

Perancangan *Pillar Slewing Jib Crane* SWL 2 Ton dan *Span* 5 Meter

Laurensiana Devi ^{1*}, I Putu Sindhu Asmara ², Pranowo Sidi ³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi Teknik Perancangan dan Kontruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

Email: laurensianadevi@gmail.com ¹

Abstract – *Machining process at PT Lintech Duta Pratama had always delays because a hoisting appliance unsuitable in terms of design and mechanism, so it was decided to designed a pillar slewing jib crane type of hoisting appliance with a design in accordance the workshop layout and a slewing mechanism to can moving material. The design method used the Ulrich method by creating design concepts, then will be selected the best design according to the selection criteria in terms of functionality, strength, and cost, and analysis of structural strength with manual calculation and simulation using Autodesk Fusion 360 software. Analysis of the strength on the selected design concept obtained a bending stress value of 77.06 N/mm² on the jib, 128.80 N/mm² on the pillar, 155.30 N/mm² on the arm and the slewing mechanism can be controlled by remote, the components used are gear motors, spur and pinion gear, bearings, shafts and limit switches. Further research can make material variations on the structure in order to get cheaper and stronger results, plan electrical components on the slewing mechanism, and plan the hoisting mechanism and traveling mechanism on the pillar slewing jib crane.*

Keyword: *Machining, Pillar Slewing Jib Crane, Tension, Slewing Mechanism, Ulrich Method.*

Nomenclature

P	beban
I	momen inersia
M_{max}	momen lentur
y	titik berat
w	load per unit lenght
d	diameter

1. PENDAHULUAN

PT. Lintech Duta Pratama merupakan salah satu industri yang bergerak dalam bidang pembuatan, tangki, *pressure vessel*, *ducting*, *Steel structure*, dan komponen industri lainnya. Produk yang dihasilkan tentu melalui suatu proses fabrikasi, dimana tahapan yang dilalui yaitu proses *marking* dan *cutting*, proses *machining*, proses *fit-up*, proses *welding*, dan proses *finishing*. Proses fabrikasi tersebut dilaksanakan pada *workshop fabrication*. Padatnya aktivitas produksi di *fabrication workshop*, sehingga sering terjadi *delay* saat proses *machining*. Setelah dilakukan observasi lapangan diketahui faktor penyebab *delay* yaitu pada saat proses *bending* harus menggunakan satu pesawat angkat ketika proses pembentukan dan pada mesin *bending* terdapat pesawat angkat yang kurang sesuai dari segi desain dan mekanisme, sehingga direncanakan pesawat

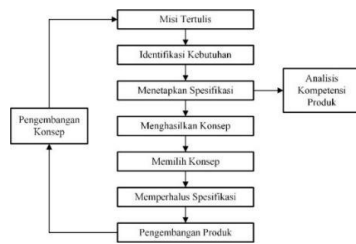
angkat jenis *pillar slewing jib crane* dengan desain yang sesuai dengan *layout workshop* agar dapat menjangkau area peletakan *raw material*, serta penambahan mekanisme *slewing* agar dapat memindahkan material setelah proses *bending*. Berdasarkan permasalahan tersebut dapat mengetahui proses pembuatan rancangan dan detail *drawing* untuk penegasan spesifikasi yang dilengkapi dengan perhitungan dan analisis kekuatan struktur, serta pemilihan komponen dan tahapan mekanisme *slewing* pada sistem *slewing*. Arah dan acuan untuk memfokuskan pada permasalahan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka ditentukan batasan masalah yang digunakan yaitu: rancangan memiliki spesifikasi SWL 2 ton dan *span* 5 meter, material yang digunakan pada struktur adalah ASTM A-36, tidak membahas dan menganalisis proses las dan sistem kelistrikan, pembahasan mekanisme *hoisting* dan *travelling* terbatas, proses perancangan desain dan analisis menggunakan *software* pendukung berbasis CAD dan FEM.

2. METODOLOGI .

2.1 Perancangan dan Pengembangan Produk

Seorang ahli perancangan dan pengembangan produk, menyatakan perancangan produk harus dilakukan secara matang. Seorang desainer dalam melakukan perancangan & pengembangan

produk harus mengikuti Langkah-langkah seperti yang ditunjukkan Gambar 1 berikut [6].



Gambar 1 Diagram Pengembangan Konsep
 Sumber : Ulrich & Eppinger,2001

2.2 Perhitungan Beban Maksimum

$$P = SWL + W.hoist + W.hook \quad (1)$$

2.3 Perhitungan Momen Inersia

- Momen Inersia Penampang *I-Beam* [4].

$$I = \frac{b.h^3 - b_1.h_1^3}{12} \quad (2)$$

- Momen Inersia Penampang *Hollow* Lingkaran [4].

$$I = \frac{\pi(d^4 - d_1^4)}{64} \quad (3)$$

2.4 Perhitungan Momen Lentur

- Tumpuan Jepit dengan Beban Terpusat [1].

$$M_{max} = P.l \quad (4)$$

- Tumpuan Jepit dengan Beban Merata [1].

$$M_{max} = \frac{1}{2} w.l^2 \quad (5)$$

2.6 Perhitungan Tegangan Bending

- Tegangan Bending [4].

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M}{I/y} \quad (6)$$

- Tegangan Ijin [3].

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} \quad (7)$$

2.7 Perhitungan Defleksi

- Defleksi dengan Tumpuan Jepit pada Beban Terpusat [1].

$$\delta = \frac{P x l^3}{3 x E x I} \quad (8)$$

- Defleksi dengan Tumpuan Jepit pada Beban Merata [1].

$$\delta = \frac{w x l^4}{8 x E x I} \quad (9)$$

- Batas Aman Defleksi [5].

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{300} \quad (10)$$

2.7 Safety Factor

Nilai *safety factor* berdasarkan jenis beban [2] dapat diketahui pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1: Nilai *Safety Factor* Berdasarkan Jenis Beban

Jenis Beban	Safety Factor
Beban statis	1,25 – 2,0
Beban dinamis	2,0 – 3,0
Beban kejut	3,0 – 5,0

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Kebutuhan Produk

Identifikasi kebutuhan produk dilakukan wawancara dengan pihak yang bertanggung jawab dan terlibat langsung dengan proses *machining* di PT. Lintech Duta Pratama untuk mengetahui keinginan dan harapan terhadap rancangan produk yang akan dibuat. Berdasarkan hasil wawancara diperoleh daftar kebutuhan produk dengan rincian sesuai Tabel 2 berikut.

Tabel 2: Daftar Kebutuhan Produk

DAFTAR KEBUTUHAN PRODUK		
Produk : <i>Pillar Slewing Jib Crane</i>		
S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
S	1. Fungsional - Menjangkau area <i>raw material</i> - Berputar untuk pemindahan material - Diletakkan diatas mesin <i>bending</i>	Tim Desain
S	2. Kekuatan Struktur kuat	Tim Desain
H	3. Biaya Biaya produksi terjangkau	Tim Manufaktur

Keterangan:

S (Syarat) ; H (Harapan)

3.2 Penetapan Spesifikasi

Berdasarkan data *layout workshop* fabrikasi dan berat *raw material*, maka dapat ditentukan data utama dan material dari struktur *pillar slewing jib crane* yang direncanakan, ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

Tabel 3 Data Utama *Pillar slewing jib crane* direncanakan

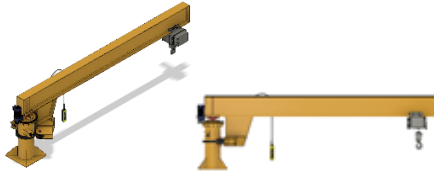
No.	Data Utama	Nilai
1	<i>Safety Working Load</i> (SWL)	2 Ton
2	<i>Span</i>	5000 mm
3	<i>Slewing angle</i>	180°

Tabel 4 Spesifikasi Material Steel ASTM A36

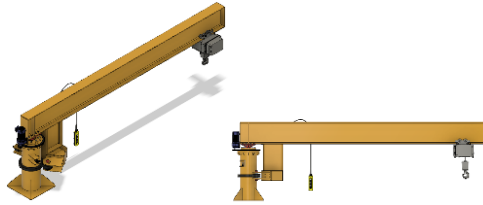
Spesifikasi Material Steel ASTM A36		
Modulus elastisitas (E)	=	200000 Mpa (N/mm ²)
Tensile strength	=	450 N/mm ²
Yield strength	=	250 N/mm ²
Steel density	=	0,00000785 kg/mm ³

3.3 Pembuatan Konsep Desain *Pillar Slewing Jib Crane*

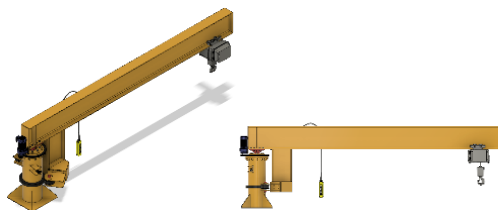
Tahap ini akan ada 3 konsep desain *pillar slewing jib crane* yang mana masing-masing konsep mempunyai persamaan dan perbedaan. Persamaannya ada pada mekanisme *slewing*, dimensi *span*, *slewing angel*, dan bentuk beberapa supportnya. Perbedaannya ada pada bagian *arm* yang berbeda dari segi bentuk dan panjang yang bervariasi, maka diperoleh 3 konsep seperti pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 berikut ini.



Gambar 2 Konsep 1 Tampak Isometri dan Tampak Depan



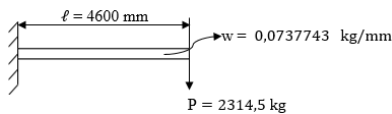
Gambar 3 Konsep 2 Tampak Isometri dan Tampak Depan



Gambar 4 Konsep 3 Tampak Isometri dan Tampak Depan

3.4 Perhitungan Struktur

- Perencanaanan Jib



Gambar 5 Pembebanan pada Jib

Sesuai Gambar 5 maka nilai M_{max} , Tegangan, dan Defleksi

$$M_{max} = P \cdot l + \frac{1}{2} w \cdot l^2$$

$$= 112101146,8 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{I/y} = \frac{112101146,8}{322589452,67/225}$$

$$= 78,188 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} = \frac{250 \text{ N/mm}^2}{1,5}$$

$$= 166,667 \text{ N/mm}^2$$

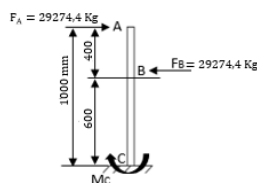
$$\delta = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{w \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot I}$$

$$= 11,482 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = \frac{l}{300} = \frac{4600 \text{ mm}}{300}$$

$$= 15,333 \text{ mm}$$

- Perencanaanan Pillar
Konsep 1



Gambar 6 Pembebanan pada Pillar Konsep 1

Sesuai Gambar 6 maka nilai M_{max} , Tegangan, dan Defleksi,

$$M_c = F_A \cdot l - F_B \cdot l_2$$

$$= 114872745,6 \text{ Nmm}$$

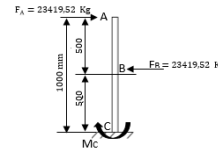
$$\sigma_b = \frac{M_c}{I/y} = \frac{114872745,6}{154401650/175}$$

$$= 130,197 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = \frac{F_A \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} - \frac{F_B \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

$$= 2,430 \text{ mm}$$

- Konsep 2



Gambar 7 Pembebanan pada Pillar Konsep 2

Sesuai Gambar 7 maka nilai M_{max} , Tegangan, dan Defleksi,

$$M_c = F_A \cdot l - F_B \cdot l_2$$

$$= 114872745,6 \text{ Nmm}$$

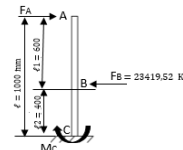
$$\sigma_b = \frac{M_c}{I/y} = \frac{114872745,6}{154401650/175}$$

$$= 130,197 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = \frac{F_A \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} - \frac{F_B \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

$$= 2,169 \text{ mm}$$

- Konsep 3



Gambar 8 Pembebanan pada Pillar Konsep 3

Sesuai Gambar 8 maka nilai M_{max} , Tegangan, dan Defleksi,

$$M_c = F_A \cdot l - F_B \cdot l_2$$

$$= 114872745,6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_c}{I/y} = \frac{114872745,6}{154401650/175}$$

$$= 130,197 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = \frac{F_A \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} - \frac{F_B \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

$$= 1,934 \text{ mm}$$

Perhitungan tegangan ijin dan defleksi ijin pada *pillar* untuk konsep 1,2, dan 3.

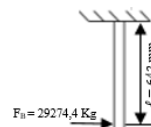
$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} = \frac{250 \text{ N/mm}^2}{1,5}$$

$$= 166,667 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta_{ijin} = \frac{l}{300} = \frac{1000 \text{ mm}}{300}$$

$$= 3,333 \text{ mm}$$

- Perencanaanan Arm
Konsep 1



Gambar 9 Pembebanan pada Pillar Konsep 1

Sesuai Gambar 9 maka nilai M_{max} , Tegangan, dan Defleksi,

$$M_c = F_B \cdot l$$

$$= 184370756,7 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_c}{I/y} = \frac{184370756,7}{393680576/250}$$

$$= 117,082 \text{ N/mm}^2$$

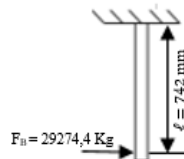
$$\delta = \frac{F_A \times l^3}{3 \times E \times I}$$

$$= 0,322 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = \frac{l}{300} = \frac{642 \text{ mm}}{300}$$

$$= 2,14 \text{ mm}$$

Konsep 2



Gambar 10 Pembebanan pada Arm Konsep 2

Sesuai Gambar 10 maka nilai M_{max} , Tegangan, dan Defleksi,

$$M_c = F_B \cdot l$$

$$= 170471154,5 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_c}{I/y} = \frac{170471154,5}{229648682,7/200}$$

$$= 148,462 \text{ N/mm}^2$$

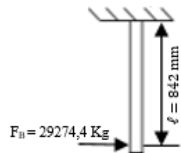
$$\delta = \frac{F_A \times l^3}{3 \times E \times I}$$

$$= 0,681 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = \frac{l}{300} = \frac{742 \text{ mm}}{300}$$

$$= 2,473 \text{ mm}$$

Konsep 3



Gambar 11 Pembebanan pada Arm Konsep 3

Sesuai Gambar 8 maka nilai M_{max} , Tegangan, dan Defleksi,

$$M_c = F_B \cdot l$$

$$= 161204753 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_c}{I/y} = \frac{161204753}{229648682,7/200}$$

$$= 117,082 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = \frac{F_A \times l^3}{3 \times E \times I}$$

$$= 0,829 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = \frac{l}{300} = \frac{642 \text{ mm}}{300}$$

$$= 2,806 \text{ mm}$$

Perhitungan tegangan ijin pada *arm* untuk konsep 1,2, dan 3.

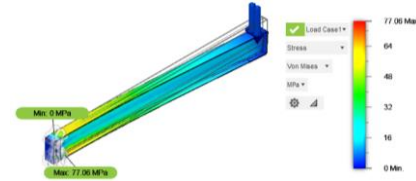
$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} = \frac{250 \text{ N/mm}^2}{1,5}$$

$$= 166,667 \text{ N/mm}^2$$

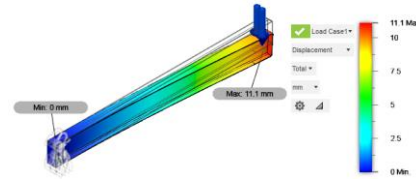
3.5 Simulasi Software

Simulasi *software* digunakan untuk validasi data dari hasil perhitungan manual

- Simulasi *Software* pada *Jib*



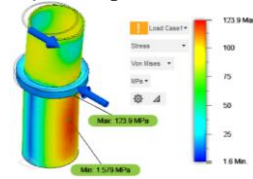
Gambar 12 Nilai Tegangan Jib Konsep 1,2, dan 3



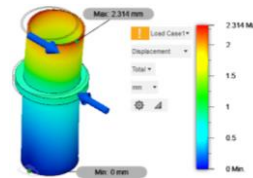
Gambar 13 Nilai Defleksi Jib Konsep 1,2, dan 3

Sesuai Gambar 12 dan Gambar 13 nilai tegangan didapatkan sebesar 70,06 Mpa dan nilai defleksi sebesar 11,10 mm.

- Simulasi *Software* pada *Pillar*

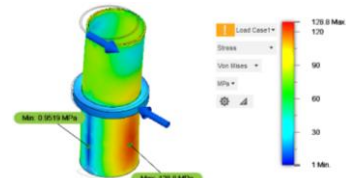


Gambar 14 Nilai Tegangan Pillar Konsep 1

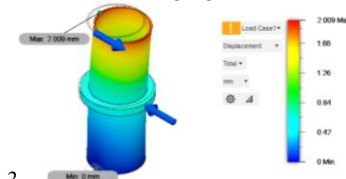


Gambar 15 Nilai Defleksi Pillar Konsep 1

Sesuai Gambar 14 dan Gambar 15 nilai tegangan didapatkan sebesar 123,90 Mpa dan nilai defleksi sebesar 2,314 mm.

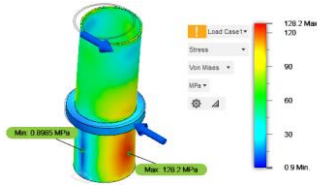


Gambar 16 Nilai Tegangan Pillar Konsep

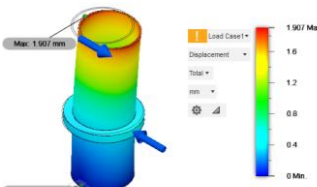


Gambar 17 Nilai Defleksi Pillar Konsep Desain 2

Sesuai Gambar 16 dan Gambar 17 nilai tegangan didapatkan sebesar 128,80 Mpa dan nilai defleksi sebesar 2,009 mm.



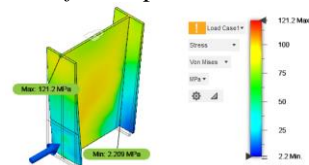
Gambar 18 Nilai Tegangan Pillar Konsep 3



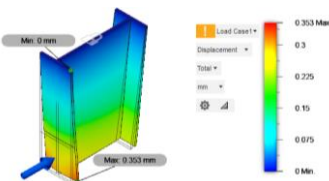
Gambar 19 Nilai Defleksi Pillar Konsep 3

Sesuai Gambar 18 dan Gambar 19 nilai tegangan didapatkan sebesar 128,20 Mpa dan nilai defleksi 1,907 mm.

- Simulasi *Software* pada Arm

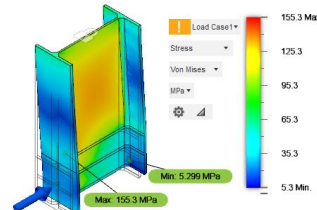


Gambar 20 Nilai Tegangan Arm Konsep 1

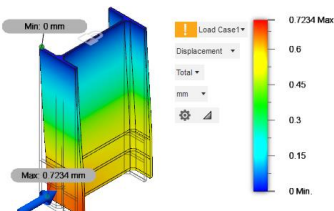


Gambar 21 Nilai Defleksi Arm Konsep 1

Sesuai Gambar 20 dan Gambar 21 nilai tegangan didapatkan sebesar 121,20 Mpa dan nilai defleksi 0,353 mm

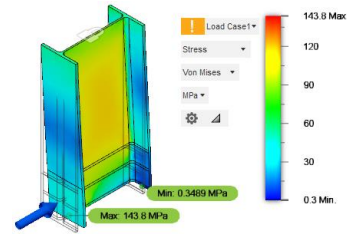


Gambar 22 Nilai Tegangan Arm Konsep 2

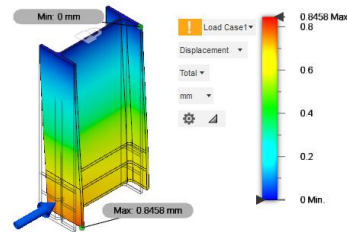


Gambar 23 Nilai Defleksi Arm Konsep 2

Sesuai Gambar 22 dan Gambar 23 nilai tegangan didapatkan sebesar 155,3 Mpa dan nilai defleksi sebesar 0,7234 mm.



Gambar 24 Nilai Tegangan Arm Konsep 3



Gambar 25 Nilai Defleksi Arm Konsep 3

Sesuai Gambar 24 dan Gambar 25 nilai tegangan didapatkan sebesar 143,8 Mpa dan nilai defleksi sebesar 0,8458 mm.

3.6 Perbandingan

Perbandingan dilakukan untuk validasi hasil perhitungan manual dan simulasi *software*.

Nilai tegangan dan defleksi pada *jib* dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5 Nilai Tegangan pada *Jib*

Tegangan pada <i>Jib</i>					
	Perhitungan	Simulasi <i>Software</i>	Tegangan Ijin	Selisih (%)	Keterangan
<i>Jib</i>	78,18 Mpa	77,06 Mpa	166,667 Mpa	1,43%	OK

Tabel 6 Nilai Defleksi pada *Jib*

Defleksi pada <i>Jib</i>					
	Perhitungan	Simulasi <i>Software</i>	Defleksi Ijin	Selisih (%)	Keterangan
<i>Jib</i>	11,48 mm	11,10 mm	15,33 mm	3,31%	OK

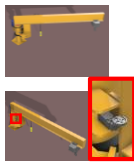
Nilai tegangan dan defleksi pada *pillar* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 7 Nilai Tegangan dan Defleksi pada *Pillar*

Tegangan pada <i>Pillar</i>					
	Perhitungan	Simulasi <i>Software</i>	Tegangan Ijin	Selisih (%)	Keterangan
Konsep 1	130,20 Mpa	123,9 Mpa	166,667 Mpa	4.84%	OK
Konsep 2	130,20 Mpa	128,8 Mpa	166,667 Mpa	1,08%	OK
Konsep 3	130,20 Mpa	128,2 Mpa	166,667 Mpa	1,54%	OK

Tabel 8 Nilai Defleksi pada *Pillar*

Defleksi pada <i>Pillar</i>					
	Perhitungan	Simulasi <i>Software</i>	Defleksi Ijin	Selisih (%)	Keterangan
Konsep 1	2,43 mm	2,31 mm	3,3 mm	4,94%	OK

Konsep 2	2,17 mm	2,01 mm	3,3 mm	7,37%	OK	6	Setelah ditekan, motor listrik akan memutar <i>pinion</i> sehingga <i>jib</i> dapat berputar kearah kiri.	
Konsep 3	1,94 mm	1,91 mm	3,3 mm	1,55%	OK			
Nilai tegangan dan defleksi pada <i>arm</i> dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 berikut. Tabel 9 Nilai Tegangan pada <i>Arm</i>						7	Saat mencapai batasan putar, <i>jib</i> akan menyentuh <i>roller limit switch</i> sehingga putaran <i>jib</i> akan berhenti.	
Tabel 9 Nilai Tegangan pada <i>Arm</i>								






Tegangan pada <i>Arm</i>					
	Perhitungan	Simulasi Software	Tegangan Ijin	Selisih (%)	Keterangan
Konsep 1	117,08 Mpa	121,2 Mpa	166,66 7 Mpa	3,51 %	OK
Konsep 2	148,46 Mpa	155,3 Mpa	166,66 7 Mpa	4,61%	OK
Konsep 3	140,39 Mpa	143,8 Mpa	166,66 7 Mpa	2,43%	OK

Defleksi pada <i>Arm</i>					
	Perhitungan	Simulasi Software	Defleksi Ijin	Selisih (%)	Keterangan
Konsep 1	0,32 mm	0,35 mm	2,14 mm	9,37%	OK
Konsep 2	0,68 mm	0,72 mm	2,47 mm	5,88%	OK
Konsep 3	0,83 mm	0,85 mm	2,81 mm	2,41%	OK

3.7 Tahap Pengoperasian Mekanisme *Slewing*

Tahapan operasional mekanisme *slewing* agar *jib* dapat berputar ke kiri dan ke kanan ditunjukkan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11 Tahapan Pengoperasian Mekanisme *Slewing*

No	Tahapan	Gambar
1	Ambil <i>remote</i> yang menggantung pada <i>crane</i> .	
2	Untuk menggerakkan ke arah kanan, tekan dan tahan tombol dengan simbol arah kanan pada <i>remote</i> .	
3	Setelah ditekan, motor listrik akan memutar <i>pinion</i> sehingga <i>jib</i> dapat berputar kearah kanan.	
4	Saat mencapai batasan putar, <i>jib</i> akan menyentuh <i>roller limit switch</i> sehingga putaran <i>jib</i> akan berhenti.	
5	Untuk menggerakkan ke arah kiri, tekan dan tahan tombol dengan simbol arah kiri pada <i>remote</i> .	

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan Tugas Akhir dengan judul Perancangan *Pillar Slewing Jib Crane SWL 2 Ton dan Span 5 Meter* dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil rancangan dari struktur *pillar slewing jib crane SWL 2 ton dan span 5 meter* yang sesuai dengan kondisi workshop PT. Lintech Duta Pratama dengan menggunakan metode *ulrich* untuk pemilihan dari konsep desain yang telah dibuat, sehingga didapatkan konsep desain terpilih yaitu konsep desain 2 yang tertera pada Lampiran C dalam bentuk detail drawing untuk penegasan spesifikasi konsep desain terpilih.
2. Analisis kekuatan struktur *pillar slewing jib crane SWL 2 ton dan span 5 meter* pada bagian *jib, pillar, dan arm* dari konsep desain 2 yang terpilih didapatkan nilai tegangan *bending* sebesar 77,06 N/mm² pada *jib*, nilai tegangan *bending* sebesar 128,80 N/mm² pada *pillar*, nilai tegangan *bending* sebesar 155,30 N/mm² pada *arm*. Nilai tegangan *bending* pada struktur kurang dari nilai tegangan ijin material ASTM A36, sehingga kekuatan struktur aman dan kuat.
3. Mekanisme *slewing* pada *pillar slewing jib crane SWL 2 ton dan span 5 meter* digerakkan oleh motor penggerak yang dapat dikontrol melalui *remote*, saat tombol arah kanan pada *remote* ditekan maka *jib* akan berputar kearah kanan hingga mencapai batas putaran. Saat mencapai batas putaran, *jib* akan menyentuh *roller limit switch* maka *jib* akan berhenti. Begitupula untuk menggerakkan ke arah kiri maka tombol arah kiri pada *remote* ditekan maka *jib* akan berputar ke arah kiri hingga mencapai batas putaran dan menyentuh *roller limit switch* maka *jib* akan berhenti. Komponen yang digunakan pada mekanisme *slewing* adalah motor penggerak jenis *gear motor* daya 0,75 kW dengan putaran motor sebesar 1800 rpm dan *rasio gear box* sebesar 1:50, *spur ring gear* dan *pinion gear* dengan *pitch diameter* 480 mm dan 84 mm, *bearing* jenis *spherical roller bearing* type 24120 CC/W33 SKF dan

deep groove ball bearing type 311 SKF dan roller limit switch 220 volt.

7. PUSTAKA

- [1] American Wood Council. (2007). *Beam Design Formulas With Shear and Moment Diagrams*. Washington: American Forest & Paper Association.
- [2] Dobrovolsky, V., Zablonsky, K., Mak, S., Radchik, A., & Erlikh, L. (1989). *Machine Element*. Peace Publishers.
- [3] Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1972). *Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi 4*. Jakarta: Erlangga.
- [4] Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.
- [5] Rudenko, N. (1994). *Mesin Pengangkat*, Edisi kedua, Cetakan ketiga, Terjemahan Foad, Nazar. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2001). *Perancangan & Pengembangan Produk*. Salemba Teknika.