

## ANALISIS KERUSAKAN STICK CYLINDER EXCAVATOR 390F CATERPILLAR

Yoddy Agung Nuhgraha<sup>1)</sup>, Rizky Dwi Rahmadi<sup>2)</sup>  
Program Studi Teknik Mesin<sup>1)</sup>, Mesin Otomotif<sup>2)</sup>, Politeknik TEDC<sup>1),2)</sup>  
Email: yan\_nuhgraha@poltektedc.ac.id<sup>1)</sup>, rizkydwirahmadi07@gmail.com<sup>2)</sup>

### Abstrak

Berdasarkan temuan di lapangan penulis menemukan permasalahan yang terjadi pada *Stick Cylinder Excavator 390F Caterpillar* di mana pada *stick cylinder* tersebut terjadi kerusakan, kerusakan ini dapat dipengaruhi oleh banyak faktor yang diduga menjadi penyebab kerusakan. Dugaan yang menjadi sebab-sebab kerusakan pada *stick cylinder* tersebut diantaranya yaitu *contaminant* pada oli hidrolik, jarang dilakukannya perawatan, dan beban yang berlebihan. Untuk mengetahui penyebab utama kerusakan yang terjadi pada *stick cylinder* dilakukan analisa dengan menggunakan metode AFA yang mengacu kepada fakta lapangan, *visual*, dan *study* literatur. Melalui proses analisa ditemukan kemungkinan kerusakan yaitu kebocoran internal pada *stick cylinder*, kerusakan pada *ring* dan *seal piston*, kebengkokan pada *rod cylinder*. Kerusakan *stick cylinder* disebabkan oleh rusaknya *ring* (173-3414), *ring* (155-9157), dan *seal as* (8C-9182) yang kemudian menyebabkan terjadinya *stick cylinder drift*. Setelah dilakukan analisa kemungkinan terjadinya kerusakan *part* tersebut disebabkan oleh *dieseling*. *Dieseling* itu disebabkan oleh udara dan kandungan gas lainnya yang jenuh bercampur dengan uap oli dari oli hidrolik. Pencegahannya dengan cara mengeluarkan semua kandungan udara dan gas-gas yang mudah terbakar di dalam *cylinder* sebelum digunakan. Gerakkan *cylinder* beberapa kali ke atas dan ke bawah, untuk mendorong udara kembali masuk ke tanki sebelum digunakan.

**Kata Kunci:** *Stick Cylinder*, Analisa Kegagalan, *Excavator 390F*, *Dieseling*.

### Abstract

Based on the fact findings in the field, the author found a problem that occurred in the *Caterpillar 390F Excavator Stick Cylinder* where it was damaged, this damage can be caused by many factors that are suspected to be the cause of the damage that occurred to the *stick cylinder*. Alleged causes of damage to the *stick cylinder* include *contaminants* in hydraulic oil, infrequent maintenance and excessive loads. To find out the main cause of damage that occurs to the *stick cylinder*, an analysis is carried out using the AFA method which refers to field facts, *visuals*, and literature studies. Through the analysis process, the possibility of damage was found, namely internal leakage in the *stick cylinder*, damage to the piston ring and seal, bending of the *rod cylinder*. Damage to the *stick cylinder* is caused by damage to the *ring* (173-3414), *ring* (155-9157) and *seal as* (8C-9182) which then causes *stick cylinder drift*. After analysis, the possibility of part damage is caused by *dieseling*. *Dieseling* is caused by air and other gas content that is saturated mixed with oil vapours from hydraulic oil. Its Prevention by removing all air content and flammable gases in the cylinder before use. Move of the cylinder several times up and down, to push the air back into the tank before use.

**Keywords:** *Stick Cylinder*, Failure Analysis, *Excavator 390F*, *Dieseling*.

## I. PENDAHULUAN

Alat Berat merupakan salah satu penunjang kemajuan industri di Indonesia. Pengelompokan *machine* Alat Berat terbagi menjadi lima yaitu *construction & moving*, *genset engine*, *industrial engine*, *marine engine*, dan *locomotive engine* (Buku Pengantar Siswa, Trakindo Utama COOP).

Dalam pengoperasian Alat Berat tidak terlepas dari sistem hidrolik. Sistem hidrolik sangat penting artinya dalam pengoperasian Alat Berat. Dasar-dasar hidrolik dipakai dalam merancang berbagai terapan sistem hidrolik, sistem *steering*, sistem *brake* (rem), *power steering*, sistem *power train*, dan transmisi otomatis (Buku Pengantar Siswa, Trakindo Utama COOP).

Salah satu Alat Berat yang banyak digunakan adalah *excavator*, konstruksi *excavator* terdiri dari dua bagian yaitu *base machine* dan *attachment*. *Base machine* terdiri dari *base frame*, *track frame*, *track shoe*. *Base frame* terdiri dari *cabin*, *engine*, *counter weight* dan komponen lainnya. *Attachment* terdiri dari *boom*, *arm*, *stick cylinder*, dan *bucket*.

*Stick cylinder* merupakan komponen dari *attachment excavator*. Komponen ini berfungsi menggerakkan *stick* dalam posisi *extend* dan *retract* maksimal dengan memanfaatkan sistem hidrolik. *Stick cylinder* akan mengalami penurunan performa jika terjadi masalah dan kerusakan pada *inner parts*.

Sesuai fakta yang ditemukan dari hasil foto kerusakan *stick cylinder* yang berlokasi di *Workshop PT. Trakindo Utama branch BSD*, penulis menemukan kemungkinan permasalahan pada *Stick Cylinder Excavator 390F Caterpillar*. Hal ini dapat dipengaruhi banyak faktor yang diduga sebagai penyebab kerusakan pada *stick cylinder* tersebut. Dugaan tersebut diantaranya bisa disebabkan oleh *contaminant* pada oli hidrolik, jarang dilakukannya perawatan, dan beban yang berlebihan.

Metode yang dilakukan dipenelitian ini menggunakan metode Analisis dengan penelitian Kualitatif.

Metode penelitian Kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat yang

digunakan untuk meneliti pada kondisi ilmiah (eksperimen) dimana peneliti sebagai instrument, teknik pengumpulan data dan dianalisis yang bersifat kualitatif lebih menekan pada makna (Sugiono, 2018).

## II. LANDASAN TEORI

### A. Dasar-Dasar Hidrolik

Sistem hidrolik mempunyai peran sangat penting dalam operasi Alat Berat. Prinsip-prinsip dasar hidrolik digunakan ketika merancang dan mengoperasikan sistem hidrolik untuk *implement*, sistem *steering*, sistem *brake*, dan sistem *power train*. Bahkan dalam kehidupan sehari-hari, tidak terlepas dari peralatan yang memanfaatkan prinsip-prinsip dasar hidrolik, misalnya: dongkrak, dan lain-lain.

1. Kelebihan dan Kekurangan Sistem Hidrolik
  - Kelebihan Menggunakan Sistem Hidrolik:
    - a. Serbaguna.
    - b. Effesien.
    - c. Pengaturan dan pengontrolan lebih mudah.
  - Kekurangan Menggunakan Sistem Hidrolik:
    - a. Biaya yang dibutuhkan mahal.
    - b. Kebocoran kecil dapat berakibat fatal.
    - c. Membutuhkan perawatan yang intensif sehubungan dengan iklim atau cuaca supaya tidak mudah terkena karat, kotoran, dan pencemaran oli.

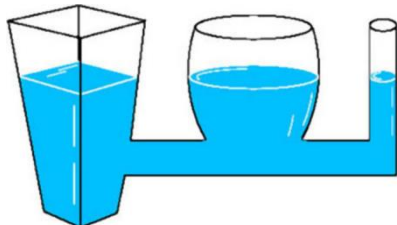
### 2. Penggunaan Fluida Pada Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik pada Alat Berat umumnya menggunakan oli, tujuan di gunakannya fluida cair yang berupa oli adalah untuk memindahkan gaya dan energi melalui saluran atau jalur, sifat melumasi oli yang sangat baik, sifat pendingin yang sangat baik dan sebagai penyekat yang sangat baik. Pada Alat Berat hidrolik tidak menggunakan fuida cair berupa air sebagai media pemindah tenaganya karena banyak kelemahannya antara lain, mudah membeku, mendidih pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ , menyebabkan karat atau bersifat korosif, dan bukan sebagai pelumas yang baik.

Adapun sifat-sifat cairan pada fluida hidrolik antara lain:

#### a. Cairan Mampu Menyesuaikan Bentuk

Zat cair akan mengikuti dari bermacam bentuk wadahnya. Zat cair juga akan mengalir ke segala arah melalui saluran-saluran dan *hoses* yang bentuk dan ukurannya bervariasi.

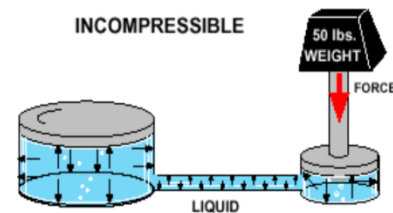


**Gambar 1.** Zat Cair Menyesuaikan Wadahnya

#### b. Cairan Tidak Dapat Dimampatkan

Zat cair pada prakteknya tidak bisa ditekan. Zat cair akan menempati ruangan yang sama atau

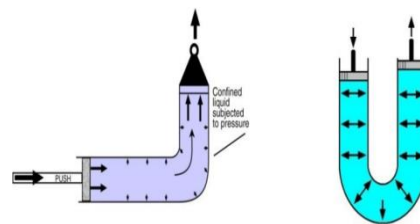
*volume* yang terjadi pada saat ditekan. Ruangan atau *volume* yang ditempati oleh zat cair dinamakan *displacement*.



**Gambar 2.** Cairan Tidak Dapat Dimampatkan

#### c. Cairan Mampu Meneruskan Tekanan ke Segala Arah

Cairan mampu meyalurkan tekanan ke segala arah atau menyalurkan tenaga merata ke segala arah.



**Gambar 3.** Cairan Mampu Meneruskan Tekanan ke Segala Arah

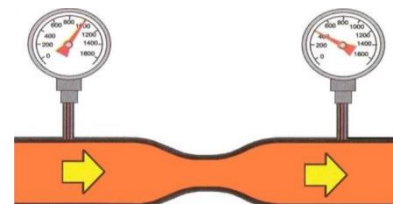
### 3. Tekanan dan Aliran

#### a. Tekanan

Fluida pada sistem hidrolik didorong dari *reservoir* atau tangki melalui saluran *inlet* pompa, penyebab sejumlah tekanan yang terjadi pada fluida tersebut antara lain, berat fluida itu sendiri, disebabkan oleh tekanan atmosfer dan dapat pula karena adanya tekanan dari tangki yang dibuat bertekanan.

Berat fluida satu meter kubik air memiliki berat kira-kira 1000 kg. Berat ini terdorong kebawah akibat gaya gravitasi, dan menimbulkan tekanan. Tekanan arah kebawah dari 1meter kubik ialah 9810 Pa sehingga tekanan tersebut dapat kita hitung dengan cara mengalikan kedalaman air dengan satuan meter dikali dengan 9810 Pa.

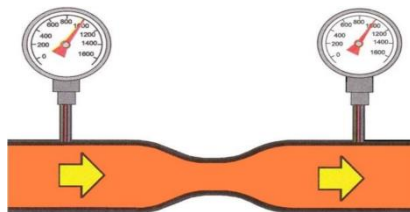
Penurunan tekanan terjadi ketika fluida mengalir melewati *orifice*, maka fluida tersebut akan kehilangan sebagian energinya. Ini terlihat di mana tekanan akan lebih rendah di daerah *downstream orifice*. Perbedaan tekanan di daerah *upstream* dan di daerah *downstream* disebut *pressure drop*, yaitu penurunan tekanan yang disebabkan oleh hambatan aliran (*orifice*).



**Gambar 4.** Penurunan Tekanan Akibat Orifice

Besarnya penurunan tekanan akan bervariasi tergantung pada laju aliran melewati *orifice*, ukuran *orifice*, dan kemudahan fluida untuk mengalir. Aliran pada *upstream* harus sama dengan aliran pada *downstream*, karena tidak ada kebocoran aliran fluida. Namun, karena tekanan fluida di daerah *downstream* lebih rendah, maka tenaga dari fluida akan berkurang. Hukum ilmu fisika menyebutkan bahwa tenaga tidak dapat dihilangkan, oleh karena itu pengurangan tenaga pada aliran karena terbentuknya panas akibat *orifice*.

Jika besarnya penurunan tekanan tergantung pada banyaknya fluida mengalir melewati *restriction*, sehingga dapat disimpulkan bahwa jika tidak ada aliran, maka tidak akan ada penurunan tekanan. Dengan tidak ada aliran dan tidak ada penurunan tekanan, tidak ada panas yang dihasilkan dan tidak ada penurunan tenaga. Hubungan langsung antara aliran dan tekanan merupakan pertimbangan dalam sistem hidrolik.



**Gambar 5.** Tidak Ada Aliran

#### b. Aliran

Aliran adalah gerakan sejumlah fluida selama waktu tertentu. Fluida pada sistem hidrolik mengalir melalui *hose*, *tube*, tangki dan komponen-komponen lainnya.

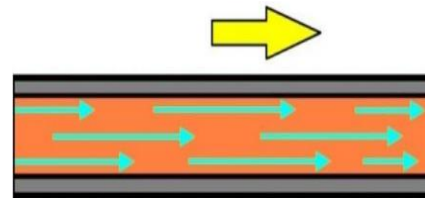
Aliran biasanya dilambangkan dengan huruf "Q" dan biasanya memiliki satuan liter per menit (LPM), atau *gallon* per menit (GPM), namun dapat juga dengan satuan sentimeter kubik per menit ( $\text{cm}^3/\text{min}$ ) atau *centimeter* kubik per detik ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ ).

Pada dasarnya aliran adalah kecepatan sejumlah fluida yang melalui titik tertentu. Untuk menggambarkan, dengan membayangkan luas penampang bagian dalam pipa. Jika penampang ini dialiri fluida dengan laju satu meter per detik ( $\text{m}/\text{sec}$ ), maka fluida akan terdorong sejauh satu meter setiap detik.

*Volume* fluida itu adalah luas penampang dikali panjang pipa. Dari analogi diatas diperoleh rumus dasar aliran hidrolik adalah Area dikali dengan Velocity ( $Q = A \times V$ ). Aliran terbagi dua jenis yaitu:

##### 1) Aliran Laminar

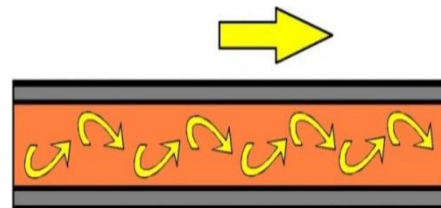
Aliran laminar merupakan aliran pada sistem hidrolik yang merupakan perpindahan fluida dengan aliran dari satu titik menuju titik lain. Semua partikel fluida akan bergerak parallel ke semua arah tertentu, atau disebut juga dengan aliran laminar, dan kondisi aliran inilah yang paling ideal.



**Gambar 6.** Aliran Laminar

##### 2) Aliran Turbulen

Aliran turbulen, partikel fluida mengalir dengan tidak beraturan, menyebabkan gesekan dan gerakan yang tidak efisien. Aliran sejenis ini, disebut aliran turbulen, yang merupakan aliran yang tidak diinginkan dan boros. Sangat disayangkan, seekonomis apapun suatu sistem hidrolik, pada kenyataannya masih mengalami turbulensi aliran.



**Gambar 7.** Aliran Turbulen

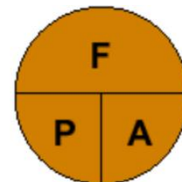
##### 3) Tenaga Fluida

Hukum dasar yang menjadi dasar hidrolik biasa kita kenal dengan Hukum *Pascal* yang berbunyi "Tekanan yang di berikan pada fluida di ruang tertutup diteruskan secara merata ke segala arah, dengan gaya yang sama pada luas area yang sama, tegak lurus terhadap bidang tersebut".

$$\text{Force} = \text{Pressure} \times \text{Area}$$

$$\text{Pressure} = \text{Force} \div \text{Area}$$

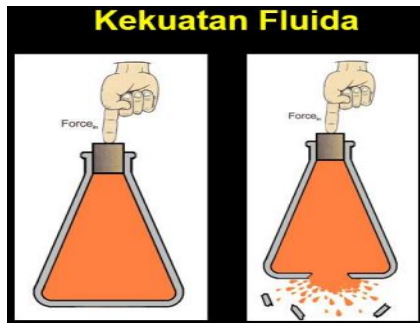
$$\text{Area} = \text{Force} \div \text{Pressure}$$



**Gambar 8.** Rumus Hukum *Pascal*

Rumus ini dapat digunakan untuk mencari besarnya gaya dan tekanan dan area jika dua dari ketiganya diketahui terlebih dahulu. Gaya diukur dalam *Newton* (N) atau *Pounds* (lbs), gaya merupakan dorongan atau tarikan yang diberikan pada permukaan. Gaya diperoleh dari hasil perkalian tekanan dan luas area ( $F = P \times A$ ).

*Pressure* diukur dalam satuan *Pascal* (Pa) atau dalam sistem imperial *Pound per Square Inch* (Psi), *Pressure* adalah gaya pada setiap satuan luas. Luas area diukur dengan satuan meter persegi ( $\text{m}^2$ ) dalam satuan imperial *inch* persegi ( $\text{inch}^2$ ), area menunjukkan banyak sedikitnya luas permukaan.



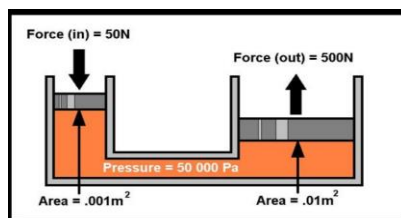
**Gambar 9.** Kekuatan Fluida

Prinsip ini juga mengacu pada hukum fluida dalam ruang tertutup, sangat tepat mengingat hasil dari memberikan *Pressure* pada botol kaca yang terisi penuh. Karena pada dasarnya cairan tidak dapat dimampatkan, dan gaya yang disalurkan tidak berkurang ketika melalui cairan dan memberi dampak yang sama disegala daerah botol tersebut, dan karena luas area badan botol lebih besar dibanding dengan leher botol, maka badan botol akan pecah dengan adanya sedikit *Pressure* yang diberikan pada tutupnya.

*Pascal* mendemonstrasikan penggunaan hukumnya secara nyata dengan gambar seperti yang ditunjukkan dalam gambar di atas. Gambar tersebut menunjukkan bahwa, dengan menerapkan prinsip-prinsip yang sama seperti yang dijelaskan diatas, maka gaya masuk kecil yang diberikan atas daerah yang kecil dapat menciptakan gaya yang besar dengan memperbesar area *output*nya.

Tekanan yang diberikan pada bidang *output* lebih besar, akan menghasilkan gaya yang lebih besar seperti pada rumus yang telah di rumuskan oleh *Pascal*. Dengan begitu metode pelipat gandaan gaya hampir sama dengan penggunaan *pry bar* atau pengungkit, namun pada hidrolik sebagai media digunakan fluida cair berupa oli.

Keunggulan tenaga fluida adalah kemampuan melipat gandakan gaya dan untuk meneruskan tenaga. Gaya tidak harus diteruskan melalui saluran lurus (secara linier). Gaya bisa diteruskan melalui belokan atau secara tidak linier dan lipat gandaan. Penggunaan tenaga fluida adalah merupakan konsep penyaluran tenaga yang fleksibel.



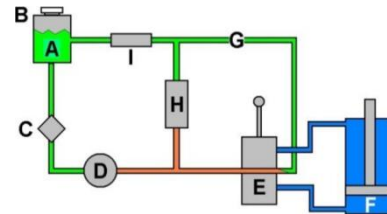
**Gambar 10.** Demonstrasi Hukum Pascal

#### B. Komponen Utama Sistem Hidrolik

Mesin-mesin Alat Berat saat ini menggunakan sistem hidrolik dengan berbagai komponen hidrolik untuk mencapai tingkat pengoperasian yang efisien. *Cylinder* hidrolik memiliki bermacam tipe yang digunakan untuk mengoperasikan *implement*,

seperti *bucket*, *blade*, *ripper*, *backhoe*, dan *bak truck*.

Motor hidrolik menggerakkan *track*, roda, *car body*, *conveyor*, *brake*, *steering*, *transmisi*, *suspensi* dan sistem kendaraan lainnya juga menggunakan sistem hidrolik sebagai tenaga dan kontrol. Sistem dasar hidrolik terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:



**Gambar 11.** Komponen-komponen Utama Sistem Hidrolik

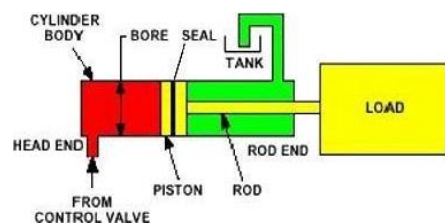
- 1) Fluida hidrolik yang digunakan pada sistem hidrolik pada Alat Berat umumnya menggunakan oli.
- 2) *Reservoir* atau Tangki Hidrolik. Sewaktu mesin dan perlengkapan dalam tahapan desain, banyak hal yang dipertimbangkan seperti ukuran dan lokasi tangki hidrolik. Saat mesin atau perlengkapan beroperasi, tangki hidrolik berfungsi sebagai tempat penampungan oli hidrolik, alat untuk membuang panas dari oli, alat pemisah dan membuang udara dan oli, dan memungkinkan partikel kotoran pada oli mengendap di dasar tangki.
- 3) *Filter* oli hidrolik berfungsi sebagai penyaring kotoran oli yang ada didalam sistem supaya tidak ada kotoran atau *contaminat* yang ikut bersirkulasi bersama oli kedalam sistem yang bisa merusak komponen hidrolik atau menyebabkan keausan pada komponen hidrolik.
- 4) *Line* atau saluran hidrolik digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen supaya fluida dapat mengalir pada *sirkuit line* hidrolik tersebut dapat berupa pipa (*tube*) atau selang (*hose*).
- 5) Pompa hidrolik mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolik. Peralatan ini mengambil energi dari sebuah sumber (*engine*, *electric motor*, dll) dan mengubahnya menjadi bentuk energi hidrolik. Fungsi pompa kemudian menyuplai aliran oli yang memadai ke sistem hidrolik supaya sirkuit dapat beroperasi dengan kecepatan normalnya.
- 6) *Directional control valve* digunakan untuk mengarahkan oli menuju sirkuit yang berbeda-beda pada sistem hidrolik. Kapasitas aliran maksimum dan tekanan yang turun saat melewati *valve* merupakan pertimbangan utama. *Directional control valve* mengarahkan aliran oli menuju sistem hidrolik. Dengan kata lain merupakan komponen dimana operator mengontrol *machine*. *Directional control valve* mengarahkan suplai oli menuju aktuator pada sistem hidrolik.
- 7) Aktuator. Fluida diarahkan melalui sistem

tertentu menuju aktuator dimana akan diubah kembali menjadi tenaga mekanis putaran melalui motor atau diubah menjadi gerakan linear oleh silinder. Gaya dan gerakan lurus yang dihasilkan, digunakan untuk mengoperasikan *implement* seperti *blade*, *bucket*, *ripper* dan lain sebagainya.

- 8) *Relief valve* melakukan perlindungan terhadap sistem hidrolik sehingga komponen-komponen pada sistem tidak mengalami kerusakan, keausan atau menghindari terjadi pecahnya jalur oli seperti *hose* dan pipa serta mencegah kebocoran pada sambungan. *Relief valve* melakukan fungsi ini dengan membuang tekanan pada saat setingan *relief valve* tercapai.
- 9) *Oil cooler* berfungsi untuk mendinginkan oli yang ada didalam sistem hidrolik.
- 10) Aktuator merupakan istilah umum yang digunakan untuk komponen *output* sistem hidrolik. Aktuator dimanfaatkan untuk mengubah energi hidrolik yang ada dalam sistem hidrolik menjadi energi mekanis. Perubahan ini dilakukan agar sistem hidrolik dapat melakukan kerja yang dibutuhkan.
- 11) Aktuator linier adalah komponen sistem hidrolik yang dapat mengubah energi hidrolik menjadi energi mekanis gerak lurus. Seperti telah dibahas sebelumnya, tenaga pada sistem hidrolik, pada awalnya dibangkitkan dari gerakan putar yang berasal dari *engine* dan dirubah menjadi tenaga fluida oleh pompa. Fluida diarahkan melalui sistem tertentu menuju aktuator dimana akan dirubah kembali menjadi tenaga mekanis putaran melalui motor atau dirubah menjadi gerakan linier oleh *cylinder*.

## C. Jenis-Jenis Aktuator

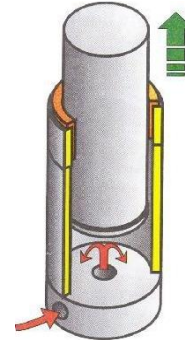
### 1. *Single Acting Cylinder*



**Gambar 12.** *Single Acting Cylinder*

Gambar di atas menunjukkan sebuah *single acting cylinder*. Area dengan warna merah menunjukkan kondisi oli bertekanan dan warna hijau menunjukkan yang memiliki tekanan sama dengan tekanan tangki.

*Single acting cylinder* menggunakan tekanan oli dari satu sisi silinder dan menyediakan gaya hanya satu arah. *Single acting cylinder* memendek karena berat beban atau gaya tekanan *spring*. *Single acting cylinder* jarang digunakan pada *mobile equipment*.

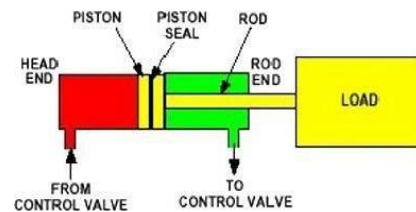


**Gambar 13.** *Single Acting Cylinder*

*Single acting cylinder* yang sangat sederhana adalah hidrolik *ram*. Silinder ini hanya memiliki satu ruangan fluida dan bergerak hanya satu arah *force*. Kebanyakan dipasang sedemikian rupa sehingga dapat memendek karena gaya gravitasi. Penggunaan silinder tipe ini biasanya pada dongkrak botol (*bottle jacks*) dan mengangkat mobil di tempat cucian.

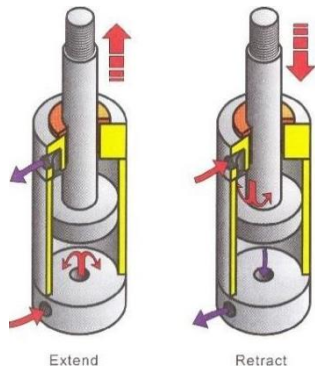
*Single acting cylinder* memberikan gaya hanya satu arah, efek gravitasi dan beban balik yang menyebabkan silinder tersebut memendek. Perbedaan utama *single acting cylinder* dan *ram* adalah *single acting cylinder* menggunakan *piston* dan kebocoran aliran melalui *piston* dialirkan menuju *reservoir* untuk meminimalkan kebocoran fluida keluar, sedangkan *ram* tidak memiliki saluran ke *reservoir*. *Single acting cylinder* biasanya dipasang pada pengangkat bak *truck* dan *crane boom*.

### 2. *Double Acting Cylinder*



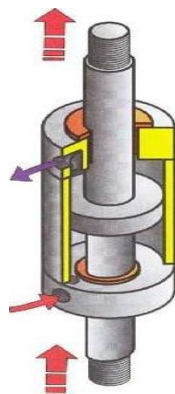
**Gambar 14.** *Double Acting Cylinder*

Warna merah menunjukkan oli yang bertekanan dan warna hijau menunjukkan oli yang memiliki tekanan sama dengan tekanan tangki. Ini merupakan hidrolik aktuator yang paling umum digunakan pada *mobile equipment*. Digunakan pada *implement*, *steering* dan sistem lainnya dimana *cylinder* dibutuhkan untuk melakukan kerja pada dua arah. *Double acting* berarti bahwa *cylinder* akan menyediakan gaya dan gerakan pada masing-masing arah.



**Gambar 15.** Langkah *Extend* dan *Retract*

*Double acting cylinder* merupakan tipe *cylinder* yang paling banyak digunakan pada *mobile equipment*, *double acting cylinder* menghasilkan gaya pada kedua arah, memanjang dan memendek. Supaya memanjang, fluida dialirkan menuju *cap end* dan *rod end port* dihubungkan menuju *reservoir*. Sewaktu memendek, fluida dialirkan ke *rod end* dan saluran pada *cap end port* dihubungkan dengan *reservoir*. Perbedaan ini menyebabkan terjadinya perbedaan kecepatan ketika silinder memanjang dan memendek.



**Gambar 16.** *Double Acting Cylinder Force*

Variasi *double acting cylinder* adalah *double rod silinder*. Pada versi ini, *cylinder rod* memanjang melalui kedua *end cap* (gambar di atas), silinder ini memiliki area dan *volume* yang sama pada kedua ujung silinder. Hal ini tentunya juga menyamakan gaya dan kecepatan sewaktu *cylinder* memanjang dan memendek.

#### D. Pengertian Excavator

*Excavator* adalah sebuah *machine* yang dilengkapi dengan lengan (*arm*), alat pengeruk (*bucket*). Biasanya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan berat berupa penggalian tanah yang tidak bisa dilakukan secara langsung oleh tenaga manusia.

#### E. Komponen Utama *Excavator*

*Excavator* terdiri dari berbagai komponen utama dan memiliki berbagai kelengkapan sehingga dapat bekerja dengan baik. Komponen utama pada *Excavator* dibuat dengan ketahanan dan kekuatan tinggi sehingga dapat bertahan pada kondisi

pengoperasian yang berat dalam jangka waktu lama. Komponen utama pada *Excavator* terdiri dari:

1. *Track roller frame* merupakan rangka utama yang digunakan untuk memasang komponen *undercarriage*.
2. *Main frame* merupakan rangka utama untuk memasang *track roller frame* dan dudukan bagi semua komponen utama *excavator*.
3. *Cabin* merupakan ruang operator dan tempat peralatan kontrol serta *monitor*.
4. *Counterweight* merupakan pemberat yang dipasang dibagian belakang *excavator* untuk menjaga keseimbangan *excavator* saat mengangkat beban.
5. *Boom* merupakan lengan yang terhubung ke *mainframe* untuk menyangga *stick* dan *bucket*.
6. *Stick* merupakan lengan tempat pemasangan *bucket* dan peralatan kerja lainnya yang digerakkan oleh *cylinder hydraulic*.
7. *Undercarriage* merupakan rangkaian komponen yang memungkinkan *Excavator* bergerak dengan adanya *track link*, *track roller*, *final drive*, dan *travel motor*.
8. *Powerlink* merupakan perlengkapan yang digunakan menghubungkan antara *stick* dan *bucket* atau perlengkapan kerja lainnya.

Sistem hidrolik pada *excavator* bekerja dengan mengubah energi mekanis dari *engine* menjadi tenaga energi fluida oleh *hydraulic pump* dan diteruskan ke *control valve* untuk mengatur *cylinder* dan *motor hydraulic*. Selanjutnya aliran *hydraulic* diteruskan menuju *implement* dan *motor hydraulic* untuk merubah kembali energi fluida menjadi energi mekanis. Berdasarkan fungsinya, sistem *hydraulic* pada *excavator* dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

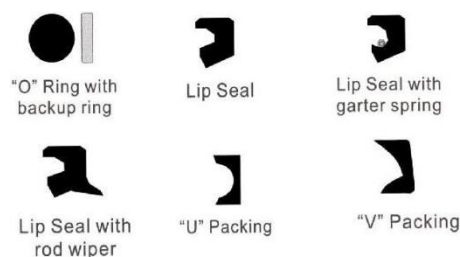
1. *Hydraulic cylinder* yang menggerakkan *work tool* untuk melakukan kerja yang terdiri dari tiga jenis yaitu:
  - a) *Boom Cylinder*
  - b) *Stick Cylinder*
  - c) *Bucket Cylinder*
  - d) *Swing Motor dan Drive*

Oli hidrolik yang dikontrol oleh *control valve* memungkinkan *swing drive* dan *motor* bekerja memutar *Excavator* 360 derajat.
2. *Travel Motor dan Final Drive*. Oli hidrolik yang dikontrol oleh *control valve* dan *swivel joint* memungkinkan *travel motor* dan *final drive* menggerakkan *excavator* maju dan mundur.
3. *Penyekat/Seal*. Semua silinder memiliki dua lokasi dimana fluida harus disekat. Yaitu, sepanjang *piston*, di sekitar *rod* dan antara *body* dan kepala silinder. Terdapat berbagai tipe *seal* yang berbeda-beda tergantung pada penggunaannya. Keandalan dan kualitas *seal* sangat dibutuhkan untuk memperoleh umur komponen yang diinginkan.

Untuk menahan agar fluida pada sistem hidrolik tidak bocor maka digunakan *seal*. *Seal* adalah komponen yang digunakan sebagai perapat antara dua bagian yang berhubungan langsung dengan

fluida, air, udara, dan uap. Gesekan akibat gerak berputar menghasilkan lapisan yang dapat meminimalisir terjadinya kebocoran. Penyebab utama terjadinya kegagalan pada *seal* adalah retaknya permukaan *seal* akibat koefisien gesek yang tinggi pada komponen yang berputar, selain penyebab seperti transfer kalor/panas dari pelumas, adanya kontaminan ataupun korosi.

Konsep meminimalkan celah antara *seal* dan permukaan dengan permukaan logam dibuat dengan tujuan supaya dapat mencegah kebocoran fluida diantara kedua permukaan ini. Konsep meminimalkan celah antar *seal* dan permukaan logam guna meminimalkan kebocoran fluida cocok digunakan untuk penyekatan statis, seperti pada *cylinder head* di *engine*, tetapi jika *part* yang akan disekat oleh *seal* adalah benda berputar, konsep ini akan mengakibatkan tingginya rugi-rugi karena gesekan.



**Gambar 17.** Macam-Macam *Seal*

*Rod seal* adalah material yang *flexible*, menyekat permukaan *rod* dari tekanan hidrolik akibat kombinasi penekanan awal (diameter dalam seal sedikit lebih kecil dibanding diameter luar *rod*). "O" ring *seal* yang sederhana dengan *back-up ring* dapat digunakan, *lip-type seal* merupakan desain yang umum meskipun "U" *cup* atau "V" *cup packing* lebih sering digunakan.

*Lip seal* merupakan material yang dicetak pada logam atau rangka plastik yang keras. Sebuah *coil spring* dipasang pada bagian dalam bibir *seal* untuk menyediakan kontak awal bibir *seal* terhadap permukaan yang berputar. Serupa dengan U-*cup* atau V-*cup*, sisi cekung *seal* menghadap ke fluida bertekanan, dan bibir *seal* tertekan terhadap permukaan yang disekat akibat tekanan fluida dan menghasilkan penyekatan yang kuat.

Material yang digunakan sebagai *seal* biasanya karet sintesis, campuran karet, dan campuran plastik. Kriteria utama pemilihan material adalah kecocokan material *seal* dengan fluida yang digunakan, ketahanan terhadap keausan dan ketahanan terhadap temperatur sistem. Keausan *seal* tergantung pada banyak faktor, selain faktor material yang digunakan, kualitas pelumasan dan kebersihan fluida merupakan hal yang sangat penting, agar dilumasi dengan benar maka harus dalam kondisi terbasahi fluida.

Kerusakan Pada *Seal*. Ketika sistem bekerja fluida yang dipompa langsung bersirkulasi keseluruhan sistem dengan tekanan tinggi dan berulang-ulang, dan salah satunya adalah pada *seal*, karena fluida yang dipompa *relative* bertemperatur tinggi dan

bertekanan tinggi sehingga jika terjadi terus menerus akan berdampak buruk pada *seal* yang terbuat dari bahan karet yaitu menjadikan *seal* lebih keras dan kaku, sehingga *seal* menjadi mudah pecah-pecah dan mengakibatkan kebocoran.

#### F. Penyebab Kerusakan

Temperature Hydraulic System. Setiap *machine* memiliki kinerja maksimum agar komponen dapat bekerja stabil. Namun tidak jarang ditemukan kasus *temperature hydraulic* pada mesin menjadi lebih panas sehingga memicu terjadinya gejala *overheat*. Maka material komponen menjadi lebih cepat rusak khususnya pada bahan material dari karet, plastik seperti *seal cylinder*, O ring *control valve*, *hose hydraulic* sehingga berujung getas, mudah patah, dan bocor.

Selain karet dan plastik, nyatanya material lainnya berupa besi, kuningan, komponen *main pump* dan yang lainnya ketika terkena panas yang tinggi dapat mengakibatkan perubahan bentuk serta memuai. Hal ini sangat memungkinkan timbul gesekan yang berat sehingga laju keausan *inner part* nya semakin cepat. Hal ini dapat menyebabkan *internal leaks* yang besar pada komponen *main pump*, *control valve*.

Kualitas Oli *Hydraulic*. Baik pada kendaraan pribadi maupun Alat Berat, oli sudah menjadi senyawa utama dalam melumasi komponen gerakan mesin sehingga terhindar dari korosi atau aus. Namun seiring dengan penggunaan mesin, kualitas oli lama-kelamaan menjadi keruh dan kotor.

Sehingga menyebabkan *scratch* atau tergores pada *cylinder*, *control valve*, dan *main pump*. Jika sudah mengalami *scratch*/tergores maka akan terjadi namanya *internal leaks* (kebocoran dalam komponen) hal ini menyebabkan *trouble hydraulic low power* dan panas oli *hydraulic* akan meningkat, itu membuat oli akan bocor melewati di sela-sela bagian yang *scratch*, sehingga oli tidak meneruskan tenaga secara maksimal.

Untuk membuat oli *hydraulic* tetep terjaga kebersihannya dengan cara :

1. Lakukan penggantian semua filter hydraulic (*line filter*, *return filter*, *drain filter*) secara teratur sesuai rekomendasi dari Caterpillar.
2. Lakukan penggantian oli *hydraulic* secara teratur.
3. Lakukan *flushing*, oli *hydraulic* disirkulasikan di luar sistem dan disaring dengan saringan di luar oli *hydraulic* setiap *service*.

### III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah menerapkan 8 langkah analisa kegagalan ke dalam kasus kegagalan yang terjadi di lapangan. Kasus yang terjadi di lapangan tersebut pada unit alat berat Excavator 390F Caterpillar. Lokasi kejadian di PT. Bumi Suksesindo tahun 2022 yang dimuat dalam laporan analisa kegagalan PT. Trakindo Utama. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Nyatakan masalah dengan jelas dan ringkas
2. Persiapan pengumpulan fakta
3. Pengamatan dan pencatatan fakta
4. Menganalisa fakta-fakta dengan logis

5. Menentukan akar permasalahan yang paling mungkin
6. Diskusi akar masalah dengan pihak terkait
7. Melakukan perbaikan sesuai arahan
8. *Follow up customer*

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisis kerusakan pada *Stick Cylinder Excavator 390F Caterpillar*. Data yang digunakan dalam analisa ini berdasarkan dari *Failure Analysis Report (FAR)*. Dari hasil tersebut penulis dapat melakukan analisa kerusakan yang terjadi pada *Stick Cylinder Excavator 390F Caterpillar*.

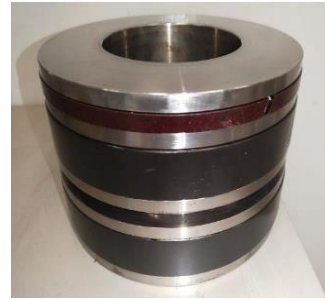
- Applied Failure Analysis (AFA)* sebagai berikut:
1. Nyatakan masalah dengan jelas dan ringkas. Laporan kerusakan: *Stick cylinder* mengalami *stick cylinder drift*. Daftar Kemungkinan penyebabnya antara lain kebocoran *internal*, kerusakan pada ring, *seal*, dan kebengkokan pada *rod cylinder*. Keluhan: *Stick Cylinder Drift*. komponen *part: Seal As (8C-9182)*.
  2. Persiapan untuk pengumpulan fakta: Berdasarkan laporan kerusakan terjadi pada *stick cylinder*. Sebelum melakukan tahapan selanjutnya yaitu tahap pembongkaran dan analisis maka penulis melakukan beberapa persiapan peralatan dan bahan agar dalam pengerjaan dapat terlaksana dengan baik dan efisien.



**Gambar 18.** *Stick Cylinder*

Gambar di atas merupakan dokumentasi *stick cylinder* sebelum dilakukan pembongkaran. Setelah dilakukan pengamatan secara *visual* ditemukan kondisi ring dan *seal*/rusak. Hal ini bisa menyebabkan kontaminan dari luar masuk ke dalam *cylinder* dan bercampur dengan oli. Langkah selanjutnya adalah mencari data dan fakta yang dapat menyebabkan *stick cylinder drift*.

3. Amati dan catat fakta. Dari lapangan didapatkan fakta-fakta sebagai berikut: Saat melakukan pengoperasian operator mengalami *stick cylinder drift*, *stick cylinder drift* merupakan kondisi dimana *stick cylinder* mengalami penurunan secara perlahan.



**Gambar 19.** *Inspection Piston*

- A. *Inspection* piston (433-5664):
1. Ring (173-3414) terjadi kerusakan karena *dieseling*.
  2. Ring (155-9157) terjadi *spalling* pada posisi atas yang disebabkan oleh partikel-partikel yang terlepas dari keausan ring sebelumnya, yang kemudian menempel dan akhirnya menggores *cylinder tube*.
  3. *Seal As (8C-9182)* terjadi kerusakan karena *dieseling* dan terpisah.



**Gambar 20.** Kerusakan Ring (173-3414)

- B. *Inspection* ring (173-3414)  
*Inspection* pada ring (173-3414) terjadi keausan yang disebabkan oleh *dieseling*. *Dieseling* itu disebabkan oleh udara dan kandugan gas lainnya yang jenuh bercampur dengan uap oli dari oli *hydraulic*, maka *dieseling* terjadi. Ring ini harus diganti dengan yang baru.



**Gambar 21.** Kerusakan Ring (155-9157)

- C. *Inspection* ring (155-9157)  
*Inspection* pada ring (155-9157) terjadi *spalling* pada posisi atas yang disebabkan oleh partikel-partikel yang terlepas dari keausan ring sebelumnya, yang kemudian menempel dan akhirnya menggores *cylinder tube*.



**Gambar 22.** Kerusakan *Seal As* (8C-9182)

D. *Inspection seal as* (8C-9182).

*Seal* ini rusak karna *dieseling* dan terpisah. Hal ini menjadi salah satu penyebab *stick cylinder drift*.



**Gambar 23.** Kondisi *Head Cylinder*

Hasil dari *inspection head cylinder* masih dalam kondisi bagus, tapi untuk memaksimalkan kerja *stick cylinder* perlu mengganti *head* dan *seal kit* dengan yang baru.

4. Berpikir logis dengan fakta.  
Dari semua fakta yang telah didapat pada langkah ketiga beserta foto-foto pendukungnya maka pada langkah ini disusun rangkaian kejadian kerusakan *stick sylinder* tersebut mulai dari keadaan ring piston, *seal as* piston dan *crack* pada *rod cylinder*.
- a. Setelah dilakukan pembongkaran ada ring piston dan *seal as* yang rusak. Lihat pada gambar 4.1.
- b. Kerusakan pada ring piston (173-3414). Lihat gambar 4.3.
- c. Kondisi *seal as* (8C-9182) sudah rusak, ini salah satu kemungkinan yang menyebabkan *stick cylinder drift*. Lihat gambar 4.5.
- d. Hasil dari *inspection head cylinder* masih dalam kondisi bagus, tapi untuk memaksimalkan kerja *stick cylinder* perlu mengganti *head* dan *seal kit* (570-1982). Lihat gambar 4.6.
- e. Setelah dilakukan *inspection* pada *rod cylinder* ditemukan adanya *crack*. Lihat gambar 4.7 sampai 4.9.
- f. Setelah dilakukan *inspection straightness* pada *rod as* (317-8435), tidak ditemukan terjadinya kebengkokan. Lihat gambar 4.10 dan 4.11.
5. Identifikasi akar penyebab yang paling mungkin.

Dengan tersusunnya urutan kejadian mengapa *seal* piston rusak pada langkah 4 diatas maka dapat disimpulkan bahwa penyebab yang paling mungkin dari kerusakan *stick cylinder* ini disebabkan oleh udara dan kandungan gas lainnya yang jenuh bercampur dengan uap oli

dari oli *hydraulic*, maka *dieseling* terjadi pada ring piston. Ketika gelembung-gelembung gas ini menerima tekanan yang tinggi maka gelembung gas tersebut akan terbakar karena pemanasan *adiabatic*. Hasil dari ledakan gas ini akan mengerosi komponen-komponen yang terdekat.

6. Berkomunikasi dengan pihak yang bertanggung jawab atas kegagalan tersebut. Solusi yang diberikan dari Caterpillar mengganti *stick cylinder* yang rusak kemudian *stick cylinder* yang rusak diperbaiki di *Workshop* PT. Trakindo Utama *branch* BSD.
7. Lakukan perbaikan sesuai arahan pihak yang bertanggung jawab. Maka dilakukan proses garansi ke pabrikan dan dilakukan perbaikan.
8. Tindak lanjuti dengan pelanggan. Selanjutnya setelah dilakukan perbaikan maka pada beberapa waktu kedepan dikonfirmasi kembali apakah kegagalan terjadi kembali.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pemeriksaan di PT. Trakindo Utama *branch* BSD, kerusakan yang terjadi pada *Stick Cylinder Excavator* 390F Caterpillar disebabkan oleh ring (173-3414), ring (155-9157), dan *seal as* (8C-9182) mengalami kerusakan. Kemungkinan kerusakan tersebut disebabkan oleh *dieseling*, *dieseling* itu disebabkan oleh udara dan kandungan gas lainnya yang jenuh bercampur dengan uap oli dari oli *hydraulic*. Ketika gelembung-gelembung gas ini menerima tekanan yang tinggi maka gelembung gas tersebut akan terbakar karena pemanasan *adiabatic*. Hasil dari ledakan gas ini akan mengerosi komponen-komponen yang terdekat.

### B. Saran

1. Mengeluarkan semua kandungan udara dan gas-gas yang mudah terbakar didalam *cylinder* sebelum digunakan. Gerakan *cylinder* beberapa kali keatas dan kebawah, untuk udara kembali masuk ketanki sebelum digunakan.
2. Lakukan *Preventive Maintenance* sesuai dengan prosedur yang tertera dalam *service manual* dan SIS.
3. Selalu perhatikan *contamination control* untuk meminimalisir resiko masuknya kontaminan ke dalam sistem hidrolik.
4. Jangan mengoperasikan *machine* melebihi kemampuan atau kapasitas yang telah ditentukan.
5. Selalu gunakan oli hidrolik yang sesuai dengan spesifikasi *machine*.
6. Diharapkan melakukan sosialisasi dengan *customer* tentang penggunaan dan pemeliharaan *machine* sehingga *customer* dapat meminimalisir terjadinya kerusakan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Caterpillar. (2002). *Applied Failure Analysis*. Australia: Asia Pasific Learning
- Caterpillar. (2003). *Fundamental Hydraulic*. Australia: Asia Pasific Learning.
- Caterpillar. (2003). *Bearing, Seal & Gasket. Training Center* Dept. PT Trakindo Utama. Cileungsi-Bogor.
- Caterpillar. (2005). *Contamination Control. Training Center* Dept. PT Trakindo Utama. Cileungsi-Bogor.
- Nuhgraha, Yoddy Agung. Analisa Kegagalan Pada Engine Oht 793 Caterpillar Menggunakan 8 Langkah Analisa Kegagalan