

## Analisis Ketahanan *Seal* pada Batang Hidrolik Excavator Tipe EC200D

**Kis Yoga Utomo**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Kota Bekasi,  
Provinsi Jawa Barat, Indonesia

Email: [1yogautomo760@gmail.com](mailto:1yogautomo760@gmail.com)

### Abstrak

Seiring dengan perkembangan zaman, dunia industri saat ini juga telah mengalami perkembangan yang begitu pesat, ini dapat dilihat pada industri yang bergerak dibidang pengolahan kayu, pertambangan, pembukaan lahan, perkebunan sawit, pertambangan dan proyek pembuatan jalan dimana sebagian besar dikerjakan dengan menggunakan alat berat. Maka kebutuhan alat berat khususnya di PT. KOMATSU, UNITED TRACTOR dan juga VOLVO juga semakin meningkat. Salah satu alat berat yang sering digunakan didalam proyek adalah excavator, seperti yang diketahui excavator berperan penting dalam pekerjaan seperti menggali, meratakan tebing, mengangkat barang, dan lainnya. Yang bertujuan untuk Menghasilkan ketahanan seal pada batang hidrolik excavator dengan tipe EC200D. Adapun angka yang diperoleh Seal Oli 1 warna putih 1.766,639 kg, Seal Oli 2 warna biru 441,484 kg, Ring Wear 441,484 kg, dan Lip Seal 993,69 kg. Kemudian akan dilakukan pengujian ketahanan pada seal batang hidrolik jika masing-masing seal diberikan tekanan dengan beban 40 – 90 Shore A.

**Kata Kunci:** Ketahanan *Seal*, Batang hidrolik, Excavator EC200D, Hidrolik Excavator, Silinder Bucket.

### Abstract

Along with the times, the industrial world today has also experienced rapid development, this can be seen in industries engaged in wood processing, mining, land clearing, oil palm plantations, mining and road construction projects where most of them are done using heavy equipment. So the need for heavy equipment, especially at PT. KOMATSU, UNITED TRACTOR and also VOLVO are also increasing. One of the heavy equipment that is often used in projects is an excavator, as it is known that excavators play an important role in jobs such as digging, leveling cliffs, lifting goods, and others. Which aims to produce seal resistance on excavator hydraulic rods with the EC200D type. The figures obtained are Oil Seal 1 white color 1,766,639 kg, Oil Seal 2 blue 441.484 kg, Ring Wear 441.484 kg, and Lip Seal 993.69 kg. Then a resistance test will be carried out on the hydraulic rod seals if each seal is pressured with a load of 40-90 Shore A.

**Keywords:** Seal Resistance, Hydraulic Rod, EC200D Excavator, Excavator Hydraulic, Bucket Cylinder.



This work is licensed under a [Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

## PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, dunia industri saat ini juga telah mengalami perkembangan yang begitu pesat, ini dapat dilihat pada industri yang bergerak dibidang pengolahan kayu, pertambangan, pembukaan lahan, perkebunan sawit, pertambangan dan proyek pembuatan jalan dimana sebagian besar dikerjakan dengan menggunakan alat berat. Maka kebutuhan alat berat khususnya di PT. KOMATSU, UNITED TRACTOR dan juga VOLVO juga semakin meningkat. Untuk itu, PT. KOMATSU, UNITED TRACTOR dan juga VOLVO sebagai perusahaan yang bergerak dalam bidang kontraktor dan suplayer berbagai macam peralatan alat berat, dan dump truck. Berusaha untuk dapat memenuhi segala macam kebutuhan pada proyek-proyek tersebut.

PT. KOMATSU, UNITED TRACTOR dan juga VOLVO adalah perusahaan publik di Jakarta yang bergerak dibidang pembuatan unit alat-alat berat, seperti Excavator, bulldozer, motor grader, dump truck dan lain-lain. Salah satu alat berat yang sering digunakan didalam proyek adalah excavator, seperti yang diketahui excavator berperan penting dalam pekerjaan seperti

menggali, meratakan tebing, mengangkat barang, dan lainnya. Excavator itu sendiri terdiri dari beberapa komponen utama seperti engine, pump, controll valve, final drive, swing, center joint, boom, arm dan bucket.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk menghasilkan ketahanan *seal* pada batang hidrolik excavator dengan tipe EC200D dan untuk menghasilkan kekerasan *seal* yang optimal pada *seal* batang hidrolik excavator dengan tipe EC200D.

## **METODE PENELITIAN**

### **Metode Penelitian Teoritis**

Metode Penelitian Teoritis yaitu dengan melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, baik berupa buku – buku, arsip, majalah, artikel, dan jurnal / atau dokumen – dokumen yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Adapun beberapa metode penelitian yang digunakan dalam metode penelitian teoritis antara lain:

1. Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan. Setelah mendapatkan data dan informasi maka dilakukan identifikasi tentang topic permasalahan, akhirnya dapat dibuat rumusan masalah berdasarkan permasalahan yang ada pada identifikasi masalah.
2. Pengumpulan Data dan Pengolahan Data. Setelah semua data diperoleh, kemudian data tersebut dikumpulkan dan diolah agar mempermudah dalam proses pengerjaan penelitian ini. Studi pustaka untuk menyempurnakan data lapangan khususnya data yang tidak terdapat dilapangan.
3. Diskusi dan Bimbingan. Metode diskusi atau bimbingan yaitu, melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen atau dari pihak – pihak yang berkaitan dengan penyusunan tugas akhir ini.

### **Metode Penelitian Rekayasa**

Penelitian Rekayasa adalah penelitian yang menerapkan ilmu pengetahuan menjadi suatu rancangan guna mendapatkan kinerja sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Penelitian diarahkan untuk membuktikan bahwa rancang tersebut memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

### **Metode Penelitian Eksperimental (Pengujian Laboratorium)**

Metode Penelitian Eksperimen adalah sebuah metode penelitian yang bertujuan untuk memahami proses sebab – akibat dengan melakukan manipulasi dan pengujian terkontrol pada sample subjek penelitian.

### **Hipotesis**

Kemampuan daya angkat dengan beban maksimal 9400 kg dan jika melebihi akan mengalami kerusakan pada *seal* batang hidrolik excavator tipe EC200D.

## **Landasan Teori**

### **Hidrolik Excavator**

Sistem hidrolik merupakan sistem daya yang diteruskan dengan menggunakan fluida zat cair. Minyak dan benda cair merupakan jenis fluida yang banayak digunakan. Fluida berbeda dengan zat padat, yaitu tidak dapat menopang tegangan geser. Hidrolik silinder *bucket excavator* merupakan alat yang bekerja untuk menaikkan dan menurunkan bucket, pada silinder *bucket* terdapat berbagai komponen pendukung untuk melakukan kerja *backhoe*. Prinsip dasar dari sistem hidrolik berasal dari hukum Pascal yang dinamakan menurut Blaise Pascal (1623–1662), “Tekanan yang diberikan pada suatu cairan yang tertutup diteruskan tanpa berkurang ke tiap titik dalam fluida dan kedinding bejana”.

### Komponen-Komponen Silinder Hidrolik Excavator

1. Silinder *Head*. Silinder *head* terhubung ke tabung dengan semacam kunci. Secara umum sambungan di sekrup atau bergelang. Sambungan dengan cara bergelang yang paling mahal. Keuntungan dari sambungan ini adalah sambungan terkunci dan lebih sederhana untuk dibuka atau dilepas.



Gambar 1. Silinder Head

2. Tabung Silinder (Body). Sebagian besar tabung silinder merupakan pipa tanpa klem yang ditempa dengan dinding yang tebal yang sudah dilakukan dengan mesin. Tabung silinder tersebut kemudian diasah atau dihoning secara halus. Tabung silinder memegang peranan penting dalam hidrolik. Tabung silinder harus mampu menahan tekanan fluida yang ada didalam tabung piston bekerja.



Gambar 2. Tabung Silinder (Body)

3. *Piston Rod* (Batang Piston). Batang piston sering disebut dengan as. Batang piston biasanya merupakan lapisan chrome dari baja *cold-rolled* yang dilapiskan pada piston dan *dichrome* dari kepala batang silinder sampai akhir batang silinder. Batang piston menghubungkan aktuator hidrolik ke bagian mesin untuk melakukan pekerjaan.



Gambar 3. *Piston Rod* (Batang Piston)

4. Piston. Bentuk dari piston hidrolik adalah pendek dan mempunyai alur. Alur disini mempunyai tujuan sebagai tempat dudukan *seal* pada piston. Piston biasanya dibentuk dengan mesin dengan alur sesuai *seal*.



**Gambar 4. Piston**

5. *O-ring* dan *Seal O-ring*. *Seal* berfungsi sebagai media yang mengalami kontak langsung dengan dinding silinder. *O-ring* dan *Seal* merupakan perantara antara dinding silinder dengan piston hidrolis

a. *Lip Seal*. *Lip Seal* (*oli seal*) digunakan sebagai penyekat atau perapatan (*sealing*) berdasarkan perbedaan ukuran antara *oli seal* dengan diameter batang piston.



**Gambar 5. Lip Seal**

b. *O-Ring*. *O-Ring* adalah bentuk cincin yang sangat lunak yang terbuat dari bahan alami atau karet *synthetic* atau plastik. Dalam pemakaiannya *O-ring* biasanya dikompres antara dua permukaan sebagai *seal*, *O-ring* sering digunakan sebagai *static seal* yang fungsinya sama dengan gasket.



**Gambar 6. O-Ring**

c. *Ring wear*. *Ring wear* berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian piston *Rod* maupun bagian belakang piston *Rod*, dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan *impeller*



**Gambar 7. Ring Wear**

6. *Bushing Brake*. *Bushing Brake* merupakan salah satu komponen pendukung dalam perakitan silinder hidrolik pada excavator. *Bushing break* ini merupakan fungsi yaitu membantu meredam kejutan sehingga pada waktu piston *rod* bergerak mundur maka ujung batang tidak secara keras mengenai dasar silinder.



Gambar 8. *Bushing Brake*

7. Baut Pengunci. Baut berfungsi sebagai pengikat piston. baut yang dipakai berukuran besar. baut ini berfungsi untuk mengunci semua komponen-komponen yang tersusun di *rod*



Gambar 9. Baut Pengikat

### Komponen Sistem Hidrolik

Komponen Sistem Hidrolik pada *excavator* dibedakan menjadi dua klompok, yaitu:

1. Komponen Utama: Tangki Hidrolik; Pompa Hidrolik; Actuator; dan Katup–katup pengontrol (*control valves*). Dari keempat komponen diatas memiliki julukannya masing–masing. Misalnya, tangki dan pompa Hidrolik sering disebut dengan plus energy penggerak atau sebagai unit tenaga (*power pack*), *actuator* sering disebut dengan unit penggerak komponennya adalah silinder Hidrolik (arm silinder, boom silinder dan bucket silinder) dan untuk *control valve* sering disebut dengan unit pengatur.
2. Komponen pendukung. Komponen pendukung antara lain: Saluran (*lines*) terdiri atas pipa, selang atau hose; Saringan (*filter*); Pendingin minyak; Akumulator; Tuas dan pedal; dan Komponen *system* kelistrikan.
3. Fluida dan sifatnya. Prinsip dasar *system* Hidrolik adalah sifat fluida (zat cair) yang sangat sederhana. Fluida yang digunakan pada *system hidrolis* harus memenuhi kriteria: memiliki indeks kekentalan (viskositas) yang baik, tahan api. Tahan dingin, tahan korosi / aus, dan tak berbusa.

### Penyebab Kerusakan yang Terjadi pada Silinder Hidrolik

Penyebab terjadinya kerusakan pada silinder Hidrolik diantaranya:

1. Masa pakai yang terlalu. Hal ini tentunya sudah menjadi hal yang lumrah, karena didalam bagian silinder terdapat komponen yang namanya *seal*, yang mana bahan dasar *seal* adalah dari karet walaupun ada juga yang menggunakan bahan lain seperti polyurethane ataupun yang lain, dan pastinya mempunyai masa pakai yang terbatas.

2. Kualitas Oli. Oli sangatlah berperan penting dalam sebuah sistem hidrolis, jika kualitas oli berkurang karena terdapatnya gram ataupun kotoran, maka ini akan membuat kerusakan pada bagian rod. Karena kotoran ini akan terjebak pada bagian *seal*, sehingga lambat laun akan mengikis pada rod sehingga terjadi goresan yang berakibat oli rembes melewati *seal*.
3. Temperatur oli yang tidak sesuai. Setiap jenis oil *seal* tentunya punya karakteristik yang berbeda, tipe NBR contohnya. *Seal* tipe NBR ini tidak akan tahan dengan suhu yang tinggi.
4. Kelebihan beban. Tonase yang berlebih yang terbebaskan pada sebuah silinder tentunya suatu hal yang harus dihindari. Hal yang biasa terjadi jika terdapat kelebihan beban pada sebuah silinder adalah terjadinya bengkok pada bagian rod, bahkan dalam tipe silinder tertentu bisa menyebabkan rod patah ataupun silindernya pecah.



Gambar 10. Kerusakan Tabung Silinder Hidrolis

### Komponen – Komponen Terjadinya Kerusakan

1. Silinder Rod. Gejala kerusakan yang sering terjadi pada silinder Rod:
  - a. Kerusakan yang sering terjadi pada silinder rod adalah tergoresnya atau terkikisnya batang dalam skala besar atau kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh kotoran- kotoran yang masuk dan menyebabkan terkikisnya batang piston ke gland cover. Ketika rod melakukan gerakan maju mundur pada saat operasi kotoran dapat menempel pada as dan masuk ke dalam tabung. Hal ini juga dipengaruhi oleh *Dust Seal (Seal Debu)* yang tidak baik lagi atau sudah rusak.
  - b. Kemungkinan kerusakan yang kedua adalah batang rod bengkok dan bisa sampai mengakibatkan batang patah. Bengkoknya as piston ini disebabkan oleh pembebanan yang berlebihan ketika excavator sedang beroperasi. Operator terkadang kurang memperhatikan dan tidak hati-hati menggunakan silinder bucket. Mengangkat beban yang berlebihan dapat mengakibatkan rod menjadi bengkok.
2. Sistem *Seal*. Gejala kerusakan terjadi pada *Seal* kerusakan yang umum terjadi adalah *seal-seal* yang digunakan pada piston sudah habis. Hal ini ditandai dengan menipisnya lapisan *seal-seal* tersebut. *Seal* yang sudah rusak dapat dilihat dari bentuknya yang tidak simetris lagi. Jika *seal-seal* yang sudah rusak atau habis dipaksakan untuk dipakai maka akan mengakibatkan kerusakan-kerusakan pada dinding silinder hidrolis dan piston dan sampai ke batang piston.
3. Piston. Gejala kerusakan yang sering terjadi pada Piston silinder : Umumnya kerusakan yang terjadi pada piston hidrolis yaitu terletak pada pinggiran/tepi piston tergores. Kerusakan yang sering terjadi juga yaitu berupa benjolan pada piston yang mengakibatkan piston menjadi baling. Hal ini bisa terjadi karena *seal* yang terpasang pada piston mengalami gangguan/kerusakan, apabila *seal* pada piston mengalami kerusakan sedikit pun otomatis pergerakan piston akan terganggu yaitu mengakibatkan piston langsung bergesekan dengan dinding silinder hidrolis sehingga membuat piston mengalami kerusakan.
4. Head Silinder. Gejala kerusakan yang sering terjadi pada Head Silinder:

- a. Head silinder mengalami keretakan pada bagian dalam atau luar. Hal ini dapat terjadi karena benturan benda keras yang mengenai Head Silinder pada saat beroperasi.
- b. Kerusakan yang umum terjadi yaitu terjadinya goresan atau terkikisnya dinding head silinder bagian dalam. Dalam hal ini goresan diakibatkan oleh masuknya kotoran dari luar.
- c. Head silinder mengalami kebalingan. Hal ini cukup mengganggu kinerja dari bucket silinder hydraulic. Head silinder yang baling dapat membuat kebocoran pada tabung

### Jenis-Jenis Perbaikan pada Silinder Hidrolik

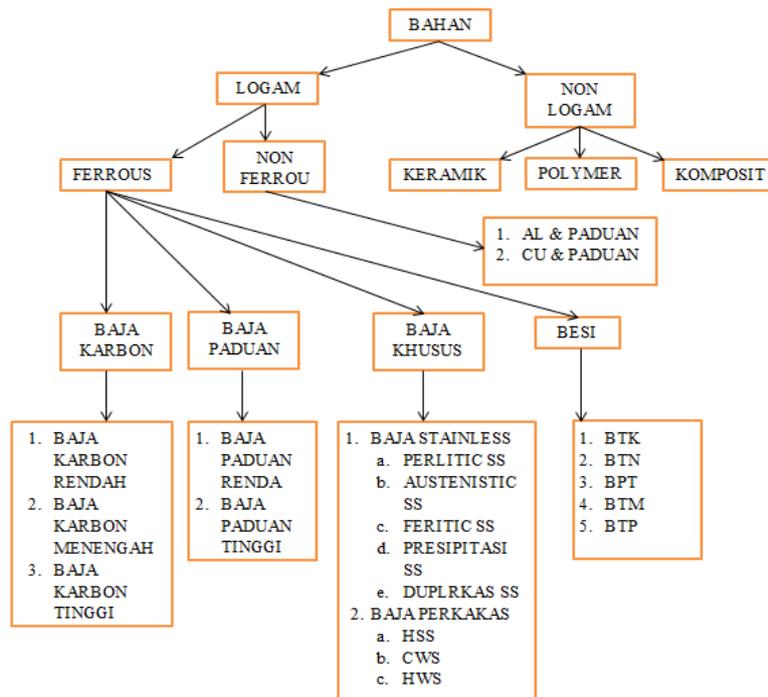
1. *Reseal* (penggantian *seal* lama dengan yang baru) Sistem perbaikan *Re-seal* ini hanya mencakup pergantian semua *Seal Kit* yang terdapat pada silinder hidrolik yang sudah mengalami kerusakan dan sudah sampai pada waktunya untuk diganti dengan yang baru, dengan catatan tidak ada yang mengalami kerusakan pada komponen yang lainnya. Masalah yang timbul pada kerusakan ini biasanya kebocoran yang diakibatkan oleh *seal* yang sudah tidak layak untuk menahan tekanan yang timbul akibat tekanan oleh cairan fluida, namun kerusakan juga bisa di dapati pada cairan fluida itu sendiri dari segi kebersihan dan tingkat kekentalannya yang berfungsi menggerakkan *silinder rod*.
2. Honing (penghalusan tabung silinder bagian dalam)
3. Perbaikan piston (opsional, jika terjadi kerusakan)
4. *Chrome Rod* (memperbaiki permukaan *rod* yang rusak) Sistem perbaikan ini berfungsi hanya pada bagian lapisan metal yang memiliki kehalusan yang kontak langsung dengan *seal kit* yang memiliki daya elastis tinggi namun memiliki kelemahan apabila bergesekan dengan permukaan yang kasar. Perbaikan ini umumnya dilakukan pada komponen yang masuk hanya bagian tertentu yaitu *Rod* silinder, jika komponen ini masuk ke perusahaan tidak dengan posisi lengkap atau *Assy* maka di sebut dengan *Job Single*, *Job Single* ini memiliki tingkat kesulitan yang tinggi dalam perbaikan karena komponen tersebut harus sempurna mungkin dari pada segi fisik dan pengukurannya yang menjadi sorotan utama oleh konsumen.



Gambar 11. *Seal Kit* Silinder Hidrolik

### Klasifikasi Bahan

Bahan adalah suatu material dimana suatu benda itu dibentuk bukan selalu satu jenis bahan tertentu, tetap didapat dari berbagai jenis bahan yang menjadi satu kesatuan sifat. Material adalah suatu komposisi partikel yang sanggup membentuk satu kesatuan, dimana dari padanya dapat dibentuk suatu benda yang memiliki sifat homogen. Dari definisi diatas maka bahan – bahan tersebut dapat diklasifikasikan seperti pada gambar 12. dibawah ini:



**Gambar 12. Pembagian Bahan**

Sumber: Jenni Ria R., Diktat Pemilihan Bahan dan Proses, 2002

### Jenis Bahan Polimer

Polimer adalah bahan organik dengan ciri molekul raksasa dan nama polimer adalah jabatan dari kata – kata “POLY” artinya banyak dan “MEROS atau MER” artinya ruangan. Jadi polimer adalah banyak ruangan. Polimer memiliki berat molekul lebih besar dari 10.000 g/gmol, bahkan dapat mencapai 1.000.000 g/gmol. Pembentukan molekul raksasa ini terjadi karena adanya suatu proses penggabungan dari molekul – molekul kecil.

### Sifat-Sifat Bahan Polimer

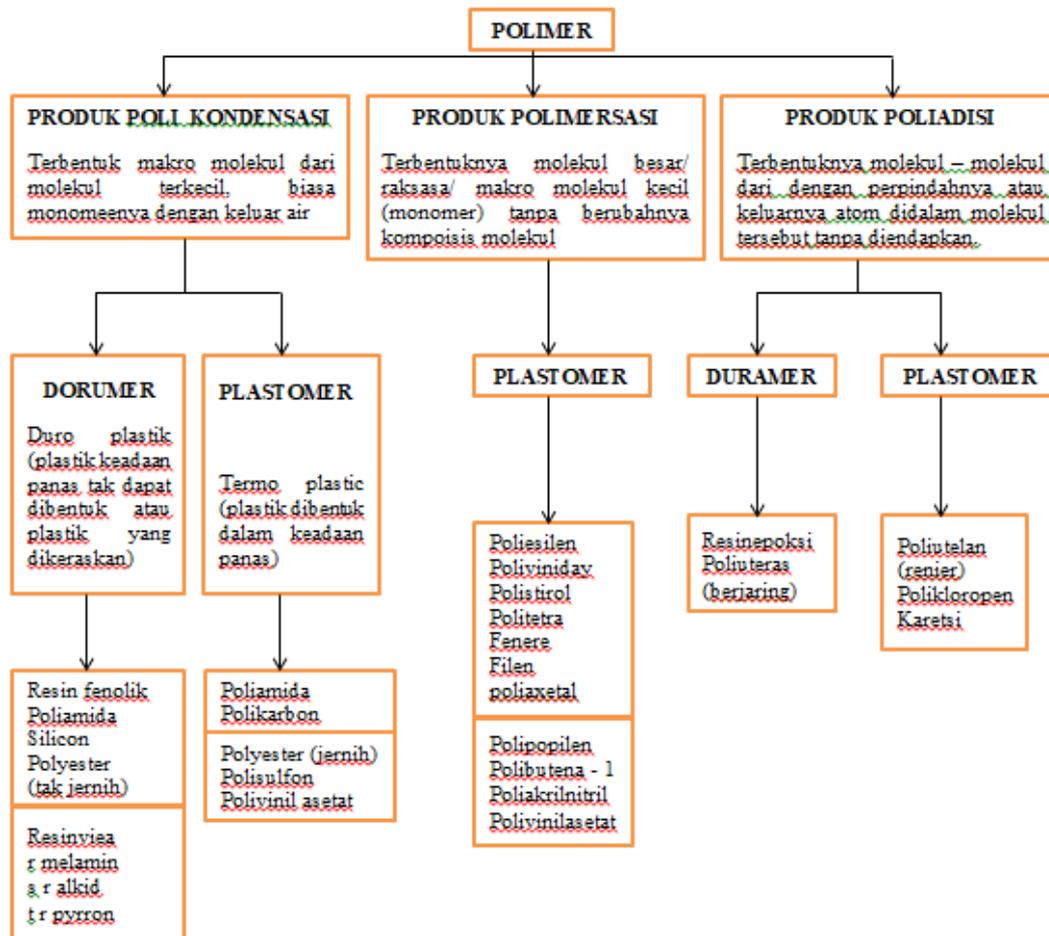
1. Sifat Mekanik. Sifat mekanik adalah khas dengan melakukan viskoelastisitasnya yang dominan. Contohnya tentang pemelaran (*Creep*) dan relaksasi mudah terjadi dan pada pengujian tarik sangat dipengaruhi oleh laju tarikan.
2. Sifat Termal. Sifat Termal ini sangat berubah oleh perubahan temperature. Hal ini disebabkan apabila temperatur berubah.
3. Sifat Listrik. Banyak diantara bahan polimer tahan terhadap arus listrik dan medan listrik, oleh karena itu sering dipakai sebagai isolator listrik.
4. Sifat Kimia. Sifat kimia dari bahan polimer merupakan contoh terhadap kelarutan sangat sulit bila mempunyai molekul yang besar dibandingkan dengan molekul yang kecil. Sehingga dapat disimpulkan secara umum bahwa ditinjau dari sifatnya sebagai berikut: Ringan, berat molekul rendah; Mudah dibentuk, Energi rendah dalam pembentukan; Titik lebur rendah; Isolator, Penghantar panas yang tinggi; dan Transparan. Kegunaannya banyak digunakan untuk: Polimer Thermoplastik; Karet; Bahan tambahan; Resin Termoset; dan Bahan Polimer yang tahan panas.

### Bahan Polymer dibedakan atas 2

*Homopolimer* dan *Copolymer* dalam hal kombinasi dan pembentukan senyawanya. *Homopolymer*; Senyawa ini terbentuk dari molekul yang sejenis yang membentuk rantai panjang bila molekulnya diberi kode nama A. *Copolymer*; Senyawa ini membentuk rantai panjang, tetapi tidak dari satu jenis molekul, tetapi terdiri dari dua atau lebih jenis kombinasi.

**Pengelompokkan Jenis Polimer**

1. *Thermoplastik (Plastomer)*. *Thermoplastik (Plastomer)* adalah plastik dibentuk dalam keadaan panas, thermoplastik terbentuk merupakan rantai panjang molekuler terikat satu dengan yang lain dengan cara ikatan sekunder dan mempunyai ikatan molekuler yang tidak begitu kuat sehingga dengan kenaikan temperature ikatan rantai ini menjadi lemah tetapi bila suhu diturunkan ia kembali menjadi kuat.
2. *Elastomer*. *Elastomer* adalah polimer yang memiliki elastisitas atau kelenturan ketika diregangkan, tetapi kembali ke bentuk semula setelah gaya tariknya hilang. Alasannya adalah bahwa tumpang tindih antara polimer memungkinkan rantai untuk ditarik, sementara ikatan silang akan menarik rantai kembali ke susunan yang tumpang tindih. Contoh elastomer adalah karet sintetis SBR.
3. *Polimer Buatan*. Dalam kehidupan sehari-hari, kita pasti banyak menggunakan polimer buatan. Berikut ini beberapa contoh polimer buatan di sekitar kita: Karet Sintesis, Serat Sintesis. Kapas merupakan serat alam yang merupakan polimer dari karbohidrat (selulosa), dan polimer dari protein (wol dan sutera). Seperti halnya karet, serat memiliki polimer sintetis, yaitu nilon dan poliester (dakron), Orlon merupakan polimer adisi dari monomer akrilonitril. Polimer ini merupakan serat sintetis, seperti wol digunakan dalam tekstil sebagai campuran wol, karpet, dan kaus kaki, dan Plastik merupakan polimer sintetis yang paling populer karena banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari.
4. *Thermosetting Plastik*. *Thermosetting Plastik* merupakan terbentuknya plastik yang dikeraskan, terbentuknya ikatan tetap dengan sudut tertentu dengan cara reaksi kimia.



**Gambar 13. Produk-Produk Polimer**  
Sumber: Jenni Ria R., Diktat Material Teknik

### Faktor yang Mempengaruhi Polimer

1. Panjang Rantai/Jumlah Monomer. Kekuatan polimer meningkat dengan bertambahnya panjang rantai/jumlah monomer, karena gaya antarmolekul antara rantai penyusunnya meningkat.
2. Susunan Rantai. Susunan rantai relatif satu sama lain mungkin teratur untuk membentuk daerah kristal dan acak untuk membentuk daerah amorf. Polimer yang membentuk daerah kristalin akan lebih kuat karena rantainya tersusun rapat, tetapi kurang fleksibel. Polimer yang membentuk daerah amorf akan lemah.
3. Tingkat percabangan dalam rantai. Ketidak teraturan rantai polimer disebabkan oleh banyak cabang, yang akan mengurangi kepadatan dan kekerasan polimer itu sendiri, tetapi akan meningkatkan fleksibilitasnya. Dua polimer yang dikenal fleksibel, yaitu LDPE (*low density polyethylene*) dan HDPE (*high density polyethylene*). Sesuai dengan namanya, polietilen densitas rendah lebih fleksibel, tetapi memiliki ketahanan panas yang buruk, dengan titik didih 105oC, sedangkan HDPE lebih keras, tetapi kuat dan tahan panas pada kisaran suhu 135oC.
4. Gugus fungsi pada monomer. Adanya gugus fungsi polar seperti hidroksil -OH dan amina -NH<sub>2</sub> pada monomer pada polimer akan menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen. Akibatnya, kekuatan gaya antarmolekul polimer meningkat dan kekerasan polimer akan meningkat.
5. Tautan silang antara rantai polimer. Termoplastik tidak terikat silang dan hanya memiliki gaya antarmolekul yang lemah, sehingga sangat lunak. Di sisi lain, plastik termoset memiliki sifat ikatan silang yang kuat berupa ikatan kovalen, sehingga bersifat keras dan sulit untuk meleleh. Pada saat yang sama, dibandingkan dengan resin termoset, sifat elastomer tidak hanya dipengaruhi oleh tumpang tindih rantai, tetapi juga kurang terpengaruh oleh ikatan silang.
6. Penambahan zat Adiktif. Aditif Jarang menggunakan polimer murni, yang sebagian besar memiliki aditif yang ditambahkan untuk meningkatkan atau mendapatkan kinerja yang diinginkan. Pemplastis (*plasticizer*) yang digunakan untuk melunakkan polimer pada jenis polimer termoset; pengisi/penguat untuk meningkatkan kekuatan polimer; penstabil untuk meningkatkan ketahanan terhadap panas, sinar ultraviolet dan pengoksidasi dekomposisi; pewarnaan Menggunakan pigmen; dan penghambat api yang digunakan untuk mengurangi sifat mudah terbakar bahan dan bahan.

### Jenis - Jenis Bahan Polimer dan Rubber

1. Jenis Bahan Polimer
  - a. Plastik Fenolik. Plastik Fenolik adalah bahan polimer sintetik pertama yang diperkenalkan ke industri. Resin fenol-formaldehida diawetkan dengan katalis asam yang mengubah cairan menjadi plastik termoset yang dapat diinfus dan sangat terikat silang. Banyak bahan penguat dan pengisi dapat ditambahkan untuk meningkatkan sifat dasar. Asbes, karbon, dan grafit paling umum digunakan untuk tujuan ini. Kekuatan tarik berkisar dari 5.000 - 9.000 psi dan kuat tekan dari 11.000 - 15.000 psi. Bejana proses besar memerlukan pengikat eksternal atau tongkat kayu dan simpai untuk kekuatan dan dukungan tambahan. Kapal kecil dan struktur mandiri. Kekerasannya, Rockwell R 110, adalah salah satu yang tertinggi yang ditemukan di semua plastik.
  - b. Plastik Furane. Plastik furane memiliki ketahanan alkali yang baik. Ketika resin furane direaksikan dengan katalis asam, plastik termoset keras yang dapat diresapi diproduksi. Untuk meningkatkan sifat, plastik umumnya diperkuat dengan asbes, karbon, tepung kayu, mika, kertas, silika, kain katun, atau serat kaca. Plastik yang diawetkan memiliki kekakuan dan kekuatan yang baik. Nilai tarik bervariasi dari 4,000-10,000 psi dan kuat

tekan dari 10,000-15,000 psi. Kekerasannya adalah Rockwell R 110 yang relatif tinggi untuk plastik. Kekuatan benturannya rendah sekitar 0,5 kaki -lb/inci. Bahan yang diperkuat kuat dan tahan terhadap pukulan dan guncangan sedang.

- c. Plastik Poliester. Poliester adalah produk kondensasi dari asam dibasat dan alkohol polihidrat. Selain itu, produk tak jenuh dapat dihubungkan silang atau dimodifikasi dengan bahan lain, misalnya stirena. Laminasi kaca poliester dicirikan oleh bobotnya yang ringan, yaitu 1/3 hingga 1/4 dari baja karbon. Berat jenis berkisar dari 1,3 hingga 2,1 tergantung pada jumlah dan bentuk tulangan. Stabilitas dimensinya bagus. Koefisien ekspansi termal relatif rendah, dan aliran dingin tidak ada. poliester yang diperkuat lebih kuat dari kayu dan mendekati kekuatan baja karbon lunak. Untuk plastik, kekuatan tariknya tinggi, berkisar antara 7.000-60.000 psi; 15.000 psi adalah umum. Berat-tostrengthratio sangat tinggi. Kekuatan lentur adalah 20.000 - 60.000 psi.
- d. Plastik Epoksi. Plastik epoksi adalah plastik termoset terbaru yang digunakan oleh industri proses. Resin epoksi atau etoksilin diproduksi dengan mereaksikan epiklorohidrin dengan bisfenol A. Proporsi reaktan dapat divariasikan untuk menghasilkan resin dengan viskositas dan karakteristik yang berbeda. Epoxies thermosetting yang diperkuat memiliki kekuatan tarik tertinggi dari semua plastik bertulang. Nilai berkisar dari 7.000 hingga lebih dari 100.000 psi. Nilai tarik tinggi tidak biasa dan hanya dikembangkan dengan teknik fabrikasi khusus yang dikembangkan untuk memproduksi bejana tekan untuk aplikasi militer tertentu. Laminasi dengan nilai tarik 12.000 psi, kuat tekan 27.000 psi dan kekerasan Rockwell M 95 cukup umum. Poliuretan menggabungkan sifat elastis elastomer dengan kemampuan proses bahan termoplastik. Segel yang terbuat dari poli uretan memberikan ketahanan aus dan tekanan yang sangat baik serta menghindari kebocoran. Karena elastisitas dan fleksibilitasnya, mereka mudah untuk Install. Nilai poliuretan penyegelan khusus memiliki set kompresi dan kinerja relaksasi yang unggul serta stabilitas suhu dibandingkan dengan industri komoditas untuk nilai komoditasnya tertera pada gambar dibawah ini:

Thermoplastic elastomers (TPU and TPC)					
Material code	Material description	Hardness Shore A (shA)	Shore D (shD)	Colour <sup>1)</sup>	Example uses
LUBRITHANE U-1003	TPU	95		black	Rod seals, piston seals, wiper seals
LUBRITHANE U-1004	TPU		55	black	Wiper seals
LUBRITHANE U-1023	TPU	93		blue	Rod seals, buffer seals, piston seals, wiper seals
LUBRITHANE U-1029	TPU	94		light blue	Rod seals, buffer seals, piston seals, wiper seals
PUS4/199	TPU	97	54	blue	Piston seal slide rings
W93	TPU	93		white	Press-in wiper seals
Y95A	TPU	95		yellow	Back-up rings for O-rings
395A	TPU	98		black	Back-up rings for O-rings
B93	TPU	93		dark blue	Rod seals
ECOPUR	TPU	95	48	green	Premium U-cup seals, wiper seals and chevron packings
X-ECOPUR	TPU with increased hardness and extrusion resistance	97	57	dark green	Rod and buffer seals
X-ECOPUR PS	TPU with increased hardness and extrusion resistance	98	60	green	Piston seals for heavy duty hydraulic applications
H-ECOPUR	TPU with increased chemical resistance against biodegradeable and water based fluids	95	48	red	Rod and piston seals for applications requiring hydrolysis resistance, increased chemical resistance or conformance with FDA regulations
XH-ECOPUR	TPU with increased chemical resistance and higher hardness	97	60	dark red	Rod and piston seals for applications requiring hydrolysis resistance, increased chemical resistance or conformance with FDA regulations
S-ECOPUR	TPU with improved tribological characteristics	95	48	dark grey	Rod and piston seals for water hydraulics, non-lubricated pneumatics or dry-running conditions
FLUOROTREL F-1504	TPC		55	turquoise	Energized rod seals, piston seals, anti-extrusion rings
TPC ET72/075	TPC		72	black	Piston seal support rings

Gambar 14. Elastomer Termoplastik  
 Sumber: Manual Book Hydraulic Seals (SKF)

## 2. Jenis Bahan *Rubbers*

- a. *Natural Rubber (NR)*. *Natural Rubber* atau Karet alam yang berasal dari getah yang dikumpulkan dari pohon karet di Ceylon, Malaya, Kalimantan, Sumatra, dan Brasil. Dalam keadaan ini, karet memiliki kekuatan tarik 3000 psi, perpanjangan 800 persen, dan elastisitas yang besar. Sinar matahari dan sinar ultraviolet menyebabkan hilangnya kekuatan tarik. Ketahanan terhadap keausan dan abrasi rendah. Penambahan pengisi penguat seperti karbon hitam sangat mengubah sifat karet alam. Kekuatan tarik 4500 psi dan perpanjangan 600 persen dan kekerasan Shore A bervariasi dari 20 -100 dan tergantung pada jumlah pengisi penguat. Ketahanan terhadap sobek dan potong sangat baik dan lebih unggul dari kebanyakan karet sintetis. Fleksibilitas dipertahankan hingga - 60°F. Temperatur servis yang aman untuk aplikasi berkelanjutan adalah 175°F.
- b. *Neoprene Rubber (CR)*. *Neoprene Rubber* adalah karet kimia pertama yang diproduksi di negara ini dalam skala komersial. Sejak diperkenalkan pada tahun 1931, telah banyak digunakan oleh industri. Sebutan pemerintah lama GR-M telah diubah menjadi CR. Ketahanan sobek baik dan ketahanan abrasi sangat baik. Stok CR majemuk cocok untuk aplikasi pada suhu serendah - 60 °F. Mereka juga memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap suhu tinggi dalam kisaran 180 - 250 °F. Neoprene terkenal karena ketahanannya terhadap kerusakan oleh sinar matahari, sinar ultraviolet, ozon, dan oksidasi. Setelah terpapar 100-150 ppm ozon selama 3 jam, tidak menunjukkan tanda-tanda retak atau rusak. Ini memiliki karakteristik pelapukan terbaik dari semua elastomer; paparan iklim tidak mempengaruhi sifat mekaniknya.
- c. *Styrene Rubber (SBR)*. *Styrene Rubber (SBR)* adalah kopolimer butadiena dan stirena. Meningkatkan kandungan styrene meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, dan sifat lentur, meningkatkan ketahanan abrasi, dan memastikan sifat listrik yang baik dan penyerapan air yang rendah. Ada banyak kopolimer SBR di pasaran; mereka dapat diklasifikasikan sebagai tipe panas, dan tipe diperpanjang minyak dingin. Tipe panas dipolimerisasi pada 122 °F dan tipe dingin pada 41 °F. Jenis minyak yang diperpanjang dingin memiliki bagian kopolimer yang diganti dengan minyak. Semua mampu divulkanisir dengan belerang, pengisi, dan bahan kimia karet lainnya. Karet styrene digunakan dalam jumlah yang lebih besar daripada elastomer sintetis lainnya. Perpanjangan bervariasi 300 - 700 persen dan kekerasan 35 - 90 Shore A durometer. Ketangguhannya lebih rendah dari karet alam. Karet dingin memiliki ketahanan abrasi yang lebih baik daripada kopolimer lainnya. Karet stirena mengalami kehilangan kekuatan pada 200 °F.
- d. *Nitrile Rubber (NBR)*. *Nitrile Rubber* atau karet nitril adalah karet hitam yang mampu nitril harus digunakan divulkanisir sebagai pengisi dengan untuk mencapai kandungan lonitril yang baik, sifat-sifat di vulkanisir dapat diubah. elastomer. Meningkatkan Dengan memfariasikan akrilonitril, akri meningkatkan ketahanan terhadap minyak dan pelarut, meningkatkan kekuatan tarik, menurunkan fleksibilitas suhu rendah, dan meningkatkan kemampuan proses. Dengan peracikan yang tepat, nilai tarik setinggi 2500 psi diperoleh; dengan mencampur dengan resin fenolik, nilai hingga 5000 psi dapat dicapai. Perpanjangan dan kekerasan tergantung pada peracikan dan pencampuran, dan bervariasi dari pemanjangan 400-650 persen dan kekerasan Shore A 40 - 90. Karet nitril memiliki karakteristik set yang baik bersama dengan ketahanan terhadap aliran dingin. Ketahanan sobek hanya adil sedangkan ketahanan abrasinya bagus. Pada suhu tinggi hanya ada sedikit penurunan kekuatan dan perpanjangan. Karet dapat digunakan sebentar-sebentar menggabungkan untuk alam pada 300 °F memberikan karet dan terus menerus baik tetapi plasticizer fleksibilitas khusus pada 250 °F.

**Tabel 1. Standar Seal, Warna dan Tekanannya**

No	Nama Seal/Rubber	Warna	Tekanan	Suhu
1.	Nitrile Rubber	Biru	40 - 90 Shore A	-65 - 300°F
2.	Flourine Rubber	Hijau	70 - 90 Shore A	-30° - 120°F
3.	Neoprene Rubber	Hitam	20 - 100 Shore A	-65 - 350°F
4.	Flourine Rubber	Merah	30 - 90 Shore A	-30° - 120°F
5.	Natural Rubber	Putih	30 - 90 Shore A	-60 - 250°F

Sumber : *Elmets of Physical Metallurgy*

Karet banyak digunakan dalam industri segel untuk segel poros putar, elemen penyegel statis seperti O-ring dan energizer, serta segel dinamis dalam industri tenaga fluida. Tergantung pada komposisi kimianya, gosok dapat mencakup rentang suhu yang luas hingga 200 °C (390 °F) dan lebih dan tahan a berbagai macam cairan hidrolik. elastomer NBR dalam kisaran kekerasan dari 70 hingga 90 Shore A (shA) adalah karet yang paling umum digunakan di industri tenaga fluida. Untuk suhu yang lebih tinggi dan cairan hidrolik yang lebih agresif, merekomendasikan elastomer HNBR (*Hydrogenated Nitrile Rubber*) atau FKM (*Fluorocarbon Rubber*).

Material code	Material description	Hardness Shore A	Colour <sup>1)</sup>	Example uses
A-8501	NBR	70	black	Rod seals, piston seals, energizers
A-8504	NBR-LT (low-temperature grade)	70	black	Rod seals, piston seals, energizers
A-8526	NBR	90	black	Piston seal energizers
C-7021	HNBR	70	black	Rod seals, piston seals, energizers
C-7022	HNBR	80	black	Rod seals, piston seals, energizers
V-7501	FKM	70	black	Piston seals
V-7503	FKM	90	black	Rod seals, piston seals, energizers
N70/015	NBR	70	black	Piston seal energizers
N70/6052	NBR	70	black	O-rings and energizers
N80/047	NBR	80	black	Piston seals
N80/198	NBR	80	black	Energizers for heavy duty applications
SKF Ecorubber-1	NBR	85	black	U-cup seals, chevron packings, machined seals
SKF Ecorubber-2	FKM	85	brown	U-cup seals, machined seals, chevron packings, wiper seals
SKF Ecorubber-H	HNBR	85	black	U-cup seals, chevron packings, machined seals

**Gambar 15. Rubber**

Sumber: Manual Book *Hydraulic Seals (SKF)*

**Ketahanan Seal pada Batang Hidraulik Eccavator dengan Tipe EC200D**

Rumus yang digunakan dalam perhitungan Ketahanan Seal Batang Hidraulik *Excavatro*

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(Pustaka 1, hal 387)$$

$$F = \sigma \times A$$

F = Gaya Tekan (kg)

$\sigma$  = Tegangan (kg/mm<sup>2</sup>)

A = Luas Penampang (cm<sup>2</sup>)

Dimana rumus yang kita gunakan untuk mencari Luas Penampang silinder hidraulik dan juga tegangan yang terjadi pada silinder hidraulik:

$$A (\text{Luas penampang}) = \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2) \dots \dots \dots (\text{Pustaka 2, hal.10})$$

Dimana:

D = Diameter Seal (mm)

### Alat Uji Kekerasan

Durometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekerasan suatu bahan, biasanya yang terbuat dari Polimer, Elastomer dan juga Karet.



Gambar 16. Alat Uji Kekerasan

### Fungsi Durometer

Alat ini memiliki fungsi yang dapat membantu pekerjaan untuk mengetahui dan mengukur nilai kekerasan dari suatu bahan dengan mudah dan efisien. Alat ini memiliki fungsi sebagai berikut: Mengukur kekerasan dalam Polimer, Elastomer dan Karet. Dapat mengukur kekerasan pada material seperti karet, plastic dan kayu. Durometer dilengkapi jarum dibagian bawah untuk pengfukuran kerasnya karet ditandai dengan adanya perlawanan penetrasi jarum kedalam bahan uji dibawah beban pegas kemudian kekuatan penetrasi itu dijabarkan dalam angka yang tertera pada layar LCD Durometer.

### Skala Durometer

Durometer memiliki dua skala yaitu : skala A dan skala D. Skala A adalah skala yang digunakan untuk bahan plastic lembut, sedangkan skala D adalah skala yang digunakan untuk bahan lebih keras. Durometer Tipe A (Durometer Shore A) digunakan sebagai alat ukur kekerasan pada bahan karet seperti *Natural Rubber* (karet alam), *Neoprene Rubber* (karet kimia), *Styrene Rubber* (karet sintesis), *Nitrile Rubber* (Karet Nitril).

### METODE PENELITIAN

#### Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penulisan ini terdiri dari beberapa tahap, sebagai berikut:

1. Observasi merupakan langkah awal yang dilakukan penulis untuk mendapatkan informasi yang berhubungan dengan objek penelitian.
2. Wawancara dilakukan untuk memahami materi yang diangkat pada tugas akhir dan mengetahui factor yang berpengaruh pada penelitian ini.
3. Pengumpulan data dilakukan dari awal penelitian hingga mendapatkan hasil yang diinginkan.
4. Tinjauan pustaka dilakukan pencarian data secara pustaka melalui refrensi buku, tinjauan pustaka ini juga berguna mendapatkan rumus guna penunjang pada pengolahan tugas akhir

5. Metode penelitian rekayasa dan metode penelitian teoritis yang dilaksanakan di tempat pembuangan sampah daerah Bantargebang, jl. Sumubatu pangkalan 2, Sumurbatu Bantargebang kota Bekasi, Jawa Barat 17154.

### Persiapan

Persiapan merupakan kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahan data. Dalam tahap persiapan ini disusun hal-hal yang harus dilakukan dengan tujuan untuk efektivitas waktu dan pekerjaan penulisan Tugas Akhir, tahap ini meliputi: Studi pustaka tentang materi Tugas Akhir untuk menentukan garis besar proses perencanaan. Menentukan kebutuhan data dan literature yang diperlukan untuk mendukung proses kerja dalam pembuatan laporan Tugas Akhir. Pembuatan proposal Tugas Akhir dan Pembuatan Tugas Akhir berupa hasil penelitian.

### Jenis Bahan Seal Nitrile Rubber

Karet nitril adalah karet hitam yang mampu nitril harus digunakan divulkanisir sebagai pengisi dengan untuk mencapai kandungan lonitril yang baik, sifat-sifat di vulkanisir dapat diubah. elastomer. Dengan peracikan nilai tarik setinggi 2500 psi yang diperoleh dengan mencampur bahan resin fenolik dengan nilai hingga 5000 psi dapat dicapai. Perpanjangan dan kekerasan tergantung pada peracikan dan pencampuran, dan bervariasi dari pemanjangan 400 - 650 persen dan kekerasan 40 - 90 Shore A.

### Prosedur Pemeriksaan

Pemeriksaan sebelum pembongkaran *cylinder bucket* kita harus mengetahui kerusakan - kerusakan yang terjadi pada *cylinder* yang mengharuskan pembongkaran dan perbaikan *cylinder bucket*. Kerusakan sebelum pengecekan dilakukan (*trouble shooting*); Tekanan *pressure cylinder bucket* melemah, Terjadi kebocoran didalam silinder, Oli keluar dari celah-celah *cylinder bucket*, Susah untuk mengoprasikan *cylinder bucket* . Hal yang dilakukan sebelum pengecekan; Cek *pressure* pada pompa dan *control valve*, Cek komponen *control valve*, Pemeriksaan dan pembongkaran *cylinder bucket*.

### Langkah-Langkah Pembongkaran

1. Sebelum pembongkaran terlebih dahulu siapkan peralatan keselamatan kesehatan kerja dan peralatan yang diperlukan untuk pembongkaran.
2. Melepas pin pengunci silinder dari lengan Arm dan bucket
3. Memasukkan piston rod kedalam silinder supaya oli di dalam silinder habis.
4. Melepas tutup silinder hidrolis
5. Melepas rod dari silinder
6. Melepas piston dari rod

### Penelitian Kebocoran

1. Adapun penelitian yang dilakukan penulis untuk menganalisa penyebab kerusakan sampai terjadinya kerusakan pada bagian dari *cylinder bucket* seperti dibawah ini:
  - a. *Cylinder Rod*. Kerusakan yang sering terjadi pada *cylinder rod* adalah tergoresnya atau terkikisnya batang dalam skala besar atau kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh kotoran-kotoran yang masuk dan menyebabkan terkikisnya batang piston ke gland cover. Ketika *rod* melakukan gerakan maju mundur pada saat operasi kotoran dapat menempel pada as dan masuk ke dalam tabung. Hal ini juga dipengaruhi oleh *Dust Seal (Seal Debu)* yang tidak baik lagi atau sudah rusak.

- b. Batang *rod* bengkok dan bisa sampai mengakibatkan batang patah. Bengkoknya as piston ini disebabkan oleh pembebanan yang berlebihan ketika excavator sedang beroperasi. Operator terkadang kurang memperhatikan dan tidak hati-hati menggunakan *cylinder bucket*. Mengangkat beban yang berlebihan dapat mengakibatkan *rod* menjadi bengkok.
- c. Sistem *Seal*. Kerusakan yang umum terjadi adalah *seal-seal* yang digunakan pada piston sudah habis. Hal ini ditandai dengan menipisnya lapisan *seal-seal* tersebut. *Seal* yang sudah rusak dapat dilihat dari bentuknya yang tidak simetris lagi. Jika *seal* yang sudah rusak atau habis dipaksakan untuk dipakai maka akan mengakibatkan kerusakan-kerusakan pada dinding silinder hidrolik dan piston dan sampai ke batang piston.
- d. Piston. Umumnya kerusakan yang terjadi pada piston hidrolik yaitu terletak pada pinggiran/tepi piston tergores. Kerusakan yang sering terjadi juga yaitu berupa benjolan pada piston yang mengakibatkan piston menjadi baling. Hal ini bisa terjadi karena *seal* yang terpasang pada piston mengalami gangguan /kerusakan, apabila *seal* pada piston mengalami kerusakan sedikit pun otomatis pergerakan piston akan terganggu yaitu mengakibatkan piston langsung bergesekan dengan dinding silinder hidrolik sehingga membuat piston mengalami kerusakan.
- e. *Head Cylinder*. Gejala kerusakan yang sering terjadi pada *Head Cylinder*: *Head cylinder* mengalami keretakan pada bagian dalam atau luar. Hal ini dapat terjadi karena benturan benda keras yang mengenai *Head Cylinder* pada saat beroperasi. Kerusakan yang umum terjadi yaitu terjadinya goresan atau terkikisnya dinding *head cylinder* bagian dalam. Dalam hal ini goresan diakibatkan oleh masuknya kotoran dari luar. *Head cylinder* mengalami kebalingan. Hal ini cukup mengganggu kinerja dari *bucket cylinder hydraulic*. *Head cylinder* yang baling dapat membuat kebocoran pada tabung.

### Langkah - Langkah Pengujian

1. Siapkan tatakan untuk benda kerja yang rata
2. Siapkan benda kerja yang akan diuji
3. Siapkan perangkat benda uji kekerasan Durometer Shore A
4. Sentuhkan dan tekan perangkat benda kerja ke bahan yang akan diuji sampai jarum yang berada dibawah permukaan durometer rata dan perhatikan angka yang berada di layar LCD Durometer.
5. Kemudian dilakukan pengujian pada permukaan *seal* sebanyak 3 kali dan dilakukan secara berurutan sebanyak 4 *seal*.

### Bahan yang diuji

1. *Seal Oli*



Gambar 17. *Seal Oli*

2. Ring Wear



Gambar 18. Ring Wear

3. Lip Seal



Gambar 19. Lips Seal

Hasil Pengujian Kekerasan dengan Uji Shore A

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan seal batang hidrolis

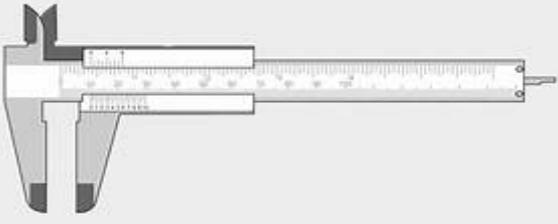
No.	Seal 1	Seal 2	Seal 3	Seal 4
	Putih	Biru	Ring Wear	Lip Seal
1.	85,5 HA	92 HA	100,5 HA	76 HA
2.	84,5 HA	93 HA	102 HA	77 HA
3.	82,5 HA	95 HA	100,5 HA	74 HA
<b>Rata - Rata</b>	84,2 HA	93,3 HA	101 HA	75,7 HA

Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Untuk alat yang saya gunakan dalam pengukuran dan pengambilan sampel ini adalah meteran, kunci pas ukuran 24 dan juga jangka sorong.

Tabel 3. Alat yang Digunakan

No.	Nama Alat	Gambar Alat
1.	Meter	
2.	Kunci Pas 24	

3.	Jangka Sorong	
4.	Durometer	

Dengan bahan penelitian yang saya gunakan adalah *Seal / Ring* dari batang silinder hidrolik dengan menggunakan pengujian kekerasan Shore A dengan nilai rata – rata daya tekan sebesar 40 – 90.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Perhitungan ketahanan *seal* yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada *seal* batang hidrolik excavator dengan tipe EC200D

Dik:

- a. Diameter *Seal* Oli 1 warna Biru : 8 mm
- b. Diameter *Seal* Oli II warna Putih : 4 mm
- c. Diameter Lip *Seal* : 6 mm
- d. Diameter Ring Wear : 4 mm
- e. Tegangan : 5000 kg / cm<sup>2</sup>
- f. Panjang Hidraulik : 285 mm

$$\text{Tegangan} = \frac{P}{A}$$

Dimana :

P= tekanan yang bekerja pada batang hidrolik (kg)

A = Luas Penampang (cm<sup>2</sup>)

Maka

$$\text{Tegangan} = \frac{P}{A}$$

$$\text{Tegangan} = 5000 \text{ Psi}$$

$$\text{Tegangan} = 351,5 \text{ kg / cm}^2$$

$$F = \sigma \times A$$

$$1. A \text{ (Luas penampang) Seal Oli 1} = \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2)$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (8^2) A = 50,26 \text{ mm}^2 \sim 5,026 \text{ cm}^2$$

$$2. A \text{ (Luas penampang) Seal Oli 2} = \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2)$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (4^2) A = 12,56 \text{ mm}^2 \sim 1,256 \text{ cm}^2$$

$$3. A \text{ (Luas penampang) Lip Seal} = \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2)$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (6^2) A = 28,27 \text{ mm}^2 \sim 2,827 \text{ cm}^2$$

4. A (Luas penampang) Ring wear =  $\frac{1}{4} \times \pi \times (D^2)$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (4^2) A = 12,56 \text{ mm}^2 \sim 1,256 \text{ cm}^2$$

Perhitungan ketahanan pada *seal* yang sudah digunakan:

1. *Seal* Oli I Warna Putih

$$F = \sigma \times A$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (8^2)$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times 5,026 \text{ cm}^2$$

$$F = 1.766,639 \text{ kg}$$

2. *Seal* Oli II Warna Biru

$$F = \sigma \times A$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (4^2) \text{ mm}^2$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times 1,256 \text{ cm}^2$$

$$F = 441,484 \text{ kg}$$

3. Lip *Seal*

$$F = \sigma \times A$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (6^2) \text{ mm}^2$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times 2,827 \text{ cm}^2$$

$$F = 993,69 \text{ kg}$$

4. Ring Wear

$$F = \sigma \times A$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (4^2) \text{ mm}^2$$

$$F = 351,5 \text{ kg / cm}^2 \times 1,256 \text{ cm}^2$$

$$F = 441,484 \text{ kg}$$

No.	Nama <i>Seal</i>	Angka Perhitungan
1.	<i>Seal</i> Oli 1	1.766,639 kg
2.	<i>Seal</i> Oli II	441,484 kg
3.	Lip <i>Seal</i> /Ring Debu	993,69 kg
4.	Ring Wear	441,484 kg

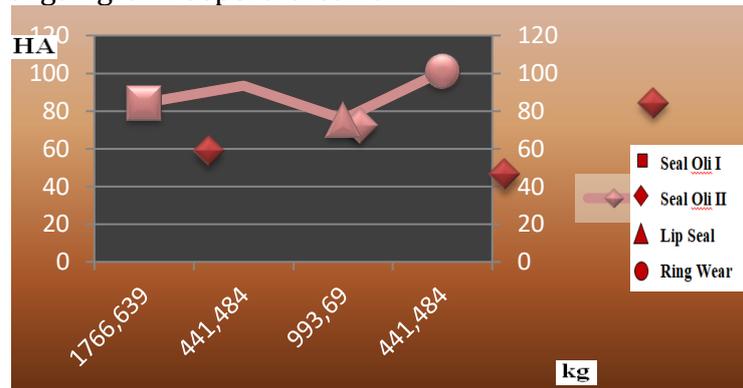
**Hubungan Ketahanan pada Kekerasan *Seal* Batang Hidrolik Excavator dengan Tipe EC200D menggunakan Uji Shore A.**

Data yang didapat dari hasil Uji ketahanan A:

No.	Seal 1	Seal 2	Seal 3	Seal 4
	Putih	Biru	Ring Wear	Lip <i>Seal</i>
1.	85,5 HA	92 HA	100,5 HA	76 HA
2.	84,5 HA	93 HA	102 HA	77 HA
3.	82,5 HA	95 HA	100,5 HA	74 HA
<b>Rata - Rata</b>	84,2 HA	93,3 HA	101 HA	75,7 HA

No.	Nama <i>Seal</i>	Angka Perhitungan
1.	<i>Seal</i> Oli 1	1.766,639 kg
2.	<i>Seal</i> Oli II	441,484 kg
3.	Lip <i>Seal</i> /Ring Debu	993,69 kg
4.	Ring Wear	441,484 kg

Maka disimpulkan dengan grafik seperti dibawah ini:



Grafik 1. Grafik Uji Ketahanan Seal

Dimana dengan skala 1 kg : 100 Kekerasan 1 HA : 10 Semakin tinggi beban yang diterima oleh seal. Maka ketahanan seal semakin menurun, dan untuk masa pergantian *Seal* dapat dilakukan dalam jangkau waktu 2 – 3 Bulan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data dari Dinas Kebersihan Kota Bekasi (TPS Sumur Batu Bantar Gebang). Penyebab rusaknya *seal* pada batang hidrolik karna ada partikel debu yang menempel pada batang hidrolik sehingga menyebabkan kebocoran pada *seal* dan juga karna tekanan yang melebihi batas maksimum pada batang hidrolik excavator. Adapun angka yang diperoleh dari perhitungan gaya tekan sebagai berikut : *Seal* Oli 1 warna putih 1.766,639 kg, *Seal* Oli 2 warna biru 441,484 kg, Ring Wear 441,484 kg, dan Lip Seal 993,69 kg. Kemudian akan dilakukan pengujian ketahanan pada *seal* batang hidrolik jika masing – masing *seal* diberikan tekanan dengan beban 40 – 90 Shore A. Dari data yang diperoleh pada saat pengujian ketahanan *seal* didapat rata – rata *seal* batang hidrolik sebagai berikut : *Seal* Oli warna putih 84,2 Shore, *Seal* Oli 2 warna biru 93,3 Shore, Ring Wear 101 Shore, dan Lip Seal 75,7 Shore.

Saran: Agar dilakukannya service bertahap untuk menghindari kerusakan yang terjadi pada *Seal* batang hidrolik excavator. Jenis bahan yang digunakan pada *seal* batang hidrolik menggunakan jenis bahan *Nitrile Rubber* (karet *Nitrile*) dan mampu menahan teknanan dengan beban 40 – 90 Shore.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albert G. Guy dan John J. Hren, "Elements of Physical Metallurgy" Edisi ke 3, 1974, New Delhi 110001, India
- Anggit Ganda Prayoga, Djoko Suprijanto, "Perancangan Sistem Hidrolik Excavator Komatsu PC 200 – 8MO", 2020.
- Feri Ardianto, "Analisa Kerusakan Sistem Hidrolik Pada Boom Silinder Unit Excavator XGMA XG822E1", 2019.
- Hendri Kurniawan, "Analisa Defleksi Pada Rod Bucket Di Sistem Hidrolik Excavator Zakis 210MF SN 70165 5G"
- Jenni Ria R.,MSi, "Diktat Material Teknik" 2002
- Paul A. Tipler " Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1" Jakarta 1998. ISBN : 979 – 411 – 624 – 6 PT. Volvo, Buku Panduan Operator EC200D. Ref No : 20052964 – B
- R.E.Gackenbach, "Material selection for Process Plants" 1960, New York,N.Y.
- Riki Effendi, Harmanung Adi Susilo, Muhammad Al Haramain, "Perancangan Silinder Hidrolik Pada Mesin Molding Karet Dengan Kapasitas 25 Ton" 2007