

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

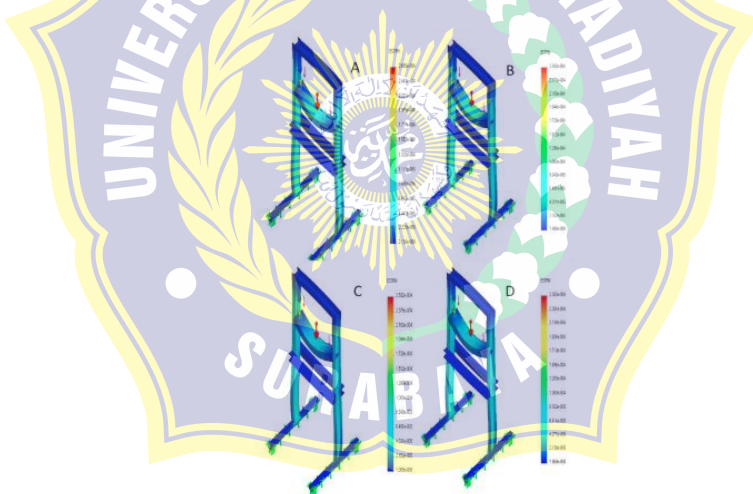
2.1. Penelitian Terdahulu

Pada dasarnya, cara kerja *cylinder jack* pada *Harbour Mobile Crane* memiliki prinsip yang sama dengan *hydraulic jack*, yaitu sebagai alat untuk mengangkat beban dengan memanfaatkan hukum Pascal. Hukum ini menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan secara merata ke seluruh bagian fluida serta dinding wadah tanpa mengalami perubahan nilai, sehingga memungkinkan pengangkatan beban berat secara efisien.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nugroho, (2016) yang membahas tentang "Analisis *Solidwork* pada Rangka Mesin *Press Bottle Jack* 20 Ton dengan Perbedaan Material Type AISI" menjelaskan *static structural analysis* mengenai desain kerangka mesin *press bottle jack* 20 ton dengan perbedaan material type AISI yang digunakan 304,316,321,dan 347.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kondisi pasar dan pengguna alat yang belum tersentuh standarisasi, sehingga pemahaman mengenai kekuatan material dan keamanan terhadap beban pada rangka mesin *press* sering kali terabaikan. Material yang digunakan juga kerap tidak ditentukan secara tepat dan terencana. Oleh karena itu, diperlukan kajian dalam pemilihan material yang sesuai dengan ketahanannya, dengan tujuan memperoleh material terbaik untuk desain mesin *press bottle jack* berkapasitas 20 ton. Selain itu, penelitian ini

juga bertujuan memastikan bahwa desain yang dibuat berada dalam kondisi aman. Material yang dibandingkan dalam simulasi meliputi AISI 304, 316, 321, dan 347. Beban maksimum yang diberikan sebesar 20 ton, disesuaikan dengan tekanan maksimum dari *bottle jack*. Hasil simulasi tegangan menunjukkan bahwa distribusi warna masih berada pada rentang biru yang menandakan kondisi aman. Nilai maksimum yang ditunjukkan dengan warna merah tidak tampak dominan dan hanya muncul pada titik maksimum dan minimum. Perbedaan nilai di antara keempat material tersebut tidak terlalu signifikan. Dengan demikian, dalam menentukan kekuatan material, selisih nilainya juga tidak terlalu besar untuk beban sebesar 20 ton.



Gambar 2. 1. simulasi permodelan rangka material AISI 304, 316, 321,347.

Sumber : (Nugroho, 2016)

Tabel 2. 1. Hasil *Strain Analysis*
Sumber : (Nugroho, 2016)

AISI	Strain	
	Max (10^{-4})	Min(10^{-4})
304	2,592.00	2,136.00
316	2,592.00	1,989.00
321	2,592.00	1,989.00
347	2,565.00	1,969.00

Kesimpulan dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimum sebesar $94.496.125 \text{ Nm}^{-2}$ terjadi pada material AISI 316 dan AISI 321, sedangkan nilai tegangan terendah sebesar 2.990 Nm^{-2} terdapat pada material AISI 347. Nilai *displacement* terkecil pada kondisi maksimum dimiliki oleh AISI 347 sebesar $2,739 \times 10^{-1} \text{ mm}$, dan nilai minimumnya juga sama. Hal ini mengindikasikan bahwa AISI 347 memiliki kekakuan (*rigidity*) yang lebih baik dalam menahan beban 20 ton. Secara keseluruhan, keempat material yaitu AISI 304, 316, 321, dan 347 memenuhi syarat sebagai kerangka mesin *press bottle jack* kapasitas 20 ton, meskipun ketebalan rangka yang digunakan hanya 2,78 mm, lebih tipis dibandingkan standar pasaran yaitu 4 mm.

Dari pemodelan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho, (2016) dapat dijadikan acuan untuk melakukan *Redesign Cylinder Jack* pada *Harbour Mobile Crane* menggunakan Metode *Static Structural Analysis* dengan variasi pembebanan yang berbeda sehingga selanjutnya

dapat dilakukan analysis biaya produksi sehingga dapat menjawab salah satu permasalahan pada perawatan dan perbaikan *Harbour Mobile Crane* di Terminal Jamrud Tanjung Perak.

2.2. Harbour Mobile Crane (HMC)

Dalam kegiatan bongkar muat di pelabuhan memerlukan berbagai macam peralatan untuk mendukung setiap mobilitas, salah satu alat yang sangat penting salah satunya adalah *Harbour Mobile Crane* (HMC). *Harbour Mobile Crane* (HMC) adalah jenis *Shore Crane* yang didesain khusus untuk keperluan pelayanan bongkar muat di dermaga dan dapat berpindah-pindah tempat (travelling). *Harbour Mobile Crane* (HMC) biasanya digunakan untuk melayani kegiatan bongkar muat pada terminal di pelabuhan seperti Terminal Container, Terminal Curah Kering, Terminal Curah Batu Bara dan lain-lain. Bongkar adalah proses pemindahan barang dari kapal menuju daratan / dermaga (Avijanto, 2014)

HMC adalah salah satu peralatan bongkar muat untuk peti kemas, yang mempunyai roda sehingga dengan bebas mudah berpindah tempat. HMC Memiliki sasis berban karet yang memungkinkannya bergerak cepat dan nyaman ke lokasi operasinya. Struktur atas berfungsi sebagai rumah pelindung untuk penggerak, sistem kontrol, dan peralatan pembangkit listrik. Menara tertutup menyalurkan gaya antara *boom* dan struktur atas serta menyediakan akses nyaman dan terlindung bagi operator ke kabin menara. *Boom* dibuat sebagai struktur kisi tubular yang kaku terhadap torsi (Feriyyuda, 2024)

Menurut (Muttaqin & Rusli, 2022) HMC merupakan bagian dari kegiatan *stevedoring*, yang secara sederhana dapat diartikan sebagai kegiatan memindahkan barang dari atas kapal ke dermaga atau sebaliknya. HMC dapat digunakan untuk mengangkat hampir semua jenis barang, dari mulai barang biasa (*general cargo*) hingga curah kering. Salah satu kelebihan utama dari HMC adalah fleksibilitasnya. HMC dapat dipindahkan dari satu titik ke titik lain di dalam area terminal tanpa menggunakan rel karena HMC memiliki ban di bagian bawahnya.

Prinsip kerja *Harbour Mobile Crane* (HMC) sama dengan mobile Crane, kelebihan dari HMC ialah handling *capacity* dan *outreach* yang lebih besar dan lebih jauh. Dari segi konstruksi HMC dirancang dengan *lattice boom* yang dipasang di atas tower yang ditopang *outriggers* yang kokoh. HMC dapat dimanfaatkan di terminal serbaguna seperti terminal petikemas, terminal curah kering dan terminal *break-bulk* cukup dengan menyesuaikan *attachments* atau *lifting gear* berupa *grab*, *lifting magnet*, *hook*, dan *spreader* yang semuanya dapat digerakkan secara elektro-mekanik-hidrolik (YD.Permata, 2025)

Menurut Feriyuda, (2024). Ketika HMC mengalami kerusakan atau harus masuk perawatan, dapat mengakibatkan dampak serius terhadap operasional pelabuhan, terutama dalam kegiatan bongkar muat (B/M) dan pengaturan rencana waktu tambat kapal.

Untuk mengatasi kerusakan pada bagian *cylinder jack* HMC salah satunya yaitu melakukan perancangan ulang (*redesign*) *cylinder jack* pada *Harbour Mobile Crane*.

2.3. *Cylinder Jack*

Menurut R. Galih, *et al.*, (2024) pada *Harbour Mobile Crane*, *cylinder jack* (biasanya disebut *outrigger hydraulic cylinder* atau *leveling jack cylinder*) berfungsi sebagai *dongkrak hidrolik untuk menstabilkan dan meratakan posisi crane* saat pengoperasian. Fungsi utamanya yaitu mengangkat badan crane dari tanah menggunakan *outrigger* sehingga beban muatan tidak langsung menekan *roda atau sasis*, sehingga crane lebih stabil dan aman saat mengangkat beban berat di dermaga. secara praktis *cylinder jack* pada *Harbour Mobile Crane* adalah komponen hidrolik yang paling penting untuk *stability system* dan *leveling system* saat *crane* beroperasi di Pelabuhan.

Agar bisa menopang beban *Harbour Mobile Crane*, Operator harus mengaktifkan *cylinder jack* terlebih dahulu. Berikut tahapan kerja dari *cylinder jack* pada *Harbour Mobile Crane* :

1. Operator mengaktifkan pompa pada HMC untuk memompa fluida kearah *cylinder jack*.
2. Fluida yang terpompa akan mengalir dengan volume yang sama rata menuju ke-empat *cylinder jack*.
3. Fluida yang masuk ke *cylinder jack* akan memenuhi tabung silinder sehingga menghasilkan sejumlah tekanan.
4. Tekanan yang terjadi akan mengangkat *rod piston* pada *cylinder jack*. Dan menghasilkan gaya yang mampu menopang HMC.

2.4. Hukum Pascal

Karena tekanan dalam suatu fluida bergantung pada kedalaman dan pada nilai P_0 (tekanan permukaan), setiap kenaikan tekanan pada permukaan harus ditransmisikan ke setiap titik lain dalam fluida. Konsep ini pertama kali dikenali oleh ilmuwan Prancis Blaise Pascal (1623–1662) dan disebut hukum Pascal: perubahan tekanan yang diterapkan pada fluida ditransmisikan tanpa batas ke setiap titik fluida dan ke dinding wadah, dengan sama besar (sama kuat) (Giancoli, 2016).

Hukum Pascal ini banyak dimanfaatkan untuk pembuatan peralatan hidraulik yang digunakan untuk memindahkan dan mengubah besar gaya, yaitu dengan memberikan gaya yang kecil untuk memperoleh gaya yang besar, seperti pada mesin atau proyek alat pengangkat hidraulik/pneumatik (Satria, 2018).

Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada suatu fluida di dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama. Prinsip ini pertama kali dipahami melalui percobaan sederhana yang dilakukan oleh Blaise Pascal. Dalam eksperimennya, ia menggunakan sebuah kantong plastik yang diisi dengan air, kemudian dibuat beberapa lubang kecil pada permukaannya. Dari pengamatan tersebut, terlihat bahwa air yang keluar dari setiap lubang memiliki kekuatan pancaran yang sama. Ketika kantong tersebut diberikan tekanan tambahan, semburan air yang keluar menjadi lebih kuat. Meskipun demikian, kekuatan pancaran air tetap merata pada setiap lubang, sehingga membuktikan bahwa tekanan dalam fluida tertutup disalurkan secara merata ke segala arah.

Berdasarkan Tripler, (1258) dalam *Physics for Scientist and Engineer* secara matematis hukum Pascal dapat dituliskan :

$$P = F / A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

P = tekanan

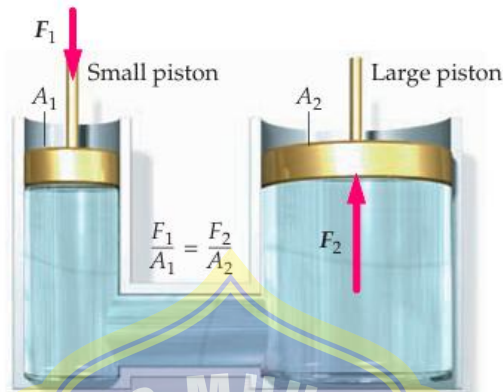
A = luas permukaan

F = Gaya

Satuan baku atau SI dari gaya adalah Newton (N), sedangkan luas permukaan adalah meter persegi (m²).

Dari hal ini didapatkan bahwa tekanan dinyatakan dengan N/m² atau dikenal dengan Pascal (Pa). 1 Pa = 1 N/m².

Cylinder jack memiliki prinsip kerja yang sama dengan prinsip kerja dongkrak hidrolis dan pompa hidrolis yang memiliki 2 piston, dengan menggunakan jenis fluida *inkompresibel*.



Gambar 2. 2. Prinsip Hukum Pascal Pada *Hydraulic Cylinder Jack*

Sumber : (Tripler, 2008)

Sebut saja piston sebelah kiri adalah P1 dan sebelah kanan adalah P2, dengan rumus di atas kita dapat mengetahui bahwa tekanan keduanya akan selalu sama mengikuti apa yang dikatakan Hukum Pascal, artinya:

$$P_1 = P_2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dari sini perhitungan didapatkan bahwa :

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dari perhitungan hukum pascal tersebut maka dapat diketahui komponen gaya yang dapat mengangkat beban pada HMC sebesar 125 Ton.

2.5. Static Structural Analysis

Static Structural Analysis (Analisis Struktur Statis) adalah metode simulasi rekayasa menggunakan *Finite Element Method* (FEM) untuk memprediksi tegangan, regangan, deformasi, dan faktor keamanan suatu komponen akibat beban konstan.

Beban statis adalah jenis beban yang bekerja secara terus-menerus pada suatu struktur dalam periode waktu tertentu tanpa mengalami perubahan signifikan. Beban ini umumnya dikaitkan dengan kondisi pembebanan yang terjadi secara perlahan dan memiliki nilai yang cenderung konstan atau *steady state*. Apabila suatu beban mengalami perubahan intensitas yang sangat lambat sehingga pengaruh waktu tidak terlalu dominan, maka beban tersebut dapat diklasifikasikan sebagai beban statis (Arofatur, 2015).

Penerapan *Static Structural Analysis* yang digunakan pada *cylinder jack* merupakan perluasan dari hukum pascal yang telah dijabarkan pada persamaan sebelumnya. Secara matematis dapat ditulis seperti (Ramadan & Budijono, 2018) :

$$\frac{F_1}{\frac{1}{4}\pi d_1^2} = \frac{F_2}{\frac{1}{4}\pi d_2^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$F_2 = F_1 \times \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Keuntungan mekanis pada dongkrak hidrolik menunjukkan berapa kali lipat gaya input ditingkatkan oleh:

$$KM = \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Akibat dari pembebanan statis ini, struktur akan mengalami deformasi yang nilainya akan meningkat seiring bertambahnya beban hingga mencapai kondisi maksimum. Pada saat beban mencapai nilai puncaknya, deformasi struktur juga akan mencapai titik maksimum. Secara umum, beban statis dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu beban mati, beban hidup, serta beban khusus yang dapat disebabkan oleh faktor seperti penurunan pondasi atau perubahan temperatur lingkungan.

Tegangan geser (*shear stress*) adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang penampang melintang suatu benda. Tegangan ini sering disebut sebagai tegangan tangensial karena arah kerjanya yang menyinggung permukaan benda, berbeda dengan tegangan normal yang bekerja tegak lurus terhadap bidang.

Secara matematis tegangan geser dapat dituliskan sebagai :

$$\tau = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

τ = Tegangan Geser (N/m² atau Pa)

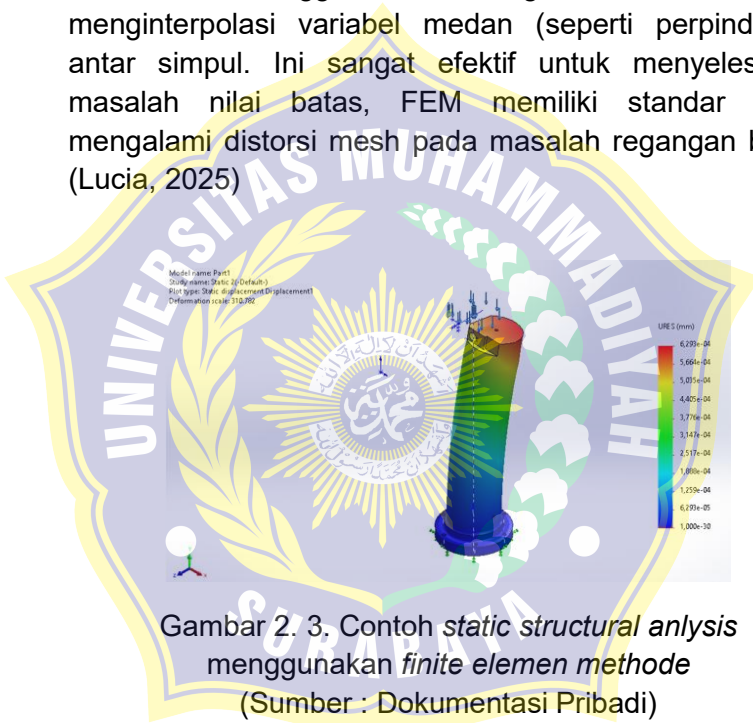
F = Gaya (Newton)

A = Luas Penampang (meter persegi/m²)

2.6. *Finite Element Methode*

Finite Element Methode (FEM) adalah teknik perhitungan yang digunakan untuk menganalisis struktur teknik, perpindahan panas, dan aliran fluida dengan membagi domain kompleks menjadi "elemen" yang lebih kecil dan sederhana untuk mendekati solusi. (Lucia, 2025)

FEM menggunakan fungsi bentuk untuk menginterpolasi variabel medan (seperti perpindahan) antar simpul. Ini sangat efektif untuk menyelesaikan masalah nilai batas, FEM memiliki standar dapat mengalami distorsi mesh pada masalah regangan besar. (Lucia, 2025)



Analisis ini memastikan struktur aman, kaku, dan tidak patah/bengkok tanpa efek inersia atau waktu. metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM) adalah teknik yang umum dan diakui karena kemampuannya untuk mengatasi geometri yang kompleks dan memberikan wawasan mendalam mengenai distribusi tegangan serta

deformasi yang terjadi pada komponen ini. Proses meshing yang cermat merupakan langkah pertama dalam penerapan FEM, di mana model geometris dibagi menjadi elemen-elemen kecil yang secara numerik dapat dianalisis (Magnolia et al., 2025).

Pada penelitian ini, hasil yang dicari pada simulasi menggunakan *Finite Element Methode* Adalah :

1. Nilai *Safety Factor* Tiap Material *Cylinder Jack*

Safety factor adalah faktor keamanan, yaitu ukuran seberapa besar kekuatan suatu komponen atau struktur dibandingkan beban kerja yang harus ditanggungnya. Dalam teknik, ini dipakai untuk memastikan desain masih aman meskipun ada ketidakpastian beban, material, atau kondisi operasi. *Safety Factor* berdasarkan jenis beban dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2. 2. *Safety Factor* berdasarkan jenis beban
(Dobrovolsky, 1987)

Jenis Beban	<i>Safety Factor</i>
Beban Statis	1,25 – 2
Beban Dinamis	2 – 3
Beban Kejut	3 – 5

2. Nilai *Von Mises* *Cylinder Jack*

Von mises stress adalah tegangan ekuivalen yang dipakai untuk menilai apakah material, terutama logam/ductile, mulai luluh atau mengalami deformasi permanen saat menerima beban kompleks.

Intinya, pada kondisi beban 3D, tegangan di dalam material tidak cuma satu arah. *Von mises stress* mengubah kombinasi tegangan itu menjadi satu nilai pembanding, lalu

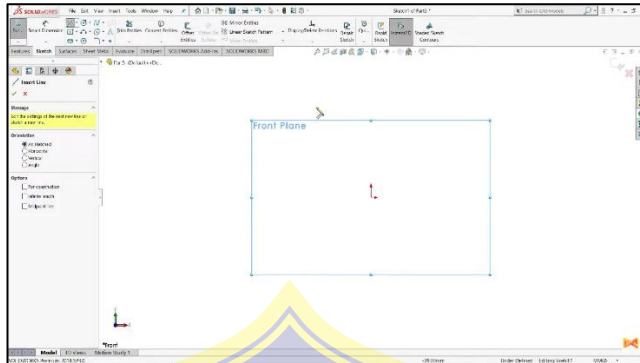
dibandingkan dengan *yield strength* material untuk memeriksa aman atau tidak.

3. Nilai *Displacement Cylinder Jack*

Displacement adalah besarnya perpindahan atau perubahan posisi suatu titik maupun komponen akibat menerima pembebanan atau gaya tertentu. Dalam analisis struktur dan simulasi menggunakan *SolidWorks*, *displacement* digunakan untuk mengetahui seberapa besar deformasi yang terjadi pada suatu material atau konstruksi ketika diberi beban kerja. Nilai *displacement* biasanya dinyatakan dalam satuan milimeter (mm), sentimeter (cm), atau meter (m). Semakin kecil nilai *displacement* maka struktur dianggap semakin kaku dan stabil, sedangkan semakin besar nilai *displacement* menunjukkan bahwa struktur mengalami deformasi yang lebih besar.

2.7. Desain Menggunakan Software CAD

Sebelum melakukan simulasi, tahap awal yang harus dilakukan adalah membuat desain benda kerja. Pada penelitian tugas akhir ini, komponen yang dirancang meliputi poros dan bilah pengupas kulit kacang. Proses perancangan dilakukan menggunakan software *SolidWorks*. Pemodelan dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak tersebut untuk menghasilkan bentuk geometri komponen yang sesuai dengan desain yang telah direncanakan.



Gambar 2. 4. Tampilan Software SolidWorks
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.8. *Free Body Diagram*

Menurut Pranata, (2024) *Free-body* diagram merupakan representasi visual untuk mengidentifikasi dan menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda atau sistem. *Free-body* diagram menyimpan informasi untuk mempelajari konsep gerak atau dinamika. *Free-body* diagram dapat menunjukkan semua gaya yang bekerja dengan lebih sederhana dan lengkap. Selanjutnya melalui hukum kedua Newton, *free-body* diagram dapat menjadi dasar untuk deduksi kondisi gerak benda, apakah benda bergerak dipercepat atau tidak.

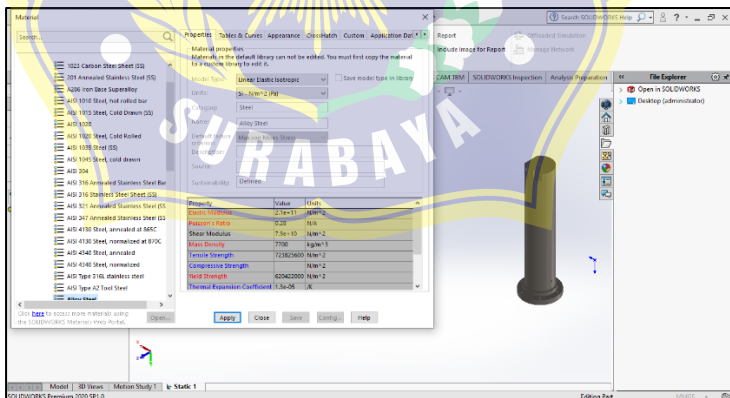
Pada *redesign cylinder jack* pembuatan *free body* diagram sangat penting untuk mengetahui arah gaya-gaya yang bekerja. Berikut adalah free body diagram *redesign cylinder jack*.

2.9. Tahapan Simulasi

Setelah model komponen selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis pembebanan dengan memanfaatkan fitur simulasi pada *SolidWorks*. Pada tahap ini, diberikan beban kerja yang disesuaikan dengan kondisi operasional mesin untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, serta nilai faktor keamanan (*Factor of Safety*) pada komponen yang dianalisis. Adapun beberapa tahapan simulasi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Material Bahan dari Objek yang akan disimulasikan

Sebelum menjalankan simulasi dari objek yang diteliti yaitu *cylinder jack*, terlebih dahulu harus menginput jenis material yang akan digunakan pada rancangan *cylinder jack*. Hal ini dilakukan agar system komputasi mampu memperkirakan kekuatan yang bekerja terhadap beban yang akan diberikan.



Gambar 2. 5. Contoh Penginputan Material

Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis material untuk menentukan material mana dengan kekuatan yang bagus serta segi harga yang lebih murah.

Material yang digunakan adalah AISI 4340 dan AISI 4130. AISI 4340 dan AISI 4130 merupakan baja paduan kromium-molibdenum yang memiliki kekuatan sangat tinggi dan ketahanan fatigue yang baik. Material ini sering digunakan pada komponen berat dan kritis.

Tabel 2. 3 Spesifikasi AISI 4130 dan 4340

(Blau et al., 1998)

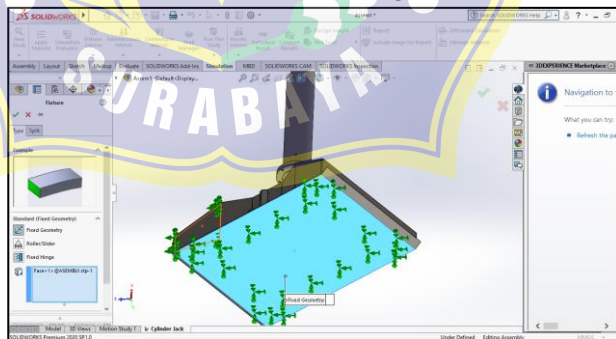
Properti	AISI 4130	AISI 4340
Klasifikasi Baja	<i>Low Alloy Steel (Cr-Mo)</i>	<i>Low Alloy Steel (Ni-Cr-Mo)</i>
UNS Number	G41300	G43400
Densitas	7,85 g/cm ³	7,85 g/cm ³
Modulus Elastisitas	205 GPa	210 GPa
Modulus Geser	80 GPa	80 GPa
Tegangan Geser Izin	160-200 MPa	270 – 320 MPa
Rasio Poisson	0,29	0,29
Kekuatan Tarik Ultimate (UTS)	560–760 MPa	745–1860 MPa
Kekuatan Luluh (Yield Strength)	460 MPa	470–1700 MPa
Kekerasan Brinell	197 HB	217 HB
Ketangguhan	Baik	Sangat Baik
Ketahanan Fatigue	Baik	Sangat Baik
Ketahanan Aus	Sedang	Tinggi

Kemampuan Las	Sangat Baik	Baik
Kemampuan Mesin	Baik	Baik
Kemampuan Heat Treatment	Baik	Sangat Baik
Konduktivitas Termal	42,7 W/m·K	44,5 W/m·K
Koefisien Ekspansi Termal	$12,3 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$	$12,3 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$
Titik Leleh	1425 $^{\circ}\text{C}$	1427 $^{\circ}\text{C}$

2. Menentukan Titik *Fixture*

Digunakan dalam *SolidWorks Simulation* untuk menentukan bagian model 3 dimensi yang berfungsi sebagai penahan atau penopang.

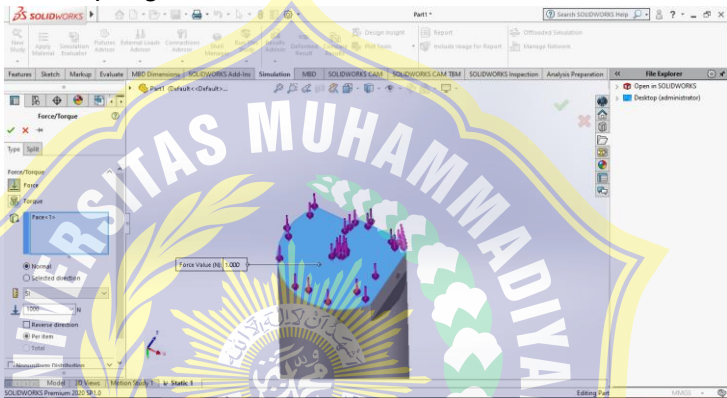
Pada simulasi *cylinder jack* jenis *fixture* yang digunakan yaitu *fixed geometry* dengan titik *fixture* diletakkan pada bagian bawah pad *cylinder jack* yang merupakan titik tumpuan dari *cylinder jack*. Titik *fixture* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 6. Menentukan Titik *Fixture*

3. Memasukkan Nilai Beban

Pada proses simulasi ada beberapa tahap sehingga mendekati dengan permasalahan sebenarnya, pemberian beban dilakukan agar perangkat lunak dapat mengidentifikasi jumlah dan letak beban yang diterima pada suatu *design* sehingga hasil simulasi dapat mendekati dengan keadaan yang terjadi di lapangan.



Gambar 2. 7. Contoh Memasukkan Nilai Beban

Nilai beban yang diinput sesuai dengan nilai distribusi beban pada tiap-tiap *cylinder jack* karena pada satu unit HMC memerlukan 4 buah *cylinder jack* untuk menopang. Beban diletakkan pada permukaan *cylinder jack*.

4. Meshing

Meshing adalah proses pembagian model atau objek menjadi sejumlah elemen kecil yang dibatasi oleh suatu batas (*boundary*). Jenis *mesh* yang digunakan dalam penelitian ini adalah solid mesh. Simulasi analisis tegangan dilakukan untuk

memperoleh hasil pembebanan statis berupa tegangan *Von Mises*, *Factor of Safety* (FOS), serta *displacement*,

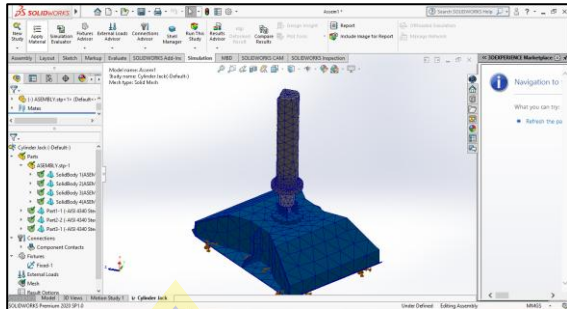
Tahapan pada proses *meshing* adalah sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan proses *meshing* harus melakukan pengaturan terlebih dahulu terkait simulasi yang akan dilakukan, pada penelitian ini simulasi yang dilakukan yaitu *static analysis*.
2. Setelah pengaturan simulasi, selanjutnya melakukan pengaturan terkait material, titik constrain dan lain lain.
3. Melakukan pengaturan *meshing* seperti jenis *mesh*, posisi *surface mesh*, luasan *mesh* dan lain lain.
4. Melakukan atau *run* proses *mesh*.

Setelah pengaturan *meshing* diatur tahapan selanjutnya yaitu menjalankan hasil *mesh* yang telah diatur.

Jika pada *meshing* tidak terjadi error, dapat dilakukan proses simulasi, namun jika *mesh* gagal Langkah *mesh* harus diulangi atau diperbaiki. *Meshing* dilakukan setelah membuat desain *cylinder jack*.

Meshing pada simulasi *cylinder jack* menggunakan *type mesh solid* *mesh* dan jenis *mesh blended curvature based mesh* dengan *mesh quality high* dan jumlah elemen yang terdistorsi sebanyak 6 elemen. Hasil dari *mesh* dapat dilihat pada gambar berikut :



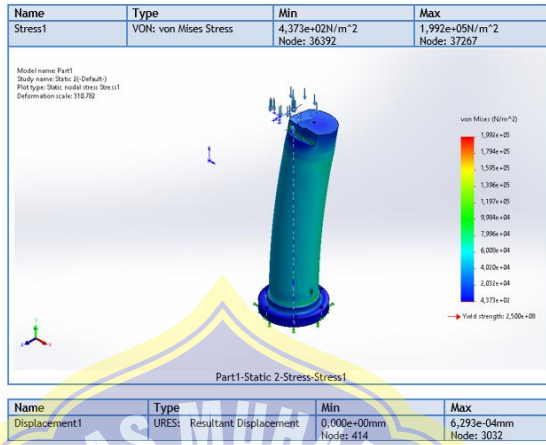
Gambar 2. 8. Hasil Mesh

3. Simulasi Design

Setelah melakukan *meshing* dan pemberian beban tahapan selanjutnya adalah mensimulasikan *design*. Hal ini dilakukan agar *software* dapat melakukan analisis structural (*structural anlysis*) terhadap *design* sehingga dapat menunjukkan angka-angka pembebanan, kekuatan maksimum, tegangan serta regangan nya.

Tahapan – tahapan pada simulasi desain adalah sebagai berikut :

1. Setelah melakukan *meshing* dan pemberian beban maka langkah selanjutnya adalah men-*run* simulasi pada *sotware*.
2. *Software* akan melakuka analisa terhadap hasil meshing dan pemberian beban yang telah dilakukan sebelumnya.
3. Setelah simulasi *software* selesai akan muncul pemetaan warna serta tabel hasil dari simulasi tersebut.



Gambar 2. 9. Contoh Tabel Hasil Simulasi

2.10. Konvergensi

Konvergensi adalah kondisi di mana solusi numerik mendekati hasil yang stabil dan akurat. Pada simulasi *finite element methode* kajian kovergensi dilakukan pada saat proses *mesh*. Simulasi akan dilakukan secara berulang untuk memperoleh hasil yang stabil.

Hasil kajian konvergensi dapat dilihat pada tabel berikut

Simulasi ke-	Jumlah element	Hasil (vonmises)	Tingkat perubahan
1	15000	61,278 Mpa	-
2	15500	61,615 MPa	0,546%
3	16000	61,932 Mpa	0,52%
4	16500	62,441 MPa	0,81%

Pada simulasi *finite element methode* hasil dikatakan konvergen jika tingkat perubahan antar *mesh* dibawah atau sama dengan dua persen ($\leq 2\%$). (Putra & Misbah,

2022). Dari tabel hasil kajian konvergensi di atas maka hasil simulasi dapat dikatakan konvergen.

2.11. Spesifikasi Harbour Mobile Crane

Spesifikasi objek penelitian ini yaitu *Harbour Mobile Crane* adalah sebagai berikut :

Nama : HMK 5506 Mobile Harbour Crane

Dimensi

Panjang Chasis : 17,3 m

Lebar Chasis : 9 m

Proping Base : 13 m x 12,5 m

Uk. Stabilizer Pad : 24 m x 5m

Superstructure Overhang to Rear : 7,4 m

Tinggi Boom Pivot Point : 16,7 m

Tinggi Tower Kabin Operator : 22 m

Working Range

Max. Radius : 51 m

Min. Radius : 11 m

Max. Wind Loads (Win Speed)

Crane in Travel Condition : 24,4 m/s

Crane, Proped, Out of Operation : 46,1 m/s

Loads (Beban Kerja)

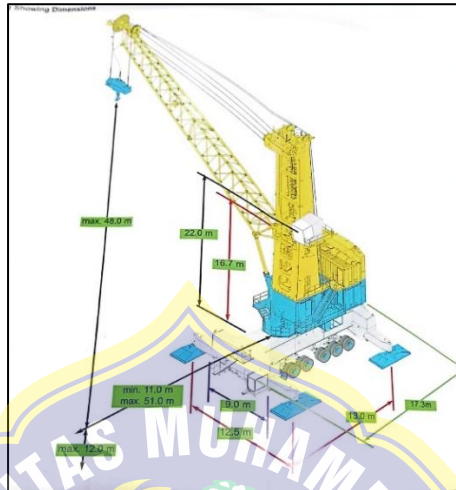
Berat Crane (tanpa beban) : 226,6 Ton

Motor Grab Operation : 40 Ton

Normal Load Operation : 63 Ton

Heavy Load Operation : 125 Ton

Beban Keseluruhan Crane (saat *heavy load*) : 391,6 Ton



Gambar 2. 10. HMK 5506 *Mobile Harbour Crane*