

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam pembangunan sebuah platform, terdapat beberapa tahapan mulai dari proses desain, fabrikasi, *lifting*, hingga proses pemasangan atau instalasi. Salah satu proses penting yang sedang diteliti yaitu proses *lifting*. Operasi *lifting* meliputi pengangkatan, pemindahan, dan penurunan beban, yang dapat mencakup barang, dan material.

Untuk operasi *lifting* yang dilakukan di mana pusat gravitasi objek yang diangkat berada di atas titik-titik pengangkatan, perlu diperhatikan untuk memastikan bahwa stabilitas pengaturan *lifting* dipertimbangkan dalam desain. Hal ini menjadi perhatian khusus di mana *spreader bar* atau *spreader frame* digunakan sebagai bagian dari sistem *lifting*. Stabilitas harus ditunjukkan untuk kondisi ini yang memungkinkan adanya *offset* vertikal dan horizontal pada posisi pusat gravitasi [7].

Baja yang lebih tebal dan berkekuatan lebih tinggi digunakan dalam mendesain alat bantu instalasi untuk pengangkatan berat. Penggunaan *sling* dalam konfigurasi pengaturan tali pengikat akan menimbulkan tegangan pada struktur. Tegangan tambahan ini dapat dihilangkan dengan menggunakan *spreader bar*. Dengan menggunakan *spreader bar* untuk menyejajarkan *sling* secara vertikal di atas titik pengangkatan struktur, hal ini akan memungkinkan gerakan tarikan lurus. *Spreader bar* adalah struktur yang dirancang untuk menahan gaya kompresi yang diakibatkan oleh *sling* bersudut, dengan mengubah gaya garis aksi pada titik angkat ke bidang vertikal [8].

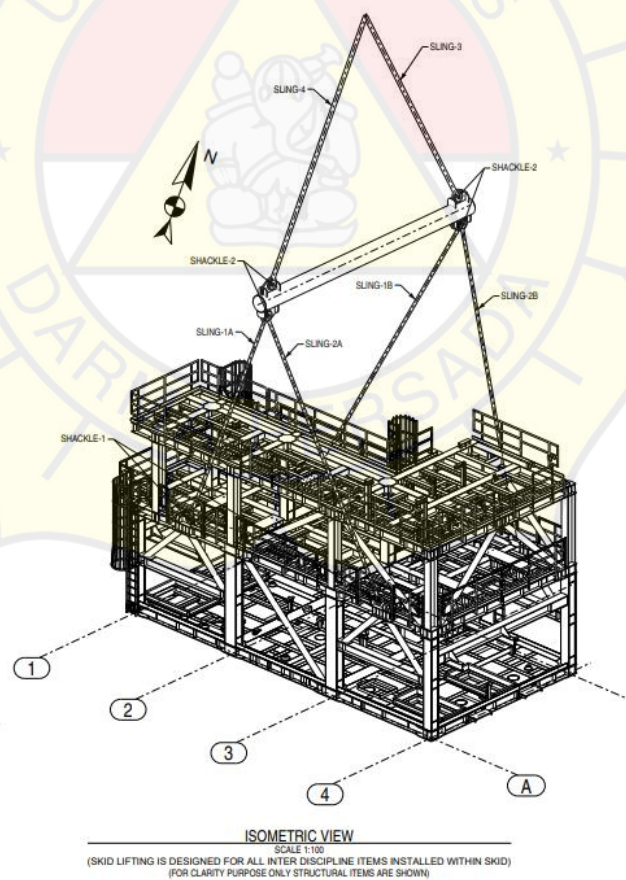
Dalam proses analisa tegangan dari *spreader bar* dapat menggunakan *software* elemen hingga yang dapat lebih cepat dan akurat. Untuk melakukan perancangan model dan simulasi, penulis menggunakan *software Solidworks*

dimana dengan menggunakannya dapat melakukan analisis *finite element analysis* (FEA) untuk memahami berbagai aspek seperti kekuatan, ketahanan, perpindahan panas, getaran, dan lainnya [9]. Salah satu fitur yang bisa digunakan pada simulasi kali ini yaitu analisis statik dan juga analisis *fatigue*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Methanol Regeneration Skid

Methanol Regeneration Skid adalah unit sistem yang dirancang untuk meregenerasi atau memurnikan kembali metanol yang sudah digunakan dalam proses industri. Methanol regen skid biasanya digunakan dalam industri minyak dan gas, terutama di fasilitas pengeboran lepas pantai atau fasilitas produksi gas alam, di mana metanol digunakan untuk mencegah pembentukan es dan hidrasi pada saluran perpipaan.



Gambar 1. Struktur Skid
(Sumber : Penulis)

Struktur *skid* merupakan rangka baja atau struktur utama yang mendukung peralatan dalam sistem seperti methanol *regen skid*. Struktur ini berfungsi sebagai basis yang kokoh untuk memasang komponen, memudahkan transportasi, instalasi, dan pemeliharaan [10]. Berikut adalah bagian-bagian utama dari struktur *skid*:

a. *Base Frame* (Kerangka Dasar)

Komponen dasar yang menopang seluruh peralatan pada *skid*. Terbuat dari baja atau material kuat lainnya yang tahan terhadap beban berat. Biasanya dilengkapi dengan lubang angkat atau penyangga untuk memudahkan pemindahan dan pemasangan dengan alat angkat seperti *crane* atau *forklift*.

b. *Mounting Plates* (Pelat Pemasangan)

Pelat baja datar yang digunakan untuk memasang peralatan seperti pompa, tangki, atau motor. *Mounting plates* dirancang untuk memastikan posisi peralatan tetap stabil dan aman selama operasi dan pemindahan *skid*.

c. *Support Beams* (Balok Penopang)

Struktur yang memberikan kekuatan tambahan untuk mendukung komponen berat dan menjaga stabilitas keseluruhan *skid*. Biasanya terbuat dari baja tahan karat atau material yang kuat dan tahan korosi untuk memastikan daya tahan *skid* dalam jangka panjang.

d. *Pipe Support* (Penopang Pipa)

Menyediakan dukungan khusus untuk sistem perpipaan yang menghubungkan peralatan pada *skid*. *Pipe support* mengurangi tekanan dan getaran pada pipa, sehingga meminimalkan risiko kebocoran atau kerusakan pada sambungan pipa.

e. *Lifting Lugs* (Telinga Angkat)

Fitur berbentuk seperti telinga di bagian atas struktur *skid* yang memungkinkan pengangkatan menggunakan *crane* atau peralatan angkat lainnya. *Lifting lugs* biasanya dirancang untuk mengangkat seluruh *skid* secara aman tanpa merusak peralatan atau struktur.

f. *Skid Rails* (Rel Skid)

Rel atau alas yang dipasang di bagian bawah struktur *skid* untuk memudahkan pemindahan dan penempatan skid di lokasi kerja. Biasanya disertai pelindung untuk melindungi bagian bawah *skid* dari benturan atau gesekan dengan permukaan kasar.

g. *Drainage System* (Sistem Drainase)

Saluran atau lubang drainase di dasar *skid* untuk mengalirkan cairan yang mungkin tumpah atau bocor selama operasi. Sistem ini sangat penting untuk menjaga kebersihan *skid* dan menghindari penumpukan cairan yang berpotensi korosif.

h. *Access Platforms and Ladders* (Platform dan Tangga Akses)

Platform yang memudahkan akses ke peralatan, khususnya untuk proses perawatan atau pengawasan. Terdapat tangga atau pijakan untuk operator yang memungkinkan mereka mengakses komponen pada bagian atas atau sulit dijangkau.

i. *Vibration Dampeners* (Peredam Getaran)

Komponen tambahan seperti bantalan karet yang ditempatkan di antara mounting plates dan peralatan, terutama pompa dan motor. Berfungsi untuk meredam getaran selama operasi sehingga komponen tidak cepat aus dan keandalan operasional tetap terjaga.

j. *Electrical Tray* (Tray Listrik)

Tempat khusus untuk kabel listrik atau instalasi listrik yang menghubungkan peralatan pada *skid*. Melindungi kabel dari kerusakan fisik dan memudahkan pemeliharaan sistem kelistrikan pada *skid*.

k. *Safety Features* (Fitur Keselamatan)

Dilengkapi dengan fitur keselamatan seperti *kickplates* di *platform* dan *railing* untuk mencegah jatuhnya alat atau tumpahan. Terdapat pula tempat pemasangan alat pemadam kebakaran atau alat keselamatan lainnya di sekitar *skid*.

1. *Labeling* dan *Signage*

Penanda atau label yang menunjukkan nama komponen, peringatan keselamatan, dan instruksi penggunaan. Label ini sangat penting untuk identifikasi dan meningkatkan keselamatan kerja di sekitar *skid*.

Struktur *skid* yang baik harus memiliki semua bagian ini untuk memastikan kekokohan, keamanan, dan efisiensi penggunaan dalam lingkungan industri yang sering kali keras.

2.2.2 *Lifting*

Berdasarkan DNVGL-ST-N001 (2018), operasi *lifting* merupakan metode memindahkan struktur dengan cara menaikkan atau menurunkan dengan bantuan *crane*. Pada operasi *lifting* yang perlu diperhatikan adalah memastikan bahwa *platform skid* yang diangkat tetap dalam keadaan baik sehingga tidak terjadinya kegagalan yang menyebabkan kerugian [29].

Untuk operasi *lifting* yang dilakukan di mana pusat gravitasi objek yang diangkat berada di atas titik-titik pengangkatan, perlu diperhatikan untuk memastikan bahwa stabilitas pengaturan *lifting* dipertimbangkan dalam desain. Hal ini menjadi perhatian khusus di mana *spreader bar* atau *spreader frame* digunakan sebagai bagian dari sistem *lifting*. Stabilitas harus ditunjukkan untuk kondisi ini yang memungkinkan adanya *offset* vertikal dan horizontal pada posisi pusat gravitasi [5].

2.2.3 *Spreader Bar*

Spreader bar merupakan alat yang digunakan untuk mendistribusikan beban saat mengangkat atau mengangkut barang berat menggunakan *crane* atau alat angkat lainnya [11]. Menurut DNV pt2 Ch-5 *lifting* (1996), *spreader bar* berfungsi untuk mengurangi gaya tekan pada objek yang diangkat, mengurangi ketidakakuratan panjang *sling*, dan mencegah benturan atau gesekan antara *sling* dan objek yang diangkat, selain itu *spreader bar* juga berfungsi untuk menjaga stabilitas beban. Maka dari itu sebelum melakukan operasi *lifting* perlu dilakukannya analisis dari simulasi pada *spreader bar* terlebih dahulu. Beberapa

aspek yang perlu dianalisis antara lain seperti pembebanan serta pemafaktoran. Dalam mendesain *spreader bar* perlu diperhatikan perkiraan beban yang dihasilkan oleh benda kerja dan jenis material yang telah ditentukan.

Spreader bar memiliki lengan horizontal yang menjaga jarak antara titik angkat. Ketika alat angkat dihubungkan ke *spreader bar*, beban akan didistribusikan secara merata pada titik-titik ini. Hal ini membantu mengurangi tekanan pada area tertentu, mengurangi risiko kerusakan, dan menjaga stabilitas beban. *Spreader bar* biasanya memiliki beberapa titik gantungan di sepanjang lengan horizontalnya. Titik-titik ini memungkinkan beban digantung pada posisi yang paling sesuai, tergantung pada jenis dan bentuk beban. Dengan menempatkan kait pada beberapa titik ini, beban dapat digantung dengan stabil dan aman. Karena *spreader bar* memungkinkan distribusi titik angkat pada beberapa area, beban tidak akan mudah bergoyang atau terjepit.

Ini penting untuk memastikan keselamatan selama pengangkatan dan mencegah beban dari pergeseran atau kerusakan. Dengan mendistribusikan berat secara merata dan menjaga kestabilan beban, *spreader bar* membantu mengurangi risiko kecelakaan. Beban yang diangkat menjadi lebih stabil, sehingga risiko tali atau rantai putus, atau beban jatuh, dapat diminimalkan.

2.2.4 S355

Material S355 adalah jenis baja struktural yang termasuk dalam standar EN 10025 yang digunakan untuk berbagai aplikasi konstruksi dan teknik. S355 adalah baja karbon dengan kekuatan tarik minimal 355 MPa (megapascal) dan merupakan salah satu jenis baja struktural yang paling umum digunakan dalam proyek-proyek teknik dan konstruksi [12].

Penggunaan material S355 pada *spreader bar* dengan kapasitas SWL (*Safe Working Load*) 280 ton dapat menjadi pilihan yang tepat, mengingat sifat material ini yang memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi dan daya tahan yang baik terhadap beban berat. Namun, saat merancang *spreader bar* dengan kapasitas seperti itu, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih material dan

desainnya.

Dalam kasus SWL 280 ton, S355 akan cukup mampu menahan beban ini, asalkan dimensi dan desain *spreader bar* (seperti ketebalan, panjang, dan bentuk *profil*) dihitung dengan benar dan memperhitungkan faktor keamanan.

S355 cukup ulet dan tahan terhadap deformasi, yang sangat penting dalam aplikasi *spreader bar* yang sering berfungsi sebagai penghubung antara alat pengangkat dan beban. Keuletan dan kekakuan ini sangat penting untuk memastikan bahwa *spreader bar* tidak mudah pecah atau retak di bawah beban tinggi.

Dalam aplikasi seperti ini, sangat penting untuk mempertimbangkan faktor keamanan yang memadai. Biasanya, faktor keamanan yang digunakan untuk perancangan *spreader bar* berkisar antara 1,5 hingga 2, tergantung pada standar keselamatan yang berlaku. Untuk kapasitas SWL 280 ton, hal ini berarti *spreader bar* mungkin dirancang untuk menahan beban lebih besar dari itu, misalnya, hingga 420 ton (dengan faktor keamanan 1,25-1,5).

2.2.5 Pembebanan

Pembebanan pada proses *lifting* atau pengangkatan adalah proses menghitung dan menganalisis berbagai gaya dan beban yang bekerja pada alat angkat dan beban yang diangkat [13]. Analisis pembebanan ini sangat penting untuk menjamin keamanan dan stabilitas selama proses pengangkatan, serta untuk memastikan alat angkat mampu menahan beban yang diangkat tanpa risiko kerusakan atau kegagalan struktural.

a. Beban Langsung (*Dead Load*)

Beban langsung adalah berat dari benda atau material yang diangkat. Ini adalah beban utama yang harus ditahan oleh alat angkat. Beban ini harus dihitung secara akurat agar alat angkat (seperti crane, *hoist*, atau *spreader bar*) tidak melebihi kapasitas maksimumnya.

b. Beban Tambahan (*Live Load*)

Beban tambahan meliputi gaya yang disebabkan oleh gerakan atau getaran, seperti saat beban diangkat, diturunkan, atau bergerak secara horizontal.

c. Beban Angin (*Wind Load*)

Angin dapat memberikan gaya tambahan pada beban yang diangkat, terutama pada ketinggian yang tinggi. Beban angin sangat perlu diperhatikan saat mengangkat beban yang memiliki area permukaan besar, seperti lembaran baja, pipa besar, atau panel.

d. Beban Gesekan (*Friction Load*)

Beban gesekan terjadi ketika ada gaya gesekan antara beban dan permukaan alat angkat atau tali. Misalnya, saat menggunakan *sling*, gesekan antara *sling* dan beban dapat menambah gaya yang bekerja pada alat angkat.

e. Beban Dinamis (*Dynamic Load*)

Beban dinamis terjadi karena adanya pergerakan atau perubahan kecepatan beban, seperti saat alat angkat bergerak atau berputar. Ini mengakibatkan gaya tambahan yang bekerja pada alat angkat.

f. Beban Angkat Maksimum (*Safe Working Load - SWL*)

SWL atau beban angkat maksimum adalah beban tertinggi yang dapat diangkat oleh alat angkat dengan aman. Ini harus dipatuhi secara ketat untuk mencegah kegagalan alat. Beban yang melebihi SWL dapat menyebabkan alat angkat menjadi tidak stabil atau bahkan mengalami kerusakan struktural.

g. *Safety Factor* (Faktor Keamanan)

Faktor keamanan adalah tambahan perhitungan untuk memastikan bahwa alat angkat dapat mengatasi beban dengan aman meskipun ada variasi atau ketidakpastian dalam pembebanan.

Pembebanan pada proses *lifting* melibatkan berbagai gaya yang harus diperhitungkan secara detail untuk menjamin keamanan dan keandalan alat angkat. Analisis pembebanan mencakup beban utama dan beban tambahan yang timbul dari

kondisi lingkungan, pergerakan, dan sudut angkat. Menjaga agar beban angkat sesuai dengan SWL dan menerapkan faktor keamanan sangat penting dalam mencegah kegagalan sistem angkat.

2.2.6 Konsep Mekanika

Suatu gaya menunjukkan aksi dari suatu benda terhadap benda lain, gaya ini dapat beraksi melalui suatu kontak langsung atau dari jarak tertentu, seperti pada gaya gravitasi. Besar dan arahnya suatu gaya dinyatakan sebagai vektor. Konsep mekanika dalam proses *lifting* melibatkan beberapa prinsip fisika yang penting [14]. Berikut adalah beberapa konsep utama [15]:

a. Gaya dan Berat

Saat mengangkat objek, gaya yang diterapkan harus lebih besar dari berat objek. Berat dihitung sebagai massa objek dikali percepatan gravitasi.

$$W = m \times g$$

Berat W akan dinyatakan dalam *Newton* (N) apabila m dalam kilogram (kg) dan g dalam meter per *second* kuadrat (m/s^2). Harga standar $g = 9.81$ (m/s^2).

b. Hukum Newton

Hukum kedua Newton menjelaskan bahwa percepatan objek sebanding dengan gaya total yang diterapkan padanya. Dalam pengangkatan, jika gaya yang diterapkan lebih besar dari berat, objek akan bergerak ke atas.

$$F = m \times a$$

c. Momen Gaya

Dalam situasi di mana pengangkatan dilakukan dengan menggunakan tuas atau alat angkat lainnya, momen gaya (*torque*) menjadi penting. Momen gaya tergantung pada gaya yang diterapkan dan jarak dari titik pivot.

d. Energi

Proses *lifting* juga melibatkan perubahan energi. Saat objek diangkat, energi potensialnya meningkat dimana h dalam ketinggian.

$$U = m \times g \times h$$

Energi yang diperlukan untuk mengangkat objek ini berasal dari energi yang diterapkan.

e. Momen lentur, momen inersia dan tegangan maksimum

Dalam proses *lifting*, terutama saat menggunakan struktur atau alat angkat, tiga konsep penting yang perlu diperhatikan adalah momen lentur, momen inersia, dan tegangan maksimum [16].

Momen lentur adalah hasil dari gaya yang diterapkan pada struktur (seperti balok atau pipa) yang menyebabkan pembengkokan [17]. Momen lentur (M) dapat dihitung dengan rumus:

$$M = F \times d$$

Momen lentur ini penting dalam desain struktur untuk memastikan bahwa balok atau alat angkat dapat menahan beban tanpa mengalami kegagalan.

Momen inersia (I) adalah ukuran seberapa sulitnya untuk mengubah keadaan gerak suatu benda, terutama dalam hal rotasi. Momen inersia bergantung pada distribusi massa dari benda tersebut terhadap sumbu rotasi. Untuk sebuah tabung berongga, momen inersia dapat dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4_{Luar} - D^4_{Dalam})$$

Momen inersia digunakan dalam perhitungan momen lentur dan membantu menentukan bagaimana struktur akan berperilaku di bawah beban.

Tegangan maksimum (σ_{max}) dalam suatu material akibat momen lentur dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

Tegangan maksimum penting untuk memastikan bahwa material yang digunakan tidak melebihi batas elastisnya, sehingga tidak mengalami deformasi permanen atau patah.

2.2.7 Tegangan (*Stress*)

Pada proses *lifting*, tegangan atau stress mengacu pada gaya yang diterapkan

pada suatu benda atau material saat diangkat. Tegangan ini sangat penting untuk dianalisis agar dapat menentukan apakah material atau alat yang digunakan dalam proses *lifting* dapat menahan beban tanpa mengalami kerusakan atau kegagalan [18].

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{\text{Gaya (F)}}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

a. Tegangan Tarik (*Tensile Stress*)

Tegangan tarik terjadi ketika gaya menarik suatu material menjauhi pusatnya (misalnya, saat kabel crane menarik beban ke atas) [19].

$$\text{Tegangan tarik } (\sigma_t) = \frac{\text{Gaya (F)}}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

b. Tegangan Geser (*Shear Stress*)

Tegangan geser terjadi ketika gaya menyebabkan suatu bagian dari material bergeser relatif terhadap bagian lainnya. Hal ini umumnya terjadi pada sambungan atau baut yang mengalami gaya lateral.

$$\text{Tegangan geser } (\tau) = \frac{\text{Gaya (F)}}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

c. Tegangan Lentur (*Bending Stress*)

Tegangan lentur terjadi pada material yang melentur atau membungkuk akibat beban [20], seperti balok atau plat.

$$\text{Tegangan lentur } (\sigma_b) = \frac{Mc}{I}$$

dimana :

M = momen.

I = inersia momen.

c = jarak titik terjauh dari titik pusat.

d. Tegangan Tekuk (*Buckling Stress*)

Tegangan tekuk terjadi pada komponen yang mengalami gaya tekan aksial hingga menyebabkan tekukan. Biasanya dianalisis pada kolom panjang.

$$\text{Tegangan tekuk } (\sigma_{cr}) = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{k}\right)^2}$$

dimana:

σ_{cr} = Tegangan kritis tekuk (*buckling stress*).

E = Modulus elastisitas material.

L = Panjang kolom.

K = Radius kelengkungan kolom.

2.2.8 Safety Factor

Safety factor atau faktor keamanan adalah rasio antara kemampuan maksimal material atau struktur untuk menahan beban dengan beban aktual yang dihadapi dalam penggunaannya [21]. Faktor keamanan digunakan untuk memastikan bahwa suatu struktur atau komponen memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan kondisi operasional dan variabel yang mungkin tidak terduga, seperti kelebihan beban, material yang cacat, atau kesalahan perhitungan.

$$\text{Safety Factor (SF)} = \frac{\sigma_{maks}}{\sigma_{operasional}}$$

dimana:

σ_{maks} = Tegangan maksimum yang dapat ditoleransi material (misalnya kekuatan tarik, kekuatan tekan),

$\sigma_{operasional}$ = Tegangan aktual yang dialami dalam kondisi kerja.

Interpretasi Safety Factor

- Jika $SF = 1$, material atau struktur dapat menahan beban tepat sesuai kapasitasnya, namun ini tidak ideal untuk kondisi kerja karena tidak ada margin keamanan.
- Jika $SF > 1$, material atau struktur memiliki cadangan kekuatan untuk menahan beban lebih dari yang sebenarnya dialami, yang berarti struktur lebih aman.
- Umumnya, SF antara 1,5 hingga 3 sering digunakan, tergantung pada aplikasinya, meskipun untuk situasi atau kondisi yang lebih, faktor keamanan yang lebih besar mungkin diperlukan.

Safety factor juga berfungsi mengurangi risiko kegagalan, menjaga

keamanan bila ada variasi atau ketidaksempurnaan pada material yang digunakan, dan menjamin keselamatan operasional.

2.2.9 Komponen *Lifting*

Pada proses *lifting* (pengangkatan), berbagai komponen digunakan untuk memastikan beban dapat diangkat dengan aman dan efisien. Berikut adalah komponen utama yang sering digunakan dalam proses *lifting* :

a. *Crane*

Crane adalah alat utama yang digunakan dalam proses *lifting*, yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan beban berat. Jenis crane meliputi *mobile crane*, *tower crane*, *overhead crane*, dan *gantry crane*, yang masing-masing memiliki karakteristik dan kegunaan tertentu.

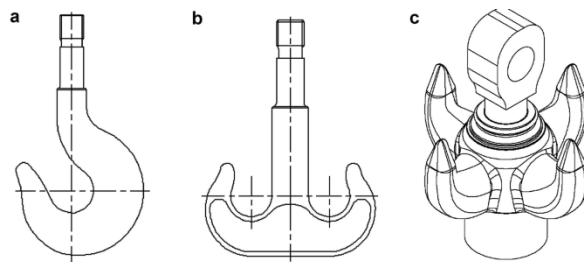


Gambar 2. *Crane*

(Sumber : [kcmu-cranes.com/https://kcmu-cranes.com/products/crane-ck1200g/](https://kcmu-cranes.com/products/crane-ck1200g/))

b. *Hook* (Kait)

Hook adalah komponen pengait yang menghubungkan *crane* dengan alat angkat atau beban langsung. *Hook* biasanya dibuat dari baja berkekuatan tinggi dan dirancang untuk menahan tegangan tarik. Kait ini harus memiliki mekanisme pengunci untuk mencegah beban terlepas selama proses *lifting* [22].



Gambar 3. Hook

(Sumber : <https://link.springer.com/referenceworkentry/>)

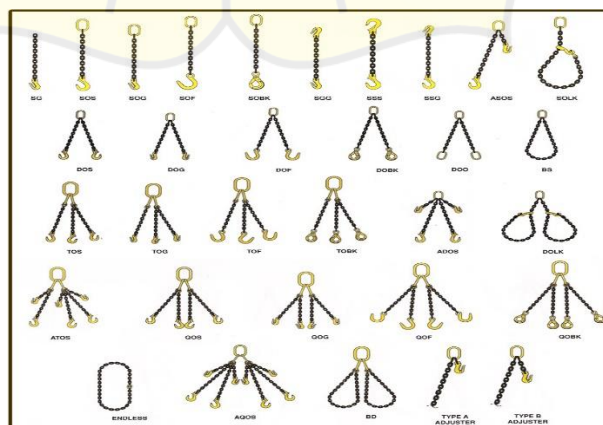
c. Sling

Tali pengikat yang bisa terbuat dari baja, nilon, atau bahan lain yang disesuaikan dengan beban yang diangkat. *Sling* memiliki berbagai bentuk, termasuk *chain sling* (rantai baja), *wire rope sling*, dan *webbing sling* (kain lebar), yang digunakan untuk menyesuaikan beban [23].








Gambar 4. Wire Rope Sling

(Sumber : <https://seoasmrines.com/alat-angkat/jenis-dan-macam-sling/>)



Gambar 5. Chain Sling

(Sumber : <https://seoasmrines.com/alat-angkat/jenis-dan-macam-sling/>)

Webb Sling Working Load Limits (Duplex)						
Safety Factor 7:1	Webbing					
		Straight x 1	Choked x 0.8	Basket x 2	45° Basket x 1.8	90° Basket x 1.4
Multi-Layer Slings Type Duplex	Width	WWL KGS	WWL KGS	WWL KGS	WWL KGS	WWL KGS
Violet	50mm	1000	800	2000	1800	1400
Green	60mm	2000	1600	4000	3600	2800
Yellow	75mm	3000	2400	6000	5400	4200
Grey	100mm	4000	3200	8000	7200	5600
Red	125mm	5000	4000	10000	9000	7000
Brown	150mm	6000	4800	12000	10800	8400
Blue	200mm	8000	6400	16000	14400	11200
Orange	250mm	10000	8000	20000	18000	14000

Gambar 6. Web Sling Working Load Limits

(Sumber : <https://seoasmarines.com/alat-angkat/jenis-dan-macam-sling/>)

d. Shackle

Shackle adalah penghubung berbentuk "U" atau "D" yang digunakan untuk menghubungkan *sling* dengan *hook* atau komponen lain. *Shackle* juga dapat menahan beban tinggi dan dirancang agar mudah dipasang dan dilepas [24].

Berdasarkan material bahan bakunya, *shackle* atau segel bisa dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :

- *Shackle* JIS Type

Shackle ini sering disebut dengan *shackle galvanis* atau *shackle dee galvanis*. *Shackle* jenis ini terbuat dari bahan baku *mild steel* / *Malleable Steel*. *Shackle* ini memiliki karakteristik yaitu tidak mempunyai nilai *breaking load* yang artinya tidak dapat digunakan untuk mengangkat barang atau aplikasi berat lainnya. Karena *Shackle* / segel jenis ini tidak cocok digunakan untuk aplikasi berat, maka *shackle* ini cocok digunakan untuk aplikasi Dapra, Pagar dan *Lashing* (ikat).

- *Shackle* SWL

Shackle jenis ini terbuat dari bahan baku carbon steel yang artinya bahan campuran baja dan karbon yang memiliki karakteristik kuat dan memiliki nilai *breaking load*. Besi karbon adalah besi yang mengandung antara 0.5% sampai

dengan 1.5% karbon dengan sejumlah kecil mangan, belerang, fosforus, dan silikon. Karena bahan bakunya yang memiliki karakteristik lebih kuat ini, maka *shackle* jenis ini dapat digunakan untuk aplikasi berat yaitu *lifting* dan *towing*.

Berdasarkan bentuk tipenya, *shackle* atau segel juga dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :

- *Shackle Dee*



Gambar 7. *Shackle Dee*

(Sumber : <https://seoasmarines.com/rigging-equipments/jenis-shackle-segel/>)

Shackle jenis ini berbentuk seperti huruf D, karena itu *shackle* /segel ini dinamakan *shackle Dee*. *Shackle* jenis ini hanya cocok digunakan untuk aplikasi angkat yang menggunakan rantai atau chain sling sebagai alat bantu angkatnya. Bentuknya yang menyerupai huruf D membuat rantai dapat terpasang secara benar pada lubangnya, hal ini maksudnya yaitu rantai tidak bisa bergerak atau goyang saat dipasangkan dan digunakan untuk mengangkat barang menggunakan *shackle Dee* ini.

- *Shackle Omega*



Gambar 8. *Shackle Omega*

(Sumber : <https://seoasmarines.com/rigging-equipments/jenis-shackle-segel/>)

Shackle jenis ini berbentuk seperti tapal kuda, tapi lebih tepatnya *shackle* / segel jenis ini berbentuk seperti symbol omega “Ω”, oleh karena itu *shackle* ini dinamakan *shackle* “omega”. *Shackle* / segel jenis ini digunakan kebanyakan user untuk aplikasi *lifting* ataupun *towing* yang menggunakan wire rope, seperti

wire rope sling. *Shackle* omega ini di rancang memiliki lubang kait lebih besar dari *shackle Dee* karena disesuaikan dengan ukuran *wire rope* yang lebih besar diameternya dibandingkan dengan rantai, dan juga agar *shackle* / segel jenis ini juga dapat muat lebih banyak *sling* (1 *shackle* dapat dipasang 2 *wire rope sling*). Lubang kaitnya yang hampir berbentuk lingkaran membuat *wire rope* terpasang dengan benar sehingga mengurangi kegesekan antara *shackle* dan *wire rope* saat diaplikasikan. Sebagai informasi tambahan, *shackle* jenis ini juga dapat digunakan untuk aplikasi yang menggunakan *webbing sling* sebagai alat bantu angkatnya dengan standard ketentuan penggunaan tertentu.

Sedangkan berdasarkan bentuk penguncinya, *shackle* atau segel dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

- *Shackle* “Screw Pin”



Gambar 9. *Shackle Screw Pin*

(Sumber : <https://seoasmarines.com/rigging-equipments/jenis-shackle-segel/>)

Shackle / Segel jenis ini menggunakan bentuk pin dengan pemutar scrup tanpa menggunakan pengunci. Hanya dikencangkan saja sampai batas maksimal ulirnya agar tidak terlepas. *Shackle* ini digunakan untuk aplikasi Non permanen (Aplikasi yang membutuhkan *shackle* yang dapat dibongkar pasang kembali dengan mudah)

- *Shackle* “Round Pin”



Gambar 10. *Shackle Round Pin*

(Sumber : <https://seoasmarines.com/rigging-equipments/jenis-shackle-segel/>)

Shackle / Segel jenis ini menggunakan bentuk pin dengan pengunci diujungnya tanpa menggunakan ulir sebagai pengencang. *Shackle* ini juga digunakan untuk aplikasi *Non permanen*.

- *Shackle “Bolt & Nut Type”* / Mur Baut



Gambar 11. *Shackle Bolt & Nut*

(Sumber : <https://seoasmarines.com/rigging-equipments/jenis-shackle-segel/>)

Shackle / Segel jenis ini menggunakan bentuk pin seperti kepala baut dengan pengunci baut dan pengunci pinnya. *Shackle* jenis ini lebih aman karena tidak mudah terbuka. *Shackle* / Segel ini digunakan untuk aplikasi yang lebih permanen, contohnya pada aplikasi *offshore*.

e. *Spreader Bar* dan *Lifting Beam*

Spreader Bar merupakan alat yang digunakan untuk mendistribusikan beban agar tidak terkonsentrasi pada satu titik, mengurangi tegangan pada *sling* atau tali dan meningkatkan stabilitas saat pengangkatan. *Lifting Beam* merupakan balok pengangkat yang menahan beban di beberapa titik, juga berfungsi untuk mendistribusikan berat beban dan mencegah ayunan yang berlebihan.

f. *Padeye*

Padeye adalah komponen mekanis yang biasanya berbentuk seperti pelat baja dengan lubang (mata) di tengahnya, yang digunakan sebagai titik pengangkatan atau pengikatan pada berbagai struktur atau peralatan [25]. Fungsi utama *padeye* adalah sebagai penghubung untuk tali, kabel, rantai, atau alat angkat lainnya dalam kegiatan pengangkatan (*lifting*) atau penarikan (*towing*). *Padeye* banyak digunakan di industri perkapalan, konstruksi, dan minyak & gas, khususnya dalam kegiatan *lifting*, *mooring* (penambatan kapal), dan *rigging*. Terdapat dua

jenis *padeye* berdasarkan penggunaannya:

- *Padeye Tetap (Fixed Padeye)*: Dipasang permanen pada struktur atau alat dan biasanya tidak dapat bergerak.
- *Padeye Dinamis (Swivel Padeye)*: adalah jenis *padeye* yang memungkinkan pergerakan atau rotasi, sehingga titik pengikatnya dapat berputar sesuai dengan arah beban atau alat pengangkat. *Swivel padeye* memberikan fleksibilitas lebih dalam aplikasi yang membutuhkan penyesuaian posisi atau arah pengangkatan.

2.2.10 *SolidWorks*

SolidWorks adalah perangkat lunak CAD (*Computer-Aided Design*) yang digunakan untuk merancang, memodelkan, menganalisis, dan membuat dokumentasi untuk produk atau komponen mekanik. *SolidWorks* dikembangkan oleh *Dassault Systèmes* dan menjadi salah satu perangkat lunak CAD yang paling populer di dunia, terutama dalam industri teknik dan manufaktur.

SolidWorks menawarkan berbagai fitur dan kemampuan yang memungkinkan untuk membuat desain 3D yang kompleks dan melakukan simulasi terhadap kinerja dan fungsi komponen atau produk sebelum diproduksi. Ini sangat menguntungkan karena dapat mengurangi waktu dan biaya pengembangan produk.

Simulasi *spreader bar* menggunakan *SolidWorks* adalah cara yang sangat efektif untuk menganalisis dan memvisualisasikan kekuatan, stabilitas, dan kinerja komponen tersebut dalam proses pengangkatan beban. *Spreader bar* digunakan dalam pengangkatan beban besar untuk mendistribusikan beban secara merata, mengurangi risiko kerusakan atau kegagalan struktur. *SolidWorks* dapat melakukan simulasi dengan menggunakan fitur-fitur seperti *Simulation* (analisis statis) untuk menganalisis deformasi, tegangan, dan faktor keselamatan dari desain *spreader bar*.

Berikut adalah langkah-langkah umum untuk membuat dan mensimulasikan *spreader bar* di *SolidWorks* [28]:

- a. Membuat Model *Spreader Bar*

Mulai dengan mendesain spreader bar sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Desain ini bisa mencakup :

- Rangka utama yang berupa batang utama dengan bentuk persegi panjang atau silinder.
- Titik pemasangan atau *eye bolts* yang digunakan untuk mengikat kabel atau tali pengangkat.
- Lubang atau *fitting* untuk menghubungkan spreader bar dengan crane atau alat angkat lainnya.

b. Menentukan Material

Tentukan material untuk spreader bar. Material yang umum digunakan adalah baja, aluminium, atau material komposit. Pilih material yang sesuai dengan spesifikasi spreader bar dan sesuaikan dengan kondisi penggunaan di dunia nyata.

c. Menentukan Kondisi Batas dan Beban

- Kondisi Batas (*Boundary Conditions*)

Tentukan bagian yang akan dihubungkan dengan *crane* atau alat pengangkat lainnya. Biasanya, bagian tersebut bisa berupa titik pemasangan atau *fitting* di mana kabel atau tali terhubung.

- Beban

Tentukan beban angkat yang akan diterima oleh *spreader bar*. Ini bisa berupa gaya vertikal atau momen tergantung pada jenis beban yang diangkat. Pilih titik pemasangan dan terapkan *force* untuk mendistribusikan gaya angkat.

d. Menjalankan Simulasi

SolidWorks akan memproses model dan menghasilkan hasil analisis, seperti:

- Deformasi: Menunjukkan seberapa banyak spreader bar akan terdeformasi (membengkok) di bawah beban tertentu.
- Tegangan (*Stress*): Menunjukkan distribusi tegangan di sepanjang bagian-bagian critical dari spreader bar, termasuk area-area yang mungkin

mengalami kelebihan tegangan.

- Faktor Keselamatan: Menunjukkan apakah spreader bar cukup aman untuk menahan beban atau apakah perlu desain ulang.

