

Analisis Kegagalan Boom Crane dan Pencegahannya

Failure Analysis of Boom Crane and Prevention

Elvis Adril¹, Nasirwan², Tri Wibowo³ & Julnaidi⁴

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang^{1,2}

ISTN Jakarta³

Disnaker Kota Pekanbaru⁴

ABSTRACT

Sleeve (Boom) on Crawler Crane is the main equipment that serves the weight at the time of appointment (Hoisting). The problem which is founded is a fracture at the boom while lift 6 Tons of weight while the optimum design of equipment is 50 tons. The aim of this research is to found the root cause of the fracture by using photo documentation fractografi (microfractografi and macrofractografi), and hardness tests, and test the chemical composition at the surface faults boom crane. We used Finite element method (FEM) to form simulated load. The results is that the porblem accured because of error while read the load chart and error in SOP

Keyword : Over Load, Boom Crane, and FEM

PENDAHULUAN

Crawler Crane merupakan salah satu peralatan angkat yang banyak digunakan pada pekerjaan kontruksi, alat ini digunakan untuk membantu manusia untuk memudahkan dalam melaksanakan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat dicapai dalam waktu yang relatif lebih singkat dan efisien .

Salah satu bentuk pekerjaan kontruksi ini adalah proyek pembangunan jembatan di Kota Pekanbaru yang menghubungkan antara satu daratan ke daratan yang lain yang dibatasi oleh sungai , dalam proses pekerjaan kontruksi tersebut dibutuhkan pemasangan (*erection*) kontruksi baja yang beratnya antara 6 ton s.d 10 ton, maka untuk mengangkat material tersebut dibutuhkan peralatan bantu berupa pesawat angkat dalam hal ini menggunakan *Crawler Crane* dengan kapasitas 50 ton *Type QYU 50*

Didalam konteks ini pesawat angkat angkut yang digunakan (*crawler crane*) memiliki potensi bahaya (*hazard*), bila dibiarkan dapat menimbulkan kecelakaan kerja (*Accident*) . hal ini dapat dilihat bahwa *crane* yang digunakan dalam pekerjaan kontruksi tersebut mengalami kegagalan berupa patah pada bagian boom

disaat mengangkat material jembatan dengan berat 6 ton. Sehingga menyebabkan benda yang diangkat tersebut jatuh masuk ke sungai, sementara dampak dari kegagalan ini mengakibatkan persoalan baru seperti tertundanya waktu penyelesaian pekerjaan, tambahan biaya pembelian peralatan baru, biaya upah pekerja dan sebagainya.

Oleh sebab itu penulis mencoba melakukan penelitian penyebab terjadinya kegagalan tersebut dan dikaitkan dengan sistem perawatan, dan prosedur pekerjaan yang dilakukan.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah

1. Untuk mendapatkan informasi teknis secara aktual tentang penyebab kerusakan *boom crane* dan mekanisme kerusakannya. sehingga kita dapat memberikan rekomendasi yang tepat dan aman dalam penggunaannya.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang berarti bagi pengguna *crane* sehingga dapat mengoperasikan peralatan secara aman dan menjamin kelancaran pekerjaan.

METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan Penelitian ini maka dilaksanakan melalui prosedur tahapan kegiatan sebagai berikut:

- ☛ **identifikasi dan investigasi kejadian,**
untuk melakukan identifikasi dan investigasi dilakukan dengan mengambil dokumentasi, pengukuran bagian yang gagal, serta mewawancarai operator dan pengambilan material sample



Gambar 1. posisi kegagalan boom Crane

☛ Bahan penelitian

Bahan yang akan diteliti diambil dari potongan boom crane yang patah



Gambar 2. material boom Crane yang akan di uji

☛ Spesifikasi Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah Jenis *Crawler Crane* dengan bentuk boom kisi (*Lattice*) dengan spesifikasi sebagai berikut

Tabel 1. Spesifikasi Peralatan

ITEM	UNIT	DATA
Max rated lifting capacity	Ton	50
Max load moment	KN.m	1850
Main boom length	M	13-52
Main boom angle	°	30-80
Single line speed ☛ Main winch ☛ Auxiliary winch ☛ Elevation drum	m/min	0 ~ 65
	m/min	0 ~ 65
	m/min	0 ~ 52
Grade ability	°	20
Swing speed	r/min	0 ~ 1,5
Traveling speed	Km/h	0 ~ 1,1
Ground pressure	Mpa	0,069
Max engine output	KW	115
Jib length	M	9,15 ~ 15,25
Jib offset angle	°	10/ 30

Sumber manual book crawler crane

☛ Pengujian

tahapan pengujian pada Penelitian ini dilakukan dengan beberapa jenis yakni :

a. Makrofraktografi.

Foto makro sebagai dokumentasi dimaksudkan untuk melihat permukaan retakan (*fracture surface*) merk Dino lite dengan pembesaran 20 – 200 Kali. Ini dilakukan dengan bantuan kamera yang memiliki resolusi tinggi



Gambar 3. Alat Uji Makrofrakto

b. Metallografi.

Pengujian metallografi adalah suatu teknik atau ilmu untuk melihat struktur mikro dan makro material. Struktur mikro logam dapat diperoleh melalui proses penyiapan spesimen metallografi. Dengan tujuan untuk menganalisa struktur mikro dan sifat – sifatnya, Mengenali fasa-fasa dalam struktur mikro, berdasarkan skala makro maupun skala mikro.



Gambar 4. Mikroskop Melalografi

c. Uji kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan material untuk menahan deformasi pada daerah permukaan.



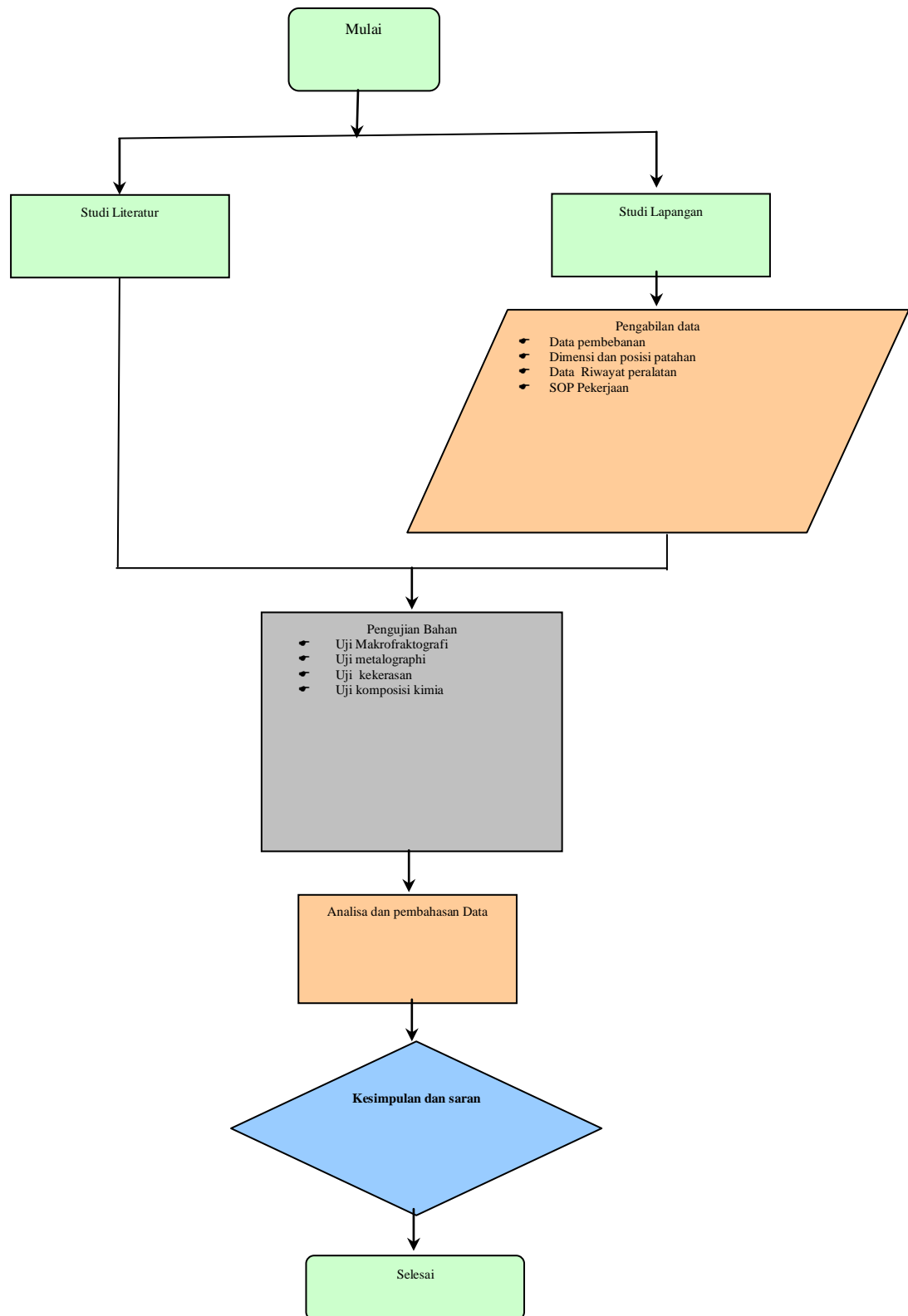
Gambar 5. Alat Uji Kekerasan rockwell

d. Uji komposisi kimia.

Menggunakan alat *spectrometer* terdiri atas *Probe & Monitor* yang diperlukan untuk menguji kandungan unsur kimia baut pada permukaan potongan yang dianggap dapat mewakili hasilnya . Pengujian dilakukan di laboratorium metallograpy Bandung. Uji komposisi kimia permukaan patahan

☛ Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan langkah sebagaimana pada Diagram Alir (Flow Chart) dibawah ini.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

☛ Kondisi Operasional

Pada saat terjadinya Kegagalan (Patah) Boom Crane dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 2. Kondisi operasional crane

No	Uraian	Keterangan
1	Temperature Kerja	33 °C
2	Landasan kerja crane	Diatas Ponton
3	Panjang boom terpasang	49 m
4	Sudut boom	50 ⁰
5	Operator	Mr X (tidak memiliki lisensi)
6	Fly Jib	Tidak ada
7	Beban pengangkatan	6000 Kg
8	Material yang diangkat	Baja kontruksi Jembatan yang bernetu segi empat
9	Peralatan Keselamatan / Safety Device	
	☛ Load Indikator	System digital dan tidak berfungsi
	☛ Angle Indikator	Terpasang pada Boom
	☛ Load Chart	Terpasang pada ruang cabin dengan bahasa Mandarin

Sumber hasil investigasi dilapangan

☛ Pengujian Visual / Makro

Pengujian visual/ makro dilakukan dengan mengamati permukaan patah dan permukaan yang penerima beban serta dimensi penampang patahan boom secara *Fractography*

Hasil pengamatan pada permukaan patahan boom (*fracture surface*) yang diambil sebagai *sample* mengidentifikasi terjadinya patah liat (*ductile fracture*) yang ditunjukkan oleh permukaan patah yang berbentuk kasar dan berserat sementara proses perpatahannya terlihat ada perubahan bentuk (*deformasi*) sebelum terjadinya patah.

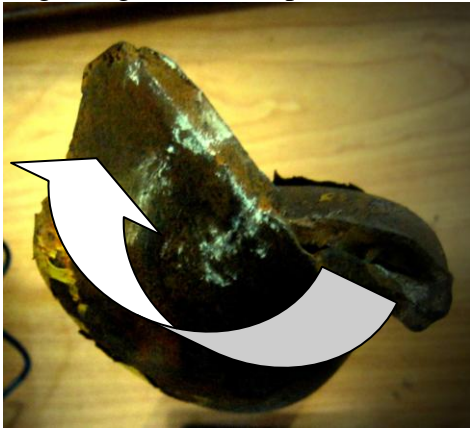


Gambar 7. Patahan mengalami Deformasi

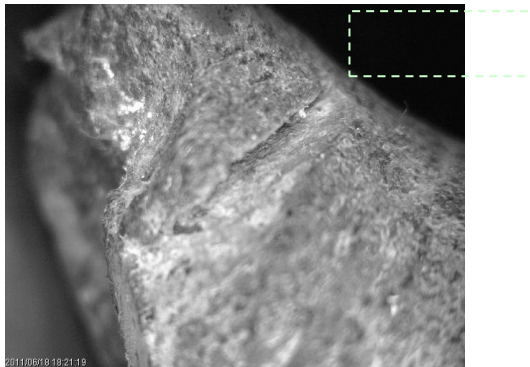


Gambar 8. Permukaan patahan Berserat

Pada sisi lain bentuk permukaan patahan material menunjukkan patah yang disebabkan oleh Gaya puntir, hal ini dapat dilihat pada permukaan patahnya yang mengalami torsi /puntiran



Gambar 9. Foto permukaan patah yang mengalami puntiran



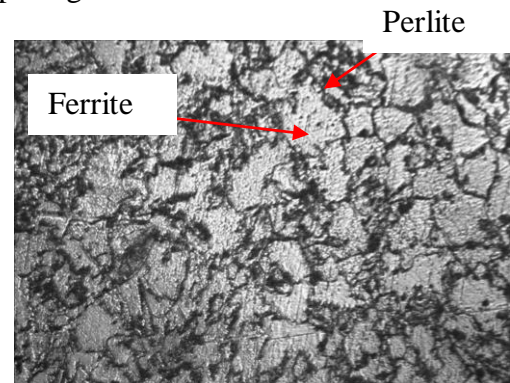
Gambar 10. Foto makro permukaan patah 100 x

Dari bentuk patahan material yang diamati menunjukkan bahwa material tersebut adalah jenis material baja lunak (*mild steel*) yang disebabkan oleh *over load* atau beban lebih yang mengalami torsi. Hal ini dapat dilihat dari ciri-ciri patahnya yakni Permukaan patahan kasar dan berserat, terbentuk shear lips

Metelography

Pengujian Metalografi dilakukan dengan melakukan pemotongan spesimen dengan arah tegak lurus permukaan patahan benda dengan tujuan untuk melihat variasi struktur mikro dari

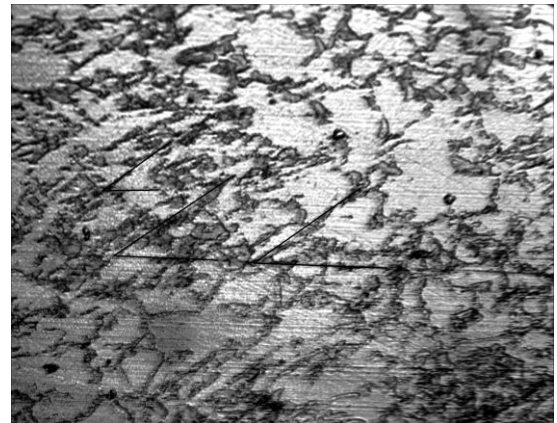
sisi permukaan patah seperti terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 11. Base material . etsa nital 2% pembesaran 100 x



Gambar 12. Base material. etsa nital 2% pembesaran 40 x



Gambar 13. pada material yang patah . etsa nital 2% pembesaran 100 x

Dari hasil pengujian metelography yang selanjutnya diamati pada mikroskop menunjukkan bahwa bagian yang patah tersebut mengalami deformasi dan didominasi oleh perlite sebagai ciri dari baja lunak

• Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan yang digunakan adalah metode Rockwell ini

diatur berdasarkan standar DIN 50103 dan memakai indektor jenis Bola baja yang disebut *Rockwell Ball*.

Tabel 3 hasil pengukuran kekerasan

Lokasi Pengujian	Kekerasan (HRB)
1	61,5
2	61
3	62
Rata- rata	61,5



Hasil Pengujian 1



Hasil Pengujian 2

Gambar 14. Hasil Pengujian Kekerasan kekerasan material dengan menggunakan Alat Uji Rockwell

• Pengujian Komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia material boom dilakukan dengan

menggunakan mesin uji *emission spectrometer* dengan hasil sebagai tabel berikut :

Tabel 4. Komposisi Kimia Bahan

Jenis Bahan	Kandungan unsur didalam bahan							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
Pipa								
1 %	0,15	0,36	1,190	0,008	0,000 3	0,039 0	0,042	0,667
2 %	0,15	0,36	1,190	0,009	0,000 3	0,038 8	0,042	0,685

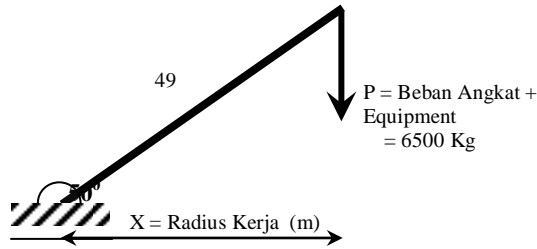
Hasil uji komposisi kimia dari tabel diatas menunjukkan bahwa material boom terbuat dari baja Carbon Lunak (*Mild Steel*), hal ini dapat dilihat dari

prosentase kadar karbonnya (C) hanya 0,150 % yang terdiri dari fasa Ferrit dan perlit.

Analisa Gaya dan Momen yang bekerja pada Lengan (boom) Crane

$= 0,642 \times 49 \text{ m}$
 $= 31,49 \text{ m}$

momen yang bekerja pada crane



Momen kerja $M = F \times X$

Dimana $F = P \times g$

$F = \text{Gaya Pembebanan (N)}$

$P = \text{Berat Beban (Kg)}$

$g = \text{Grafitasi (9,81 m/det}^2\text{)}$

$F = 6500 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/det}^2$
 $= 63.765 \text{ N}$
 $= 63,76 \text{ KN}$

$M = 63,76 \text{ KN} \times 31,49 \text{ m}$
 $M = \mathbf{2.008 \text{ KN.m}}$

Radius Kerja Boom $X = \cos \alpha \cdot \text{panjang Boom}$

$= \text{Cos } 50 \times 49 \text{ m}$

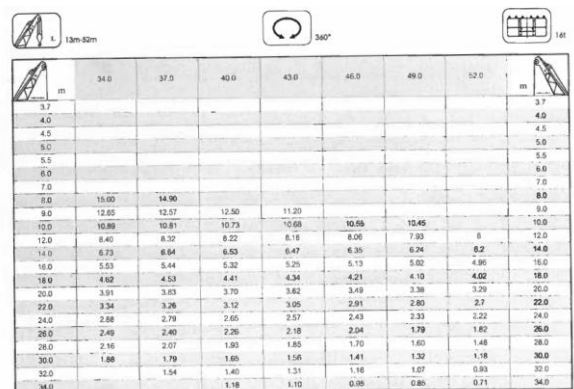
Tabel 5. radius Kerja dan Momen pada boom crane

Sudut Boom (0)	Gaya (KN) m x g 6,5 t x 9,81	Radius kerja (m)	Momen (KN.m)
30	63.765	42.44	2,706.19
35	63.765	40.14	2,559.53
40	63.765	37.54	2,393.74
45	63.765	34.65	2,209.46
50	63.765	31.50	2,008.60
55	63.765	28.11	1,792.43
60	63.765	24.50	1,562.24
65	63.765	20.71	1,320.57
70	63.765	16.76	1,068.70
75	63.765	12.68	808.54
80	63.765	8.51	542.64

Dari perhitungan diatas menunjukkan bahwa momen yang bekerja pada sudut 50° dengan pembebanan 6,5 Ton adalah 2008,6 KN.m sementara spesifikasi Crane menyatakan bahwa Momen Maksimum adalah 1815 KN.m.

Dimana Momen Kerja > momen Aman

Disamping analisa diatas pada pabrik pembuat sudah menyediakan alat petunjuk keselamatan berupa daftar beban / load Chart sebagaimana terlihat dalam gambar dibawah ini .



Gambar 15. Load Chart Pembebanan yang aman

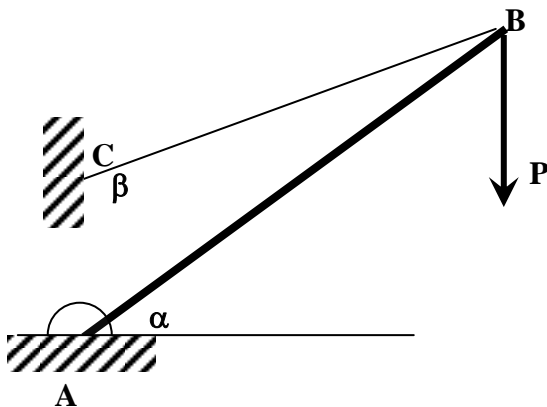
Analisa Tegangan

Proses pengangkatan (*Hoisting*) beban pada Crane dilakukan dengan cara menggulung Tali Kawat Baja pada Drum dan beban tersebut didistribusikan pada lengan (boom), sedangkan boom itu sendiri ditahan dengan gaya tarik

Gaya yang bekerja pada boom crane adalah :

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

Gambar analisa gaya



Data bahan sebagai berikut :

- Panjang Boom (A – B) = 49 m
- Tinggi A- C = 3,67 m
- Sudut Boom (α) = 50⁰
- Sudut Boom (β) = 47⁰
- Beban (P) = Berat beban + beban Equipmen = 6,5 Ton

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \quad \curvearrowright \\ P \cdot x - BC \cos \beta \cdot y &= 0 \\ (6500 \text{ Kg} \times 31,49 \text{ m}) - (BC \cos 47^\circ \times 3,67 \text{ m}) &= 0 \\ 204.685 \text{ Kg} \cdot \text{m} &= BC \cdot 2,50 \text{ m} \\ BC &= \frac{204.685 \text{ kg} \cdot \text{m}}{2,50 \text{ m}} \\ BC &= 81.874 \text{ kg} \quad (\text{Tarik}) \end{aligned}$$

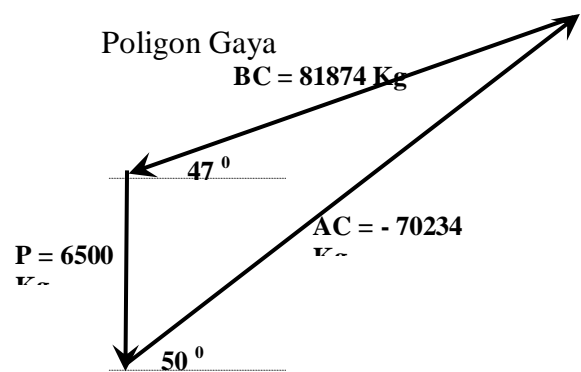
$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ BC \sin \beta + AC \sin \alpha - P &= 0 \\ (81.874 \text{ Kg} \sin 47^\circ) + (AC \sin 50^\circ) - 6500 \text{ Kg} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 59.878 \text{ kg} + AC \cdot 0,76 - 6500 \text{ Kg} &= 0 \\ AC &= \frac{6500 \text{ Kg} - 59.878 \text{ Kg}}{0,76} \end{aligned}$$

$$AC = - 70.234 \text{ Kg} \quad (\text{Tekan})$$

Analisa gaya yang bekerja pada mekanisme Crane didapatkan bahwa

- Batang AB (Boom Crane) = mengalami gaya Tekan
- Batang BC (pendant) = Mengalami Gaya Tarik



Gambar 16. Poligon Gaya yang bekerja pada boom crane

Pembahasan dan Pencegahan Kegagalan

Dalam pembahasan ini dilakukan analisis dengan menggunakan *Finite element method* (metode elemen hingga) atau FEM yang merupakan salah satu metode numerik yang paling banyak dipakai di dunia engineering (sipil, mesin, penerbangan, mikroelektronik, bioengineering, material). Metode ini berusaha memecahkan partial differential equations dan persamaan integrasi lainnya yang dihasilkan dari hasil diskritisasi benda kontinum. Meski berupa pendekatan, metode ini dikenal cukup ampuh memecahkan strukturstruktur yang kompleks dalam analisis mekanika benda padat (solid mechanics) dan perpindahan panas (heat transfer).

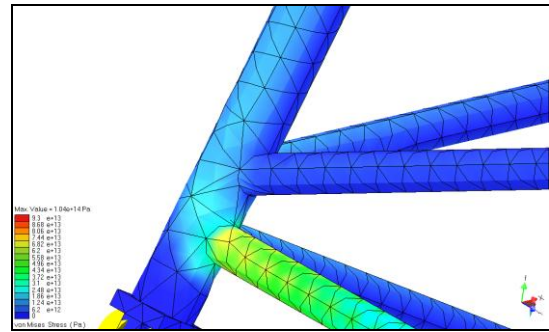
Saat ini, banyak sekali software FEM berkeliaran dengan berbagai mutu dan kemudahan. Software ini biasanya mudah untuk digunakan (user-friendly) tapi pada satu sisi sangat mahal harganya. Contoh dari software ini adalah MSC.NASTRAN, ABAQUS, ANSYS, LSDYNA, dan lainnya. Pengguna software FEM kemudian terbiasa melihat GUI (Graphical User Interface) di mana suatu benda didiskritisasi menjadi sekian puluh bahkan ribu elemen. Istilah baru kemudian muncul yaitu Finite Element Modeling, karena pengguna hanya memodelkan fisik suatu benda dengan elemen-elemen kecil, mendefinisikan sifat-sifat material, memberikan kondisi batas dan pembebanan, menjalankan software.

Dalam melakukan pembahasan dilakukan dengan menggunakan simulasi software FEM Nastran dengan simulasi pembebanan sebagai berikut :

- ✓ Tanpa pembebanan pada sudut Boom 50° dan panjang boom 49 m
- ✓ Dengan pembebanan 6 Ton pada sudut Boom 50° dan panjang boom 49 m
- ✓ Dengan pembebanan 6 Ton pada sudut Boom 50° dan panjang boom 49 m dan di beri sudut pada sumbu z



Gambar 17. Hasil Simulasi Nastran dengan beban Pribadi



Gambar 18. Hasil Simulasi Nastran bagian

Detail dengan beban di Hook 6 Ton yang di beri sudut pada sumbu Z hasil simulasi menunjukkan bahwa pada bagian yang paling kritis berada pada bagian sekitar join dengan gaya yang bekerja $8,06 \times 10^{13}$ Pa

Tabel 6. Tegangan Kritis yang terjadi pada boom crane

No	Kondisi Pembebanan	Tegangan Kritis (Pa)
1	Beban Pribadi Crane pada sudut 50°	$2,47 \times 10^{10}$
2	Beban Vertikal pada hook 6 Ton dengan sudut 50°	$2,08 \times 10^{12}$
3	Beban Vertikal pada hook 6 Ton dengan sudut 50° dan sudut z	$8,06 \times 10^{13}$

Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa kegagalan yang terjadi disebabkan oleh beban yang berlebih (over load) yang semestinya bisa di cegah melalui perangkat alat keselamatan yang ada pada peralatan tersebut, seperti daftar beban (*load chart*), alat pengukur sudut (*Angle Indicator*), alat pemberi tahu beban lebih (*load Indicator*), alat pengukur kerataan alat (*Level indicator*) dan lain sebagainya, selain aspek peralatan yang diperhatikan juga operator yang mengoperasikan peralatan tersebut wajib mengetahui cara pengoperasian peralatan yang aman, yang dapat dibuktikan dengan dimilikinya lisensi K3 sebagai operator Crane yang diterbitkan oleh pemerintah sebagaimana di amanatkan dalam stándar dan regulasi pemerintah.

Bila kita rujuk pada teori kecelakaan yang dipopulerkan oleh Heinrich menyatakan bahwa penyebab kecelakaan disebabkan oleh Keadaan yang tidak aman (*Unsafe Condition*) 20 % dan Perilaku yang tidak aman (*unsafe Act*) 80 % yang ada pada personilnya. Oleh sebab itu operator dan petugas yang terkait dengan peralatan Crane harus mampu mengidentifikasi serta mengendalikan potensi bahaya (*hazard*) serta menjalankan Prosedur kerja yang aman (SOP)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan Hasil analisa yang dilakukan diatas menunjukkan bahwa patahnya *lengan Crane* bukan semata-mata disebabkan oleh pemilihan material yang kurang tepat, hal ini dapat dilihat pada saat dilakukan analisa tegangan dimana pada lengan crane hanya menerima gaya tekan, sedangkan bagian penda / tali kawat baja penahan yang menerima beban tarik, sehingga bagian inilah yang berpotensi mengalami kegagalan patah akibat tegangan tarik.

Dari data dan fakta yang ada menunjukkan bahwa pada permukaan patahan boom crane ditemukan bentuk patahan yang disebabkan oleh beban puntir, dimana beban puntir ini sendiri dihasilkan dari instabilitas atau tidak stabilnya landasan yang digunakan dalam hal ini adalah ponton/ kapal apung. Pada proses pengangkatan beban tiba-tiba terjadi gelombang sungai yang mengakibatkan terbentuknya sudut kemiringan dari ponton sehingga titik beban yang diangkat berpindah ke titik sudut kemiringan ponton sekitar 45^0

Bila dilihat dari Aspek operasional ada beberapa sumber yang memicu terjadinya kegagalan ini antara lain :

- Operator yang mengoperasikan alat ini tidak memiliki sertifikasi sebagai seorang operator yang diterbitkan oleh instansi yang berwenang sehingga diragukan kemampuannya dalam mengoperasikan peralatan.

- Pada saat pengangkatan posisi radius kerja alat dan sudut kemiringan boom melebihi batas aman yang diizinkan oleh pabrik pembuatnya dalam hal ini momen yang ditimbulkan adalah 2008,6 KN.m sedangkan momen maksimum yang aman oleh pabrik pembuatnya adalah 1815 KN.m
- Pengangkatan beban tidak mengacu pada daftar alat keselamatan yakni *load Chart* ini dibuktikan bahwa beban yang diangkat melebihi kapasitas yang diizinkan.
- Salah persepsinya si operator dalam memahami kapasitas Crane dimana Crane kapasitas 50 Ton dianggap mampu pada semua arah dan gerakan .
- Alat Keselamatan pada peralatan tidak berfungsi seperti alar beban lebih Level indikator sehingga operator tidak dapat memprediksi apakah peralatan yang digunakan pada posisi aman atau tidak

SARAN

Agar Penggunaan peralatan angkat termasuk crawler crane dapat bekerja dengan baik dan aman maka disarankan pada semua pihak yang terkait dengan pengoperasian peralatan, baik sipemilik maupun sipemakai agar selalu mengikuti standar dan prosedur kerja yang aman baik yakni :

1. Peralatan

Peralatan harus di periksa dan di uji secara berkala baik terkait komponen utama maupun komponen pendukung keselamatan dan pastikan bahwa peralatan tersebut aman dan berfungsi dengan baik dan telah dilakukan sertifikasi kelayakanya.
2. Operator

Operator yang menngendalikan Crane haruslah orang yang mengerti dan paham cara pengoperasian yang aman yang dibuktikan dengan adanya lisensi Operator
3. Lingkungan

Lingkungan pekerjaan sangat mempengaruhi kemungkinan timbulnya kegagalan baik itu stabilitas landasan

(tanah, ponton dsb) cuaca, angin dan lain sebagainya

DAFTAR PUSTAKA

- Asme B. 30 serie 2004 Mobile And Locomotive Cranes (Safety Standard For Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks, And Slings)
- British Standard BS 2573-1 (1999) Rules for the design of cranes —Part 1: Specification for classification, stress calculations and design criteria for structures, England
- Charles O. Smith, Sc.D., RE, Safety, Consultant, Terre Haute, Indiana
- Depnaker RI (1998) Bahan Pelatihan Keran Mobil, Jakarta
- Dieter, GE. 1990. “ Metalurgi Mekanik ”, Edisi Ketiga Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- E.P Popov alih Bahasa Tanisan, Z.A, M.Si (1989) Mechanics Of Materials, Erlangga, Jakarta
- Fochmanhadi Ir (1985) Alat-alat Berat dan Penggunaanya, Badan Penerbit PU, Jakarta
- H William. B , Russell Leslie T (1984) Mechanics Of Engineering Materials, John Wiley & Son, Inc New York
- Hagendoorn. J.J.M (1989) Konstruksi Mesin, PT. Rosda Jaya Putra, Jakarta
- Manual book Crawler Crane Qyu 50
- Mohamed Ben-Daya (2009) Handbook of Maintenance Management and Engineering Springer Dordrecht Heidelberg London New York
- Muin A. Syamsir (2005) Pesawat Pesawat Pengangkat, PT Raja Grafindo Persada Jakarta
- Rostiyanti S.F (2002) Alat Berat Untuk Proyek Kontruksi, PT Rineka Cipta Jakarta
- Rudenko N (1992) Mesin Pemindah Bahan , PT Erlangga Jakarta
- Suma”mur Dr, M.Sc (1987) Keselamatan Kerja & Pencegahan Kecelakaan, PT. Seksama, Jakarta
- Widharto Sri (2006) Manual Riging, PT Pradnya Paramita Jakarta
- Zainuri Ach Muhib (2010) Mesin Pemindah Bahan, CV Andi Offset Yokyakarta