,69	0,0098	23,5479	128,30	29,97	3844,79	7698,07
7	5,45	38,14	0,0114	25,8171	140,67	35,42	4981,71	8439,91
8	5,45	43,59	0,0130	28,1492	153,37	40,86	6267,36	9202,28
9	5,45	49,04	0,0146	30,5441	166,42	46,31	7707,32	9985,20
10	5,45	54,48526	0,0163	33,0018	179,81	51,76	9307,20	10788,66
					1236,60	272,43	39091,91	74195,85

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	65,51474 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	54,48526 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,875984324535 mm
Momen internal	=	6074,858063728 mm
Tegangan Geser (τ)	=	3,957112102687010 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 3d
Kelengkungan balok	312,89E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	6,44	6,44	0,0020	1,037	6,68	3,22	21,52	400,86	
2	6,44	12,89	0,0040	0,744	4,79	9,66	46,33	287,61	
3	6,44	19,33	0,0060	2,168	13,97	16,11	225,04	838,24	
4	6,44	25,77	0,0081	5,310	34,21	22,55	771,52	2052,76	
5	6,44	32,22	0,0101	10,169	65,52	28,99	1899,67	3931,17	
6	6,44	38,66	0,0121	16,745	107,89	35,44	3823,34	6473,47	
7	6,44	45,10	0,0141	25,039	161,33	41,88	6756,42	9679,66	
8	6,44	51,54	0,0161	35,050	225,83	48,32	10912,78	13549,74	
9	6,44	57,99	0,0181	46,778	301,40	54,77	16506,29	18083,70	
10	6,44	64,43	0,0202	60,224	388,03	61,21	23750,83	23281,56	
						1309,65	260,95	64713,75	78578,77

120

Daerah Tarik									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	5,56	5,56	0,0017	13,2761	73,77	2,78	204,98	4426,43	
2	5,56	11,11	0,0035	15,3719	85,42	8,34	712,01	5125,20	
3	5,56	16,67	0,0052	17,5394	97,46	13,89	1354,01	5847,88	
4	5,56	22,23	0,0070	19,7786	109,91	19,45	2137,62	6594,48	
5	5,56	27,78	0,0087	22,0896	122,75	25,01	3069,49	7365,00	
6	5,56	33,34	0,0104	24,4723	135,99	30,56	4156,27	8159,43	
7	5,56	38,90	0,0122	26,9268	149,63	36,12	5404,60	8977,78	
8	5,56	44,46	0,0139	29,4530	163,67	41,68	6821,13	9820,04	
9	5,56	50,01	0,0156	32,0509	178,10	47,23	8412,50	10686,22	
10	5,56	55,56906	0,0174	34,7205	192,94	52,79	10185,35	11576,32	
						1309,65	277,85	42457,96	78578,77

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	64,430944 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	55,56906 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8325629434925 mm
Momen internal	=	6430,302516730 mm
Tegangan Geser (τ)	=	4,190867803473400 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 3e
Kelengkungan balok	455,11E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	5,67	5,67	0,0026	0,782	4,43	2,84	12,57	265,96	
2	5,67	11,34	0,0052	1,330	7,54	8,51	64,15	452,57	
3	5,67	17,01	0,0077	4,693	26,61	14,18	377,19	1596,52	
4	5,67	22,68	0,0103	10,869	61,63	19,85	1223,10	3697,81	
5	5,67	28,35	0,0129	19,859	112,61	25,52	2873,30	6756,45	
6	5,67	34,02	0,0155	31,664	179,54	31,19	5599,20	10772,44	
7	5,67	39,69	0,0181	46,282	262,43	36,86	9672,23	15745,77	
8	5,67	45,36	0,0206	63,714	361,27	42,53	15363,80	21676,44	
9	5,67	51,03	0,0232	83,960	476,07	48,20	22945,33	28564,46	
10	5,67	56,70	0,0258	107,020	606,83	53,87	32688,25	36409,82	
						2098,97	229,64	90819,13	125938,24

120

Daerah Tarik									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	6,33	6,33	0,0029	14,6446	92,70	3,16	293,37	5561,81	
2	6,33	12,66	0,0058	18,2341	115,42	9,49	1095,85	6925,06	
3	6,33	18,99	0,0086	22,0205	139,38	15,82	2205,68	8363,09	
4	6,33	25,32	0,0115	26,0038	164,60	22,15	3646,54	9875,90	
5	6,33	31,65	0,0144	30,1841	191,06	28,48	5442,10	11463,50	
6	6,33	37,98	0,0173	34,5612	218,76	34,81	7616,01	13125,88	
7	6,33	44,31	0,0202	39,1353	247,72	41,14	10191,96	14863,04	
8	6,33	50,64	0,0230	43,9063	277,92	47,47	13193,61	16674,99	
9	6,33	56,97	0,0259	48,8742	309,36	53,80	16644,62	18561,73	
10	6,33	63,297697	0,0288	54,0390	342,05	60,13	20568,68	20523,25	
						2098,97	316,49	80898,43	125938,24

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	= 56,70230 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	= 63,29770 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	= 81,810367373512 mm
Momen internal	= 10303,053601028 mm
Tegangan Geser (τ)	= 6,716706002091940 MPa

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 3f
Kelengkungan balok	476,44E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	5,59	5,59	0,0027	0,756	4,22	2,79	11,80	253,46	
2	5,59	11,18	0,0053	1,459	8,15	8,38	68,35	489,30	
3	5,59	16,76	0,0080	5,158	28,82	13,97	402,56	1729,11	
4	5,59	22,35	0,0106	11,850	66,21	19,56	1294,92	3972,89	
5	5,59	27,94	0,0133	21,538	120,34	25,14	3025,92	7220,63	
6	5,59	33,53	0,0160	34,220	191,21	30,73	5876,04	11472,35	
7	5,59	39,11	0,0186	49,897	278,80	36,32	10125,77	16728,03	
8	5,59	44,70	0,0213	68,568	383,13	41,91	16055,60	22987,68	
9	5,59	50,29	0,0240	90,234	504,19	47,49	23946,01	30251,30	
10	5,59	55,88	0,0266	114,895	641,98	53,08	34077,48	38518,89	
						2227,06	226,30	94884,46	133623,62

120

Daerah Tarik									
Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	6,41	6,41	0,0031	14,8563	95,27	3,21	305,44	5715,93	
2	6,41	12,82	0,0061	18,6821	119,80	9,62	1152,30	7187,90	
3	6,41	19,24	0,0092	22,7294	145,75	16,03	2336,56	8745,09	
4	6,41	25,65	0,0122	26,9982	173,12	22,44	3885,54	10387,48	
5	6,41	32,06	0,0153	31,4885	201,92	28,86	5826,56	12115,10	
6	6,41	38,47	0,0183	36,2002	232,13	35,27	8186,94	13927,92	
7	6,41	44,89	0,0214	41,1334	263,77	41,68	10994,01	15825,96	
8	6,41	51,30	0,0244	46,2881	296,82	48,09	14275,09	17809,21	
9	6,41	57,71	0,0275	51,6643	331,29	54,51	18057,49	19877,68	
10	6,41	64,124510	0,0306	57,2619	367,19	60,92	22368,54	22031,36	
						2227,06	320,62	87388,48	133623,62

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	55,87549 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	64,12451 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	81,8446301180134 mm
Momen internal	=	10936,376085264 mm
Tegangan Geser (τ)	=	7,12659327490796 mm

Perhitungan Momen Internal

Kode balok	50#MDGL RAJAWALI 3g
Kelengkungan balok	554,67E-06
Lebar badan (mm)	60
Tinggi balok (mm)	120
Persamaan daerah tekan	$-4E+06x^3 + 211276x^2 - 1423.1x + 3.0472$
Persamaan daerah tarik	$11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

Daerah Tekan

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	5,33	5,33	0,0030	0,687	3,66	2,67	9,75	219,57	
2	5,33	10,66	0,0059	2,020	10,77	8,00	86,08	645,94	
3	5,33	15,99	0,0089	7,047	37,56	13,33	500,55	2253,68	
4	5,33	21,32	0,0118	15,767	84,05	18,66	1568,03	5042,80	
5	5,33	26,65	0,0148	28,182	150,22	23,99	3603,38	9013,30	
6	5,33	31,98	0,0177	44,290	236,09	29,32	6921,46	14165,18	
7	5,33	37,31	0,0207	64,092	341,64	34,65	11837,15	20498,43	
8	5,33	42,64	0,0237	87,588	466,88	39,98	18665,30	28013,06	
9	5,33	47,97	0,0266	114,778	611,82	45,31	27720,77	36709,07	
10	5,33	53,30	0,0296	145,661	776,44	50,64	39318,44	46586,45	
						2719,12	215,88	110230,91	163147,49

120

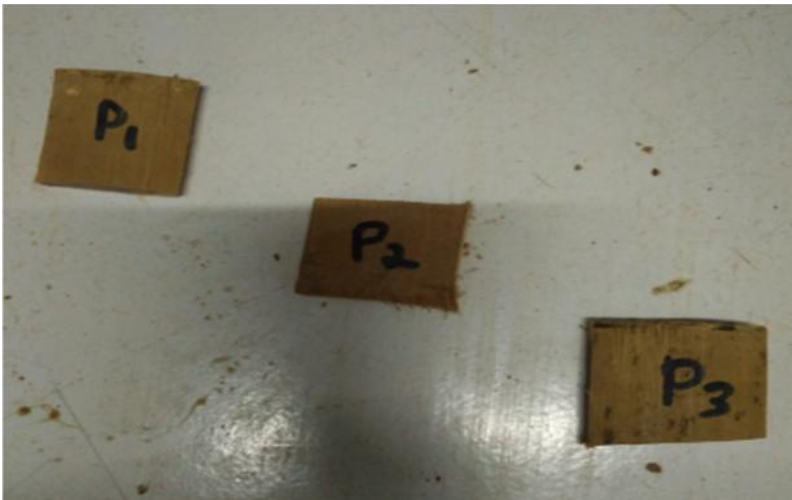
Daerah Tarik

Pias ke -	Delta pias (mm)	Jarak pias (y)	ϵ	σ	Luas pias (mm ²)	Jarak pias ke GN (mm)	Statis momen (mm ³)	Gaya pias (N)	
1	6,67	6,67	0,0037	15,6446	104,34	3,33	347,96	6260,54	
2	6,67	13,34	0,0074	20,3619	135,80	10,00	1358,63	8148,28	
3	6,67	20,01	0,0111	25,4040	169,43	16,67	2825,10	10165,98	
4	6,67	26,68	0,0148	30,7707	205,23	23,34	4790,69	12313,61	
5	6,67	33,35	0,0185	36,4623	243,19	30,01	7298,75	14591,20	
6	6,67	40,02	0,0222	42,4785	283,31	36,68	10392,60	16998,73	
7	6,67	46,69	0,0259	48,8194	325,60	43,35	14115,57	19536,20	
8	6,67	53,36	0,0296	55,4851	370,06	50,02	18511,01	22203,63	
9	6,67	60,03	0,0333	62,4755	416,68	56,69	23622,25	25001,00	
10	6,67	66,695446	0,0370	69,7907	465,47	63,36	29492,62	27928,32	
						2719,12	333,48	112755,18	163147,49

OK

Jarak serat tekan terluar ke garis netral (Y_a)	=	53,30455 mm
Jarak serat tarik terluar ke garis netral (Y_b)	=	66,69545 mm
Lengan gaya antara daerah tekan dan tarik	=	82,0065642270027 mm
Momen internal	=	13379,164827898 mm
Tegangan Geser (τ)	=	8,70119952165320 mm

Uji Kadar Air



Uji Tekan



Uji Pasak



Pabrikasi Benda Uji



Bambu Sebelum Di Uji



Bambu Ketika Di Uji



Bambu Setelah Di Uji



