

# SKRIPSI

## DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA MESIN PRESS DAUN GAMBIR DENGAN SISTEM HIDROLIK KAPASITAS 30 TON

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah  
Sumatera Barat*



Oleh:

**ANGGA RIZKY WAHYUDI**  
**191000221201007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
2024**



HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA  
MESIN PRESS DAUN GAMBIR DENGAN SISTEM HIDROLIK  
KAPASITAS 30 TON

Oleh:

ANGGA RIZKY WAHYUDI  
191000221201007



Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing


  
Rudi Kurniawan Arief, ST., MT., Ph.d  
NIDN. 1003038503

Diketahui Oleh:

Dekan Fakultas Teknik  
UM Sumatera Barat

  
  
Masril, ST., MT  
NIDN. 10.0505.7407

Ketua Program Studi  
Teknik Mesin

  
Rudi Kurniawan Arief, ST., MT., Ph.d  
NIDN. 10.2306.8103



## LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI


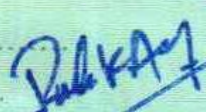
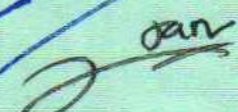
Skripsi ini sudah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 24 Februari 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 24 Februari 2024  
Mahasiswa,

ANGGA RIZKY WAHYUDI  
191000221201007

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal .....

1. Rudi Kurniawan Arief, ST, MT, Ph.d
2. Muchlisinalahuddin, ST, MT
3. Jana Hafiza, ST, MT

1.  Rudi Kurniawan Arief  
2.  Muchlisinalahuddin  
3.  Jana Hafiza

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Mesin

  
RUDI KURNIAWAN ARIEF, ST, MT, Ph.D  
NIDN. 10.2306.8103



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angga Rizky Wahyudi

NIM : 19.10.002.21201.007

Judul Skripsi : Desain Dan Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Press Daun Gambir Dengan Sistem Hidrolik Kapasitas 30 Ton

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan penelitian, pemikiran dan peninjauan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 24 Februari 2024  
Mahasiswa,

Materai



ANGGA RIZKY WAHYUDI  
191000221201007



## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis desain struktur pada mesin pres hidrolik daun gambir dengan kapasitas 30 ton, dengan fokus pada kekuatan struktural rangka mesin. Metode yang digunakan melibatkan analisis *Finite Element Method* (FEM) menggunakan aplikasi *SolidWorks*, dengan parameter evaluasi meliputi *von misses stress*, *displacement*, dan *factor of safety*. Tiga jenis material yang umum digunakan dalam konstruksi rangka, yaitu *GB Q345 Steel*, *ASTM A36 Steel*, dan *DIN S355 Steel*, dibandingkan untuk menentukan tingkat efisiensi dengan kekuatan struktur yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material *GB Q345 Steel* memberikan kinerja struktural yang lebih baik, dengan *von misses stress* sebesar 93,63 MPa, *displacement* sebesar 0,8471 mm, dan *factor of safety* sebesar 3,685.

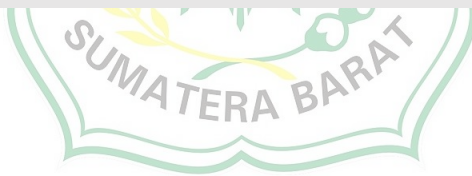
**Kata kunci:** Daun gambir, mesin press hidrolik, rangka, FEM



## **ABSTRACT**

*This research aims to conduct a structural design analysis on a 30-ton capacity hydraulic press machine for processing gambier leaves, with a specific focus on the strength of the machine's frame structure. The methodology employed involves Finite Element Method (FEM) analysis utilizing the SolidWorks application, with evaluation parameters encompassing von Mises stress, displacement, and factor of safety. Three commonly used frame construction materials, namely GB Q345 Steel, ASTM A36 Steel, and DIN S355 Steel, are compared to determine their efficiency levels in achieving optimal structural strength. The research findings indicate that GB Q345 Steel exhibits superior structural performance, with a von misses stress of 93.63 MPa, displacement of 0.8471 mm, and a factor of safety of 3.685. This underscores the structural advantages of utilizing GB Q345 Steel over ASTM A36 Steel and DIN S355 Steel in the context of ensuring the safety and efficiency of a 30-ton capacity hydraulic press machine for processing gambier leaves. The practical implications of these results support the development of more efficient and secure hydraulic press machine designs, contributing to the optimal material selection for similar industrial applications.*

**Keywords :** *Gambier leaf, hydraulic press machine, frame, FEM.*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat penulis selesaikan dengan tepat waktu. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan do'a dari berbagai pihak, Laporan Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis tuju kepada:

1. Bapak **Masril, S.T, M.T** selaku dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
2. Bapak **Rudi Kurniawan Arief, S.T, M.T, Ph.D** selaku Ketua Prodi Teknik Mesin,
3. Bapak **Rudi Kurniawan Arief, S.T, M.T, Ph.D** selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
4. Bapak **Muchlisinalahuddin, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
5. Dan yang paling penting terima kasih untuk diri sendiri yang sudah mampu bertahan sejauh ini,
6. Ibu, Ayah, adek dan kawan-kawan serta seluruh keluarga lain yang selalu mensupport penulis sampai dititik ini,
7. Senior, sahabat dan rekan-rekan Mahasiswa jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat atas semangat, kritikan, dan masukan-masukan yang membangun.

Akhir kata penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Khususnya mahasiswa teknik mesin.

Bukittinggi, .. .. 2024

Penulis





## DAFTAR ISI

### Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Gambir .....	6
2.1.1 Definisi Gambir.....	6
2.1.2 Budidaya Gambir .....	7
2.1.3 Pengolahan Gambir.....	11
2.1.4 Manfaat .....	14
2.2 Teknik Pengepresan Pada Pengolahan Gambir .....	15
2.3 Sistem Hidrolik .....	18
2.3.1 Pengertian.....	18
2.3.2 Prinsip Dasar .....	18
2.4 Material Rangka Mesin Pres Hidrolik .....	20

2.5	<i>SolidWorks</i> .....	21
2.6	Parameter Analisis Kekuatan Rangka Mesin.....	23
2.6.1	<i>Von Misses</i> .....	23
2.6.2	<i>Displacement</i> .....	24
2.6.3	<i>Factor of safety</i> .....	24
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	27
3.1	Tempat dan waktu penelitian .....	27
3.2	Alat dan Bahan.....	27
3.3	Metode Penelitian .....	28
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	29
<b>BAB IV</b>	<b>DATA DAN ANALISA</b> .....	30
4.1	Data .....	30
4.2	Analisa .....	41
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN dan SARAN</b> .....	45
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran.....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>		





## DAFTAR TABEL

No Tabel		Halaman
Tabel 2.1	Faktor keamanan yang disarankan .....	25
Tabel 4.1	Data hasil simulasi FEM pada struktur rangka mesin press hidrolik daun gambir menggunakan software <i>SolidWorks</i> 2023 .....	41



## DAFTAR GAMBAR

No Gambar		Halaman
Gambar 2.1	Tanaman gambir .....	6
Gambar 2.2	Hasil pengolahan daun gambir .....	7
Gambar 2.3	Perebusan daun gambir .....	12
Gambar 2.4	Proses pengepresan daun gambir .....	12
Gambar 2.5	Proses pengendapan getah gambir .....	13
Gambar 2.6	Proses penirisan getah gambir .....	13
Gambar 2.7	Proses pencetakan getah gambir .....	14
Gambar 2.8	Proses pengeringan getah gambir .....	14
Gambar 2.9	Alat pres manual gambir .....	15
Gambar 2.10	Alat pres screw gambir .....	16
Gambar 2.11	Alat pres hidrolik manual gambir .....	17
Gambar 2.12	Alat pres hidrolik otomatis gambir .....	17
Gambar 2.13	Diagram aliran sistem hidrolik .....	18
Gambar 2.14	Fluida dalam pipa menurut hukum Pascal .....	19
Gambar 2.15	Material <i>C Channel CH 140 x 15</i> .....	20
Gambar 2.16	Material <i>H Beam 140</i> .....	21
Gambar 2.17	<i>SolidWorks 2023</i> .....	21
Gambar 2.18	Spesifikasi material yang ada di <i>SolidWorks</i> .....	22
Gambar 2.19	Fitur simulasi yang terdapat pada Software <i>SolidWorks</i> .....	23
Gambar 2.20	Analisis <i>Von mises stress</i> .....	23
Gambar 2.21	Analisis <i>Displacement</i> .....	24
Gambar 2.22	Analisis <i>Factor of safety</i> .....	24
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	29
Gambar 4.1	Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak isometrik .....	30
Gambar 4.2	Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak samping .....	31
Gambar 4.3	Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak depan .....	31
Gambar 4.4	Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak belakang .....	32
Gambar 4.5	Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak atas .....	32
Gambar 4.6	Desain struktur rangka mesin pres hidrolik daun gambir .....	33



Gambar 4.7	Spesifikasi material ASTM A36 Steel.....	34
Gambar 4.8	Spesifikasi material DIN S355 Steel.....	34
Gambar 4.9	Spesifikasi material GB Q345 Steel.....	35
Gambar 4.10	Hasil simulasi <i>stress von mises</i> menggunakan material ASTM A36 Steel.....	36
Gambar 4.11	Hasil simulasi <i>stress von mises</i> menggunakan material DIN S355 Steel.....	36
Gambar 4.12	Hasil simulasi <i>stress von mises</i> menggunakan material GB Q345 Steel.....	37
Gambar 4.13	Hasil simulasi <i>displacement</i> menggunakan material ASTM A36 Steel.....	38
Gambar 4.14	Hasil simulasi <i>displacement</i> menggunakan material DIN S355 Steel.....	38
Gambar 4.15	Hasil simulasi <i>displacement</i> menggunakan material GB Q345 Steel.....	39
Gambar 4.16	Hasil simulasi <i>factor of safety</i> menggunakan material ASTM A36 Steel.....	40
Gambar 4.17	Hasil simulasi <i>factor of safety</i> menggunakan material DIN S355 Steel.....	40
Gambar 4.18	Hasil simulasi <i>factor of safety</i> menggunakan material GB Q345 Steel.....	41
Gambar 4.19	Grafik perbandingan hasil simulasi <i>stress von mises</i> .....	42
Gambar 4.20	Grafik perbandingan hasil simulasi <i>displacement</i> .....	43
Gambar 4.21	Grafik perbandingan hasil simulasi <i>factor of safety</i> .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Etiket Mesin Press Hidrolik Daun Gambir





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Gambir, dengan nama ilmiah *Uncaria gambir*, memperoleh ketenaran melalui daunnya yang menjadi bahan utama dalam industri pengolahan. Selain digunakan sebagai sumber zat pewarna dan komponen penting dalam sirih gambir, gambir juga menemukan peran vital dalam aspek kesehatan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak gambir memiliki potensi sebagai antioksidan dan memiliki sifat antimikroba, memberikan kontribusi dalam upaya pencegahan penyakit dan menjaga kesehatan. Kehadirannya tidak hanya memajukan ekonomi di beberapa daerah di Indonesia, terutama di Sumatera Barat, tetapi juga memberikan manfaat positif dalam konteks kesehatan, menjadikannya tanaman yang bernilai ganda bagi masyarakat lokal.

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, Kabupaten Lima Puluh Kota secara monumental mencatat dirinya sebagai daerah penghasil gambir terbesar di Sumatera Barat. Dengan luas lahan gambir mencapai 17.536 hektar, wilayah ini berhasil menghasilkan sekitar 7.846 ton gambir dalam setahun[1]. Angka produksi tersebut bukan hanya sekadar statistik, melainkan cerminan dari peran sentral yang dimainkan oleh Kabupaten Lima Puluh Kota dalam mengokohkan dominasinya di industri gambir. Kehadiran luas lahan dan produksi yang masif tidak hanya menegaskan keberhasilan daerah ini sebagai pusat produksi utama, tetapi juga memberikan fondasi yang sangat kokoh bagi kemajuan dan pengembangan lebih lanjut dalam industri yang strategis ini.

Proses pengolahan getah gambir yang siap dipasarkan oleh petani gambir di Kabupaten Limapuluh Kota, terutama di daerah Jorong Sopang Nagari Pangkalan, melibatkan serangkaian tahapan yang terorganisir. Langkah-langkah tersebut mencakup pengambilan daun dan ranting gambir, pemisahan daun dari ranting, pengukusan daun, penumbukan hasil pengukusan, pengepresan menggunakan mesin press hidrolis, pemotongan getah pasca-pengepresan, dan akhirnya pengeringan getah daun gambir. Dengan mengimplementasikan proses ini, petani memastikan kualitas optimal dari hasil presan mereka sebelum diarahkan ke pasar.

Proses ekstraksi getah dari daun gambir melibatkan metode tekan yang bertujuan untuk mengurangi void atau ruang kosong dalam bahan. Implementasi metode tekan ini dapat dilakukan melalui penggunaan mesin press hidrolik. Penelitian ini bertujuan utama untuk merancang dan menganalisis performa mesin press hidrolik yang digunakan dalam proses ekstraksi tersebut. Mesin press ini merupakan sistem kompleks yang terdiri dari berbagai komponen yang harus bekerja secara sinergis, membentuk sebuah kesatuan yang dapat menjalankan fungsinya dengan optimal. Keberhasilan alat ini dapat diukur dari sejauh mana alat tersebut mampu berfungsi sesuai dengan tujuan penggunaannya.

Namun demikian, perlu diakui bahwa produk hasil rancangan manusia tidak selalu mencapai tingkat keberhasilan 100% atau sesuai dengan harapan. Oleh karena itu, langkah penting dalam perancangan suatu alat adalah melakukan analisis struktur dan ketahanan kerja komponen penyusunnya. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat yang dirancang dapat bekerja efektif dalam mengatasi beban dan getaran yang mungkin terjadi dalam batas ukuran tertentu.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memeriksa ketahanan dan kekuatan struktural alat yang akan dirancang adalah melalui simulasi numerik dengan menggunakan metode elemen hingga. *SolidWorks* menjadi salah satu perangkat lunak simulasi yang terkenal, memanfaatkan pendekatan numerik untuk memprediksi berbagai kemungkinan kegagalan dari komponen alat yang dirancang. Sebagai contoh, penelitian sebelumnya oleh Muhammad Syaukani, dkk (2021) telah berhasil melakukan analisis FEM pada rangka mesin press komposit kapasitas 20 ton dengan menggunakan Solidworks[2]. Hasil analisis tersebut mencakup tegangan von mises maksimum sebesar 79,70 Mpa, faktor keamanan sebesar 2,595, dan deformasi sebesar 0,0176 mm. Parameter-parameter ini menjadi kritis untuk menilai kekuatan struktur suatu alat.

Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa dalam kajian literatur, terdapat sedikit penelitian yang fokus pada simulasi mesin press, khususnya mesin press hidrolik untuk ekstraksi getah daun gambir. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengisi celah pengetahuan ini dan memberikan kontribusi pada pemahaman lebih lanjut terkait dengan simulasi struktural pada mesin press, khususnya yang teraplikasi pada proses pembuatan press dari daun gambir.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari masalah diatas dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang struktur rangka mesin press hidrolik untuk daun gambir dengan kekuatan press mencapai 30 ton atau setara dengan 30.000 N?
2. Bagaimana hasil analisis *Finite Element Analysis* (FEM) menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* 2023 dalam mempertimbangkan *stress von mises*, *displacement*, dan *factor of safety*?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas untuk penelitian ini dapat diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di lab Teknik mesin Fak Teknik UM. Sumatera Barat.
2. Penelitian ini khusus merancang desain mesin pres hidrolik daun gambir dan menganalisa struktur rangkanya menggunakan analisis FEM dengan *software SolidWorks* 2023.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari perancangan ini adalah:

1. Mengetahui jenis material yang mampu menunjang kekuatan struktur dari rangka mesin press hidrolik daun gambir.
2. Mengetahui hasil analisa *Finite Element Analysis* (FEM) menggunakan *SolidWorks* berupa *stress von mises*, *displacement*, dan *factor of safety*.

## 1.5 Manfaat

1. Optimisasi Desain: Penelitian ini memungkinkan untuk melakukan optimisasi desain rangka mesin press daun gambir dengan sistem hidrolik berkapasitas 30 ton menggunakan *Solidworks*. Dengan demikian, dapat menghasilkan struktur yang lebih efisien dan kuat, serta mengurangi potensi kegagalan yang dapat terjadi selama operasi.
2. Penilaian Keamanan : Analisis kekuatan struktural menggunakan *SolidWorks* memungkinkan penilaian yang mendalam terhadap faktor keamanan mesin



press tersebut. Dengan mengetahui batas-batas kekuatan dan keamanan dari rangka mesin press, dapat diambil langkah-langkah pencegahan yang tepat untuk menghindari kegagalan struktural yang berpotensi berbahaya.

3. Peningkatan Efisiensi Produksi : Dengan memahami kekuatan struktural rangka mesin press, dapat dilakukan peningkatan efisiensi produksi daun gambir. Mesin yang dirancang secara optimal akan mengurangi waktu dan biaya produksi, sehingga meningkatkan daya saing dan kualitas produk yang dihasilkan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan untuk memudahkan pemahaman pembaca dalam mengambil inti yang terdapat pada skripsi ini, maka skripsi ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang pengambilan tema, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dijelaskan sumber bacaan, teori-teori baik dari buku, jurnal dan hasil-hasil penelitian yang terkait dengan permasalahan dan tujuan yang diangkat dalam skripsi ini. Termasuk didalamnya dijelaskan penelitian relevan yang pernah dilakukan sebelumnya serta perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang rencana dan prosedur penelitian yang dilakukan oleh penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan dan tujuan penelitian. Diantaranya penjelasan lokasi penelitian, data penelitian, metode analisis data serta bagan alir penelitian.

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan hasil perhitungan pembahasan hasil uji coba dan penelitian

### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini penulis memberikan kesimpulan dari hasil penelitian, keterbatasan penelitian serta implikasi dan saran bagi penelitian pada topik yang sama di masa yang akan datang

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gambir**

##### **2.1.1 Definisi Gambir**

Gambir adalah ekstrak daun dan ranting tanaman *Uncaria gambir* (Hunter) Roxb yang dikeringkan, tanaman ini pantas menyandang gelar tanaman serba guna, karena tidak penyirih saja yang membutuhkannya sebagai teman pinang dan sirih. Gambir berperan juga di berbagai industri minuman, kosmetik, obat-obatan, dan lain-lain.



**Gambar 2.1** Tanaman gambir

Indonesia adalah pengekspor utama gambir. Pada saat ini pusat produksi berada di Sumatera Barat, walaupun propinsi Jambi, Riau, Sumatera Selatan, dan Kalimantan juga menghasilkan komoditi ini. Sumatera Barat tanaman gambir tumbuh dengan baik di daerah Lima Puluh Kota, Pesisir Selatan dan daerah tingkat II lainnya. Di Kabupaten Lima Puluh Kota sebanyak 11937 Ha dengan produksi 7379 ton pertahun.

Walaupun Indonesia pengekspor gambir satu – satunya di dunia, tetapi harga gambir di tingkat petani masih lemah. Harga gambir yang dinikmati petani jauh lebih kecil dari harga yang berlaku di dunia international. Permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan komoditas gambir adalah pasar gambir yang saat



ini masih mengandalkan pasar perantara yaitu India. Dengan demikian untuk menembus pasar ekspor secara langsung merupakan hal yang penting untuk saat ini. Konsekuensinya, kita harus menyiapkan apa yang disyaratkan oleh pembeli dari luar negeri baik kualitas, kuantitas, maupun kontinuitas.

Gambir yang berada di pasar lokal sampai saat ini masih rendah mutunya. Hal ini disebabkan oleh cara pengolahan gambir yang masih sederhana, penanganan, dan perlakuan pasca panen tanaman gambir masih belum baik. Selain itu masih ada pihak petani atau pengolah gambir yang masih mencampur gambirnya dengan bahan lain dengan maksud untuk menambah berat dari gambir tersebut. Untuk mendapatkan gambir dengan warna yang baik petani juga mencampurnya dengan pupuk. Tindakan ini akan menurunkan citra gambir di pasar internasional. Peralatan dan cara pengolahan gambir yang dilakukan petani di Sumatera Barat masih tradisional dimana aspek kebersihan dan efisiensi belum banyak mendapat perhatian sehingga rendemen dan mutu gambir yang digunakan masih rendah. Hasil pemantauan Kanwil Departemen Perindustrian Sumatera Barat memperlihatkan, bahwa rendemen yang diperoleh petani baru sekitar 2 %, sedangkan kandungan getah gambir yang diperkirakan sekitar 7 %.



**Gambar 2.2** Hasil pengolahan daun gambir

### **2.1.2 Budidaya Gambir**

Gambir dibudidayakan pada lahan ketinggian 200-800 m di atas permukaan laut. Mulai dari topografi agak datar sampai di lereng bukit. Biasanya ditanam sebagai tanaman perkebunan di pekarangan atau diperladangan. Budidaya biasanya

semi intensif, jarang diberi pupuk tetapi pembersihan dan pemangkasan dilakukan. Daun yang dipangkas yang digunakan untuk menghasilkan getah gambir. Tanaman gambir dapat dijumpai di Sumatera Utara (Kabupaten Dairi dan Pakpak Bharat) dan Sumatera Barat.

#### A. Lahan dan Agroklimat

Tanaman gambir dapat diusahakan pada jenis tanah podsolik merah kuning sampai merah kecoklatan. Keasaman tanah (pH) berkisar antara 4,8 - 5,5. Kemiringan tanah 15 %. Ketinggian tempat 50 - 1.100 m dpi. Iklim yang cocok untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman gambir meliputi curah hujan 2.500 - 3.353 mm/tahun. Suhu udara 20 - 40 ° C dan kelembaban udara 70 - 85 %.

#### B. Benih

1. Benih tanaman diambil dari varietas unggul,
2. Recoveri pertumbuhan daun cepat,
3. Tanaman berumur 10-12 tahun, tinggi rumpun 300 cm, panjang cabang 300 450 cm dan pertumbuhan daun optimal,
4. Produksi daun > 12.000 kg/ha/th.

#### C. Penyiapan Benih Tanaman

Benih tanaman yang digunakan untuk pengembangan gambir yang paling baik adalah biji. Biji diperoleh dari buah yang telah matang petik, ditandai dengan polongnya yang berwarna hitam kecoklatan sebelum pecah.

#### D. Persemaian

Buah dijemur dipanas matahari hingga polong pecah. Keluarkan biji dari polong dan dipisahkan dari kulit polong dan dibersihkan dari sisa-sisa kotoran. Biji yang telah bersih berwarna coklat kehitaman, dibungkus dengan kain disimpan dalam kaleng tertutup ditempat sejuk. Daya kecambah biji gambir umumnya cepat turun bila disimpan di tempat yang lembab dan terbuka.

#### E. Pengecambahan

Proses pengecambahan akan lebih baik ditempat yang rata, berhumus subur, dicampur pupuk kandang dengan permukaan tanah yang licin, kecambah akan tumbuh lebih cepat dan subur.

#### F. Penyemaian

1. Tanah untuk pesemaian dibersihkan, diratakan, ditekan dan permukaannya dilicinkan agar biji gambir dapat ditiup akan menempel. Dinaungi dengan atap alang-alang, daun kelapa atau tampah.
2. Apabila menggunakan pematang sawah, permukaan tebing dilapisi lumpur sawah setebal 2 - 3 cm dan diratakan. Apabila menggunakan lereng dekat kebun, dilapisi dengan tanah liat dan diratakan. Tempat pesemaian diberi naungan dan hindari dari aliran air.
3. Benih disemaikan dengan cara meletakkan benih diatas telapak tangan dan ditiup agar menempel pada permukaan pesemaian kemudian ditekan dengan tangan yang telah ditutup plastik.
4. Umur 1-1,5 bulan setelah semai benih sudah berkecambah dan umur 1,5-2 bulan dipesemaian kecambah telah menjadi bibit berdaun 1 - 3 pasang kemudian dipindahkan ke dalam polibag atau ditanam langsung di lapangan. Untuk mendapatkan bibit yang tumbuh lebih seragam dan vigor, sebelum ditanam di kebun, terlebih dahulu dipindah ke polibag.
5. Benih dipesemaian yang telah berdaun 1-3 pasang (umur 1,5-2 bulan) dapat ditanam langsung di lapangan. Apabila menggunakan polibag, benih umur 5-6 bulan tetap dapat dipindahkan ke kebun dengan tinggi benih 30 - 40 cm dan cukup vigor.

#### G. Persiapan lahan

Lahan untuk tanaman gambir dibersihkan kemudian dilakukan pengajiran dan pembuatan lubang tanam berukuran 40 x 40 x 40 cm atau minimal 30 x 30 x 30 cm. Setelah 15 hari lubang ditutup kembali dengan tanah yang telah dicampur pupuk organik baik kompos ataupun pupuk kandang dengan ukuran 1 - 2 kg tiap lubang tanam.



#### H. Penanaman

2m x 2m, dengan populasi 2.500 tanaman/ha 2 m x 3 m, dengan populasi 1.750 tanaman/ha - 2m x 4m, dengan populasi 1.300 tanaman/ha. Benih dalam polibag dapat ditanam setelah berumur 1 - 2 bulan, polibag ditempatkan dilubang tanam, polibag disobek dan plastik diangkat kemudian benih ditimbun dengan tanah sampai leher akar, tanah diratakan dan ditekan. Penanaman benih di lapangan dilakukan setelah benih berumur 1,5 - 2 bulan dan mempunyai > 2 pasang daun. Di tengah-tengah lubang tanam ditusuk dengan kayu untuk membuat telapak tempat menanam benih, kemudian benih ditanam.

#### I. Penyiangan

Membersihkan dan menggemburkan tanah di sekitar tanaman gambir serta menutup permukaan tanah dengan mulsa sangat dianjurkan. Hal ini dilakukan sampai tanaman berumur 3-4 tahun.

#### J. Pemupukan

Tanaman gambir perlu diberi pupuk NPK dan pupuk organik agar dapat tumbuh subur dan baik.

#### K. Merundukan

Tujuannya adalah untuk mempercepat rimbunnya tanaman sehingga membentuk rumpun yang rimbun, subur dan berdaun lebat. Caranya yaitu dengan mengikat setiap batang yang mulai memanjang, diikat dan ditarik ke bawah sehingga merunduk sehingga akan ke luar cabang baru.

#### L. Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT)

Hama yang menyerang tanaman gambir adalah hama belalang (famili Orthoptera), ulat (famili Lepidoptera) dan kutu daun (famili Homoptera). Pengendaliannya dapat dilakukan dengan:

1. Melakukan pemupukan berimbang dan sanitasi yang baik.
2. Melakukan pemangkasan pucuk atau daun muda yang terserang dan memusnahkannya.

3. Melestarikan dan meningkatkan peranan musuh alami.
4. Dapat juga dilakukan dengan menggunakan fungisida.

Penyakit yang biasa ditemukan pada tanaman gambir adalah gejala penyakit bercak daun tunggal, bercak kecil dan bercak pinggir daun yang disebabkan oleh jamur *Conospora*, *Phomaceae* dan *Oxipulaceae*, gejala penyakit daun kering dan mozaik. Pengendaliannya dilakukan dengan cara,

1. Kurangi kelembaban dengan mengurangi naungan,
2. Gunakan fungisida seperti Dethane M45.

#### M. Panen

Tanaman gambir dapat dipanen pada umur 1,5 tahun, panen selanjutnya dilakukan setelah 5 atau 6 bulan tergantung pada kondisi tanaman. Tanaman gambir dapat dipanen 2-3 kali dalam setahun.

Ciri tanaman sudah waktu dipanen:

1. Setiap ranting sudah tidak bertunas lagi, berwarna hijau kecoklatan, kaku dan keras.
2. Daun sudah mencapai stadia matang, berwarna hijau tua, kuning kecoklatan
3. Lembaran daun tebal, mengeras dan kaku, kalau diremas sudah mengeluarkan getah.
4. Umur sudah > 5 bulan dari musim panen sebelumnya.

Cara panen:

Panen dilakukan pagi hari. Ranting dipangkas dengan ani-ani atau sabit pada jarak 5 cm dari pangkal agartunas baru cepat tumbuh dengan baik.

### 2.1.3 Pengolahan Gambir

#### A. Perebusan bahan

Daun dan ranting hasil panen diikat, masing-masing sekitar 3 - 4 kg per ikat, dimasukkan ke dalam keranjang dari bambu (kapuk) yang didalamnya sudah ada jala rajut dari plastik atau tali kulit, kemudian dimasukkan ke dalam wajan atau kanchah untuk dilakukan perebusan selama 1 -1,5 jam.



**Gambar 2.3** Perebusan daun gambir

**B. Pengempaan atau pengepresan bahan**

Setelah selesai direbus kapuk di keluarkan dari kancah, diangkat kemudian daun dililit dengan rajut agar tidak berantakan kemudian dimasukkan dalam alat pres untuk dilakukan proses pengepresan.



**Gambar 2.4** Proses pengepresan daun gambir

**C. Pengendapan getah**

Getah gambir hasil pengempaan disaring dan dimasukkan dalam wadah kayu (peraku/paraku) kemudian diendapkan selama 8 -12 jam atau selama satu malam. Hasil endapan berbentuk pasta atau lebih encer lagi.





**Gambar 2.5** Proses pengendapan getah gambir

#### D. Penirisan getah

Getah hasil pengendapan dimasukkan ke alat penirisan yang terbuat dari kain blacu diikat dan dipres lagi dengan alat pemberat batu agar pasta lebih pekat dan dapat segera dicetak. Lama penirisan 10 - 20 jam.



**Gambar 2.6** Proses penirisan getah gambir

#### E. Pencetakan

Gambir dicetak dalam tiga macam cetakan tergantung kegunaannya, biasanya dalam bentuk silinder cekung, silinder dan koin. Setiap kilogram bahan baku gambir mampu dicetak dalam waktu sekitar 25 - 30 menit per orang.



**Gambar 2.7** Proses pencetakan getah gambir

#### F. Pengerinan

Gambir hasil cetakan diletakan di atas baki dan dijemur dipanas matahari atau di atas tungku perebusan daun. Pengerinan dilakukan 2-3 hari tergantung cuaca.



**Gambar 2.8** Proses pengerinan getah gambir

#### 2.1.4 Manfaat

Kegunaan utama adalah sebagai komponen menyirih, yang sudah dikenal masyarakat kepulauan Nusantara, dari Sumatra hingga Papua sejak paling tidak 2500 tahun yang lalu. Diketahui, gambir merangsang keluarnya getah empedu sehingga membantu kelancaran proses di perut dan usus. Fungsi lain adalah sebagai campuran obat, seperti sebagai luka bakar, obat sakit kepala, obat diare, obat

disentri, obat kumur-kumur, obat sariawan, serta obat sakit kulit (dibalurkan); penyamak kulit; dan bahan pewarna tekstil. Fungsi yang tengah dikembangkan juga adalah sebagai perekat kayu lapis atau papan partikel. Produk ini masih harus bersaing dengan sumber perekat kayu lain, seperti kulit kayu *Acacia mearnsii*, kayu *Schinopsis balansa*, serta kulit polong *Caesalpinia spinosa* yang dihasilkan negara lain (Anonim, 2013).

## 2.2 Teknik Pengepresan Pada Pengolahan Gambir

Terdapat beberapa teknik pengepresan dalam pengolahan gambir diantaranya:

### 1. Pengepresan dengan Alat Manual Pres:

- a. Pada teknik ini, pengepresan dilakukan secara manual dengan menggunakan alat pres yang dioperasikan oleh tenaga manusia.
- b. Operator menggunakan tuas atau pegangan untuk menghasilkan tekanan yang diperlukan pada daun gambir.
- c. Kelebihan: Sederhana, biaya rendah, cocok untuk skala kecil.
- d. Kekurangan: Produktivitas terbatas, pekerjaan manual memerlukan tenaga lebih.



Gambar 2.9 Alat pres manual gambir

### 2. Pengepresan dengan Mesin Screw:

- a. Pada teknik ini, mesin menggunakan mekanisme sekrup (screw) untuk menghasilkan tekanan pada daun gambir.



- b. Sebuah sekrup putar digunakan untuk mendorong daun gambir ke dalam ruang pengepresan dan mengekstrak zat aktif.
- c. Kelebihan: Lebih efisien daripada manual, dapat diterapkan pada skala menengah.
- d. Kekurangan: Memerlukan daya listrik, mungkin lebih kompleks dalam perawatan.



Gambar 2.10 Alat pres screw gambir

- 3. Pengepresan dengan Alat Hidrolik Manual:
  - a. Dalam teknik ini, alat hidrolik manual digunakan untuk memberikan tekanan pada daun gambir.
  - b. Operator menggunakan tuas atau handle untuk mengontrol tekanan hidrolik.
  - c. Kelebihan: Lebih efisien dibanding manual, biaya relatif rendah, dapat dioperasikan tanpa listrik.
  - d. Kekurangan: Produktivitas terbatas dibanding mesin otomatis.



**Gambar 2.11** Alat pres hidrolis manual gambir

4. Pengepresan dengan Mesin Hidrolik Otomatis:

- a. Pada teknik ini, mesin hidrolik otomatis digunakan untuk memberikan tekanan secara otomatis pada daun gambir.
- b. Mesin dilengkapi dengan sistem otomatis untuk mengatur tekanan, waktu, dan parameter lainnya.
- c. Kelebihan: Tinggi produktivitas, kontrol otomatis, cocok untuk skala besar.
- d. Kekurangan: Biaya investasi awal mungkin tinggi, memerlukan daya listrik.



**Gambar 2.12** Alat pres hidrolis otomatis gambir

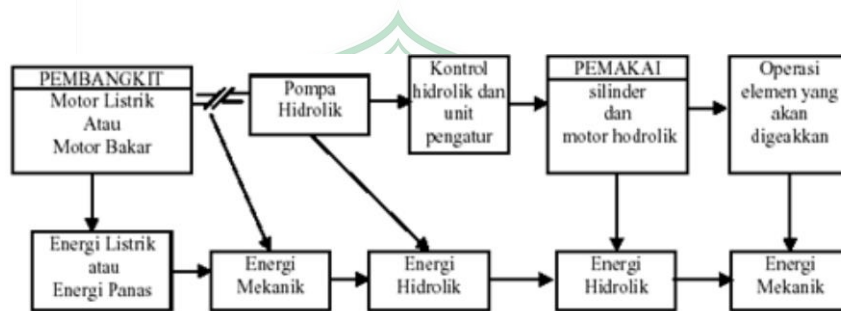
Perbedaan antara alat-alat tersebut terletak pada tingkat otomatisasinya, kemampuan tekanan yang dihasilkan, dan kapasitas produksi. Alat manual pres dan mesin screw umumnya lebih cocok untuk skala produksi kecil, sedangkan mesin hidrolik manual dan mesin hidrolik otomatis lebih sesuai untuk produksi dalam jumlah besar dengan tingkat presisi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pemilihan

teknik pengepresan harus disesuaikan dengan skala produksi, efisiensi, dan kontrol yang diinginkan oleh produsen gambar.

## 2.3 Sistem Hidrolik

### 2.3.1 Pengertian

Sistem hidrolik adalah sistem penerusan daya dengan menggunakan fluida cair. Minyak mineral adalah jenis fluida yang sering dipakai. Prinsip dasar dari sistem hidrolik adalah memanfaatkan sifat bahwa zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap, namun menyesuaikan dengan yang ditempatinya. Zat cair bersifat inkompresibel. Karena itu tekanan yang diterima diteruskan ke segala arah secara merata.



Gambar 2.13 Diagram aliran sistem hidrolik

Sistem hidrolik biasanya diaplikasikan untuk memperoleh gaya yang lebih besar dari gaya awal yang dikeluarkan. Fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal.

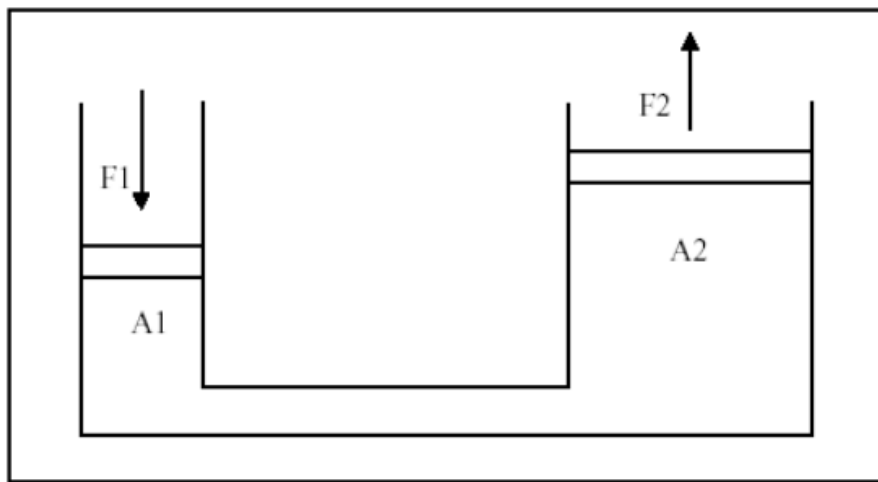
### 2.3.2 Prinsip Dasar

Prinsip dasar dari sistem hidrolik berasal dari hukum Pascal, pada dasarnya menyatakan dalam suatu bejana tertutup yang ujungnya terdapat beberapa lubang yang sama maka akan dipancarkan kesegala arah dengan tekanan dan jumlah aliran yang sama. Dimana tekanan dalam fluida statis harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:



- a. Tidak punya bentuk yang tetap, selalu berubah sesuai dengan tempatnya.
- b. Tidak dapat dimampatkan.
- c. Meneruskan tekanan ke semua arah dengan sama rata.

Gambar 2.2 memperlihatkan dua buah silinder berisi cairan yang dihubungkan dan mempunyai diameter yang berbeda. Apabila beban F diletakkan di silinder kecil, tekanan P yang dihasilkan akan diteruskan ke silinder besar (  $P = F/A$ , beban dibagi luas penampang silinder ) menurut hukum ini, pertambahan tekanan dengan luas rasio penampang silinder kecil dan silinder besar, atau  $F = P.A$ .



**Gambar 2.14** Fluida dalam pipa menurut hukum Pascal

Gambar diatas sesuai dengan hukum pascal, dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$F_1$  = Gaya masuk

$F_2$  = Gaya keluar

$A_1$  = Diameter piston kecil

$A_2$  = Diameter piston besar

Persamaan diatas dapat diketahui besarnya  $F_2$  dipengaruhi oleh besar kecilnya luas penampang dari piston  $A_2$  dan  $A_1$ .

Dalam sistem hidrolik, hal ini dimanfaatkan untuk merubah gaya tekan fluida yang dihasilkan oleh pompa hidrolik untuk menggeserkan silinder kerja maju dan mundur maupun naik/turun sesuai letak dari silinder. Daya yang dihasilkan silinder kerja hidrolik, lebih besar dari daya yang dikeluarkan oleh pompa. Besar kecilnya daya yang dihasilkan oleh silinder hidrolik dipengaruhi besar kecilnya luas penampang silinder kerja hidrolik.

#### 2.4 Material Rangka Mesin Pres Hidrolik

Rangka mesin adalah kerangka atau struktur yang mendukung semua komponen mesin. Rangka ini bertindak sebagai tulang punggung mesin, memberikan kekuatan dan kestabilan yang diperlukan untuk menjalankan berbagai operasi. Rangka mesin biasanya terbuat dari bahan yang kuat seperti besi tuang, baja, atau aluminium. Selain memberikan kekuatan struktural, rangka mesin juga berfungsi sebagai penahan getaran dan kejutan yang dihasilkan oleh mesin saat beroperasi. Dengan menggunakan desain yang tepat, rangka mesin mampu menahan beban dan mengoptimalkan efisiensi mesin secara keseluruhan.

Pada perancangan ini akan digunakan material *C Channel CH 140 x 15* dan *H Beam 140* sebagai bahan dasar pembuatan rangka mesin pres hidrolik.



Gambar 2.15 Material *C Channel CH 140 x 15*



**Gambar 2.16** Material *H Beam* 140

## 2.5 *SolidWorks*

*Software SolidWorks* merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya[4]. Program *SolidWorks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, time market dari benda pun dapat dipercepat. Berikut adalah aplikasi *SolidWorks* 2023 dapat dilihat pada gambar 2.34 dibawah ini.

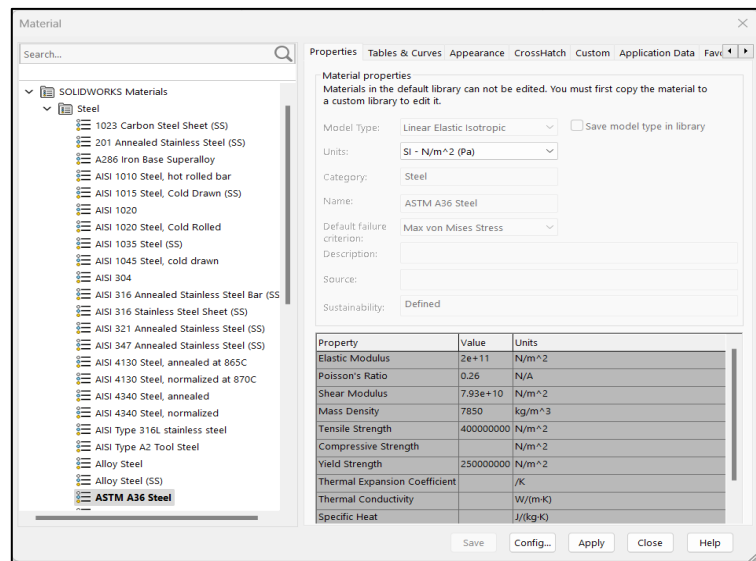


**Gambar 2.17** *SolidWorks* 2023[5]

*SolidWorks* dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga. Parameter mengacu pada kendala yang

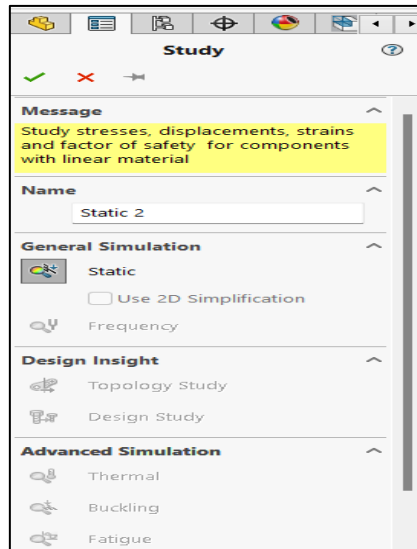


nilainya menentukan bentuk atau geometri dari model atau perakitan. Parameter dapat berupa parameter numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau parameter geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal, parameter dll. *Numeric* dapat dikaitkan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud desain. Berikut gambar 2.2 adalah spesifikasi material yang ada di *solidworks*.



Gambar 2.18 Spesifikasi material yang ada di *Solidworks*[5]

*Software SolidWorks* menyediakan solusi terpadu untuk menyederhanakan dan memudahkan proses desain dan analisa sebuah struktur. Solusi terpadu tersebut berarti bahwa semua proses dikerjakan oleh satu mesin dan satu *software*, sehingga transfer data dari satu desain/*software* ke mesin/*software* yang lain tidak diperlukan. Dengan proses tersebut, hilangnya data atau informasi dapat dihindari dan waktu untuk proses analisa juga menjadi lebih singkat. berikut gambar 2.3 adalah fitur simulasi yang terdapat pada *software Solidworks*.



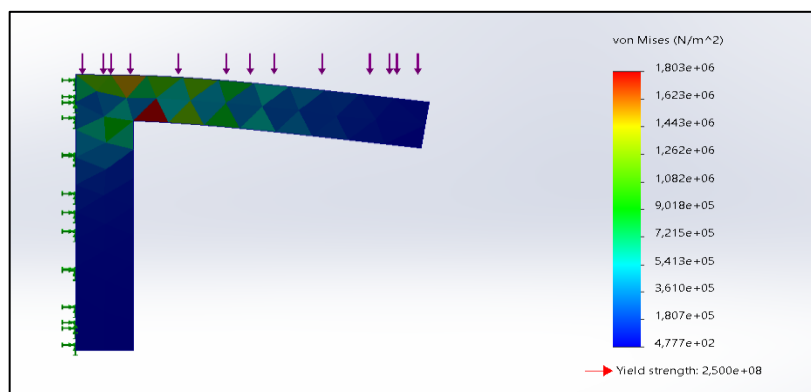
Gambar 2.19 Fitur simulasi yang terdapat pada *Software Solidworks*[5]

## 2.6 Parameter Analisis Kekuatan Rangka Mesin

Rangka mesin merupakan bagian terpenting dalam suatu mesin yang berfungsi untuk menahan beban yang terjadi selama mesin bekerja maupun tidak bekerja. Oleh karena itu, perhitungan rangka agar mendapatkan nilai aman sangatlah penting[6]. Material yang digunakan pun sangat berpengaruh terhadap rangka.

### 2.6.1 Von misses

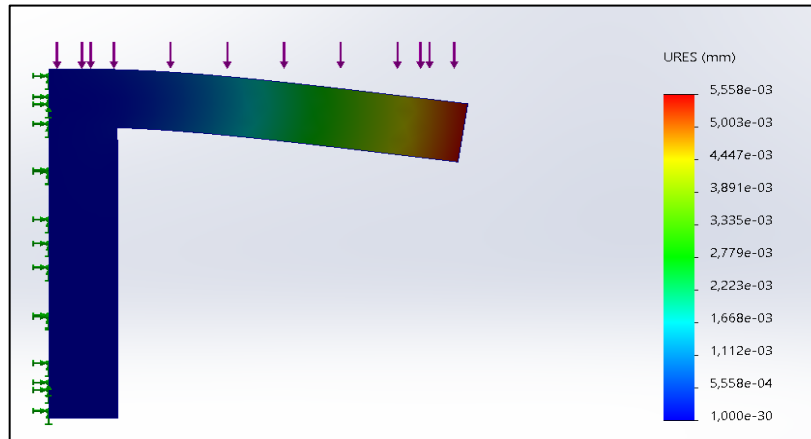
*Von misses stress* merupakan indikator yang mengukur kegagalan material dengan menganalisis resultan 3 tegangan utama atau biasa disebut *Principal Stress*, kegagalan diprediksi jika nilai tegangan *Von Mises* lebih besar dari tegangan luluh material ( $\sigma_v > \sigma_y$ ). Berikut gambar 2.7 analisis *Von misses stress*.



Gambar 2.20 Analisis *Von misses stress*[7]

### 2.6.2 Displacement

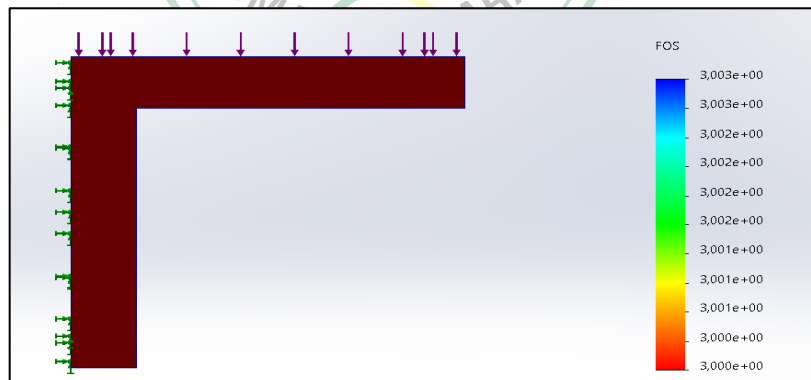
*Displacement* merupakan sebuah perpindahan posisi atau deformasi dari sebuah material yang terjadi diakibatkan beban yang diterima oleh suatu material. Berikut gambar 2.8 adalah analisis *Displacement*.



Gambar 2.21 Analisis *Displacement*[7]

### 2.6.3 Factor Of Safety

*Factor of Safety* pada awalnya didefinisikan sebagai suatu bilangan pembagi kekuatan ultimate material untuk menentukan “tegangan kerja” atau “tegangan desain”. Berikut gambar 2.9 adalah analisis *Factor of safety*.



Gambar 2.22 Analisis *Factor of safety*[7]

Dalam “*modern engineering practice*”, faktor keamanan dalam desain harus mempertimbangkan hampir semua faktor yang mungkin meningkatkan terjadinya kegagalan. Faktor keamanan merupakan hasil perbandingan dari tegangan luluh sesungguhnya terhadap tegangan maksimum yang terjadi[6].

$$\text{Faktor keamanan} = \frac{\text{tegangan luluh}}{\text{Tegangan Masimum ( yang terjadi) }} \dots\dots\dots [8] (2.3)$$

Penentuan nilai numerik faktor keamanan sangat tergantung pada berbagai parameter dan pengalaman. Parameter-parameter utama yang harus diperhatikan adalah jenis material, tipe dan mekanisme aplikasi beban, keadaan diberi tegangan, penentuan titik berat beban dan faktor lainnya , sehingga tabel dapat dilihat seperti dibawah ini[6],

**Tabel 2.1** Faktor keamanan yang disarankan[9]

No	Faktor Keamanan	Parameter dan tingkat ketidakpastian
1	1,25 – 1,5	Data material yang sangat akurat dan andal, jenis pembebanan yang pasti, metoda perhitungan tegangan yang akurat
2	1,5 – 2	Data Material yang cukup baik, kondisi lingkungan yang stabil, dan beban serta tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan baik.
3	2,0 – 2,5	Average material, komponen dioperasikan pada lingkungan normal, beban dan tegangan dapat dihitung dengan material
4	2,5 – 3	Untuk material yang datanya kurang baik, atau material getas dengan pembebanan, dan lingkungan rata-rata
5	3 – 4	Untuk material yang belum teruji, dengan pembebanan, dan lingkungan rata-rata. Angka ini juga disarankan untuk material yang teruji dengan baik, tetapi kondisi lingkungan dan pembebanan tidak dapat ditentukan dengan pasti

Dalam buku “*Machine Design Projects*”[10], Joseph P Vidosic memberikan *safety factor* berdasarkan tegangan luluh, sebagai berikut:

1.  $sf = 1,25 – 1,5$ : untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2.  $sf = 1,5 – 2,0$ : untuk bahan yang sudah diketahui, dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3.  $sf = 2,0 – 2,5$ : untuk beban yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui.
4.  $sf = 2,5-3,0$ : untuk bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi ini, beban dan tegangan rata-rata.



5.  $sf = 3,0-4,5$ : untuk bahan yang sudah diketahui. Beban dan tegangan yang tidak pasti, dan kondisi lingkungan yang juga tidak pasti.
6. Beban berulang: nomor 1 s/d 5.
7. Beban kejut: nomor 3-5/
8. Bahan getas: nomor 2-5 dikalikan dengan 2

Dobrovolsky (dalam buku “*Machine element*”), dengan menganggap faktor-faktor lain berjalan secara normal[9]. Memberikan *safety factor* (sf) berdasarkan jenis beban sebagai berikut.

1. Beban Statis:  $sf = 1,25 - 2$
2. Beban Dinamis:  $sf = 2,1 - 3$
3. BebanKejut:  $sf = 3,1 - 5$

Maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{izin} \dots\dots\dots [11](2.4)$$

Keterangan:

$\sigma_{izin}$  = tegangan izin material (N/m<sup>2</sup>)

$\sigma_{max}$  = tegangan izin rangka (N/m<sup>2</sup>)



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di labor Fakultas Teknik Mesin UM. Sumatera Barat, dengan periode penelitian telah dimulai pada April – Juli 2023.

### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam perancangan mesin press hidrolik ini, dapat di uraikan sebagai berikut:

#### 1. Laptop Asus X441U

Laptop yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah Laptop ASUS dengan seri merek X441U. Laptop ini digunakan sebagai alat untuk menjalankan perangkat lunak Autocad dan software 3D lain untuk mendukung perancangan alat ini.

#### 2. Perangkat Lunak *SolidWorks* 2023

*SolidWorks* adalah sebuah *software Computer Aided Design (CAD) 3D* yang mudah dioperasikan. Software ini dikembangkan oleh *SolidWorks Corporation* yang sekarang sudah diakui oleh *Dassault System*. *SolidWorks* merupakan salah satu *software* penting yang mulai banyak digunakan pada teknologi saat ini, selain digunakan untuk menggambar komponen 3D

#### 3. Sumber Referensi

Referensi yang digunakan seperti buku penunjang elemen mesin, buku dan artikel tentang pembahasan mesin pres hidrolik.

Dalam perancangan mesin press hidrolik untuk pengolahan daun gambir, bahan-bahan yang direncanakan untuk digunakan melibatkan komponen-komponen kritis seperti *C Channel CH 140 x 15*, *H Beam 140*, Pipa Hitam SCH 30, besi profil U, dan plat baja. Keberlanjutan operasional mesin tersebut juga bergantung pada penggunaan mesin hidrolik set 30 ton yang dirancang khusus untuk menangani beban kerja yang diantisipasi. Selain itu, panel pengontrol

merupakan elemen krusial yang memainkan peran penting dalam mengatur dan memantau fungsi mesin secara efektif. Penggunaan bahan-bahan ini harus dipertimbangkan dengan cermat, memperhitungkan aspek kekuatan, kekokohan, dan kompatibilitas keseluruhan untuk memastikan kinerja optimal dan keselamatan selama penggunaan mesin.

### 3.3 Metode Penelitian

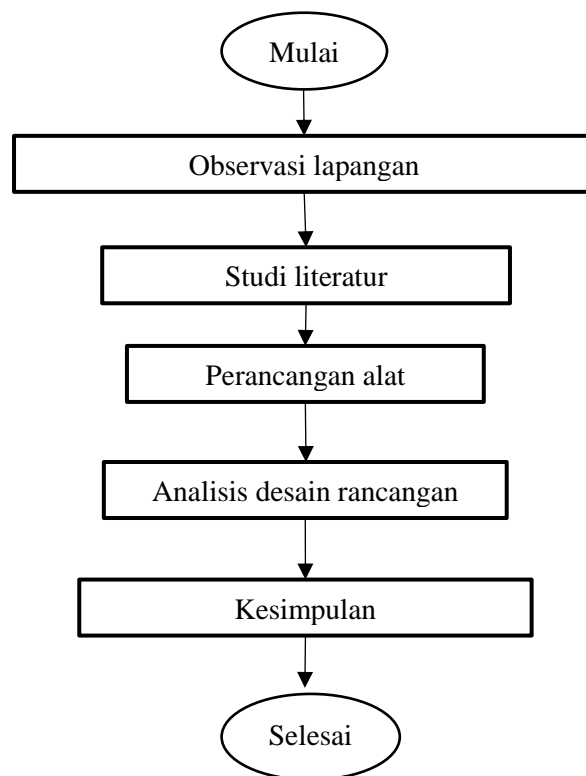
Metode penelitian yang digunakan dalam perancangan mesin pres hidrolik pengolahan daun gambir melibatkan beberapa langkah penting. Pertama, peneliti melakukan studi literatur untuk memahami prinsip-prinsip dasar mesin pres dan prinsip kerja sistem hidrolik. Kemudian merancang dan membangun prototipe mesin pres hidrolik berdasarkan konsep yang telah dipelajari. Metode ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut :

1. Identifikasi Kebutuhan dan Tujuan Penelitian
  - Mengidentifikasi kebutuhan dan tujuan dari penelitian ini.
  - Menentukan masalah yang akan diselesaikan melalui perancangan mesin pres hidrolik daun gambir.
2. Tinjauan Pustaka
  - Melakukan tinjauan literatur terkait mesin pres hidrolik daun gambir.
  - Memahami konsep, teknologi, dan metode yang telah ada dalam perancangan mesin pres hidrolik daun gambir.
  - Mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari pendekatan yang telah dilakukan sebelumnya.
3. Perancangan Konsep
  - Menghasilkan berbagai-ide dan konsep perancangan mesin pres hidrolik daun gambir.
  - Membuat sketsa atau Gambaran visual dengan *software SolidWorks*.
4. Analisis dan Evaluasi Konsep
  - Menganalisis setiap konsep perancangan mesin pres hidrolik daun gambir secara terperinci.
  - Mengevaluasi setiap konsep berdasarkan kriteria yang ditetapkan sebelumnya.

- Memilih konsep terbaik berdasarkan hasil analisis dan evaluasi.
5. Pemodelan dan Simulasi
- Melakukan pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak atau alat bantu lainnya.
6. Analisis Data dan Kesimpulan
- Menganalisis data berupa analisa kekuatan rangka efisiensi mesin pres hidrolik daun gambir dengan membandingkan 3 jenis material yaitu *ASTM A36 Steel*, *DIN S355 Steel* dan *GB Q345 Steel*.
  - Membandingkan hasil data simulasi dengan parameter berupa *stress von misses*, *displacement* dan *Factor of Safety* untuk menguji mana material terbaik untuk desain struktur mesin pres hidrolik daun gambir.
  - Menginterpretasikan hasil penelitian dan menarik kesimpulan berdasarkan analisis data.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Diagram alir penelitian

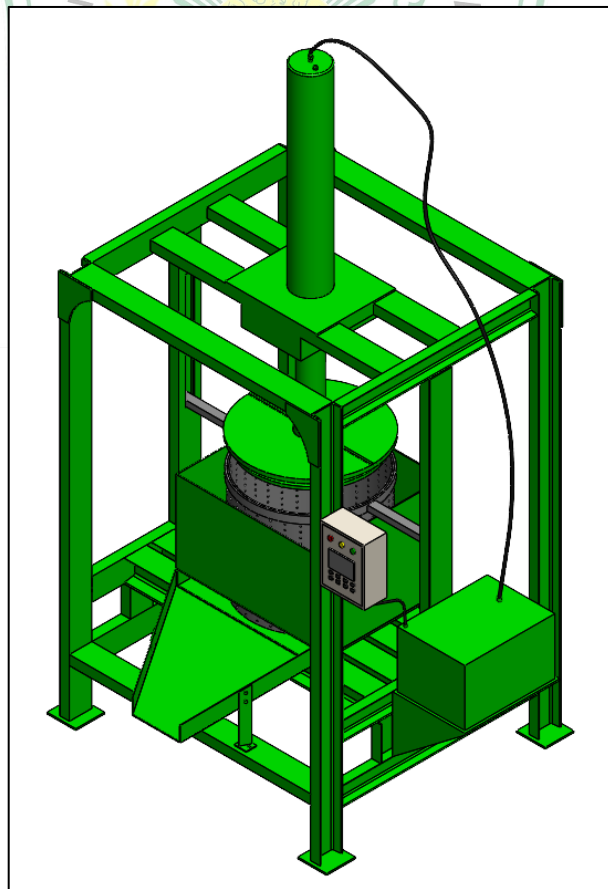


## BAB IV DATA DAN ANALISA

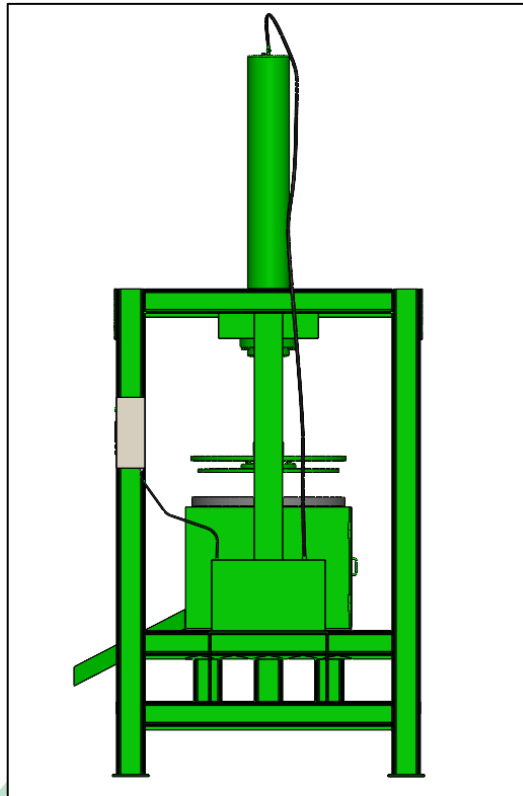
### 4.1 Data

Desain dan analisis mesin press hidrolik daun gambir dengan kapasitas 30 ton ini dikembangkan sebagai solusi untuk menggantikan proses press secara manual, serta dengan tujuan meningkatkan efisiensi dari mesin press hidrolik yang umumnya digunakan oleh petani gambir di Kabupaten Limapuluh Kota, khususnya di daerah Jorong Sopang Nagari Pangkalan. Desain ini secara spesifik terstruktur dalam tiga sub-rakitan, meliputi sub-rakitan rangka, sub-rakitan press tool, dan sub-rakitan sistem penggerak dan otomasi. Dengan demikian, perangkat ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan produktivitas dan efisiensi proses produksi daun gambir.

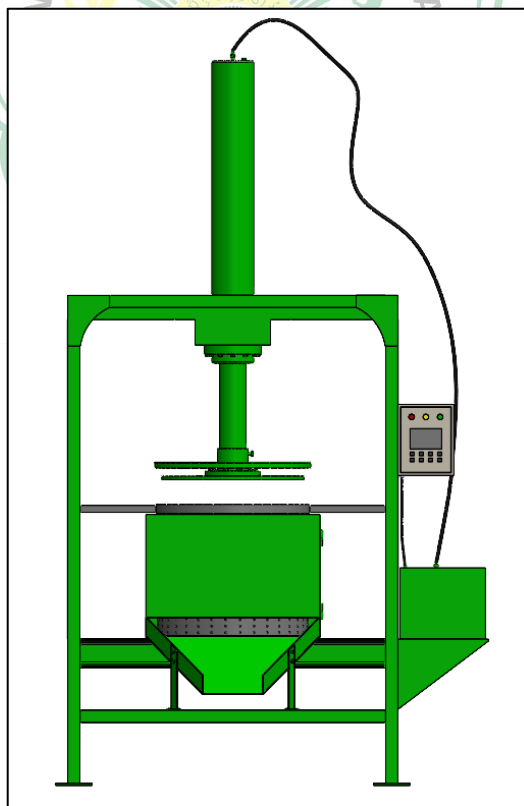
Berikut adalah hasil desain dari mesin press hidrolik daun gambir dengan kapasitas 30 ton.



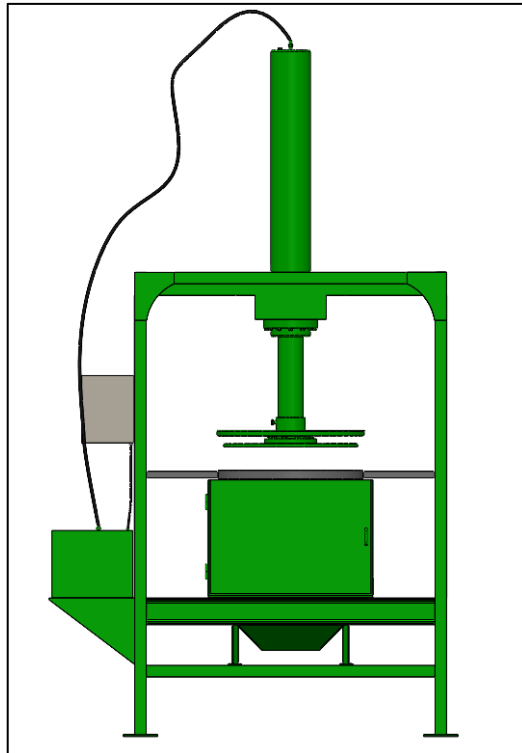
**Gambar 4.1** Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak isometrik



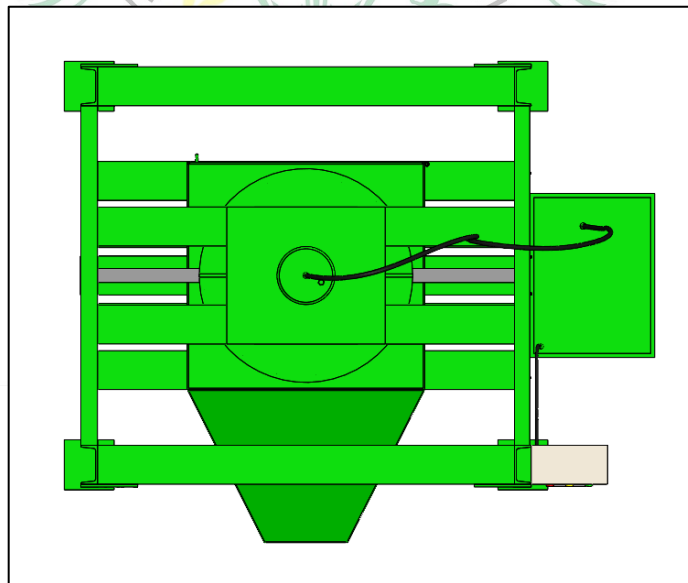
**Gambar 4.2** Desain mesin pres hidrolis daun gambir tampak samping



**Gambar 4.3** Desain mesin pres hidrolis daun gambir tampak depan

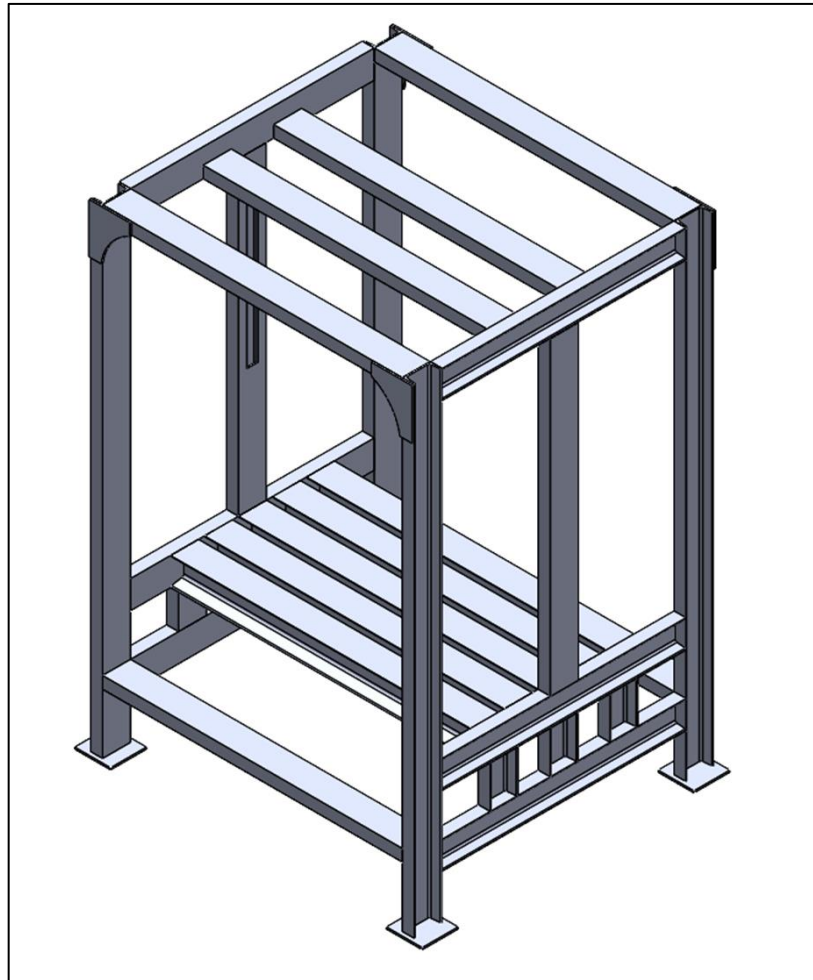


**Gambar 4.4** Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak belakang



**Gambar 4.5** Desain mesin pres hidrolik daun gambir tampak atas

Selanjutnya, desain akan menjalani analisis yang difokuskan pada kekuatan struktur mesin. Analisis ini akan dilaksanakan dengan memanfaatkan perangkat lunak *SolidWorks* versi 2023, dan akan menerapkan metode FEM (Finite Element Methods) untuk mendapatkan hasil analitik yang akurat dan terperinci mengenai respons struktural sistem.



**Gambar 4.6** Desain struktur rangka mesin pres hidrolis daun gambir

Dalam penelitian ini, jenis bahan struktur rangka yang digunakan, seperti *C Channel CH 140 x 15* dan *H Beam 140*, merujuk pada informasi yang terdapat pada situs web [www.qiao-groupSteel.com](http://www.qiao-groupSteel.com). Terdapat tiga jenis material yang dipertimbangkan, yaitu *ASTM A36 Steel* dengan *yield strength* sebesar 250 MPa[12], *DIN S355 Steel* dengan *yield strength* sebesar 275 MPa[13], dan *GB Q345 Steel* dengan *yield strength* sebesar 345 MPa[14]. Simulasi *Finite Element Method* (FEM) akan dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk mengevaluasi dan memilih material yang paling optimal dalam mendesain struktur mesin press hidrolis daun gambir ini. Spesifikasi dari ketiga jenis material tersebut dapat dilihat pada *material properties* di *SolidWorks 2023* sebagai berikut.



**Material properties**  
Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type: **Linear Elastic Isotropic**  Save model type in library

Units: **SI - N/mm<sup>2</sup> (MPa)**

Category: **Steel**

Name: **ASTM A36 Steel**

Default failure criterion: **Max von Mises Stress**

Description:

Source:

Sustainability: **Defined**

Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.26	N/A
Shear Modulus	79300	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7850	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	400	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	250	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity		W/(m·K)
Specific Heat		J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

**Gambar 4.7** Spesifikasi material *ASTM A36 Steel*

**Material properties**  
Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type: **Linear Elastic Isotropic**  Save model type in library

Units: **SI - N/mm<sup>2</sup> (MPa)**

Category: **DIN Steel (Structural)**

Name: **1.0045 (S355JR)**

Default failure criterion: **Max von Mises Stress**

Description: **St52-3U**

Source: **Tensile and Yield Strength for 200<t<=250mm**

Sustainability: **Defined**

Property	Value	Units
Elastic Modulus	210000.0031	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.28	N/A
Shear Modulus	79000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7800	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	450	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	275	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-05	/K
Thermal Conductivity	14	W/(m·K)
Specific Heat	440	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

**Gambar 4.8** Spesifikasi material *DIN S355 Steel*

Material properties  
Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type:   Save model type in library

Units:

Category:

Name:

Default failure criterion:

Description:

Source:

Sustainability:

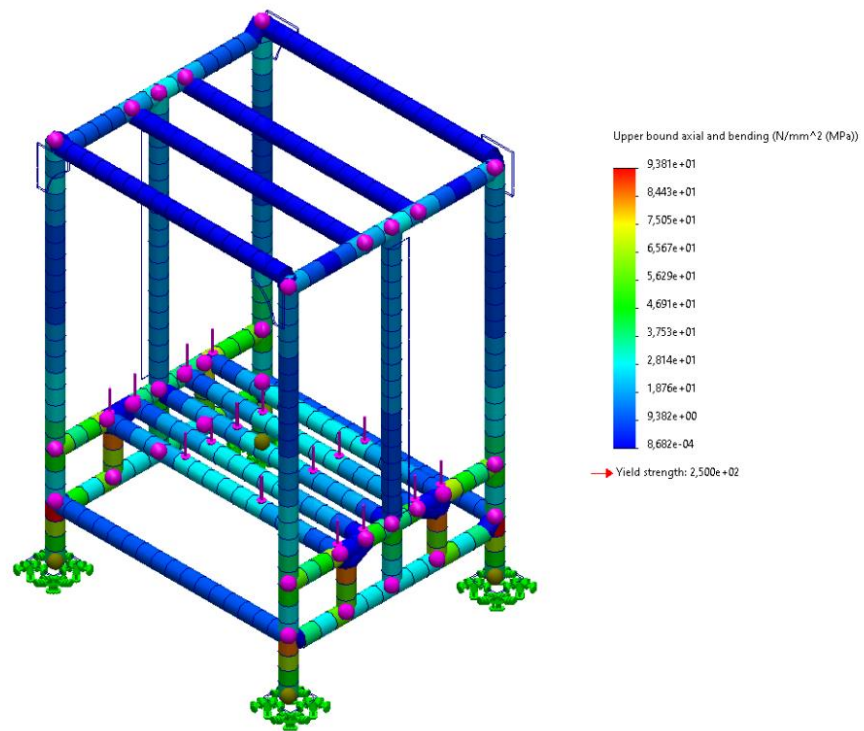
Property	Value	Units
Elastic Modulus	209000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.3	N/A
Shear Modulus	80000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7800	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	450	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	345	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity		W/(m·K)
Specific Heat		J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

**Gambar 4.9** Spesifikasi material GB Q345 Steel

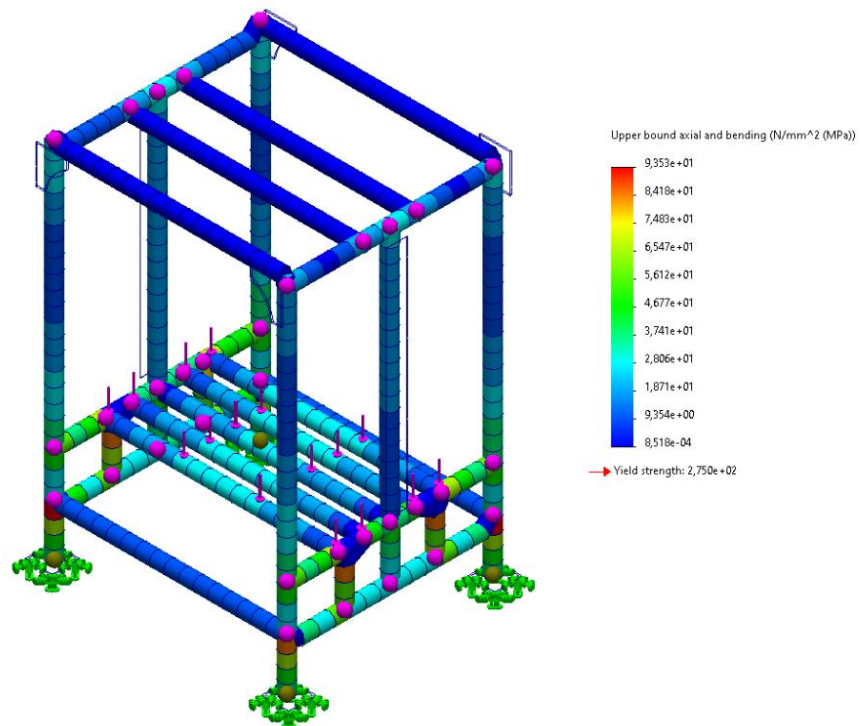
Berikut adalah hasil simulasi kekuatan dengan metode FEM menggunakan *software SolidWorks 2023*.

A. *Stress Von Mises*

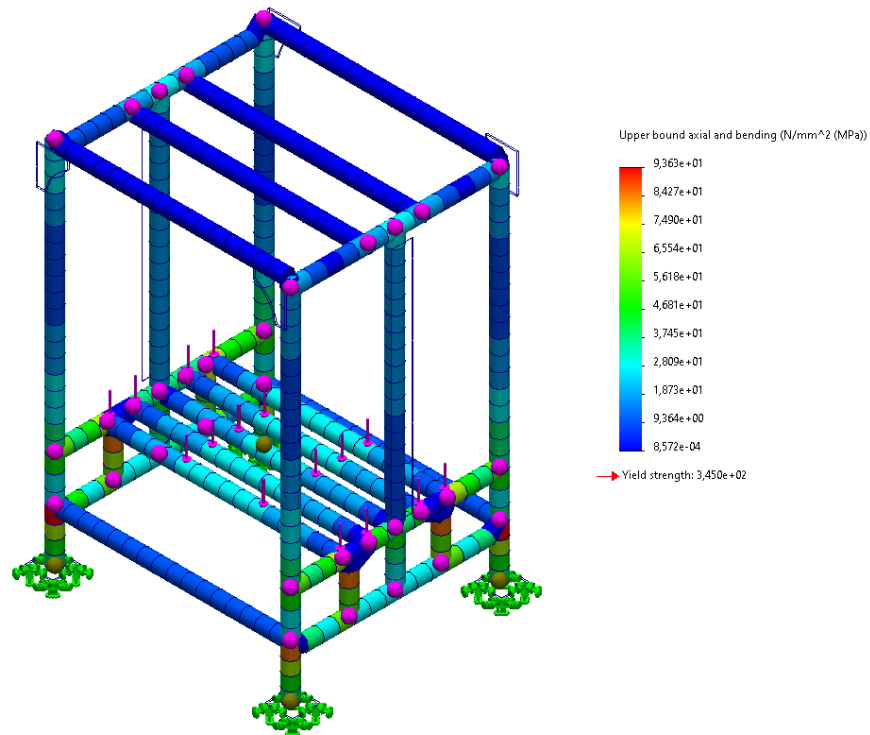
*Stress von mises* adalah parameter yang digunakan dalam mekanika bahan untuk mengukur tingkat tegangan yang bekerja pada suatu bahan dalam keadaan tertentu. Disebut juga sebagai tegangan ekuivalen, stress von Mises memberikan representasi skalar dari kombinasi tegangan normal dan tegangan geser yang bekerja pada suatu titik dalam suatu struktur. Metode ini mengambil keuntungan dari prinsip superposisi untuk menyederhanakan kombinasi tegangan yang kompleks menjadi satu nilai tegangan ekuivalen tunggal. Dengan demikian, stress von Mises digunakan untuk mengevaluasi tingkat tegangan yang mungkin menyebabkan kegagalan material dengan mempertimbangkan efek dari tegangan normal dan tegangan geser pada suatu titik tertentu. Berikut adalah hasil simulasi stress von mises yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4.10 Hasil simulasi *stress von misses* menggunakan material *ASTM A36 Steel*



Gambar 4.11 Hasil simulasi *stress von misses* menggunakan material *DIN S355 Steel*



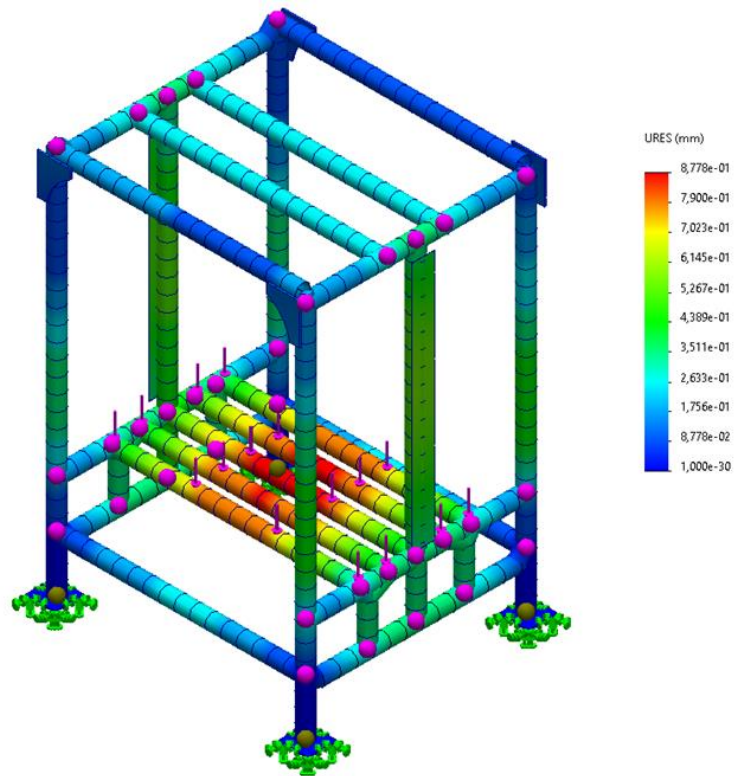
**Gambar 4.12** Hasil simulasi *stress von misses* menggunakan material GB Q345 Steel

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *stress von misses* maksimum terjadi pada material ASTM A36 Steel, mencapai 93,81 MPa. Disusul oleh material GB Q345 Steel yang mencapai 93,63 MPa, dan terakhir adalah material DIN S355 Steel yang mencapai 93,53 MPa.

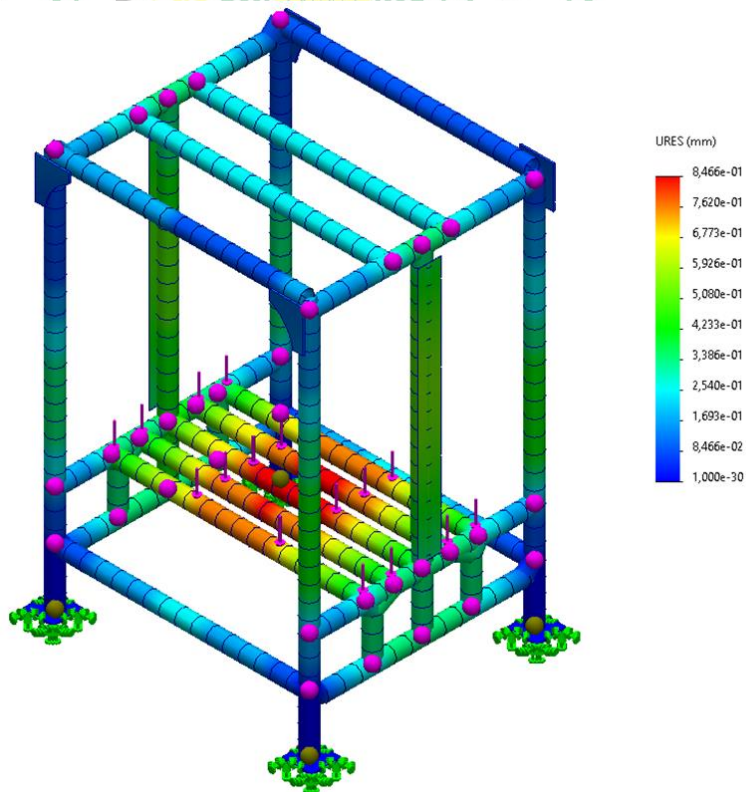
#### B. *Displacement*

*Displacement* dalam analisis Metode Elemen Hingga (FEM) merujuk pada perubahan posisi atau perpindahan dari elemen-elemen struktur atau objek yang sedang dianalisis. Dalam konteks FEM, struktur atau objek direpresentasikan sebagai elemen-elemen diskrit yang terhubung satu sama lain, dan perpindahan pada setiap titik dalam elemen-elemen tersebut dihitung. Berikut adalah hasil simulasi *displacement* yang dapat dilihat pada gambar dibawah.

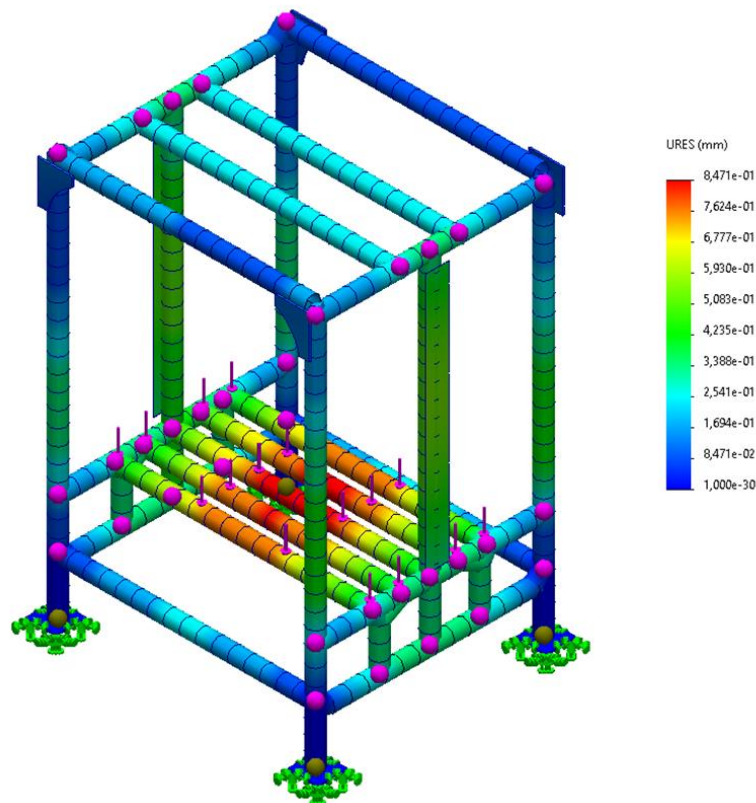




Gambar 4.13 Hasil simulasi *displacement* menggunakan material *ASTM A36 Steel*



Gambar 4.14 Hasil simulasi *displacement* menggunakan material *DIN S355 Steel*

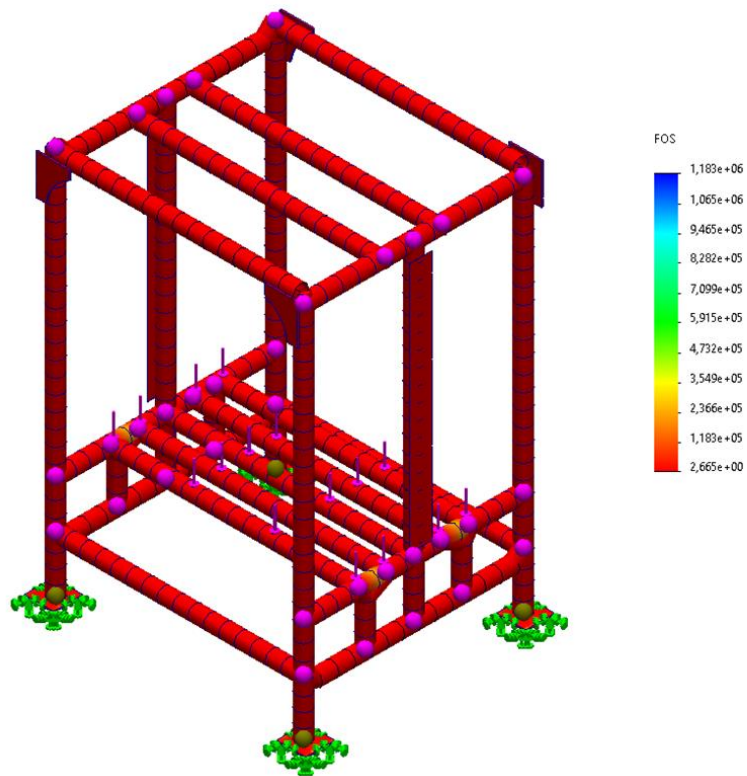


**Gambar 4.15** Hasil simulasi *displacement* menggunakan material GB Q345 Steel

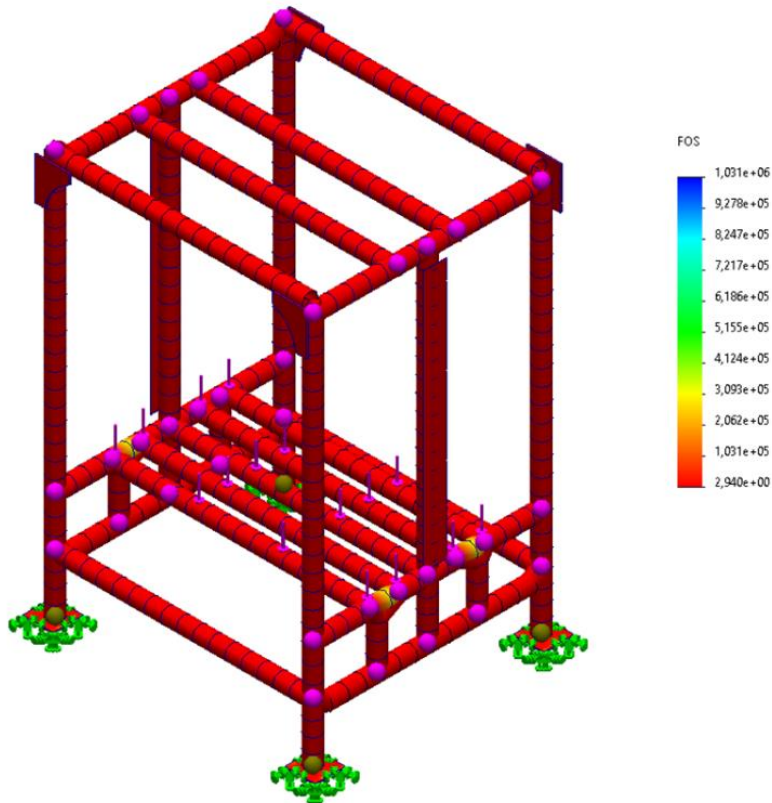
Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *displacement* maksimum terjadi pada material ASTM A36 Steel, mencapai 0,8778 mm. Disusul oleh material GB Q345 Steel yang mencapai 0,8471 mm, dan terakhir adalah material DIN S355 Steel yang mencapai 0,8466 mm.

C. *Factor of safety*

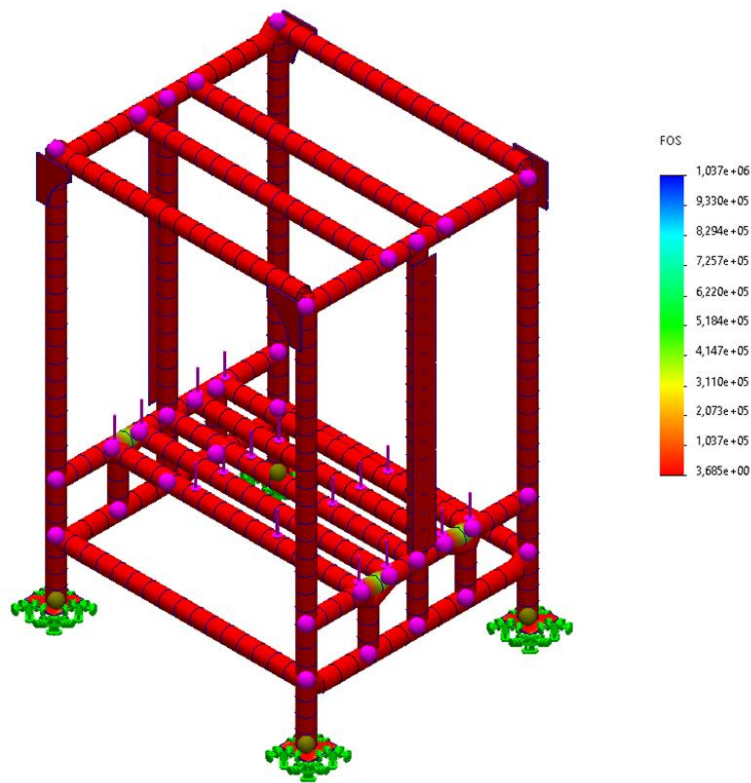
*Factor of Safety* (FoS) dalam analisis *Finite Element Method* (FEM) merupakan parameter yang digunakan untuk menilai seberapa aman atau kuat suatu struktur berdasarkan hasil analisis numerik. Faktor keamanan ini mengukur seberapa besar kapasitas beban maksimum suatu struktur dibandingkan dengan beban yang diterapkan secara aktual. Berikut adalah hasil simulasi *Factor of Safety* yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4.16 Hasil simulasi *Factor of Safety* menggunakan material *ASTM A36 Steel*



Gambar 4.17 Hasil simulasi *Factor of Safety* menggunakan material *DIN S355 Steel*



**Gambar 4.18** Hasil simulasi *Factor of Safety* menggunakan material GB Q345 Steel

Hasil simulasi pada gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *Factor of Safety* tertinggi diperoleh pada material GB Q345 Steel, mencapai 3,685. Disusul oleh material DIN S355 Steel yang mencapai 2,940, dan terakhir adalah material ASTM A36 Steel yang mencapai 2,665.

## 4.2 Analisa

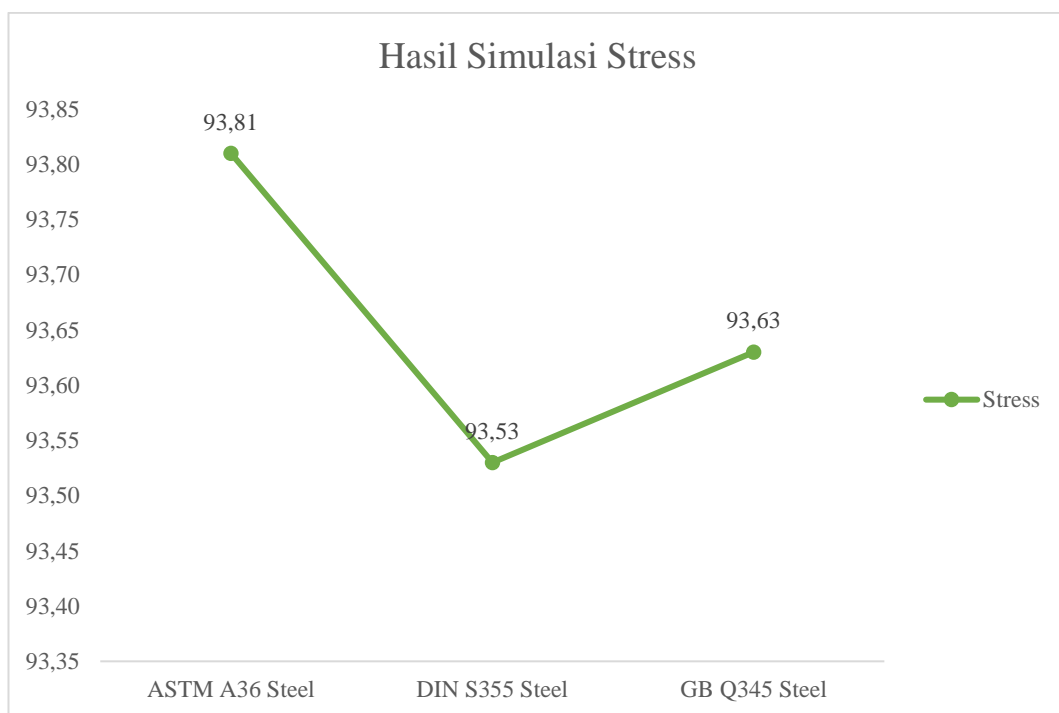
Melalui implementasi simulasi FEM menggunakan *software SolidWorks* 2023 pada struktur rangka mesin press hidrolik daun gambir dengan penerapan pembebanan sebesar 30.000 N, hasil simulasi dapat dijabarkan melalui tabel berikut.

**Tabel 4.1** Data hasil simulasi FEM pada struktur rangka mesin press hidrolik daun gambir menggunakan *software SolidWorks* 2023

No	Material	Yield Strength (Mpa)	Stress Von Misses (Mpa)	Displacement (mm)	FOS
1.	ASTM A36	250	93,81	0,8778	2,665
2.	DIN S355	275	93,53	0,8466	2,940
3.	GB Q345	345	93,63	0,8471	3,685

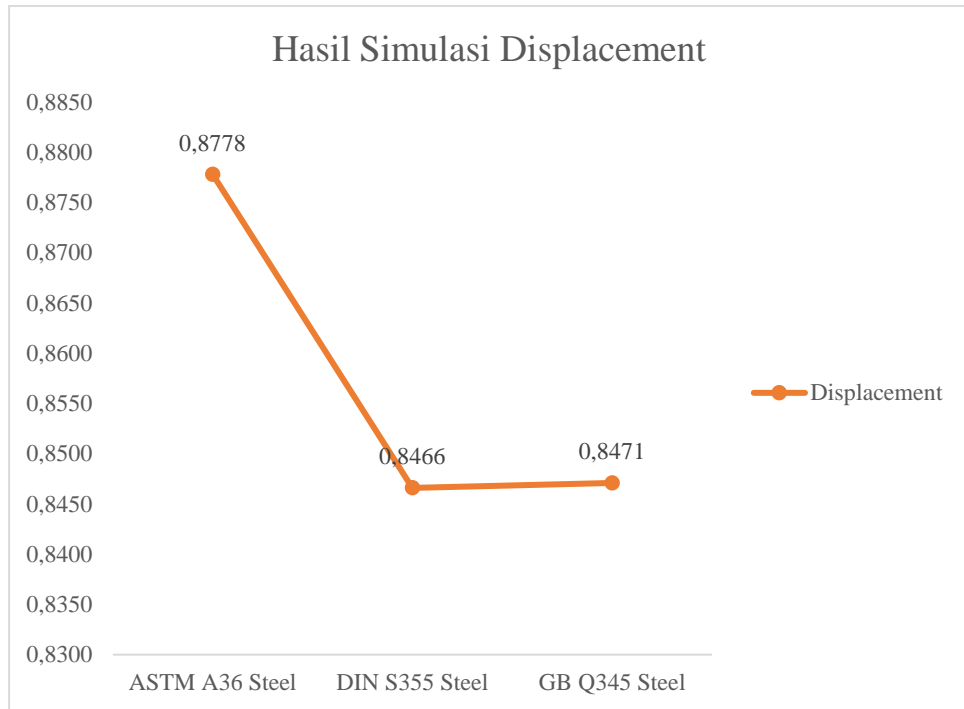


Berdasarkan analisis tabel di atas, perbedaan masing-masing material terutama terdapat pada nilai kekuatan luluhnya (yield strength). Material dengan nilai yield strength tertinggi adalah GB Q345 Steel, mencapai 345 MPa, diikuti oleh DIN S355 Steel sebesar 275 MPa, dan ASTM A36 Steel dengan nilai 250 MPa. Selain yield strength, terdapat perbedaan signifikan pada karakteristik lain seperti mass density, modulus elastisitas, shear modulus, dan parameter lainnya yang secara langsung mempengaruhi hasil simulasi struktur rangka mesin press hidrolik daun gambir.



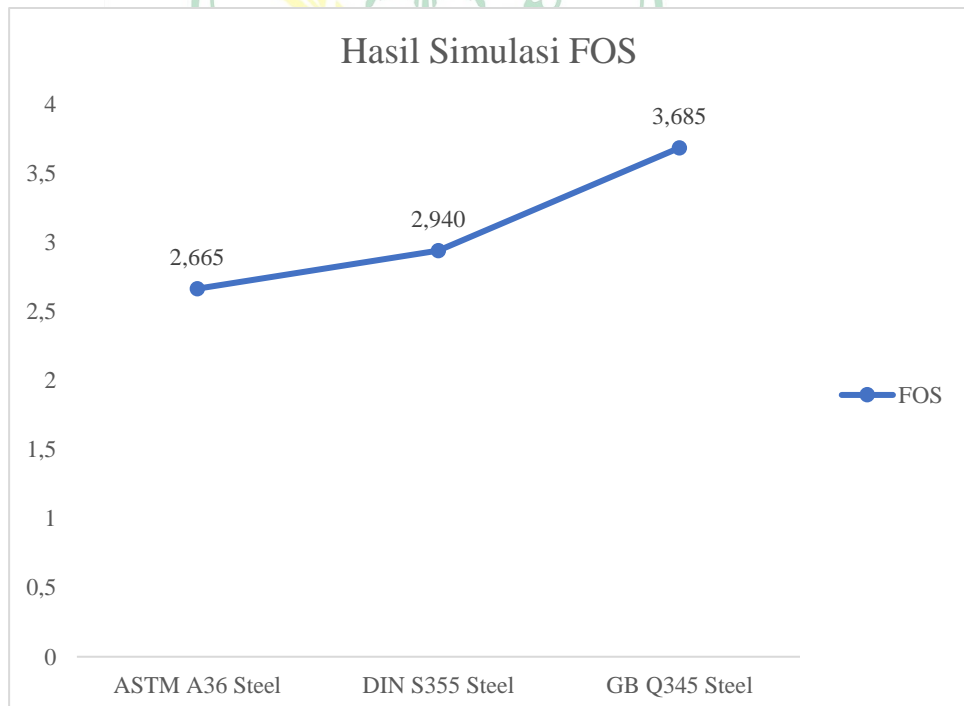
**Gambar 4.19** Grafik perbandingan hasil simulasi *stress von misses*

Dari hasil simulasi yang tergambar pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai *stress von misses* maksimum terjadi pada material ASTM A36 Steel, mencapai 93,81 MPa, diikuti oleh GB Q345 Steel sebesar 93,63 MPa, dan DIN S355 Steel dengan nilai 93,53 MPa.



**Gambar 4.20** Grafik perbandingan hasil simulasi *displacement*

Demikian pula, nilai *displacement* maksimum menunjukkan bahwa material *ASTM A36 Steel* memiliki nilai tertinggi sebesar 0,8778 mm, diikuti oleh *GB Q345 Steel* sebesar 0,8471 mm, dan *DIN S355 Steel* dengan nilai 0,8466 mm.



**Gambar 4.21** Grafik perbandingan hasil simulasi *factor of safety*

Selanjutnya, dalam konteks faktor keamanan (*factor of safety*), hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada material GB Q345 *Steel*, mencapai 3,685. Disusul oleh material DIN S355 *Steel* dengan nilai 2,940, dan material ASTM A36 *Steel* dengan faktor keamanan 2,665.

Dobrovolsky, dalam bukunya "*Machine Element*"[9], merekomendasikan rentang faktor keamanan antara 2,0 hingga 3,0. Berdasarkan kriteria ini, dapat disimpulkan bahwa material GB Q345 *Steel* merupakan pilihan yang lebih optimal karena memiliki faktor keamanan lebih tinggi dibandingkan dengan material lainnya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, perancangan struktur rangka mesin press hidrolik untuk daun gambir mempertimbangkan kekuatan press yang mencapai 30 ton atau setara dengan 30.000 N. Pemilihan bahan untuk struktur rangka utama dilakukan dengan memilih *C Channel CH 140 x 15* dan *H Beam 140* sebagai komponen utama. Tiga jenis material yang tersedia di pasaran, yaitu *ASTM A36 Steel*, *DIN S355 Steel*, dan *GB Q345 Steel*, telah dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEM)* dengan perangkat lunak *SolidWorks 2023*. Parameter analisis melibatkan stress von Mises, displacement, dan safety factor.

Dari hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa material terbaik untuk desain struktur rangka mesin press hidrolik daun gambir adalah *GB Q345 Steel*. Hal ini dapat dijustifikasi dengan nilai *Factor of Safety (FOS)* yang tinggi, mencapai 3,685, melebihi batas *FOS* yang direkomendasikan oleh Dobrovolsky dalam karyanya "Machine Element" sebesar 2-3. Penelitian ini menegaskan bahwa material *GB Q345 Steel* memberikan keamanan struktur yang lebih optimal dibandingkan dengan *ASTM A36 Steel* dan *DIN S355 Steel*.

Selanjutnya, hasil simulasi mengungkapkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada struktur rangka mencapai 93,63 Mpa, dengan nilai *displacement* sebesar 0,8471 mm. Temuan ini memberikan pemahaman mendalam terkait kinerja struktur rangka, memungkinkan pengoptimalan desain dan implementasi yang lebih efektif pada mesin press hidrolik daun gambir.

#### 5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian ini ke depan, disarankan untuk melakukan eksperimen praktis guna memvalidasi hasil simulasi dan mengukur kinerja mesin press hidrolik daun gambir secara empiris. Selain itu, penelitian dapat difokuskan pada pengoptimalan struktur rangka dengan mempertimbangkan variasi beban kerja dan kondisi operasional yang lebih kompleks.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, “Luas Lahan dan Produksi Gambir Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat 2020-2022,” [sumbar.bps.go.id](https://sumbar.bps.go.id). Accessed: Jan. 01, 2024. [Online]. Available: <https://sumbar.bps.go.id/indicator/54/597/1/luas-lahan-dan-produksi-gambir-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-sumatera-barat.html>
- [2] M. Syaukani *et al.*, “Desain dan Analisis Mesin Press Komposit Kapasitas 20 Ton,” *J. Sci. Technol. Virtual Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–34, 2021.
- [3] Y. Gaga, S. Botutihe, and S. Haluti, “Rancang Bangun Alat Penggilingan Cabai Menggunakan Motor Listrik,” *J. Teknol. Pertan. Gorontalo*, vol. 4, no. 2, pp. 71–77, 2019, doi: 10.30869/jtpg.v4i2.464.
- [4] Anonim, “Kuliah Umum Perkembangan Teknologi CAD 3D *SolidWorks* dan Penerapannya di Industri Manufaktur,” [mechanical.uui.ac.id](https://mechanical.uui.ac.id). Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <https://mechanical.uui.ac.id/kuliah-umum-perkembangan-teknologi-cad-3d-solidworks-dan-penerapannya-di-industri-manufaktur/>
- [5] M. Z. Abdi, *SolidWorks untuk desain manufaktur*, Agustus 20. Bandung: Informatika, 2018.
- [6] F. Isworo, “Mekanika Kekuatan Material I (Hmkk319),” *Buku Ajar*, pp. 19–22, 2018.
- [7] Team Lab CAR and Gambar Teknik, “Analisis & simulasi sistem mekanikal dengan software SOLIDWORKS,” pp. 1–55, 2016.
- [8] A. FIRDAUSI, *Mekanika Dan Elemen Mesin*. Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan, 2013.
- [9] L. Dobrovolsky, V; Zablonsky, K; Mak, S;Radchik, A;Erlikh, *Machine elements*, 2nd ed. Moscow: PEACE PUBLISHER, 1978.
- [10] J. P. Vidosic, *Machine design projects*. New York: Ronald Press Co, 1957.
- [11] H. Sonawan, *Perancangan elemen mesin*, II. Bandung: Alfabeta, 2014.
- [12] A. S. A36, “Standard Specification for Structural *Steel*,” in *ASTM International*, West Conshohocken: PA, 2008. doi: 10.1520/A0036\_A0036M-08.

- [13] H. Ban, G. Shi, Y. Shi, and Y. Wang, “Research progress on the mechanical property of high strength structural *Steels*,” *Adv. Mater. Res.*, vol. 250–253, pp. 640–648, 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.250-253.640.
- [14] L. Z. Chuntao Zhang, Ruheng Wang, “Mechanical properties of Q345 structural *Steel* after artificial cooling from elevated temperatures,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 176, no. 106432, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106432>.

