

PERANCANGAN MESIN *PRESS* BAMBULAMINA DENGAN SISTEM PENGGERAK *HYDRAULIC POWER PACK*

Aghnia Ilmiah Nurhudan¹, Adies Rahman Hakim²

(1) Mahasiswa D4 Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur, Konsentrasi Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

email : aghnia.ilmiah@gmail.com

(2) Dosen Jur. Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung – 40135, Phone/Fax: (022)2500241/ 2502649

email: adies@polman-bandung.ac.id

Abstrak

UMKM Booboo merupakan salah satu industri yang bergerak dalam pemanfaatan bambu, dan salah satu produknya adalah bambu lamina. Bambu lamina merupakan salah satu produk pemanfaatan bambu, yang dibuat dengan menggunakan teknologi laminasi. Di UMKM Booboo ini terdapat suatu permasalahan dimana target produksi bambu lamina sebesar 1600 m²/bulan tidak dapat tercapai dikarenakan kapasitas mesin press yang tidak memadai. Hasil produksi saat ini sebesar 1164 m²/bulan, dengan kapasitas satu kali press sebanyak 8 modul. Selain target produksi yang tidak tercapai, pihak UMKM Booboo menginginkan sistem kerja mesin press ini diganti dengan menggunakan Hydraulic Powerpack untuk mengurangi operator yang bekerja. Hal ini dikarenakan sumber daya pekerja di UMKM Booboo yang terbatas. Oleh karena itu, penulis merancang ulang mesin press ini, dengan menambah kapasitas mesin agar kapasitas dapat memenuhi target produksi dan merubah sistem penggerak yang digunakan menjadi hydraulic power pack untuk mengurangi jumlah operator. Mesin press bambu lamina ini akan dirancang ulang menggunakan metode perancangan VDI 2222, yang dimana terdiri dari 4 langkah, yaitu merencana, mengkonsep, merancang, dan menyelesaikan. Setelah melalui proses perancangan tersebut, maka dihasilkan konstruksi mesin press bambu lamina yang memiliki kapasitas satu kali press sebanyak 11 modul dan memiliki sistem penggerak berupa hydraulic powerpack, yang rancangannya setelah dikontrol, dinyatakan aman.

Kata kunci: Bambu lamina, *hydraulic*, mesin press, *power pack*.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak sekali olahan produk berbahan baku bambu salah satunya adalah bambu laminasi. Pemanfaatan bambu ini dapat digunakan sebagai bahan alternatif penutup lantai yang lebih dikenal dengan bambu lamina. Bambu lamina adalah suatu produk yang dibuat dari beberapa bilah bambu yang direkatkan dengan arah serat sejajar dan menggunakan teknologi laminasi. Perekatan dilakukan ke arah lebar (*horizontal*) dan atau ke arah tebal (*vertical*). Selain digunakan untuk penutup lantai bambu lamina ini pun dapat difungsikan sebagai struktur bangunan.

UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) Booboo merupakan salah satu unit usaha yang bergerak di industri pemanfaatan bambu, yang salah satu produknya adalah bambu lamina.



Gambar 1.1 Bambu lamina

Proses inti dari pembuatan bambu lamina di UMKM Booboo menggunakan mesin *press*. Dimana mesin *press* ini digunakan untuk memadatkan bilah bambu yang sudah direkatkan oleh lem.

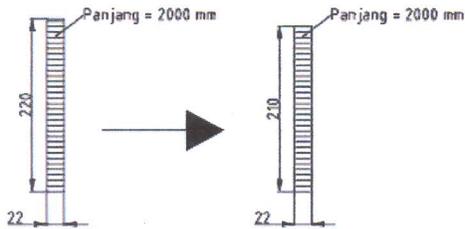


Gambar 1.2 Proses pembuatan bambu lamina



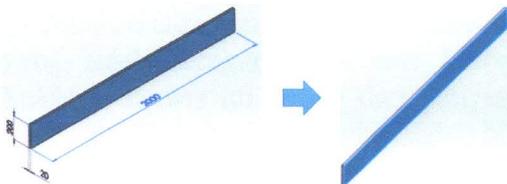
Gambar 1.3 Mesin press yang digunakan UMKM Booboo saat ini

Target produksi pembuatan bambu lamina di UMKM Booboo adalah 1600 m²/bulan, namun dengan menggunakan mesin yang ada saat ini produksi baru mencapai sekitar 1164 m²/bulan. Waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses *pressing* adalah 60 menit, termasuk persiapan benda kerja dan setting mesin. Bambu yang di *press* berupa modul yang disusun dari beberapa bilah bambu. Modul yang akan di *press* berukuran 2000 mm x 220 mm x 22 mm, sedangkan hasil *press* yang diinginkan adalah 2000 mm x 210 mm x 22 mm.



Gambar 1.4 Ukuran modul sebelum dan sesudah proses

Setelah mengalami proses *pressing*, dilakukan proses *finishing* untuk mencapai hasil akhir berukuran 2000 mm x 200 mm x 20 mm. Permukaan yang digunakan untuk lantai adalah ukuran 2000 mm x 200 mm. Sehingga luasan satu modul terhitung 400000 mm² (0,2 m²). Luasan tersebut yang akan menjadi acuan untuk mencapai target produksi sebesar 1600 m²/bulan.



Gambar 1.5 Permukaan modul yang digunakan untuk lantai

Untuk mencapai target produksi 1600 m²/bulan, mesin ini harus dilakukan perancangan ulang dengan menambah kapasitas ruang *press* dan sistem penggerak dengan menggunakan *hydraulic power pack* sesuai dengan permintaan

UMKM Booboo. Permintaan sistem penggerak ini mempertimbangkan dari banyaknya operator yang bekerja pada satu kali proses juga gaya penekanan yang besar.

Setelah mempelajari permasalahan secara keseluruhan, penulis mengangkat proyek ini menjadi tema Tugas Akhir sebagai salah satu syarat kelulusan Pendidikan Diploma IV di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung yang berjudul “Perancangan Mesin *Press* Bambu Lamina dengan Sistem Penggerak *Hydraulic Power Pack*”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini yaitu bagaimana cara meningkatkan produktifitas mesin press bambu lamina, rancangan mesin press bambu press dan kekuatan mesin press tersebut.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah menambah kapasitas press untuk meningkatkan produktifitas, membuat rancangan baru mesin press bambu lamina, dan menganalisis kekuaran rancangan mesin press bambu lamina.

1.4 Batasan Masalah

Tugas akhir ini dilakukan hanya mencakup analisa masalah, perancangan, dan analisa konstruksi, kontrol dan analisis hanya dilakukan pada bagian konstruksi rangka atas, rangka bawah, dan konstruksi penekan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Bambu

Bambu merupakan salah satu tumbuhan yang penting bagi kehidupan masyarakat dipedesaan. Bambu bersifat kosmopolit yaitu dapat bertahan hidup dalam segala cuaca, baik di daerah panas maupun dingin, didataran rendah, tebing maupun dipegunungan. (Arsad, 2015).

Sutardi, dkk (2015) menyatakan bahwa bambu yang cocok digunakan untuk bambu lamina adalah bambu apus, bambu andong, dan bambu betung. Berikut data sifat dasar dari ketiga bamboo tersebut:

Tabel 2.1 Sifat dasar bambu

No	Sifat dasar	Bambu apus	Bambu andong	Bambu betung
1	Berat jenis	1,06-1,12	-	-

2	MOE	60126,88 kg/cm ²	25490,64 kg/cm ²	86550 kg/cm ²
3	MOR	263,07 kg/cm ²	237,49 kg/cm ²	349 kg/cm ²
4	Tekan sejajar	248,01 kg/cm ²	303,66 kg/cm ²	261 kg/cm ²
5	Tekan geser	34,35 kg/cm ²	37,37 kg/cm ²	35 kg/cm ²
6	Tarik sejajar	712,89 kg/cm ²	-	1,872 kg/cm ²

Bambu memiliki batang yang kecil dan berlubang, sehingga jika digunakan untuk keperluan yang lebih lebar, panjang dan tebal atau datar perlu dilakukan teknologi perekatan atau laminasi, misalkan jika digunakan untuk keperluan pembuatan mebel, lantai dan dinding bangunan. Bambu lamina dibuat dari bahan baku bambu yang dibentuk menjadi strip dengan ukuran panjang sesuai dengan kemampuan alat *press*, lebar strip sesuai dengan keadaan bambu yang digunakan untuk pembuatan bambu lamina atau bambu lapis yang diinginkan. Tebal strip bambu yang digunakan untuk bambu lamina atau papan buatan tergantung dengan jenis bambu dan tebal bambu, seperti bambu Betung, bambu Andong, bambu Hitam dan lainnya.

2.2 Teknologi laminasi

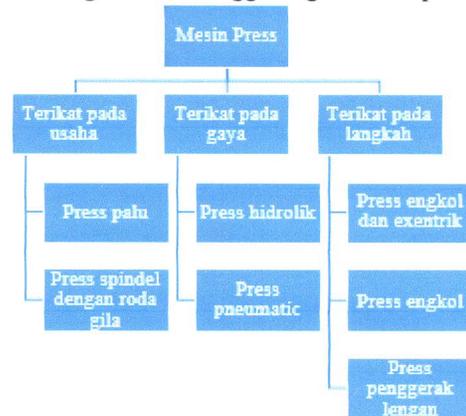
Teknologi perekatan bambu laminasi merupakan teknik penggabungan bahan dengan bantuan perekat, bahan bangunan berukuran kecil dapat direkatkan membentuk komponen bangunan sesuai dengan keinginan. Teknik laminasi juga merupakan cara penggabungan bahan baku yang tidak seragam atau dari berbagai kualitas. Proses ini terdiri dari penyiapan alat dan bahan, pembuatan bilah, pengawetan bamboo, pengeringan, perataan bilah bamboo dan penyiapan perekat, pengeleman, pengempaan/laminasi, perataan sisi balok, pembentukan dimensi dan profil balok laminasi.

2.3 Mesin press

Mesin *press* termasuk mesin perkakas yang berfungsi sebagai dudukan dan pembawa peralatan supaya saling menekan. Mesin ini sekaligus berfungsi sebagai penerus energi yang dikemudian dirubah menjadi gaya atau momen sesuai keperluan.

Tergantung kepada besaran gaya dan energi yang digunakan, maka mesin *press* dibedakan dalam kelompok mesin *press* yang terikat pada langkah, gaya, dan usaha.

Diagram 2.2 Penggolongan mesin press



2.4 Hidrolik

Seiring waktu, ilmu hidrolika terus berkembang sebagai cara yang lebih efisien mengubah energi hidrolik menjadi pekerjaan yang bermanfaat. Subjek hidrolika berhubungan dengan perilaku fisik air saat keadaan diam atau saat bergerak. Bagian yang paling penting dalam sistem hidrolik adalah system kerja pada fluida itu sendiri. Karakteristik fluida hidrolik memiliki pengaruh besar pada kinerja peralatan dan umur pakai, oleh karena itu penting untuk menggunakan cairan berkualitas tinggi yang bersih sehingga operasi sistem hidraulik yang efisien tercapai.

2.5 Perhitungan konstruksi

Dilihat dari arah beban yang diberikan dan berpengaruh terhadap komponen yang menahannya. Serta tegangan merupakan gaya dalam yang terjadi ditahan oleh penampang potong batang, maka didalam batang tersebut

terjadi tegangan, jadi definisi tegangan adalah gaya per satuan luar penampang, pembebanan, dan tegangan terdiri dari 5 jenis, diantaranya:

- Pembebanan dan tegangan tarik: gaya bekerja sejajar sumbu atau tegak lurus penampang ke arah luar (menjauh), yang mengakibatkan batang atau elemen konstruksi mengalami perpanjangan.

$$\sigma_t = \frac{Fn}{A}$$

σ_t = Tegangan tarik (N/mm²)
 Fn = Gaya tarik (N)
 A = Luas penampang (mm²)

- Pembebanan dan tegangan tekan: gaya bekerja sejajar sumbu atau tegak lurus penampang ke arah dalam (menuju), yang mengakibatkan batang atau elemen konstruksi mengalami perpendekan.

$$\sigma_d = \frac{Fn}{A}$$

σ_d = Tegangan tekan (N/mm²)
 Fn = Gaya tarik (N)
 A = Luas penampang (mm²)

- Pembebanan dan tegangan bengkok: gaya bekerja dengan jarak tertentu terhadap penampang, yang mengakibatkan momen bengkok batang atau elemen konstruksi mengalami bengkokan.

$$\sigma_b = \frac{Mb}{W}$$

σ_b = Tegangan bengkok (N/mm²)
 Mb = Momen bengkok (Nmm)
 W = Momen tahanan (mm³)

- Pembebanan dan tegangan geser: gaya bekerja sejajar penampang atau tegak lurus sumbu yang mengakibatkan batang atau elemen konstruksi mengalami geseran.

$$\tau_g = \frac{Ft}{A}$$

τ_g = Tegangan geser (N/mm²)
 Ft = Gaya geser (N)
 A = Luas penampang (mm²)

- Pembebanan dan tegangan puntir: gaya bekerja sejajar penampang dengan radius tertentu terhadap sumbu batang, yang mengakibatkan momen punter sehingga batang konstruksi mengalami puntiran.

$$\tau_p = \frac{Mp}{Wp}$$

τ_p = Tegangan puntir (N/mm²)
 Mp = Momen puntir (Nmm)
 Wp = Momen tahanan puntir (mm³)

- Apabila dalam satu penampang terdiri lebih dari satu jenis tegangan pada waktu yang bersamaan maka terjadi tegangan gabungan.

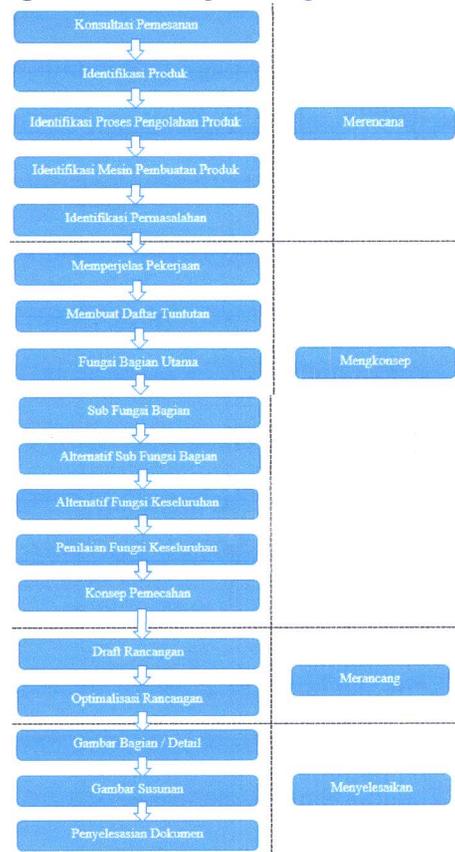
$$\sigma_{gab} = \sqrt{\sum \sigma^2 + 3(\sum \tau)^2}$$

3. PERANCANGAN

3.1 Metode Perancangan

Metode perancangan yang digunakan adalah VDI 2222 dengan diagram alir sebagai berikut.

Diagram 3.1 Proses perancangan menurut VDI 2222



3.2 Merencana

Pada tahap ini akan dibahas berupa proses pengumpulan data dengan mengidentifikasi produk yang akan diproses, proses pengolahan produk, mesin pembuatan produk, dan masalah yang terdapat pada mesin tersebut.

3.3 Mengonsep

Pada tahapan ini akan dibahas berupa prinsip atau konsep rancangan mesin *press* bambu lamina. Konsep rancangan dibuat berdasarkan spesifikasi dan daftar tuntutan mesin. Berikut spesifikasi dan daftar tuntutan mesin.

Tabel 3.1 Spesifikasi

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Dimensi benda kerja sebelum proses	2000 mm x 220 mm x 22 mm
2	Dimensi benda kerja sesudah proses finishing	2000 mm x 200 mm x 20 mm
3	Berat benda kerja	13 kg/modul

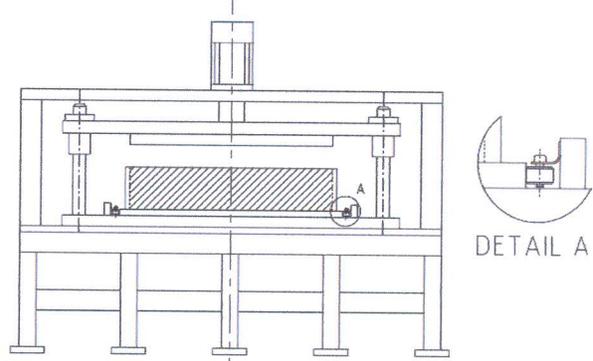
Tabel 3.1 Daftar tuntutan

No	Tuntutan	Keterangan
1	Dimensi benda kerja sesudah proses	2000 mm x 210 mm x 22 mm
2	Kapasitas benda kerja	11 benda kerja dalam satu kali cetak
3	Proses benda kerja	60 menit/proses <i>press</i>
4	System penggerak	<i>Hydraulic power pack</i>
5	Stroke kerja	10 mm
6	Adanya cetakan benda kerja yang <i>moveable</i>	Benda kerja berupa modul mempunyai cetakan yang dapat di lepas pasang untuk memudahkan dan mempercepat proses <i>setting</i> benda kerja.
7	Kesumbuan cetakan dengan mesin	Sumbu tengah cetakan harus seposisi dengan sumbu tengah mesin

8	Adanya plat sisipan	Plat sisipan diletak diantara benda kerja pada ruang cetak untuk membuat permukaan benda kerja tetap bagus
---	---------------------	--

Konsep ini dibuat dengan menggunakan metoda *blackbox*, untuk acuan membuat skema penentuan fungsi utama mesin, sub fungsi bagian mesin, dan konsep konstruksi. Setelah itu dibuatkan alternatif pada setiap sub fungsi bagian mesin, digabungkan menjadi alternatif fungsi konstruksi keseluruhan, dan dinilai menggunakan VDI 2225 untuk memilih alternatif fungsi konstruksi yang mempunyai bobot nilai terbesar dari segala aspek teknis yang dibutuhkan. Berdasarkan penilaian dari aspek teknis maka alternatif fungsi konstruksi terpilih ialah alternatif ke-1, dengan konstruksi fungsi bagian sebagai berikut:

1. Sistem penyimpanan bambu: *Storage* dengan tinggi plat sisipan sama dengan tinggi benda kerja dan permukaan plat penekan berprofil sesuai dengan permukaan benda kerja
2. Sistem pengunci: Roller sebagai pengarah dengan pin sebagai pengunci
3. Sistem pengarah: *Bushing*
4. Sistem penggerak: *Hydraulic power pack*
5. Sistem rangka: Profil *square tube*



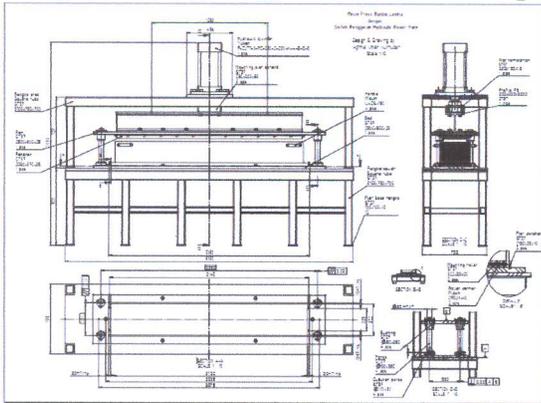
Gambar 3.1 Alternatif fungsi konstruksi 1

3.4 Merancang

Pada tahap perancangan, konsep terpilih dibuat gambar konstruksi untuk setiap fungsi bagian. Setelah itu dibuat gambar konstruksi keseluruhan, dan dihitung bagian yang mengalami kondisi yang kritis. Kemudian di analisis, dioptimasi, dan disempurnakan rancangan tersebut. Hasil akhir dari tahapan ini adalah draft rancangan, yang terdiri dari konstruksi fungsi bagian dan konstruksi mesin

3.5 Menyelesaikan

Tahapan terakhir yang harus dilakukan dalam proses perancangan mesin bambu lamina ini adalah melakukan penggambaran draft rancangan yang memenuhi daftar tuntutan rancangan, hasil perhitungan dan analisis. Hasil dari tahapan ini yaitu berupa gambar draft yang nantinya digunakan sebagai informasi pada proses pembuatan gambar kerja, gambar susunan, dan gambar bagian (gambar draft terlampir).



4. PERHITUNGAN DAN ANALISIS KONSTRUKSI

4.1 Perhitungan awal

Perhitungan yang dilakukan terdiri dari perhitungan awal dan perhitungan kekuatan konstruksi. Perhitungan awal terdiri dari perhitungan gaya penekanan, tekanan yang dibutuhkan, debit yang dibutuhkan, daya motor hidrolis.

Parameter	
Modulus elastisitas (E)	37,37 kg/cm ³
Luas permukaan yang di press (A)	484000 mm ²

Tinggi modul (L0)	200 mm
Perubahan tinggi modul (ΔL)	10 mm
Luas penampang silinder (AD)	37990 mm ²
Stroke (s)	50 mm
Waktu stroke (ts)	3 detik
Hasil	
Rumus	
Gaya penekanan	322,498 kN
$F = \frac{E \times A \times \Delta L}{L_0}$	
Tekanan yang dibutuhkan	8,679 MPa
$P = \frac{F}{A}$	
Debit yang dibutuhkan	31,416 Litter/menit
$Q = v \times A$	
Daya motor hidrolis	90,8 Watt
$Daya = \frac{Q \times P}{s}$	

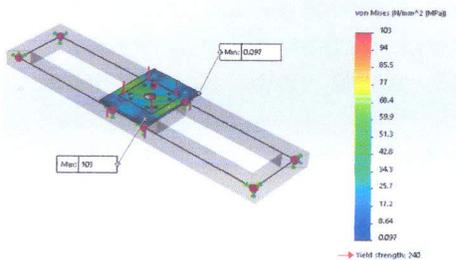
4.2 Kontrol rangka atas

Rangka atas terdiri dari plat atas dan batang atas. Dimana keduanya memakai profil *square tube* ukuran 80x80 yang akan dikontrol kekuatannya melalui perhitungan manual dan analisis menggunakan software.

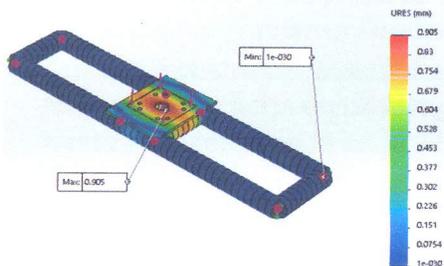
Parameter	
Gaya dalam pada rangka (Fa)	17998,39 N
Panjang rangka (L)	3000 mm
Momen tahanan SQ 80x80 (Wb)	34900 mm ³
Luas penampang SQ 80x80 (Ap)	972 cm ²
Momen tahanan SQ 180x180 (Wb')	290000 mm ³
Re bahan (Re)	240 N/mm ²
Safety factor izin	2
Rumus	Hasil
Tegangan yang terjadi pada rangka atas (SQ 80x80)	774.234 N/mm ²
$\sigma_{gab} = \sqrt{\left(\frac{Fa \times L}{Wb}\right)^2 + \left(3 \times \left(\frac{Fa}{Ap}\right)^2\right)}$	
Safety factor yang terjadi pada rangka atas (SQ 80x80)	0,31 Tidak aman
$Sf = \frac{Re}{\sigma_{gab}}$	
Tegangan yang terjadi pada rangka atas (SQ 180x180)	93,528 N/mm ²

$\sigma_{gab} = \sqrt{\left(\frac{Fa \times \frac{L}{2}}{Wb}\right)^2 + \left(3 \times \left(\frac{Fa}{Ap}\right)^2\right)}$	
Safety factor yang terjadi pada rangka atas (SQ 180x180) $Sf = \frac{Re}{\sigma_{gab}}$	2,566 Aman
Tegangan yang terjadi pada batang atas (SQ 80x80) $\sigma_{gab} = \frac{F}{A}$	18,517 N/mm²
Safety factor yang terjadi pada batang atas (SQ 80x80) $Sf = \frac{Re}{\sigma_{gab}}$	14 Aman

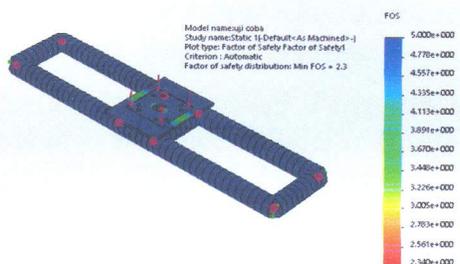
Setelah dilakukannya perhitungan, dilakukan analisis menggunakan software. Berikut hasil analisis konstruksi menggunakan software.



Gambar 4.1 Analisa distribusi tegangan
Tegangan terbesar yang terjadi pada konstruksi adalah sebesar 103 N/mm².

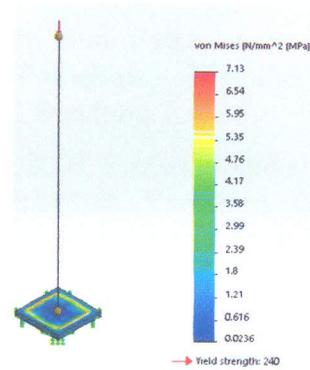


Gambar 4.2 Defleksi yang terjadi
Defleksi terbesar terjadi dibagian tengah, dimana nilainya mencapai 0,9 mm.

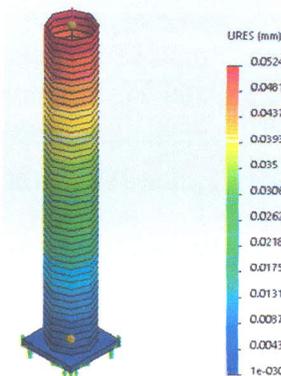


Gambar 4.3 Safety factor yang terjadi
Dan setelah dicek nilai safety factor yang terjadi adalah sebesar 2,3. Semua hasil

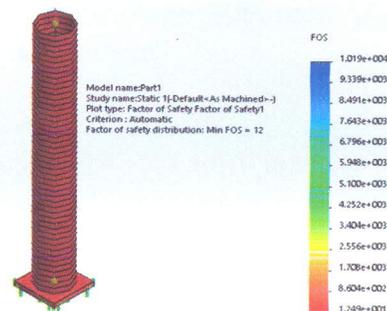
analisa ini yang menguatkan bahwa konstruksi aman.



Gambar 4.4 Distribusi tegangan yang terjadi
Tegangan terbesar yang terjadi adalah pada ujung tumpuan, dimana hasilnya mencapai 7.13 N/mm².



Gambar 4.5 Defleksi yang terjadi
Defleksi terbesar terjadi dibagian tengah, dimana nilainya mencapai 0,05 mm.



Gambar 4.6 Safety factor yang terjadi
Dan setelah dicek nilai safety factor yang terjadi adalah sebesar 12. Semua hasil analisa ini yang menguatkan bahwa konstruksi aman.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan ini adalah:

- Sudah diketahui cara meningkatkan produktifitas dari mesin *press* bambu lamina dengan cara menambah kapasitas *press*.
- Sudah dibuat rancangan baru dari mesin *press* bambu lamina yang dapat meningkatkan produktifitas, yaitu Mesin *Press* Bambu Lamina dengan Sistem Penggerak *Hydraulic Power Pack*.
- Sudah dikontrol dan analisis bagian rangka atas, rangka bawah, konstruksi penekan dan dinyatakan konstruksi aman dengan *safety factor* diatas 2 kalinya.
- Daftar tuntutan yang dibuat sudah tercapai.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis berikan terhadap kegiatan ini diantaranya sebagai berikut:

- Adanya konstruksi pengangkat atau pemindah untu memudahkan loading unloading penyimpanan bambu.
- Adanya konstruksi assembling atau packing benda kerja untuk mengurangi waktu persiapan benda kerja.
- Adanya analisis terhadap penekanan bambu untuk melihat apakah konstruksi sudah menghasilkan penekanan yang merata atau belum.

DAFTAR PUSTAKA

- Sutardi, Sri Rulliaty, dkk. 2015. *Seri Paket Iptek Informasi Sifat Dasar dan Kemungkinan Penggunaan*. Bogor: IPB Press.
- Arsad, E. (2015). *Teknologi Pengolahan dan Manfaat Bambu*, Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru.
- Khotimah, Khusnul, dkk, *Analisa Teknis Bambu Laminasi Sebagai Material Konstruksi Pada Lunas Kapan Perikanan*, Program Studi S1 Teknik Perkapalan Fakultas Teknis UNDIP, 4.

Barnard, Andries, Ravi Doddanavar. 2005. *Practical Hydraulic System*. Netherlands: Elsevier

Mahasa, Andiet, Budi Setiawan S. 1989. *Mesin Press*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung: Bandung.

Iskandsar, M.I, 2007. *Proses Produksi Kayu Lapis*. Diklat Pelatihan Verifikasi IPTIK. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.

Kusnawan, D, dkk. (2009). 'Standardisasi Bambu Laminasi sebagai Alternatif Pengganti Kayu Konstruksi'. Prosiding PPI Standardisasi 2009, 3.

Logan, Daryl L. 2007. *A First Course in the Finite Element Method*. Platteville: University of Wisconsin.

Misdarti, (2006). dalam Arhamsyah (2011). 'Kualitas bambu laminasi Asal Kabupaten Toraja, Sulawesi Selatan'. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 24 No. 3 Puslitbang Hasil Hutan*. Bogor.

Morisco. (2006), 'Teknologi Bambu, Bahan Kuliah Magister Teknologi Bahan Bangunan', Program Studi Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 9.

Rahman Hakim, Adies. *Elemen Mesin 3*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung: Bandung.

Rahman Hakim, Adies. *Kekuatan Bahan*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung: Bandung.

Wittel, H., & dkk. 2009. *Roloff/Matek Maschinenelemente (19th ed.)*. Augsburg: Vieweg+Teubner.