

Studi Analisa Kelayakan Material Sebagai Produk Silinder Hidrolik Bucket Excavator

W. Sujana^{1,*}, K.A. Widi¹, L. D. Ekasari²

¹ Teknik Mesin, ITN Malang, Jl Karanglo Km 2 Malang, Jawa Timur, Indonesia

² Manajemen, Universitas Tribuana Tunggadewi,

* E-mail : wayan_sujana58@yahoo.com

Abstrak. Pada penelitian ini akan diamati perihal kelayakan dari sebuah material baja lapis hard khrom sebagai komponen rod silinder bucket hidrolik. Analisa kelayakan akan memanfaatkan komponen rod silinder dari PT X yang bergerak di bidang pertambangan yang telah mengalami kegagalan produk sebelum waktunya. Ini merupakan permasalahan yang perlu dianalisis penyebab kegagalannya apakah disebabkan karena kegagalan pada material, preparasi atau metode manufaktur ataupun karena kesalahan operator (human eror). Ditinjau dari kegagalan mode patahan menunjukkan terdapat beberapa beban yang bekerja sehingga terbentuk kegagalan diantaranya patah getas dan patah lelah. Hal ini akan teramati dari efek tegangan yang terbentuk pada setiap bagian rod silinder berdasarkan tipe patahan yang terbentuk. Adapun mode patahan yang terdapat pada permukaan patah diantaranya adanya garis pantai pada bagian luar komponen (bagian *hard khrom*) yang menunjukkan terjadinya patah getas. Disamping itu terbentuk mode patahan lain seperti inisiasi retak dan penjalaran retak yang disebut dengan patah akibat beban lelah (*fatigue*). Disamping beban-beban tersebut, penyebab kegagalan dapat dianalisis akibat pengaruh proses manufaktur yaitu pengelasan yang menyebabkan umur pakai komponen yang lebih pendek dari seharusnya.

Kata Kunci: Getas, Hard Khrom, Inisiasi Retak, Lelah, Patahan, Penjalaran Retak, Rod Bucket

1. Pendahuluan

Silinder hidrolik untuk aplikasi bucket excavator umumnya memanfaatkan tipe *double acting* (pengerak bolak-balik). Pada saat silinder *double acting* mendapatkan beban dibawah beban maksimumnya maka volume fluida yang dihasilkan oleh bagian sisi silinder dapat melebihi volume fluida yang di suplai oleh pompanya. Dan jika ini terjadi maka tekanan negative akan berkembang dibagian sisi silinder sehingga umumnya akan menghasilkan udara kering yang dapat mempengaruhi seal dari silinder. Ini merupakan salah satu penyebab kegagalan dari produk silinder karena seal silinder didesain untuk tekanan fluida yang tinggi bukan didesain untuk menahan udara keluar [1,5].

Analisa kegagalan adalah suatu metode yang digunakan untuk mencari dan menentukan penyebab kegagalan dari suatu komponen. Analisa kegagalan pada komponen hidrolik bucket excavator cukup rumit karena untuk menentukan penyebab kegagalan yang valid maka membutuhkan data-data yang akurat juga yaitu menyangkut data sejarah manufaktur komponen hingga penggunaannya dilapangan. Pada umumnya kegagalan suatu komponen selalu disebabkan oleh kegagalan lelah/fatik. Menentukan fluktuasi beban saat penggunaan komponen menjadi acuan dalam menentukan kegagalan yang disebabkan oleh pembebanan fatik [2,3].

Pada penelitian ini, akan memfokuskan pada kasus patahan batang hidrolik bucket excavator yang berbentuk silinder/rod. Rod ini terdapat pada Bucket Cylinder dimana fungsinya adalah mengangkat beban yang terdapat dari sebuah Bucket. Tipe Excavator ini memiliki 2 buah Bucket Cylinder (*Left Hand* dan *Right Hand*). Patahan ini terjadi pada *Left Hand*. Didalam rod terdapat hole dimana Fungsi lubang didalam rod adalah sebagai Pin Lock, untuk penyambungan antara Rod dengan Rod Eye. Penyambungan antara Rod dengan Rod Eye adalah dengan proses Welding

Bahan Rod terdiri dari *As Chrome Rod* (bagian permukaan luar) dan Material SCM 440 (bagian dalam) Untuk material ini, kami memiliki historis bahwa, Rod ini pernah dilakukan Induksi di Supplier Material pada permukaan untuk meningkatkan Hardness (> 500 HL (outside) dan < 500 HL (inside))

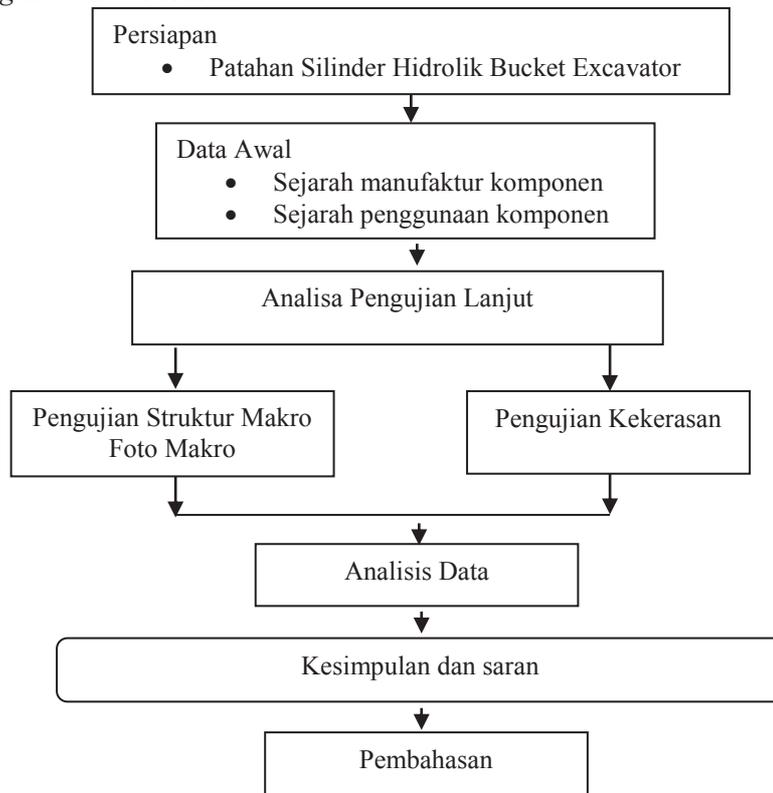
Life time = 1194 hours, Install = 27-Sep-2012, Failure = 20-Des-2012. Penerimaan beban yang dinamis (fluktuatif). Terjadinya patah (*fracture*) pada saat beban (*load*) maksimal muatan (± 7 m3). Sebelum terjadi kegagalan patah (*fracture*) material telah dalam keadaan bengkok dan cacat/tergores pada permukaan (*damage*).

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Pada penelitian ini memanfaatkan komponen Rod yang terdapat pada Bucket Cylinder dengan kasus patahan yang terjadi pada bagian rod sebelah kiri (*Left Hand*). Bahan Rod terdiri dari As Chrome Rod (bagian permukaan luar) dan Material SCM 440 (bagian dalam). Adapun alat uji yang digunakan pada penelitian ini diantaranya pengujian struktur makro dan kekerasan Vickers.

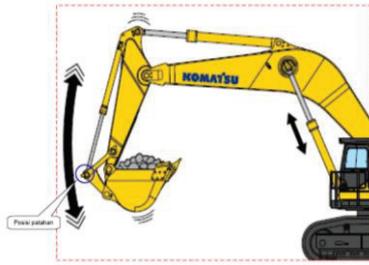
2.2. Diagram Alir Penelitian



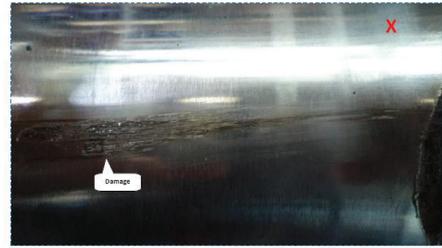
Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum membahas bagaimana menganalisa kegagalan dari rod silinder bucket, kita harus memahami efek tegangan yang terbentuk pada setiap bagian rod silinder. Ketika beban diberikan maka akan terjadi distorsi sehingga beban yang diberikan seharusnya tidak melebihi titik luluh atau yield point dari material silinder tersebut. Dengan demikian beban yang bekerja hanya pada daerah elastis yang artinya jika beban diadukan maka silinder akan kembali ke bentuk semula. Namun demikian untuk beberapa kasus seringkali kegagalan masih terjadi meskipun telah menerapkan beban dibawah beban titik luluh dari material tersebut yang disebut dengan beban lelah atau *fatigue load*. Beban produk silinder hidrolik umumnya memiliki beban berfluktuasi yang disebut dengan beban lelah sehingga patahan yang terjadi umumnya berebentuk crack atau retak yang diakhiri dengan patahan pada komponen. Permukaan patahan akan memberikan informasi berupa model patahan dan model patahan seringkali tidak terjadi secara sendirian namun kombinasi misalnya patahan ulet atau patahan getas dapat terjadi akibat kelebihan beban.



Gambar 2. Model dan Posisi Rod Silinder [4]



Gambar 3. Kerusakan yang terjadi sebelum patah

Rod ini terdapat pada Bucket Cylinder dimana fungsinya adalah mengangkat beban yang terdapat dari sebuah Bucket. Tipe Excavator ini memiliki 2 buah Bucket Cylinder (Left Hand dan Right Hand). Patahan ini terjadi pada Left Hand. Didalam rod terdapat hole dimana Fungsi lubang didalam rod adalah sebagai Pin Lock, untuk penyambungan antara Rod dengan Rod Eye. Penyambungan antara Rod dengan Rod Eye adalah dengan proses *Welding*

Bahan Rod terdiri dari *As Chrome Rod* (bagian permukaan luar) dan Material SCM 440 (bagian dalam) Untuk material ini, kami memiliki historis bahwa, Rod ini pernah dilakukan Induksi di Supplier Material pada permukaan untuk meningkatkan Hardness (> 500 HL (*outside*) dan < 500 HL (*inside*))



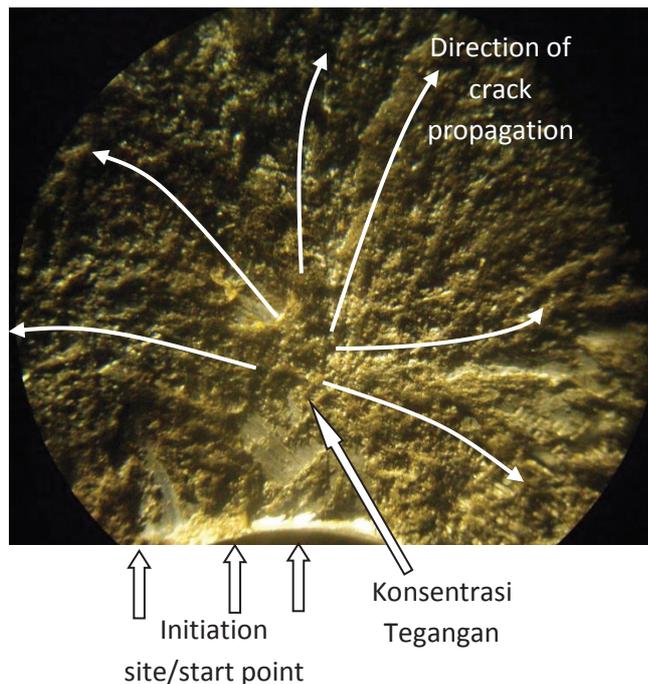
Gambar 4. Mode patahan



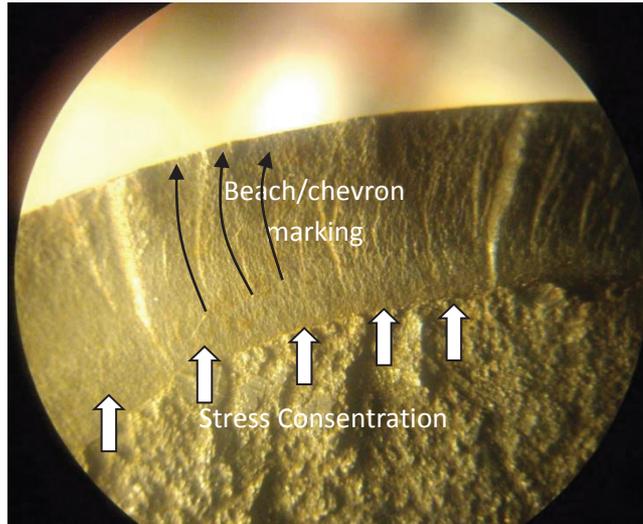
Crack Numbers = 910 c/cm

Gambar 5. Foto mikro analisa jumlah crack density permukaan (500x)

3.1 Analisa Patahan Pengujian Foto Makro



Gambar 6. analisa foto makro arah penjaralan retak



Gambar 7. Analisa foto makro kegagalan model *stress concentration*

3.2. Analisa Penyebab Kegagalan

Berdasarkan foto analisa patahan (analisa foto makro) menunjukkan terdapat beberapa area mode patahan yaitu initiation site, beach marking, smooth area, rough area (foto 6-7). Ciri-ciri yang ditunjukkan dari patah tersebut menunjukkan bahwasanya merupakan *Brittle Fracture* (patahan getas) dimana kegagalan diawali dari bagian dengan konsentrasi tegangan tertinggi. Konsentrasi tegangan ini terjadi akibat inklusi yang terdapat di internal bahan dan crack/cacat permukaan dalam/luar rod. Pola pergerakan patahan menunjukkan system ridge curving yaitu sebagian besar berawal dari permukaan lubang pin menuju ke permukaan luar rod dengan alur berotasi/berputar. Model patahan seperti ini biasanya akibat beban statis yang diikuti dengan pembebanan dinamis. Beban statis terjadi pada daerah tegangan dibawah kekuatan yielding dari bahan dan biasanya tanpa warning (tiba-tiba). Pada hasil analisa foto makro juga menunjukkan adanya takikan (*notch*) dan retak yang merupakan awal patah getas. Dan dapat disimpulkan sementara bahwa penyebab kegagalan adalah beban kombinasi (statis, fatik dan kejut). Proses manufaktur seperti welding (pengaruh panas dan cacat) dan pembuatan lubang pin (kekasaran permukaan karena lubang pin akan terjadi gesekan dengan pin yang menyebabkan tegangan meningkat dan dapat menimbulkan keausan) juga perlu diperhatikan atau di inspeksi karena akan menyebabkan patah lelah/fatig. Terjadinya bengkok pada rod menunjukkan adanya deformasi yang artinya cacat-cacat didalam bahan akan terbentuk dan ini merupakan salah satu yang meningkatkan konsentrasi tegangan (awal perpatahan).

3.3. Kegagalan Pembebanan Berlebih Patahan Getas dan Ulet

Kegagalan ulet merupakan salah satu penyebab kegagalan patah bahan akibat distorsi atau perubahan bentuk dari komponen. Material ulet dikatakan gagal jika terjadi perubahan bentuk komponen dan sudah tidak mampu memikul beban. Sedangkan patahan getas umumnya terjadi akibat beban berlebih dan tidak tampak perubahan bentuk atau distorsi. Ini biasanya terjadi pada material-material getas seperti besi tuang abu-abu atau baja yang telah dikeraskan.

Pada patahan getas, retak diawali pada daerah yang memiliki tegangan paling tinggi yang selanjutnya terjadi perambatan retak pada butiran sehingga model arah patahan akan membentuk garis pantai (*chevon marks*)

3.4. Kegagalan Pembebanan Berlebih Patahan Lelah

Patah lelah umumnya membutuhkan waktu untuk terjadinya patah. Patah jenis ini paling sering terjadi pada material karena umumnya patahan jenis ini tidak teramati dengan jelas. Kegagalan suatu komponen berdasarkan mekanisme patahan selalu diawali dengan bagian material yang memiliki tegangan tinggi. Konsentrasi tegangan adalah kondisi fisik dimana peningkatan tegangan setempat. Dimana tegangan yang terjadi pada daerah radius (r) sangat ditentukan oleh ukuran dari daerah radius

tersebut. Radius yang semakin kecil akan meningkatkan tegangan yang terjadi secara drastic. Hal lain yang dapat meningkatkan konsentrasi tegangan diantaranya cacat dan perubahan bentuk atau dimensi material. Disamping itu konsentrasi tegangan yang terjadi juga dipengaruhi oleh jenis pembebanannya. Untuk menentukan tipe beban yang mempengaruhi patahan dapat diamati melalui model arah penjalaran retaknya [5].

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan penggunaan terhadap bahan rod diketahui muatan 7 m³ tidak ada masalah namun adanya stress craking pada bahan akan menimbulkan kegagalan dengan beban dinamis. Perlu diperhatikan untuk mengurangi terbentuknya konsentrasi tegangan-tegangan yang terbentuk pada silinder rod misalnya :

- Perbedaan nilai kekerasan pada batas antara coating chrom dengan material base supaya tidak terlalu signifikan (diminimalkan)
- Beban kejut/impak (tertahan secara tiba-tiba saat bekerjanya beban statis) perlu diperhatikan misalnya saat pengerukan menghantam benda keras dimana posisi kerusakan/damage akibat tumbukan dengan benda keras).
- Pemanfaatan proses pengelasan (welding), pengurangan konsentrasi tegangan yg terbentuk pada daerah HAZ (antara logam cair dan logam base) perlu dihomogenkan yaitu membuat ukuran butir yang homogen.

5. Daftar Referensi

- [1] Boutarek, N., Saïdi, D., Acheheb, M.A., Iggui, M., Bouterfaïa, S., "Competition between three damaging mechanisms in the fractured surface of an Inconel 713 superalloy," *Materials Characterization*, 2007.
- [2] Hershko, E., Mandelker, N., Gheorghiu, G., Sheinkopf, H., Cohen, I., and O. Levy, "Assessment of fatigue striation counting accuracy using high resolution scanning electron microscope," *Engineering Failure Analysis*, 2008, pp. 20–27.
- [3] Nesa Rezamahdi, Seyed Ali Jazayeri, Mehdi Tofighi Naeem, K. N. Toosi University of Technology, Analysis of Metallurgical and Mechanical Failure of a Centrifugal Compressor, Paper 134,ENG108, Iran
- [4] PT. Parmapersada Nusantara, Excavator, Distric Adaro, Operational Training Department
- [5] Root Cause Failure Analysis - Understanding Mechanical Failures Neville Sachs, President of Sachs, Salvaterra & Associates Reliability Magazine, June 1999