



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 15616-15625

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Perhitungan Lifting Plan Calculation pada Pekerjaan Erection Girder Konstruksi Trestle Proyek Terminal LPG Refrigerated Jawa Timur Tahap 2: Studi Kasus Pengangkatan Girder Onshore dan Offshore

Rafi Helmi Aradea, Shafa Satyatma Untoro Putra, Pungky Dharma Saputra
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
rafihelmi14@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas perhitungan lifting plan pada pekerjaan erection girder dalam proyek Terminal LPG Refrigerated Jawa Timur Tahap 2. Pada proyek tersebut, pengangkatan girder pada konstruksi trestle menjadi salah satu pekerjaan penting karena berhubungan langsung dengan keselamatan kerja, ketepatan metode pelaksanaan, serta efisiensi waktu proyek. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan pengangkatan girder, baik pada lokasi onshore maupun offshore, agar proses pekerjaan dapat dilakukan secara aman dan terkendali. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Data yang dikumpulkan meliputi data teknis girder, spesifikasi rigging tools, kapasitas crane, serta kondisi area kerja. Analisis dilakukan dengan menghitung berat girder, beban tambahan dari rigging tools, kapasitas alat angkat, Dynamic Amplification Factor, dan safety factor. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total beban pengangkatan pada area onshore sebesar 25,67 ton, sedangkan pada area offshore sebesar 30,33 ton. Kapasitas crane yang digunakan masih berada dalam batas aman, yaitu 53,40% dari kapasitas maksimum untuk pekerjaan onshore dan 74,73% untuk pekerjaan offshore. Nilai safety factor juga menunjukkan hasil yang memadai, yaitu 1,87 pada pekerjaan onshore dan 1,34 pada pekerjaan offshore. Selain itu, simulasi visual menggunakan AutoCAD membantu memastikan jalur pengangkatan yang aman dan efisien. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa perencanaan lifting plan yang sistematis sangat penting untuk mengurangi risiko kecelakaan, mencegah kerusakan material, serta meminimalkan keterlambatan proyek konstruksi.

Kata kunci: Lifting Plan, Girder, Crane, Rigging Tools, Dynamic Amplification Factor, Keselamatan Kerja, Onshore, Offshore.

1. Latar Belakang

Pada proyek Terminal LPG Refrigerated Jawa Timur Tahap 2, salah satu pekerjaan yang memerlukan perhatian khusus adalah erection girder pada konstruksi trestle. Pekerjaan ini melibatkan pengangkatan elemen struktural besar yang membutuhkan perencanaan matang agar dapat dilakukan dengan aman dan efisien. Salah satu aspek yang paling krusial adalah penyusunan perhitungan lifting plan, yang mencakup pemilihan alat angkat, jalur pengangkatan, dan kapasitas beban yang akan diangkat (Guo et al., 2021). Tanpa perencanaan yang tepat, pengangkatan girder ini berisiko menimbulkan masalah besar, seperti keterlambatan proyek, kecelakaan kerja, dan kerusakan material (Yeoh et al., 2016). Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis mendalam terhadap perhitungan lifting plan guna memastikan bahwa pekerjaan ini dapat dilakukan secara aman dan efisien (Soimun & Amijaya, 2022).

Jika perhitungan lifting plan tidak dilakukan dengan hati-hati, dampaknya bisa sangat merugikan, baik dari segi waktu maupun biaya (Peng & Chua, 2017). Keterlambatan yang terjadi akibat pengangkatan yang tidak sesuai dengan rencana dapat menambah biaya proyek dan mengganggu kelancaran pelaksanaan pekerjaan. Selain itu, ketidakcermatan dalam perencanaan juga dapat memicu kecelakaan kerja yang membahayakan keselamatan pekerja dan mengakibatkan kerusakan pada elemen struktural yang diangkat. Oleh karena itu, penghitungan yang tepat dan pemilihan metode yang sesuai sangat penting untuk mencegah potensi masalah ini (Chen et al., 2022).

Penyebab utama dari permasalahan tersebut adalah kurangnya perencanaan yang rinci dan tidak adanya perhitungan yang akurat dalam menentukan kapasitas beban serta pemilihan alat angkat yang tepat. Hal ini

Perhitungan Lifting Plan Calculation pada Pekerjaan Erection Girder Konstruksi Trestle Proyek Terminal LPG Refrigerated Jawa Timur Tahap 2: Studi Kasus Pengangkatan Girder Onshore dan Offshore

mengakibatkan risiko kecelakaan dan kerugian lainnya yang dapat berdampak pada kelancaran dan keamanan proyek (Shahnavaz et al., 2020). Solusi untuk masalah ini adalah melakukan analisis yang lebih mendalam terkait dengan perhitungan lifting plan, termasuk perencanaan alat angkat yang tepat, jalur pengangkatan, serta identifikasi potensi bahaya yang bisa terjadi selama pengangkatan. Dengan menggunakan data yang akurat dan teori perhitungan yang tepat, solusi ini diharapkan dapat mengurangi potensi masalah yang mungkin muncul (Shen et al., 2021).

Implikasi dari penerapan perencanaan lifting plan yang tepat sangat besar. Selain memastikan kelancaran proyek, hal ini juga akan mengurangi biaya yang tidak terduga, meningkatkan keselamatan kerja, dan memastikan kualitas pekerjaan yang lebih baik. Dengan perencanaan yang matang, proyek ini dapat selesai tepat waktu dengan standar keselamatan yang tinggi, memberikan manfaat jangka panjang bagi pihak-pihak yang terlibat dalam proyek, serta meningkatkan reputasi perusahaan konstruksi (Zhu et al., 2023).

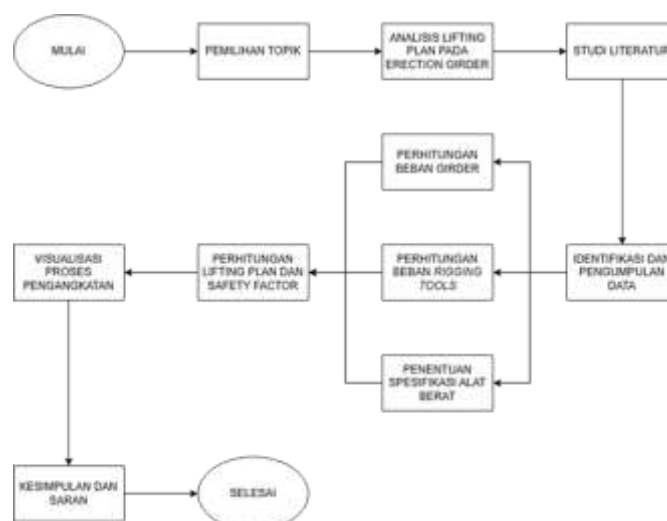
2. Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan studi kasus pada proyek Terminal LPG Refrigerated Jawa Timur Tahap 2. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perhitungan lifting plan pada pekerjaan erection girder yang melibatkan berbagai faktor, seperti beban girder, pemilihan rigging tools, alat berat yang digunakan, serta metode pengangkatan baik di onshore maupun offshore. Pendekatan ini akan mengidentifikasi dan mengevaluasi parameter-parameter yang memengaruhi kelancaran dan keselamatan selama proses pengangkatan (Sugiyono, 2020).

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur untuk mempelajari teori dasar tentang perhitungan lifting plan, rigging tools, alat berat, dan teknik pengangkatan pada proyek konstruksi, terutama untuk pengangkatan girder di lokasi onshore dan offshore. Setelah itu, dilakukan tahap pengumpulan data, yang melibatkan pengumpulan informasi teknis mengenai girder, spesifikasi alat berat seperti crane, panjang boom, kapasitas angkat, serta rigging tools yang digunakan dalam proyek. Tahap selanjutnya adalah perhitungan lifting plan, di mana data yang telah dikumpulkan digunakan untuk menghitung beban girder, beban pada rigging tools, dan menentukan spesifikasi crane yang sesuai, baik untuk kondisi onshore maupun offshore. Pada tahap ini juga dilakukan perhitungan faktor amplifikasi dinamis dan faktor keselamatan yang akan diterapkan selama pengangkatan. Setelah itu, dilakukan simulasi visualisasi pengangkatan menggunakan perangkat lunak seperti AutoCAD untuk memvisualisasikan bagaimana crane akan mengangkat girder di kedua lokasi tersebut. Terakhir, pada tahap evaluasi keselamatan dan efisiensi, hasil perhitungan dan simulasi dievaluasi untuk memastikan bahwa lifting plan yang dibuat aman dan efisien, serta menilai potensi risiko dan solusi keselamatan yang dapat diterapkan dalam pengangkatan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, telah ditentukan variabel dan indikatornya. Variabel-variabel tersebut akan digunakan untuk mengumpulkan data. Selanjutnya data yang didapat akan dianalisis dan digunakan hasilnya untuk menjadi rujukan penelitian lainnya. Variabel-variabel yang telah ditentukan tertulis dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Variabel Penelitian

Kode	Nama Variabel
X1	Beban Girder
X2	Beban Rigging Tools
X3	Spesifikasi Alat Berat
X4	Dinamic Amplification Factor
X5	Lifting Plan

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode. Pertama, studi dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data teknis yang relevan, seperti gambar proyek, spesifikasi girder, data alat berat, dan informasi tentang *rigging tools* yang digunakan dalam proyek *Terminal LPG Refrigerated Jawa Timur Tahap 2*. Data ini dapat diperoleh dari dokumen proyek, termasuk gambar teknik, laporan spesifikasi alat, dan jadwal proyek. Selanjutnya, dilakukan wawancara dengan pihak-pihak terkait, seperti manajer proyek, insinyur konstruksi, dan operator crane. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman lebih dalam mengenai metode pengangkatan yang digunakan, tantangan yang dihadapi di lapangan, serta solusi yang diterapkan dalam perencanaan *lifting plan*. Terakhir, observasi lapangan dilakukan untuk melihat kondisi fisik proyek, menilai penerapan *lifting plan* di lapangan, serta mengidentifikasi potensi masalah atau hambatan yang mungkin timbul selama pengangkatan girder baik di *onshore* maupun *offshore*.

Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah perhitungan yang sistematis. Pertama, dilakukan perhitungan beban girder untuk menentukan total beban yang akan diangkat, termasuk berat girder itu sendiri serta beban tambahan seperti beban angkut dan faktor-faktor dinamis yang terjadi selama pengangkatan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan beban rigging tools, yang melibatkan analisis terhadap beban yang diterima oleh peralatan rigging, seperti sling dan tali, dengan memperhitungkan sudut angkat dan distribusi beban yang diterima.

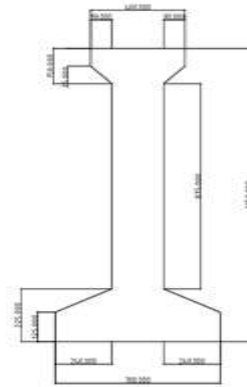
Penentuan spesifikasi alat berat dilakukan dengan menghitung kapasitas angkat crane yang diperlukan berdasarkan beban girder dan rigging tools. Selain itu, panjang boom dan radius jangkauan crane juga akan dihitung dengan mempertimbangkan *Dynamic Amplification Factor* (DAF) yang berlaku di lokasi *onshore* dan *offshore*. Kemudian, dilakukan perhitungan lifting plan secara rinci untuk menentukan jalur pengangkatan, metode pengangkatan, serta alat yang digunakan, dengan memperhitungkan faktor keselamatan atau safety factor yang diperlukan untuk memastikan pengangkatan dilakukan dengan aman. Terakhir, untuk memastikan perencanaan yang tepat, dilakukan simulasi pengangkatan secara visual menggunakan AutoCAD. Visualisasi ini akan menggambarkan jalur pengangkatan, posisi crane, *rigging tools*, dan beban yang diterima selama proses pengangkatan, yang memungkinkan identifikasi potensi masalah atau risiko yang mungkin terjadi selama pelaksanaan.

3. Hasil dan Diskusi

Beban Girder

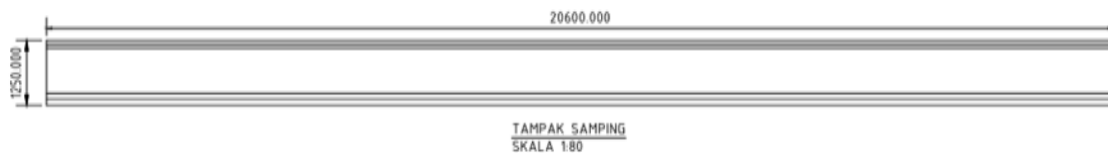
Perhitungan beban girder adalah langkah pertama yang sangat penting dalam proses perencanaan lifting plan. Beban girder mencakup berat struktural dari girder itu sendiri, yang akan diangkat menggunakan alat angkat.

Sebelum menghitung beban girder, kita harus mengetahui dimensi dari girder untuk dapat menghitung volumenya terlebih dahulu. Dimensi dari girder akan dijabarkan pada gambar 2 dan 3 berikut:



TAMPAK DEPAN
 SKALA 1:25

Gambar 2. Girder Tampak Depan



Gambar 1. Girder Tampak Samping

Setelah mengetahui dimensi dari girder, akan dilakukan perhitungan volume dari girder tersebut. Volume girder dihitung dengan rumus berikut:

$$V \text{ girder} = L \text{ alas} \times t$$

$$V \text{ girder} = \left[\left(\frac{a+b}{2} \times t \right) + (p \times l) + \left(\frac{a+b}{2} \times t \right) \right] \times t$$

$$V \text{ girder} = \left[\left(\frac{0,4 + 0,22}{2} \times 0,15 \right) + (0,875 \times 0,22) + \left(\frac{0,22 + 0,7}{2} \times 0,225 \right) \right] \times 20,6$$

$$V \text{ girder} = 7,06 \text{ m}^3$$

Setelah menghitung volume girder, dilanjutkan dengan perhitungan beban girder sendiri. Beban girder dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beban Girder} &= V \text{ Girder} \times \gamma \text{Beton} \\ &= 7,06 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ ton/m}^3 \\ &= 17,64 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan telah didapatkan beban dari girder yaitu 17,64 ton.

Beban Rigging Tools

Setelah menghitung beban girder, tahap berikutnya adalah perhitungan beban *rigging tools*. Rigging tools, seperti sling, tali, dan peralatan pengikat lainnya, akan menahan sebagian dari beban girder selama proses

pengangkatan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa *rigging tools* yang digunakan memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan beban tersebut. Perhitungan beban *rigging tools* juga mencakup analisis sudut angkat dan distribusi beban yang diterima oleh setiap *rigging tool*. Penggunaan *rigging tools* yang tepat dan kuat akan menghindarkan kegagalan yang dapat menyebabkan kecelakaan atau kerusakan material. Perhitungan beban *rigging tools* dijabarkan dalam tabel 2 berikut:

Tabel 2. Perhitungan Beban *Rigging Tools*

<i>Description</i>	<i>Specification</i>	<i>Capacity</i>	<i>Load of Rigging Tools (ton)</i>	<i>Quantity</i>	<i>Load Total of Rigging Tools (ton)</i>
Sling Rope 1,5"	12 m	17	0,00563	2	0,13512
Spreader Bar	20 m	-	1,475	1	1,475
Shackle	1,5 inch	17	0,00862	6	0,05172
Sling Rope 1,5"	1 m	17	0,00563	2	0,01126
Pp Rope ø1 cm	2 m	-	0,01	2	0,02
LOAD TOTAL (ton)					1,6931

Dari hasil perhitungan, diketahui total beban dari *rigging tools* adalah 1,6931 ton.

Spesifikasi Alat Berat

Setelah menentukan beban girder dan *rigging tools*, langkah berikutnya adalah penentuan spesifikasi alat berat, terutama crane yang akan digunakan untuk pengangkatan. Spesifikasi alat berat mencakup kapasitas angkat crane, panjang boom, radius jangkauan, dan jenis alat berat yang sesuai untuk beban yang akan diangkat. Lalu diperlukan tabel lifting performance untuk mendapatkan lifting capacity dari masing-masing crane. Selain itu, alat berat yang digunakan harus disesuaikan dengan kondisi proyek, baik di lokasi *onshore* maupun *offshore*, untuk memastikan alat dapat bekerja secara optimal. Rincian spesifikasi alat berat dijabarkan dalam tabel 3, gambar 4 dan gambar 5 berikut:

Tabel 3. Spesifikasi Alat Berat *Onshore* dan *Offshore*

<i>Onshore</i>		<i>Offshore</i>	
SANY SCC1500A-1		ZOOMLION QUY260	
<i>Capacity</i>	150 ton	<i>Capacity</i>	260 ton
<i>Boom Length</i>	43 m	<i>Boom Length</i>	43 m
<i>Radius</i>	12 m	<i>Radius</i>	24 m
<i>Main Hook</i>	2,5 ton	<i>Main Hook</i>	2,5 ton
<i>Aux Hook</i>	1,5 ton	<i>Aux Hook</i>	1,5 ton
<i>Lifting Capacity</i>	53,4 ton	<i>Lifting Capacity</i>	45,1 ton



Gambar 2. *Lifting Capacity* SANY SCC1500A-1

Sumber: Crawler Crane 150 Tons Lifting Capacity SCC1500A-1 Manual Book

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.8236>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Table of Main Boom Lifting Performance (I)

Unit of measurement: T

Radius (m)	Boom length (m)									
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
5	368									
6	227	285.0	331.1	374						
7	168.7	183.0	198	174	163	161				
8	119	106.0	104.0	102.0	106.0	149	140	135	119	
9	104.0	134.0	124.0	124.0	134.0	134.0	134.0	134.0	124	112
10	102	130	128	125.0	123.0	121.0	119.0	115	110	102
11	302.0	180	152.1	153.1	150	151.0	148.0	145.0	137.0	131.0
12	81	81	83.1	83.1	81	81	82.0	82.7	81.3	81.3
13	66.1	66.0	66.0	66.0	66.0	66.1	66	66.0	66.0	66.7
14	56.1	56.0	56.0	56.0	56.0	56.1	56	56.0	56.7	56.6
15	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
16			41.7	41.7	41.7	41.0	41.4	41.3	41.1	41.1
17				35.0	35.0	35.0	35.0	35.4	35.2	35.1
18					31.2	31.2	31.1	31.0	31.0	31.7
19						26.5	26.3	26.2	26	26.9
20							27.0	27.7	27.6	27.6
21								23.0	23.5	23.2
22									20.4	20
23										21.7
24										
25										19.8
26										
27										16.7

Gambar 3. Lifting Capacity ZOOMLION QUY260
 Sumber: Zoomlion QUY260 Crawler Crane Manual Book

Dynamic Amplification Factor

Dynamic Amplification Factor (DAF) adalah faktor yang digunakan untuk mengakomodasi pengaruh dinamis yang terjadi selama proses pengangkatan. Selama pengangkatan girder, pergerakan crane atau alat angkat lainnya dapat menyebabkan peningkatan beban secara sementara akibat gerakan yang dinamis. Oleh karena itu, DAF perlu dihitung untuk memastikan bahwa beban yang diterima alat angkat dan rigging tools tidak melebihi kapasitasnya. Perhitungan DAF akan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kecepatan gerakan, pergerakan beban, dan jenis alat angkat yang digunakan, baik pada kondisi *onshore* maupun *offshore*. DAF akan dijabarkan dalam tabel 4 berikut:

Tabel 4. Dynamic Amplification Factor

Dynamic Amplification Factor			
Static Hook Load (SHL)	Dinamic Amplification Factor		
	Onshore	Inshore	Offshore
SHL < 100 Ton	1,10	1,15	1,30
100 Ton < SHL < 300 Ton	1,05	1,12	1,25
300 Ton < SHL < 1000 Ton	1,05	1,10	1,20
1000 Ton < SHL < 2500 Ton	1,03	0,08	1,15
SHL > 2500 Ton	1,03	1,05	1,10

Sumber: DNV-OS-H205

Lifting Plan Calculation

Setelah menghitung semua elemen penting seperti beban girder, beban rigging tools, spesifikasi alat berat, dan DAF, tahap akhir adalah perhitungan *lifting plan calculation*. *Lifting plan calculation* adalah perencanaan rinci mengenai seluruh proses pengangkatan, yang mencakup pemilihan jalur pengangkatan, metode pengangkatan yang digunakan, serta alat dan *rigging tools* yang diperlukan. Selain itu, pada tahap ini juga ditentukan faktor keselamatan yang akan diterapkan selama proses pengangkatan untuk meminimalkan risiko kecelakaan. *Lifting plan* yang matang akan memastikan bahwa proses pengangkatan dapat dilakukan dengan aman, efisien, dan sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku.

a. Onshore

Setelah memperoleh semua data yang dibutuhkan, akan dilanjutkan perhitungan *lifting plan onshore*. Perhitungan ini berguna untuk perpindahan material dari *storage* ke atas truk yang selanjutnya akan dikirim ke pelabuhan untuk diangkut ke atas *barge* atau tongkang. Perhitungan *lifting plan onshore* dijabarkan dalam tabel 5 berikut:

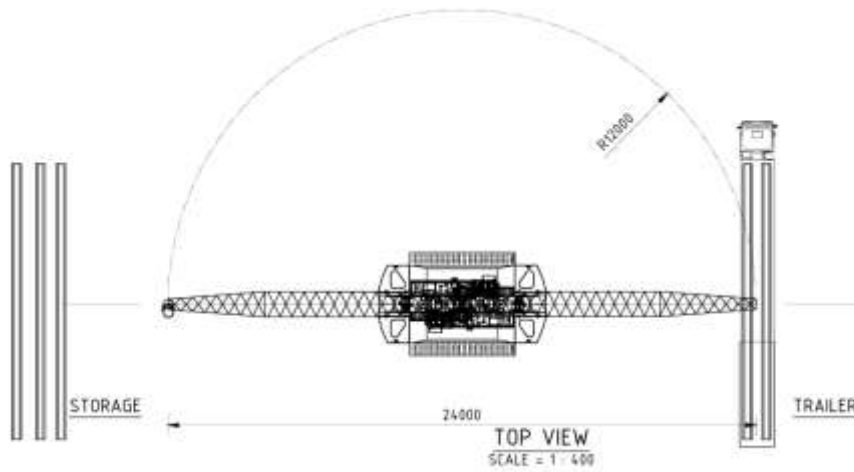
Tabel 5. Perhitungan *Lifting Plan Onshore*

Crane Model	SANY SCC1500A-1		
Capacity	150		
Total Weight For Lifting Onshore			
Material		17,63875	Ton
Main Hook		2,5	Ton
Aux Hook		1,5	Ton
Rigging Tools		1,69	Ton
Total Weight		23,33	Ton
TW x DAF (TWDAF)		25,67	Ton
Crane Calculation			
Boom Crane Length		43	m
Radius Crane		12	m
Lifting Capacity (LC)		53,4	Ton
Condition (Co)	90% x LC	48,06	Ton
Used Crane Capacity	TWDAF/Co x 100%	53,40	%
Safety Factor	Co/TWDAF	1,87	
Safety Weight Tolerance		48,06	Ton
Spare		25,67	Ton

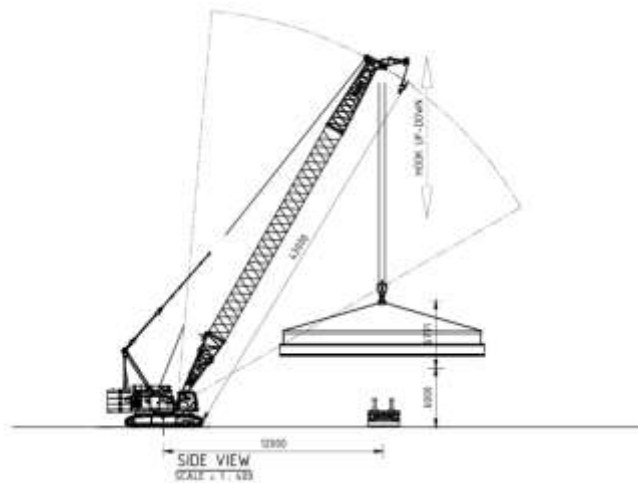
Tabel di atas menunjukkan perhitungan *lifting plan* untuk pengangkatan girder menggunakan crane model SANY SCC1500A-1 dengan kapasitas 150 Ton. Perhitungan dimulai dengan menentukan total berat beban yang akan diangkat, yang mencakup berat material (17,6375 ton), *main hook* (2,5 ton), *aux hook* (1,5 ton), dan *rigging tools* (1,69 ton), dengan total berat keseluruhan sebesar 23,33 ton. Setelah itu, dihitung nilai TW x DAF (*Total Weight x Dynamic Amplification Factor*) yang menghasilkan total berat pengangkatan sebesar 25,67 ton.

Dalam perhitungan crane, panjang boom crane adalah 43 m dan radius crane 12 m, dengan kapasitas angkat crane (LC) yang dihitung berdasarkan kondisi alat sebesar 90% kapasitas maksimalnya, yaitu 53,4 ton. Berdasarkan perhitungan tersebut, kapasitas crane yang digunakan untuk pengangkatan adalah 53,40% dari kapasitas crane asli, dengan *safety factor* (faktor keselamatan) sebesar 1,67 untuk memastikan keamanan dalam pengangkatan. Selain itu, dihitung juga *Safety Weight Tolerance*, yang menunjukkan total beban yang dapat diangkat dengan toleransi keselamatan, yaitu 48,06 ton. Perhitungan ini memastikan bahwa crane yang digunakan dapat mengangkat girder dengan aman dan sesuai dengan kapasitas yang telah dihitung (Wong et al., 2020).

Setelah selesai melakukan perhitungan, pengangkatan girder akan divisualkan dalam bentuk gambar dengan AutoCAD. Hal ini berguna untuk mengetahui gambaran secara kasar bagaimana girder dipindahkan dari gudang penyimpanan ke atas truk. Gambaran dalam pengangkatan girder pada *onshore* dapat dilihat dalam gambar 6 dan 7 berikut:



Gambar 4. Pengangkatan Girder *Onshore* Tampak Atas



Gambar 5. Pengangkatan Girder *Onshore* Tampak Samping

b. Offshore

Setelah melakukan perhitungan *lifting plan onshore*, akan dilanjutkan perhitungan *lifting plan offshore*. Perhitungan ini berguna untuk pemasangan girder dari *barge* atau tongkang menuju titik yang akan dipasang. Perhitungan *lifting plan offshore* dijabarkan dalam tabel 6 berikut:

Tabel 6. Perhitungan *Lifting Plan Offshore*

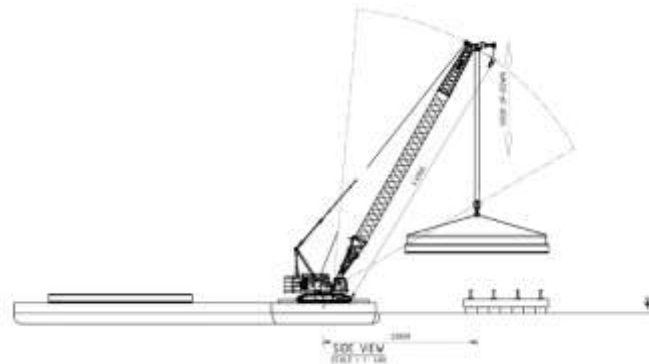
Crane Model	ZOOMLION QUY260		
	Crawler Crane		
Capacity	260		Ton
Total Weight For Lifting Off shore			
Material		17,63875	Ton
Main Hook		2,5	Ton
Aux Hook		1,5	Ton
Rigging Tools		1,69	Ton
Total Weight		23,33	Ton
TW x DAF (TWDAF)		30,33	Ton

<i>Crane Calculation</i>			
Boom Crane Length		44	m
Radius Crane		22	m
Lifting Capacity (LC)		45,1	Ton
Condition (Co)	90% x LC	40,59	Ton
Used Crane Capacity	TWDAF/Co x 100%	74,73	%
Safety Factor	Co/TWDAF	1,34	
Safety Weight Tolerance		40,59	Ton
Spare		30,33	Ton

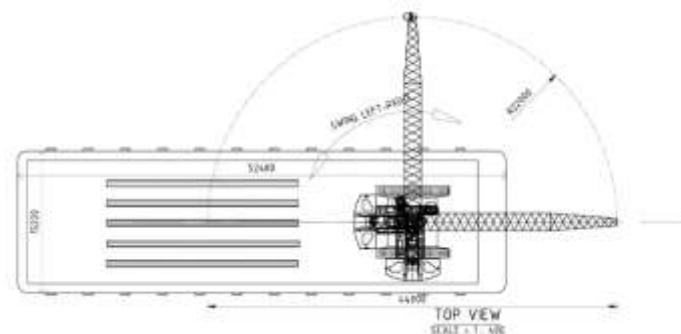
Tabel di atas menunjukkan perhitungan *lifting plan* untuk pengangkatan girder menggunakan crane model ZOOMLION QUY260 dengan kapasitas 260 Ton. Perhitungan dimulai dengan menentukan total berat beban yang akan diangkat, yang terdiri dari material (17,6375 ton), *main hook* (2,5 ton), *aux hook* (1,5 ton), dan *rigging tools* (1,69 ton), dengan total berat keseluruhan sebesar 23,33 ton. Setelah itu, dihitung nilai TW x DAF (*Total Weight x Dynamic Amplification Factor*) untuk pengangkatan di *offshore*, menghasilkan total berat pengangkatan sebesar 30,33 ton.

Dalam perhitungan crane, panjang boom crane adalah 44 m dan radius crane 22 m, dengan kapasitas angkat (LC) yang dihitung berdasarkan kondisi alat sebesar 90% kapasitas maksimalnya, yaitu 45,1 ton. Berdasarkan perhitungan tersebut, kapasitas crane yang digunakan untuk pengangkatan adalah 74,73% dari kapasitas crane asli. *Safety factor* atau faktor keselamatan yang diterapkan adalah 1,34 untuk memastikan keamanan selama pengangkatan. Terakhir, *Safety Weight Tolerance* menunjukkan total beban yang dapat diangkat dengan toleransi keselamatan, yaitu 40,59 ton. Semua perhitungan ini memastikan bahwa crane yang digunakan dapat mengangkat girder dengan aman dan efisien di lokasi *offshore* (Moslåt et al., 2021).

Setelah selesai melakukan perhitungan, pengangkatan girder akan divisualkan dalam bentuk gambar dengan AutoCAD. Hal ini berguna untuk mengetahui gambaran secara kasar bagaimana girder dipasang dari *barge* atau tongkang menuju titik yang telah ditentukan. Gambaran dalam pengangkatan girder pada *offshore* dapat dilihat dalam gambar 8 dan 9 berikut:



Gambar 6. Pengangkatan Girder *Offshore* Tampak Samping



Gambar 7. Pengangkatan Girder *Offshore* Tampak Atas

4. Kesimpulan

Dalam pelaksanaan proyek Terminal LPG *Refrigerated* Jawa Timur Tahap 2, pengangkatan girder pada konstruksi *trestle* merupakan salah satu kegiatan krusial yang membutuhkan perencanaan matang dan perhitungan teknis yang tepat. Kesalahan dalam menentukan kapasitas alat, jalur pengangkatan, atau beban yang ditanggung *rigging tools* dapat menimbulkan risiko keselamatan yang signifikan, keterlambatan proyek, serta kerusakan material. Oleh karena itu, penyusunan lifting plan yang sistematis dan terperinci menjadi aspek utama untuk menjamin kelancaran dan keamanan proses pengangkatan, baik di lokasi *onshore* maupun *offshore*. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan lifting plan, dapat disimpulkan: 1). Perencanaan *lifting plan* yang tepat memastikan pengangkatan girder di proyek *onshore* dan *offshore* dilakukan dengan aman, efisien, dan sesuai standar keselamatan. 2). Analisis beban girder, *rigging tools*, kapasitas crane, dan faktor dinamis merupakan langkah krusial untuk menentukan crane yang sesuai dan jalur pengangkatan yang aman. 3). Simulasi visualisasi pengangkatan menggunakan AutoCAD membantu mengidentifikasi potensi risiko dan mempermudah perencanaan jalur pengangkatan. 4). Penerapan perhitungan yang tepat memberikan safety factor memadai (*onshore*: 1,87; *offshore*: 1,34), yang memastikan crane tidak bekerja melebihi kapasitas aman. 5). Hasil lifting plan ini dapat menjadi referensi teknis bagi proyek-proyek serupa di masa depan, meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi proyek

Referensi

1. Chen, M., Yuan, G., Li, C. B., Zhang, X., & Li, L. (2022). Dynamic Analysis and Extreme Response Evaluation of Lifting Operation of the Offshore Wind Turbine Jacket Foundation Using a Floating Crane Vessel. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/jmse10122023>
2. Crawler Crane 150 Tons Lifting Capacity SCC1500A-1 Manual Book. (n.d.). Retrieved www.sany.com.cn
3. DNV-OS-H205. (n.d.).
4. Guo, H., Zhou, Y., Pan, Z., & Lin, X. (2021). Automated lift planning methods for mobile cranes. *Automation in Construction*, 132, 103982. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2021.103982>
5. Moslåt, G.-A., Padovani, D., & Hansen, M. R. (2021). A Digital Twin for Lift Planning With Offshore Heave Compensated Cranes. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 143(3). <https://doi.org/10.1115/1.4048881>
6. Peng, L., & Chua, D. K. H. (2017). Decision Support for Mobile Crane Lifting Plan with Building Information Modelling (BIM). *Procedia Engineering*, 182, 563–570. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.154>
7. Ramadhan, C. H., & Agatha, Z. M. (2024). *Perencanaan Pelaksanaan Erection Steel Box Girder Menggunakan Crawler Crane pada Proyek KPBU Duplikasi Jembatan Tajum Margasana (lokasi: TA2023TKJJ02-16)* (Doctoral dissertation, Politeknik Pekerjaan Umum).
8. Shahnavaz, F., Taghaddos, H., Najafabadi, R. S., & Hermann, U. (2020). Multi crane lift simulation using Building Information Modeling. *Automation in Construction*, 118, 103305. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103305>
9. Shen, X., Liu, S., Zhang, C., & Bao, J. (2021). Intelligent material distribution and optimization in the assembly process of large offshore crane lifting equipment. *Computers & Industrial Engineering*, 159, 107496. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2021.107496>
10. Soimun, A., & Amijaya, J. (2022). PERENCANAAN MODEL KEBUTUHAN PARKIR PEMBANGUNAN TERMINAL LPG REFRIGERATED TUBAN. In *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat* (Vol. 13).
11. Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*.
12. Wong, S., Magenes, L., Asce, M., Prasad, R., Wey, E., & Ryan, J. L. (2020). Truck Transport and Lifting Design Criteria for Onshore Modular Pre-Assembled Units.
13. Yeoh, J. K. W., Wong, J. H., & Peng, L. (2016). Integrating Crane Information Models in BIM for Checking the Compliance of Lifting Plan Requirements.
14. Zhu, A., Zhang, Z., & Pan, W. (2023). Technologies, levels and directions of crane-lift automation in construction. *Automation in Construction*, 153. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2023.104960>
15. Zoomlion QUY260 Crawler Crane Manual Book. (n.d.).