

Analisa Kerusakan *Cylinder Boom* pada CAT *Backhoe Loader* 444F

Hendra Nurdin^{1*}, Faisal Habib², Sungkono³

¹ Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

^{2,3} Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

* Penulis Korespondensi.



Riwayat Artikel

Diterima: 21 Januari 2026
Selesai Revisi: 21 Februari 2026
Disetujui: 12 Maret 2026
Tersedia daring: 15 Maret 2026

Alamat E-mail

¹ hendran@gmail.com
² faizal.habib@umi.ac.id
³ sungkono@umi.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gaya yang bekerja pada *seal* dan tegangan yang terjadi pada *seal* CAT *Backhoe Loader* 444F. *Cylinder* hidrolik digunakan sebagai sarana untuk mentransfer dan mengendalikan tekanan serta gerakan. Keuntungan penggunaan *cylinder* hidrolik adalah transfer energi yang kuat hanya dengan menggunakan komponen kecil dan sederhana dalam pengendaliannya. Penelitian ini melakukan pengujian ketahanan *seal* dan analisis terhadap tekanan silinder yang dapat menyebabkan kerusakan pada *boom* silinder CAT *Backhoe Loader* 444F. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gaya dan tegangan geser yang terjadi pada *seal boom* silinder CAT *Backhoe Loader* 444F. Penelitian dilakukan untuk mengetahui ketahanan *seal* yang bekerja pada *boom* silinder CAT *Backhoe Loader* 444F pada PT. Vale Indonesia, Tbk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gaya yang terjadi pada *seal* akibat Tekanan pada *boom* silinder CAT *Backhoe Loader* 444F maka Pada kondisi tekanan tanpa ada beban maka gaya yang dihasilkan pada *seal* sebesar 6.780,64 N dan pada tekanan maksimum maka gaya yang dihasilkan sebesar 28.213,7 N sedangkan Tegangan geser yang terjadi pada *seal boom cylinder* CAT *Backhoe Loader* 444F menghasilkan tegangan geser yang terjadi pada *seal* tanpa ada beban sebesar 2.337.054,078 N/m², dan pada tekanan maksimum sebesar 9.724.294,052 N/m². Tegangan yang terjadi pada *seal* dikategorikan masih aman karena masih dibawah dari tekanan yang diizinkan 34.473.800 N/m².

Kata kunci: *Cylinder boom*, Tekanan hidrolik, Ketahanan *seal*, Tegangan geser, CAT *Backhoe Loader* 444F.

Abstract

This study aims to analyze the force acting on the seal and the tension that occurs on the CAT Backhoe Loader 444F seal. Hydraulic cylinders are used as a means of transferring and controlling pressure and movement. The advantage of using hydraulic cylinders is the powerful energy transfer by using only small and simple components in their control. This study conducted seal resistance testing and analysis of cylinder pressure that could cause damage to the CAT Backhoe Loader 444F cylinder boom. The purpose of this study is to determine the shear force and tension that occur in the CAT Backhoe Loader 444F cylinder boom seal. The study was conducted to determine the resistance of the seals working on the CAT Backhoe Loader 444F cylinder boom at PT. Vale Indonesia, Tbk. The results of the study show that the force that occurs in the seal due to the pressure on the cylinder boom of the CAT Backhoe Loader 444F, then in pressure conditions without any load, the force produced on the seal is 6,780.64 N, and at maximum pressure, the force produced is 28,213.7 N. In contrast, the shear stress that occurs in the seal boom cylinder of the CAT Backhoe Loader 444F produces a shear stress that occurs on the seal without any load of 2,337,054.078 N/m², and at a maximum pressure of 9,724,294,052 N/m². The stress that occurs in the seal is still considered safe because it is still below the permissible pressure of 34,473,800 N/m².

Keywords: *Cylinder boom*, Hydraulic pressure, Seal resistance, Shear stress, CAT Backhoe Loader 444F.

1. PENDAHULUAN

Sistem hidrolik adalah sistem yang akhir-akhir ini banyak digunakan oleh industri, baik industri ringan sampai industri berat dan pertambangan sebagai sarana penggerak pada mesin press, mesin lipat dan alat angkut yang berkapasitas ratusan ton. Analisis kegagalan adalah metode investigasi yang dilakukan secara sistematis yang bertujuan untuk mencari tahu penyebab terjadinya kegagalan pada suatu komponen atau peralatan. Hasil yang diharapkan dari analisis kegagalan adalah

rekomendasi atau solusi untuk mengatasi kegagalan yang terjadi. Dalam mempelajari kegagalan komponen, harus mempertimbangkan sebab-sebab atau alasan terjadinya kegagalan secara luas. Kegagalan komponen banyak terjadi pada komponen yang bergerak secara terus-menerus dan menerima beban yang berlebihan.

Salah satu jenis alat berat yang banyak digunakan dalam kegiatan ini adalah *excavator*. Alat berat yang lebih dikenal dengan nama *backhoe* ini lebih dikenal sebagai mesin penggali yang biasanya digunakan untuk mengeruk bahan tambang, misalnya batu bara. *Excavator* memiliki

berbagai komponen penting yang mendukung kelancaran operasionalnya, sehingga apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka suatu pekerjaan yang dilakukan tidak akan siap tepat waktu, yang akan menyebabkan kerugian besar pada perusahaan tersebut. Oleh sebab itu, tidak bisa dipungkiri perlunya suatu perencanaan kegiatan perawatan komponen untuk memaksimalkan sumber daya yang ada. Keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dengan lancarnya kegiatan produksi akan lebih besar.

Komponen *boom* pada *excavator* berguna untuk menggerakkan dan mengayunkan *arm* sekaligus *bucket* saat melakukan pekerjaan, berkat dengan adanya *boom* ini jarak ayunan *bucket* bisa lebih jauh sehingga mampu menunjang fungsi lebih luas. Sehingga *boom excavator* merupakan salah satu komponen yang paling penting dari *excavator* karena digunakan untuk menggerakkan *arm* naik turun, menahan beban dari *arm*, *bucket*, dan beban dari luar. Oleh karena itu agar berfungsi sebagaimana mestinya, *boom excavator* harus dibuat dengan material yang berkualitas dan tahan lama sehingga mampu bekerja tanpa mengalami kerusakan. Beberapa komponen *excavator* perlu adanya maintenance setelah digunakan dalam masa pakai, hal ini dapat mengakibatkan biaya operasional meningkat. Kegagalan yang sering terjadi pada *boom* mengalami patah pada bagian *bottom mounting boom*. Bagian *bottom mounting boom* merupakan bagian ujung bawah *boom* yang berfungsi sebagaiudukan komponen *boom* untuk dapat bergerak mengayun. Kemungkinan terjadinya patahan pada *bottom mounting boom* diakibatkan kegagalan lelah serta perawatan yang kurang tepat pada komponen *boom*

Cylinder Hydraulic merupakan sarana yang memakai fluida buat mentransfer dan mengendalikan tekanan serta gerakan. Keuntungan memakai *cylinder hydraulic* dalam hal transfer energi yang kuat hanya menggunakan komponen kecil, dan sederhana berisi hal pengendaliannya. *Excavator* merupakan alat berat yang digunakan untuk mengangkat dan menggali suatu material seperti tanah, bebatuan, pasir dan lain-lain. *Excavator* mempunyai bermacam komponen berarti yang menunjang kelancaran operasionalnya, apabila komponen tersebut mengalami kerusakan hingga sesuatu pekerjaan yang dicoba tidak hendak siap pas waktu, yang hendak menimbulkan kerugian besar pada industri tersebut (Iskandar dkk., 2021).

Salah satu kerusakan pada silinder hidrolik adalah kebocoran silinder. kebocoran silinder ini mengakibatkan keluarnya fluida atau oli dari sistem hidrolik melalui aktuatur atau silinder yang mengakibatkan turunnya kemampuan dari aktuatur atau silinder dalam menyalurkan daya atau tekanan atau bahkan tidak ada sama sekali. Kerusakan paling sering terjadi keausan dinding silinder, kerusakan baut kepala silinder, keretakan kepala silinder, kerusakan ring piston penyebabnya banyak disebabkan oleh keausan komponen-komponen di dalam silinder, masa pakai/umur, kondisi unit yang tua, frekuensi pemakaian unit dan tekanan berlebih atau *overpressure* akibat kesalahan operator yang mengakibatkan kemampuan silinder melebihi batas sehingga komponen-komponennya rusak.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Backhoe Loader

Backhoe loader adalah sebuah alat berat sejenis *excavator*, tetapi *bucket*-nya terletak di bagian belakang yang disebut *backhoe* (penggali) dan bagian depannya dilengkapi oleh *attachment loader* (pengisi). Jenis alat berat yang satu ini bisa dibidang sangat fleksibel dan serbaguna karena memiliki dua fungsi sekaligus, yaitu mengangkat atau memuat material berat dan melakukan penggalian.



Gambar 1. Backhoe Loader

Kehadiran *backhoe loader* pada industri pembangunan memiliki peranan penting terutama dalam meningkatkan efisiensi kerja. Hanya dengan satu alat berat saja, pekerjaan berat seperti menggali, memuat, dan memindahkan material menjadi lebih mudah serta cepat.

Backhoe loader terdiri dari berbagai komponen utama yang bekerja bersama dalam menyelesaikan tugas-tugas di proyek konstruksi. Komponen-komponen utama pada *backhoe loaders* meliputi :

a) Bucket

Sebuah *backhoe loader* dilengkapi dengan komponen *bucket* dibagian depannya. *Bucket* ini berfungsi untuk mengangkat, memuat, dan mendorong material-material konstruksi, seperti residu-residu hasil pembangunan, kerikil, pasir, tanah, dan bahan konstruksi lainnya.

b) Backhoe

Dibagian belakang *backhoe loader*, terdapat lengan panjang yang juga dilengkapi oleh *bucket*. Namun, *bucket* di sini memiliki fungsi untuk menggali dan mengangkat material dari tanah. *Backhoe* memiliki bentuk yang sama seperti *excavator* hanya saja ukurannya lebih kecil. Kapasitas angkut *backhoe* pun tidak sebesar *excavator*, tetapi fungsi *backhoe* kurang lebih mirip dengan *excavator* pada umumnya seperti menggali pondasi, saluran air, atau parit.

c) Chasis dan Roda

Backhoe loader bisa digerakkan dengan mudah karena adanya roda. Roda pada *backhoe loader* dirancang khusus untuk bergerak di berbagai medan kerja. Chassis pada *backhoe loader* juga harus memiliki ketahanan yang kuat agar *backhoe loader* bisa beroperasi dengan baik di tanah yang tidak rata.

d) Cabin

Cabin adalah ruang khusus untuk operator mengoperasikan sebuah *backhoe loader*. Pada unit *backhoe loader* dan jenis alat berat lainnya, komponen

kabin terdiri dari kursi, pendingin udara, monitor panel, dan perangkat-perangkat penunjang lainnya.

2.2. Fungsi Backhoe Loader

Bagian-bagian *backhoe loader* yang telah disebutkan di atas tentu harus memenuhi standardisasi kerja pada pekerjaan konstruksi agar fungsinya bisa dijalankan dengan baik. fungsi utama dari menggunakan *backhoe loader* sebagai berikut :

- a) Melakukan Pekerjaan Penggalian
Backhoe sangat efektif untuk digunakan dalam berbagai jenis pekerjaan penggalian.
- b) Memuat Material Berat
Di bagian depan, *backhoe loader* memiliki *loader* yang berfungsi untuk memuat material. Semakin besar kapasitas *loader*, semakin tinggi pula tingkat efisiensinya.
- c) Fleksibilitas Tinggi
Backhoe loader juga merupakan sebuah alat berat yang memiliki fleksibilitas tinggi terutama dalam sektor konstruksi karena satu unit *backhoe loader* sudah dilengkapi dengan dua komponen penting, yaitu penggali dan pengisi.
- d) Manuverabilitas
Meskipun memiliki dua *attachment* di bagian depan dan belakang, tetapi ukuran *backhoe loader* cenderung lebih kecil, sehingga *backhoe loader* lebih mudah untuk bermanuver di area yang terbatas.
- e) Efisiensi Biaya
Fungsi ganda yang dimiliki oleh *backhoe loader* tentu sangat membantu Anda menekan biaya operasional dan investasi. *Backhoe loader* adalah alat berat yang ekonomis jika Anda membutuhkan alat berat yang dapat menggali, mengangkat, sekaligus memuat material.

2.3. Sistem Hidrolik

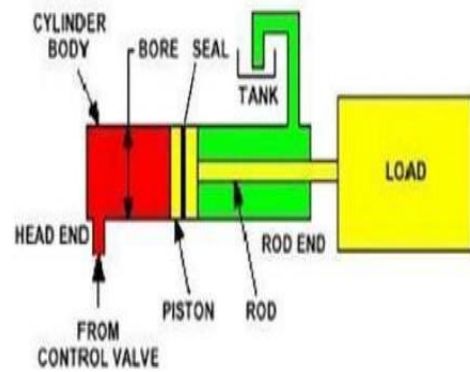
Sistem hidrolik adalah sistem penerusan daya dengan menggunakan oli. Prinsip dasar dari sistem hidrolik adalah memanfaatkan sifat bahwa zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap. Namun menyesuaikan dengan yang ditempatinya. Zat cair bersifat unkompresibel. Karena itu tekanan yang diterima diteruskan ke segala arah secara merata.

Sistem hidrolik biasanya diaplikasikan untuk memperoleh gaya yang lebih besar dari gaya awal yang dikeluarkan. Fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal atau vertical.

Dalam bidang konstruksi terbagi menjadi dua macam sistem kerja hydraulic yaitu :

a) Single Acting Cylinder

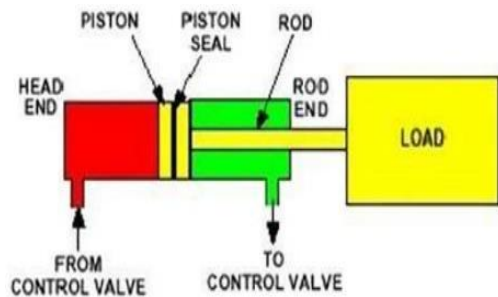
Cylinder kerja tunggal memasok daya ke satu arah. Tekanan *hydraulic* bekerja pada satu sisi piston *cylinder*. Piston dan batang didorong keluar dari *cylinder* barrel dan beban dipindahkan. Karena beratnya beban, aliran oli dikembalikan ke tangki *hydraulic* (Simanjuntak & Nugraha, 2019).



Gambar 2. Single-Acting Cylinder
(Muhammad Haikal, 2019).

b) Double-acting cylinder

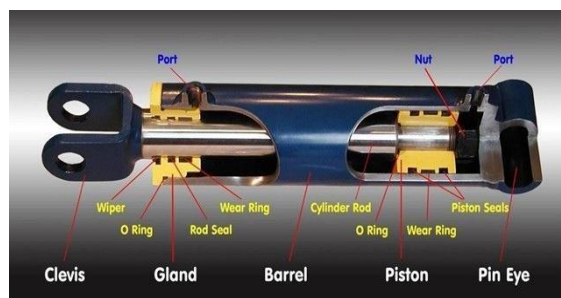
Prinsip operasi *cylinder* hydraulic adalah gerakan ganda. Ini berarti aktuasi ganda dengan dua ruang fluida di dalam ruang *cylinder*, ruang *cylinder* atas dan bawah piston, sebagai bagian dari ruang yang ditempati oleh *cylinder* rod (Simanjuntak & Nugraha, 2019).



Gambar 3. Double-Acting Cylinder
(Muhammad Haikal, 2019).

2.4. Silinder Hidrolik

Silinder adalah sebuah aktuator mekanik yang menghasilkan gaya searah melalui gerakan stroke yang searah. Alat ini menjadi salah satu bagian dari sistem hidrolik selain pompa dan motor hidrolik. Jika motor hidrolik mengubah tekanan fluida hidrolik menjadi gerakan putar, maka silinder hidrolik menghasilkan gerakan stroke yang searah. Silinder hidrolik mendapatkan gaya dari fluida hidrolik bertekanan. Di dalam silinder hidrolik terdapat piston yang terhubung dengan rod yang dapat bergerak maju dan mundur tergantung pada sisi mana yang diisi oleh fluida hidrolik bertekanan. Besar tekanan yang digunakan berbeda pada kedua sisi silinder, tergantung pada beban, dan luas penampang silinder dan sisi rod-nya.



Gambar 5. Silinder Hidrolik dan bagian- bagiannya

Berikut adalah bagian – bagian dari silinder hidrolis :

a) Silinder Barel

Bagian ini menjadi sisi terluar dari silinder hidrolis yang posisinya didesain diam. Proses permesinan pada sisi dalamnya didesain presisi sesuai dengan komponen yang lain.

b) Piston

Bagian ini berada pada sisi dalam barel yang berfungsi untuk memisahkan antara kedua sisi ruang silinder. Berkontak langsung dengan fluida hidrolis dan memiliki luas penampang tertentu. Luas penampang inilah yang mengubah tekanan hidrolis menjadi gaya tertentu yang besarnya sesuai dengan rumus umum:

$$F = P \cdot A \tag{1}$$

dengan,

F = Gaya (N)

P = Tekanan fluida hidrolis (N/m²)

A = Luas penampang piston (m²)

c) Piston Rod

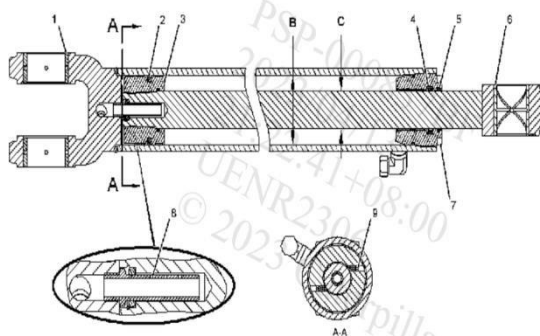
Bagian yang berbentuk silinder memanjang ini salah satu ujungnya terkoneksi langsung dengan piston, dan sisi lainnya terkoneksi dengan peralatan lain yang digerakkan. Bagian inilah yang meneruskan gaya yang timbul akibat tekanan fluida hidrolis ke alat lain yang terhubung.

d) Sistem Seal/Gland

Beberapa bagian dari silinder hidrolis terpasang system seal yang umumnya berbahan karet, untuk mencegah kebocoran fluida hidrolis. Pada sisi piston terpasang seal untuk mencegah fluida kerja berpindah dari sisi satu ke yang lainnya, sehingga dapat mengganggu kerja silinder hidrolis. Pada sisi piston rod terpasang system seal yang fix pada sisi barel sebelah dalam untuk mencegah kebocoran fluida hidrolis yang berada pada ruang sisi piston rod.

3. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan difokuskan Pada *Cylinder Boom* pada *Beckho Loader Caterpillar 444F* yang sering mengalami kebocoran/kerusakan



Gambar 6. *Cylinder Boom*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan

Tegangan yang diterima pada seal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\tau_{G maks} = \frac{F_{maks}}{A_k} \tag{2}$$

Dengan:

F_{maks} = Gaya maksimum (N) = 28.213,68 N

A_k = Luas kontak sel (m²) = 0,00290136 m²

Sehingga,

$$\tau_{G maks} = \frac{28.213,68}{0,00290136} = 9.725.294,052 Pa$$

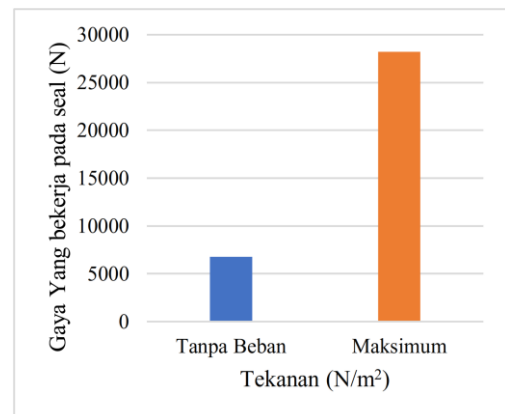
Tegangan geser yang terjadi pada seal dengan beban maksimum sebesar 9.724.294,052 N/m².

4.2. Interpretasi Hasil

a) Hubungan antara gaya yang bekerja pada seal dengan tekanan

Pada grafik hubungan antara gaya yang bekerja pada seal akibat tekanan silinder pada boom cylinder CAT Backhoe Loader 444F dapat dilihat pada gambar 4.2. dari grafik dapat dilihat bahwa tekanan sangat berpengaruh terhadap kekuatan dari silinder. Gaya yang bekerja pada seal hidrolis berperan penting dalam kinerja silinder boom pada sebuah mesin atau peralatan berat. Keberhasilan silinder boom dalam melaksanakan tugasnya tergantung pada kemampuannya untuk menghasilkan gaya yang cukup untuk menggerakkan dan mengangkat beban yang diinginkan.

Pada kondisi tekanan tanpa ada beban makan gaya yang diterima seal akibat tekanan silinder sebesar 6.780,64 N, dan pada tekanan maksimum gaya yang diterima seal sebesar 28.213,7 N.

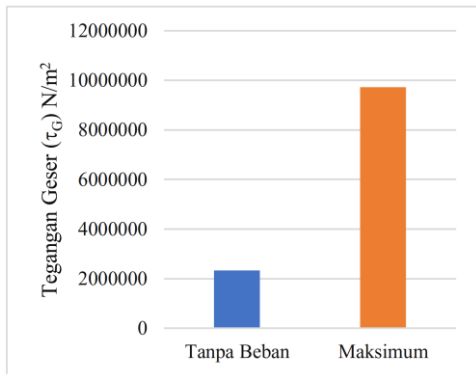


Gambar 7. Grafik hubungan antara gaya yang bekerja pada seal dengan tekanan pada boom cylinder

b) Tegangan geser yang terjadi pada seal

Seal sering digunakan untuk mencegah kebocoran dalam sistem akibat mengalami beban eksternal. Ketahanan seal terhadap kerja boom pada sistem hidrolis penting untuk memastikan kinerja yang optimal dan mencegah kebocoran atau kegagalan seal yang dapat mengganggu operasi system. Seal pada sistem hidrolis boom harus mampu menahan tekanan hidrolis yang dihasilkan oleh pompa hidrolis. Tekanan hidrolis yang tinggi dapat memberikan beban yang signifikan pada seal, oleh karena itu, seal harus memiliki ketahanan tekanan yang memadai untuk menghindari kebocoran atau kerusakan. Kegagalan/kebocoran pada silinder hidrolis, Seal pada sistem hidrolis boom juga harus mampu menahan gerakan dan beban yang dihasilkan oleh kerja

boom. Gerakan yang berulang, getaran, dan beban yang diterapkan pada *seal* dapat mempengaruhi kehidupan pakai dan kinerja *seal*.



Gambar 8. Diagram tegangan geser yang terjadi pada *seal*

Pada *boom cylinder* CAT *Backhoe Loader* 444F menghasilkan tegangan geser pada *boom* tanpa ada beban sebesar 2.337.054,078 N/m² sedangkan tegangan geser pada *boom* dengan beban maksimum sebesar 9.724.294,052 N/m² sedangkan kekuatan tarik dengan material *seal* terbuat dari bahan nilon nitril dengan kekuatan Tarik *seal* sebesar 34.473.800 N/m² karena bahan *seal* ini dirancang untuk menahan tekanan diatas 20.684.280 N/m².

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Gaya yang terjadi pada *seal* akibat Tekanan pada *boom* silinder CAT *Backhoe Loader* 444F maka Pada kondisi tekanan tanpa ada beban maka gaya yang dihasilkan pada *seal* sebesar 6.780,64 N dan pada tekanan maksimum maka gaya yang dihasilkan sebesar 28.213,7 N.
- Tegangan geser yang terjadi pada *seal boom cylinder* CAT *Backhoe Loader* 444F menghasilkan tegangan geser yang terjadi pada *seal* tanpa ada beban sebesar 2.337.054,078 N/m², dan pada tekanan maksimum sebesar 9.724.294,052 N/m². Tegangan yang terjadi pada *seal* dikategorikan masih aman karena masih dibawah dari tekanan yang diizinkan 34.473.800 N/m²

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Putra Malau. (2019). *Analisa pompa hidrolis pada excavator*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Ahmad Zarkasyi, Sariyusda, Jufriadi, & Hamdani. (2019). Analisa kerusakan silinder hidrolis pada excavator Hitachi EX200 LC dengan metode Fishbone di PT. Alhas Jaya Group. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 3(1). Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Ardianto, F. (2019). *Analisa kerusakan sistem hidraulik pada boom cylinder unit excavator XGMA XG822EL* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta].
- Aryoseto. (2010). *Pembuatan alat peraga sistem hidrolis*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Budi Tri Siswanto. (2007). *Teknik alat berat*. Universitas

Negeri Yogyakarta.

- Iskandar, Adi Saputra Ismy, Sariyusda, Darmein, & Zaini. (2021). Analisa kerusakan hidrolis boom cylinder excavator Komatsu PC200-8 dengan menggunakan metode FMEA. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(1). Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Jenni Ria, R., & Willy, V. S. (2021). Analysis of seal resistance on excavator type hydraulic rod EC200D. *Jurnal Baut dan Manufaktur*, 3(2).
- Kis Yoga Utomo. (2022). Analisis ketahanan seal pada batang hidrolis excavator tipe EC200D. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(4).
- Kurniawan, H. (2016). *Analisa defleksi pada rod bucket di sistem hidrolis excavator Hitachi Zaxis 210 MF*. Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- Muhammad Haikal. (2019). Analisis sistem perawatan silinder bucket excavator Kobelco SK-200-8S dengan metode total productive maintenance (TPM). *Maintenance Journal*, 81.
- Nofal Olifanta, Pribadyo, & Herri Darsan. (2022). Analisis kerusakan sistem hidrolis pada boom silinder unit eskavator Komatsu PC200-7 di PT. Wirataco Mitra Mulia. *Jurnal COMSERVA*, 2(5). Universitas Teuku Umar, Indonesia.
- Rendy Orlando, R. B., Disabella Dayera, & Benyamin Tangaran. (2022). Analisa kerusakan hydraulic cylinder boom pada unit excavator Kobelco SK200-10. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2). Universitas Kristen Papua.
- Rissetridharma Simanjuntak, & Novan Abdi Nugraha. (2019). Analisa perbaikan silinder hidrolis bucket PC-2000. *Jurnal Teknik Mesin*, 1