

ANALISIS DISAIN OPTIMUM PENYERAPAN ENERGI MATERIAL TWISTLOCK PADA HARBOUR MOBILE GANTRY CRANE TIPE EH 12

R. Hengki Rahmanto¹⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Mesin - Universitas Islam "45", Bekasi

Abstrak

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Fasilitas penunjang dan segi teknik yang sangat berpengaruh dalam kegiatan bongkar muat adalah alat pemindah peti kemas dan juga pengangkut peti kemas lainnya. Alat pengangkut petikemas sangat bervariasi antara lain *Gantry*, *Harbour Mobile Crane*, *Reach Stacker* dan sebagainya. Dan semua alat tersebut terdapat *Spreader* sebagai bagian alat pengangkut peti kemas yang tidak dapat di pisahkan. Fungsi *Spreader* adalah mengambil dan mengunci peti kemas agar peti kemas dapat diangkat dengan *Gantry*, *Harbour Mobile Crane* dapat mengangkat peti kemas dengan ukuran balk 20—40, hal itu dapat terjadi karena *Spreader* memiliki *Telescopic* dimana sistem ini merupakan gelagar atau balok besi yang dapat keluar dan rangka utama *Spreader* sehingga membuat *Spreader* berdiri pada 20—40 tergantung kebutuhan operasi. *Spreader* memiliki 4 buah *Twistlock* pada tiap ujungnya dan *Telescopic*, *Twistlock* inilah yang berfungsi sebagai alat pengunci *Spreader*. Ketika *Twistlock* masuk pada lubang palka maka *Twistlock* akan berputar 90° akibat dari kerja *Cilinderears*. Perputaran *Twistlock* inilah yang mengakibatkan petikemas terkunci, sehingga petikemas dapat di angkat dengan alat pengangkat petikemas. Karena kerja *Twistlock* yang harus mengangkat peti kemas dengan beban yang sangat berat, juga benturan yang di alami *Twistlock* ketika akan meletakkan petikemas, membuat *Twistlock* seringkali mengalami perubahan bentuk.

1.2. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis membatasi masalah pada :

1. Analisis Disain Penyerapan Energi Material *Twistlock*, sehingga diperlukan material pengganti yang mungkin lebih baik dari material yang ada melalui metode disain optimum dengan menganalisis disain penyerapan energi secara optimum terhadap material atau benda tersebut.
2. Material yang digunakan *Twistlock* adalah; Baja Karbon AISI 1020, Baja Karbon AISI 1095, Baja Karbon AISI 2340, Stainless Steel 416, AM 655 Mg Alloy dan Hevimet.
3. Pembebanan yang digunakan adalah pembebanan dua sisi permukaan *twistlock* dan pembebanan satu sisi *twistlock*.

1.3. Tujuan Masalah

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan tentang kepelabuhan dan sistem perpetikemasan.
2. Untuk mengetahui pengaruh pembebanan satu sisi permukaan dan pembebanan dua sisi permukaan terhadap tegangan yang terjadi pada *twistlock*.
3. Untuk mengetahui pengaruh material terhadap tegangan yang terjadi diakibatkan pembebanan satu sisi dan dua sisi permukaan *twistlock*.
4. Untuk mengetahui penyerapan energi dan kekuatan bahan pada *Twistlock spreader Harbour Mobile Gantry Crane Tipe EH2*

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Mesin Pemindah Bahan

Mesin pemindah bahan merupakan salah satu peralatan mesin yang digunakan untuk memindahkan muatan dilokasi pabrik, konstruksi, tempat penyimpanan, dan pembongkaran muatan.

Pemilihan mesin pemindah bahan harus sesuai dimana alat tersebut akan bekerja dan jenis muatan yang akan diangkut. Mesin pemindah bahan dalam pengoperasiannya dapat diklasifikasikan atas :

1) Mesin Pengangkat

Mesin pengangkat dimaksudkan untuk keperluan mengangkat dan memindahkan barang/bahan dari suatu tempat ke tempat lain dengan jarak yang relatif terbatas. Contoh : *Crane*, *elevator*, *lift*, *escalator*.

2) Mesin Pengangkut

Mesin pengangkut dapat memindahkan muatan secara berkesinambungan tanpa henti dengan jarak yang relatif panjang. Contoh dari mesin pengangkut adalah *Conveyor*.

2.2. Mesin Pengangkat

Banyaknya jenis perlengkapan pengangkat yang tersedia di pasaran membuat sulit untuk digolongkan secara tepat. Mesin pengangkat adalah kelompok mesin yang bekerja secara periodik yang didesain sebagai alat

swa angkat, atau untuk mengangkat dan memindahkan muatan atau sebagai mekanisme tersendiri bagi *crane* atau *elevator* (rudenko).

Menurut dasar rancangannya, pesawat pengangkat dikelompokkan atas tiga jenis yaitu :

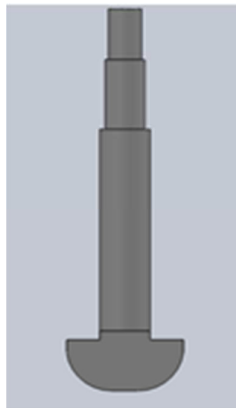
- 1) Mesin Pengangkat (*Hoisting Machine*), yaitu mesin yang bekerja secara periodik yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan beban.
- 2) *Crane*, yaitu kombinasi dari mesin pengangkat dan rangka yang bekerja secara bersama-sama untuk mengangkat dan memindahkan beban.
- 3) *Elevator*, yaitu kelompok mesin yang bekerja secara periodik untuk mengangkat beban pada jalur padu tertentu.

2.3. Dasar-dasar Pemilihan Pesawat Pengangkat

Dalam pemilihan pesawat pengangkat perlu diperhatikan beberapa faktor antara lain :

1. Jenis dan ukuran dari beban yang akan diangkat, misalnya untuk beban terpadu: bentuk, berat, volume, sifat rapuh dan liat, suhu dan sebagainya. Untuk beban tumpahan; ukuran gumpalan, kemungkinan lengket, sifat-sifat kimia, sifat mudah remuk.
2. Kapasitas perjam. *Crane* jembatan dan truk dapat beroperasi secara efektif bila mempunyai kapasitas angkat dan kecepatan yang cukup tinggi dalam kondisi kerja yang berat.
3. Arah dan panjang lintasan. Berbagai jenis alat dapat mengangkat beban dalam arah vertikal dan arah horizontal. Panjang jarak lintasan, lokasi dari tempat pengambilan muatan juga sangat penting dalam menentukan pemilihan pesawat pengangkat yang tepat.
4. Metode penumpukan muatan. Beberapa jenis peralatan dapat memuat atau membongkar muatan secara mekanis sedangkan yang lainnya membutuhkan alat tambahan khusus atau bantuan operator.
5. Kondisi lokal yang spesifik termasuk luas dan bentuk lokasi, jenis dan rancangan gedung, susunan yang mungkin untuk unit pemerosesan, debu, keadaan lingkungan sekitarnya dsb.

Penelitian ini akan menganalisa salah satu komponen yang terdapat pada spreader yang bernama *Twistlock*. Sebuah *spreader* memiliki empat buah *twistlock*. *Twistlock* merupakan alat pengait yang terdapat didalam *spreader*. Berfungsi untuk mengunci peti kemas pada mat peti kemas akan diangkat/dipindahkan atau ditumpuk.



Gambar 2.1. Komponen *Twistlock* pada *Spreader*

Gambar 2.1 merupakan gambar sebuah *twistlock* dalam keadaan terlepas dari *spreader*. *Twistlock* menerima beban tarik yang sangat besar pada mat melakukan pengangkatan peti kemas. Pada penelitian ini diasumsikan bobot maksimum sebuah peti kemas 40 ft adalah sebesar 40 ton, dan terdistribusi secara merata. Jika sebuah *spreader* memiliki empat buah *twistlock*, maka masing-masing *twistlock* menahan beban tarik sebesar 10 ton.

Analisa dilakukan untuk mengetahui besarnya gaya dan distribusi tegangan yang terjadi pada saat *twistlock* mengangkat peti kemas, melakukan simulasi, dan menyesuaikan dengan sifat mekanis dari material yang digunakan. Selain itu juga untuk menganalisa kegagalan kerja pada *twistlock*. Pada penggunaan dilapangan, kegagalan yang terjadi pada *twistlock* diduga adalah *bending* (melengkung).

2.4. Mekanisme Kerja Twist Locks

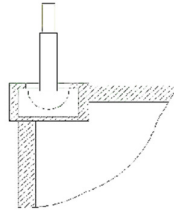
Twistlock pada *gantry crane* bekerja secara hidrolik yang didukung dengan elektrik. Proses membuka dan mengunci *twistlock* dilakukan dengan menggunakan sebuah sakelar yang terdapat dikabin operator dimana ketika *twist lock* sudah tepat masuk kedalam lubang pengangkat, maka *twistlock* dapat dikunci.

Twistlock memiliki sensor tekan disetiap sudut *spreader*. Sensor ini berguna untuk mengetahui *twistlock* sudah tepat masuk sempurna kedalam lubang peti kemas dan siap untuk dikunci. Jika *twistlock* belum tepat

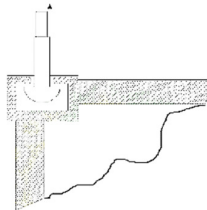
masuk ke dalam lubang peti kemas, maka sensor tidak akan tertekan, dan operator tidak dapat memerintahkan *twistlock* untuk mengunci.

2.5. Mengunci dan Membuka Twist Lock

Pada saat operator menurunkan *spreader* menuju peti kemas, operator menyesuaikan panjang *spreader* sesuai dengan panjang peti kemas. Terdapat dua ukuran peti kemas secara umum, yaitu peti kemas dengan panjang 20 ft dan 40 ft. Operator akan menyesuaikan panjang *spreader* sesuai dengan peti kemas yang akan diangkat. Setelah panjang *spreader* sesuai dengan peti kemas, operator akan menurunkan *spreader* secara perlahan ke atas peti kemas yang akan diangkat. Operator haruslah menempatkan *spreader* tepat pada lubang *twistlock* yang terdapat pada peti kemas. Pada saat *twistlock* tepat masuk ke dalam lubang peti kemas, maka *switch* akan tertekan dan lampu di kabin operator menyala, yang menyatakan *twistlock* sudah dapat di kunci. *Twistlock* akan mengunci. Kemudian operator dapat mengangkat peti kemas.



Gambar 2.2. *Twistlock* pada posisi belum terkunci (Potongan samping petikemas)



Gambar 2.3. *Twistlock* Pada Posisi Mengunci (potongan depan peti kemas)

3. Metode Penelitian

3.1. Metode Disain Optimum

Metode disain optimum adalah metode untuk merancang suatu komponen sesuai dengan fungsi dari komponen tersebut dan menggunakan material yang tepat, dan juga dapat di pergunakan untuk menganalisa komponen tersebut apakah optimum dengan material yang dipergunakan.

Untuk di ketahui pada bab ini tidak dihitung gaya apa saja yang terjadi pada *spreader*, karena pembahasan masalahnya yang akan di bahas ialah pada *Twistlock* dimana *Twistlock* ini seringkali mengalami bending (melengkung) akibat beban peti kemas yang terlampaui berat seringkali beban peti kemas melampaui beban yang telah ditentukan atau mungkin juga karena keterbatasan atas pengetahuan yang dimiliki penulis dan juga ketersingkatan waktu.

Parameter disain antara komponen, gaya yang dialami, fungsi komponen yang akan di analisis. Semua parameter disain dari komponen akan mempengaruhi dalam pembuatanya atau analisis dengan metode disain optimum

3.2. Analisa Tegangan Tarik Pada Twistlock



Gambar 3.1. *Twist Lock* dengan Beban Tarik Sebesar 10 Ton

Pada sebuah spreader terdapat empat buah twistlock. Kapasitas peti kemas maksimum adalah 40 ton. Diasumsikan bahwa kapasitas peti kemas terdistribusi secara merata, maka masing-masing twistlock menerima beban untuk diangkat sebesar 10 ton (Gambar 3.1). Maka tegangan tarik yang terjadi pada twistlock adalah :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Pada perhitungan tegangan tarik ini, luas permukaan A diambil diameter terkecil dari twistlock (bagian paling atas). Karena diameter terkecil tersebut mewakili permukaan yang mengalami gaya tarik yang paling kritis. Diameter permukaan terkecil adalah 38 mm.

Dari rumus:

$$\sigma = \frac{10000 \text{ kg}}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

$$\sigma = \frac{10000 \text{ kg}}{\frac{\pi}{4} (0,038)^2}$$

$$\sigma = \frac{10000 \text{ kg}}{0.00113354 \text{ m}^2}$$

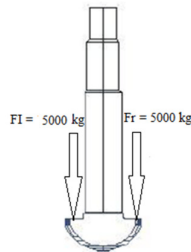
$$\sigma = 8821920,709 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Tegangan tarik yang terjadi pada Twistlock adalah 8821920, 709 kg/m²

3.3. Analisa Tegangan Geser Dan Bending Pada Twistlock

Analisa tegangan geser pada twistlock dilakukan untuk mengetahui gaya yang menyebabkan terjadinya kegagalan kerja pada twistlock yang diduga berupa *bending* (melengkung).

Pada saat twistlock melakukan pengangkatan peti kemas dan beban tidak terdistribusi sempurna, maka dugaan melengkung dapat terjadi pada twistlock. Twistlock yang sudah melengkung tidak dapat digunakan lagi dan harus diganti dengan yang baru.



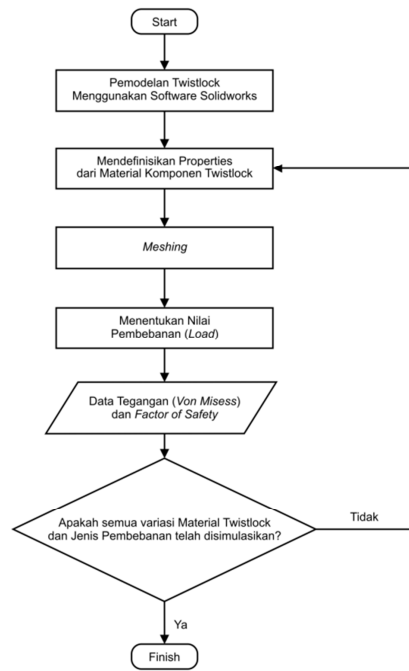
Gambar 3.2. Twistlock yang Mengalami Pembebanan Terdistribusi

Keterangan :

Fr = Untuk permukaan sisi kanan

Fl = Untuk permukaan sisi kiri

Pada kondisi ideal twistlock mengalami pembebanan yang terdistribusi merata pada kedua permukaannya seperti ditunjukkan oleh gambar 3.2 Jika masing-masing.



Gambar 3.3. Diagram Alir Permodelan dan Simulasi

Tabel 3.1. Material Twistlock

NO	Material	Kekuatan Luluh (S) (N/m^2)	Berat Jenis (ω) (kg/m^3)	Modulus Elastisitas (E) (N/mm^2)
1	Baja karbon AISI 1020	$4,13.10^8$	76770	199810
2	Baja karbon AISI 1095	$6,88.10^8$	76770	199810
3	Baja karbon AISI 2340	$1,199.10^9$	76770	199810
4	Hevimet	$5,17.10^8$	165470,44	344500
5	416 Stainless Steel	$2,756.10^8$	212.10^3	199810
6	AM 655 Mg Alloy	$1,93.10^8$	18174,62	44785

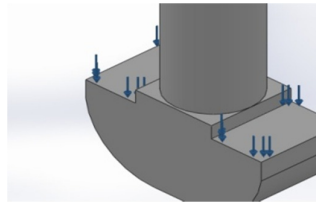
4. Hasil dan pembahasan

4.1. Hasil Simulasi Twistlock

Hasil dari simulasi *twistlock* terbagi 2 bagian terpisah, yaitu: (1) Pembebanan pada kedua sisi *twistlock* dan (2) Pembebanan pada satu sisi *twistlock*.

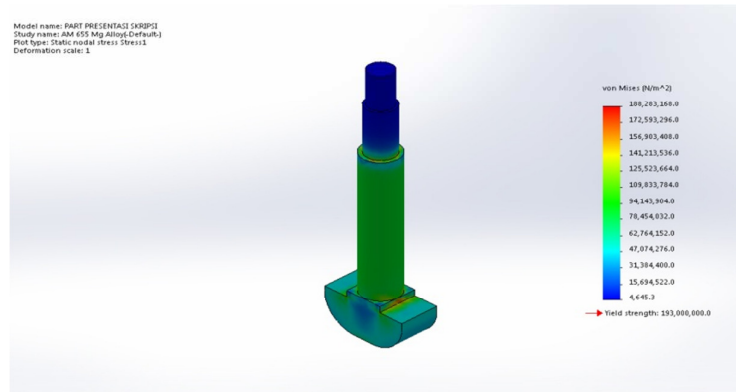
4.2. Pembebanan Pada Kedua Sisi *Twistlock*

Twistlock mengalami pembebanan pada kedua sisinya sehingga beban tarik terdistribusi secara merata di kedua sisinya. Ini akan menghindarkan terjadinya lengkungan (*bending*) pada *twistlock*.



Gambar 4.1. Permukaan Pembebanan Dua Sisi *Twistlock*

Jenis mesh yang digunakan adalah curvature based mesh, memiliki 4 titik Jacobian, total nodal yang dimiliki 12.150 titik nodal dan total elemen yang digunakan adalah 7656 elemen. Semua variasi yang digunakan untuk simulasi menggunakan jenis mesh yang sama dan untuk variasi pembebanan juga digunakan memiliki mesh yang sama, fungsinya adalah supaya hasil simulasi yang didapatkan tidak berbeda-beda atau tidak menyimpang antara satu simulasi dengan simulasi yang lain.



Gambar 4.2. Pembebanan Kedua Sisi *Twistlock* AM 655 Mg Alloy

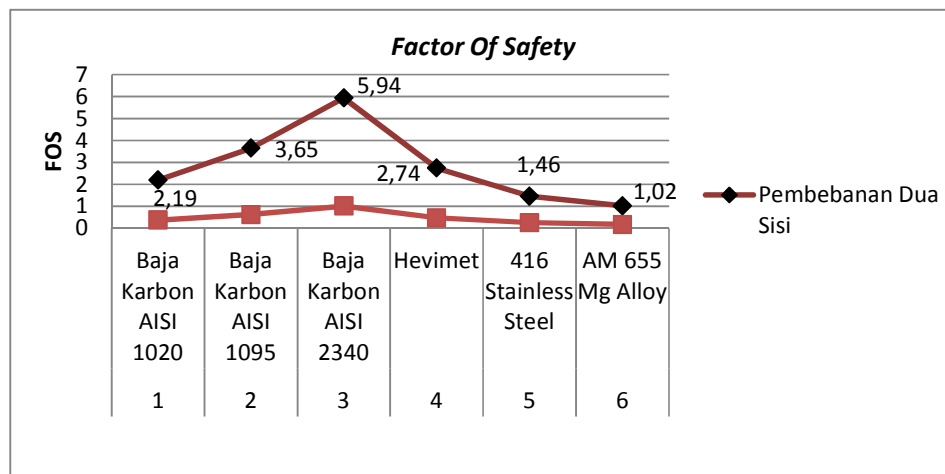
Nilai pembebanan yang diberikan adalah sebesar 49050 N di kedua sisi *twistlock* hasil simulasi dengan menggunakan *software* SolidWorks 2010.

Hasil simulasi dengan pembebanan terdistribusi di kedua sisi *twistlock*

Tegangan minimum : 4645,32 N/m² (nodal 9376)

Tegangan maksimum : 1,88283e+008 N/m² (nodal 10008)

Dari hasil simulasi dengan menggunakan *software* Solid Works 2010, didapat tegangan Von Mises maksimum adalah sebesar 1,88283e+008 N/m². Semua simulasi menunjukkan tegangan Von Mises yang sama dikarenakan pembebanan yang dilakukan memiliki nilai yang sama sehingga tidak merubah tegangan Von Mises yang terjadi. Perubahan material tidak mempengaruhi tegangan Von Mises yang terjadi pada desain *twistlock*. Namun perubahan material mempengaruhi nilai *Factor of Safety* (FOS) dari komponen *twistlock* tersebut. Dari beban maksimum yang diterima oleh *twistlock* tersebut kita dapat menentukan bahan yang aman digunakan untuk komponen *twistlock* dengan cara mengetahui nilai *yield strength* dari suatu material.



Grafik 4.1. Perbandingan *Factor of Safety* Pembebanan Dua Sisi Dan Satu Sisi

5. KESIMPULAN

- 1) Metode desain optimum merupakan metode untuk mencari dan menghasilkan material yang lebih baik dan material yang tepat untuk digunakan sebagai bendakarya yang sesungguhnya.
- 2) Material yang memiliki tegangan geser yang paling kuat dan pada pembebanan terdistribusi, tegangan yang bekerja (hasil simulasi) dengan masing-masing sisi 49050 N dari tegangan yang bekerja, adalah baja karbon AISI 2340 dengan factor of safety ialah : 5.9 Sehingga twistlock masih aman dan lebih kuat untuk mengangkat peti kemas.
- 3) Material yang memiliki tegangan geser dengan nilai terendah adalah AM 655 Mg Alloy. Kegagalan kerja yang terjadi pada twistlock AM 655 Mg Alloy adalah berupa bending (melengkung). Disebabkan factor of safety yang diperoleh (hasil simulasi) ialah : 1
- 4) Kapasitas peti kemas yang melebihi aturan juga dapat memperpendek usia pemakaian twistlock.
- 5) Material yang kuat (AISI 2340) dapat direkomendasikan untuk diproduksi secara massal, tentunya dengan mempertimbangkan harga yang dikehendaki.

6. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Mobile Harbour Crane HMK 170 E. Maintenance Manual. Modul Operator II. Bina Prima : Jakarta
- 2) Meriam, J.L. and Kraige. 2003. Engineering Mechanics Statistics. John Wiley & sons
- 3) Surbakti. BM 1984 Spreader Mutiara Solo : Surakarta
- 4) Fadly Ahmad Nasution, Edward Helvin. 2009. Perencanaan Simulasi gantry Crane Untuk Pengangkatan Peti Kemas Berkapasitas 40 Ton pada Pelabuhan Laut. USU
- 5) S.P, Timoshenko and Gere. 2000. Mekanika Bahan Jilid 1. Jakarta : Penerbit Erlangga
- 6) Human Resource Departement 1998. Pelabuhan Indonesia Operating System PT. PELABUHAN INDONESIA II CABANG TANJUNG PRIOK.
- 7) William C. Reynolds and Herry C. Perkins. 1996 Termodinamika Teknik : Penerbit erlangga Jakarta
- 8) www.matbase.com
- 9) www.nelcon.com
- 10) www.wikipedia.com