ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ANALISA KEGAGALAN RH *FINAL DRIVE* *HAUL TRUCK* CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL

Disusun Oleh:

Cahyo Ramadhan

16/401753/SV/12257

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS GADJAH MADA

YOGYAKARTA

2019

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GADJAH MADA

TUGAS AKHIR

Disusun untuk melengkapi persyaratan kelulusan
Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada

Judul	**: ANALISA KEGAGALAN RH *FINAL DRIVE HAUL TRUCK* CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL**
Nomor persoalan	**: 138/08/BT/RAD/12/19**
Mata kuliah	**: Bahan Teknik**
Nama mahasiswa	**: Cahyo Ramadhan**
NIM	**: 16/401753/SV/12257**
Jurusan	**: DIII Teknik Mesin**

Yogyakarta,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng.
NIP.197806172014091001

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

SEKOLAH VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Kampus I : Jl. Yacaranda, Sekip Unit IV Yogyakarta Telepon : (0274) 6491301, Fax. (0274) 580990
Kampus II : Jl. Grafika No. 2A, Yogyakarta Telepon : (0274) 6492269, 548637, Fax. (0274) 546400
E-mail: dme@ugm.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISA KEGAGALAN RH *FINAL DRIVE HAUL TRUCK* CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL

Oleh : CAHYO RAMADHAN
(16/401753/SV/12257)

Nomor Persoalan: 138/08/BT/RAD/12/19

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada

Diterima dan disetujui oleh,

Ketua Penguji

Harjono, S.T., M.T.

Sekretaris Penguji

Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng.

Anggota Penguji

Surojo, S.T., M.Eng.

Mengetahui,
Ketua Departemen

Dr. Benidiktus Tulung Prayoga, S.T., M.T.
NIP : 197604252002121005

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Cahyo Ramadhan
NIM	: 16/401753/SV/12257
Tahun Terdaftar	: 2016
Program Studi	: D3 Teknik Mesin
Fakultas	: Sekolah Vokasi

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir yang diajukan untuk memperoleh gelar akademik ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Lembaga Tinggi, dan tidak terdapat karya dan/atau pendapat yang pernah ditulis untuk diterbitkan oleh Lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dikemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini terbukti plagiasi dari hasil karya ilmiah lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau hokum yang berlaku.

Yogyakarta, 20 November 2019

Cahyo Ramadhan

NIM. 16/401753/SV/12257

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MOTTO

"*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan*." (QS. Alam Nasyroh:6)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LEMBAR PERSEMBAHAN

Halaman persembahan ini dihaturkan sebagai ucapan terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu, membersamai, mendoakan, dan memberi semangat.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

بسم الله الرحمن الرحيم

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb.

Puji syukur hanya milik Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga sehingga Laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisa Kegagalan RH *Final Drive Haul Truck* Caterpillar 789 D di PT. Kaltim Prima Coal" ini dapat terselesaikan. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan dari Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak, untuk itu terima kasih secara khusus dihaturkan kepada:

1. Wikan Sakarinto, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
2. Dr. Benidiktus Tulung Prayoga, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
3. Budi Basuki, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
4. Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng. selaku Dosesn Pembimbing Tugas Akhir.
5. Ir. Bambang Suharnadi, M.T. selaku Pembimbing Akademik.
6. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
7. Wiwin Sujati, sebagai *Manager Haul Truck Maintenance*, Syahril Sidik, sebagai *Engineer Haul Truck Maintenance* sekaligus mentor magang, dan Hery Prasetyo, sebagai *Trainer* yang sudah memberikan usaha yang terbaik dalam membantu menyelesaikan Laporan Magang dan Laporan Tugas Akhir.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8. Agustina Triyantari, Adi Nugroho, Driantama Nur Setiawan, Raenald Arzan Sitompul, Monica Mega, Lyco Wafiardi Ghazali, Fajar Ibnu Purnawijaya, M Calvin Baharhaz, Rizky Pratama, dan semua teman-teman yang telah membantu. Saran, doa, dukungan tulus yang diberikan menjadi semangat untuk segera menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini. Mohon maaf apabila dalam penulisan terdapat kata yang kurang berkenan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat.

Wassalamu'alaikum wr. wb

Yogyakarta, 20 November 2019

Cahyo Ramadhan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Final drive is a power train component that functions as the final drive towards the wheels. The final rh drive with serial number FDKPCT70139 installed on the Caterpillar 789D haul truck unit with unit number T772 on April 6, 2019 failed. Investigation after the incident found that the final drive bolt was broken. final drive bolt has a function as a fastener and connector between the final drive and differential housing. This research was conducted with the aim of analyzing the damage that occurs in the final drive component in order to get the cause of the RH release of the final drive from the differential.

This study uses the AFA (Applied Failure Analysis) method starting with stating the problem, data collecetion related to the facts. This research was conducted by collecting both secondary data in the form of installation history, maintenance history, hydraulic top up history, load units and primers in the form of visual observations and macro photographs, microstructure testing, chemical composition testing, tensile testing, hardness testing that support to find roots problem.

The results of the study based on the results of data collecetion related to the facts show that the main cause of damage to the final drive RH is not because of the problematic final drive bolt material but because of the nonstandard torque applied to the final drive bolt during installation. Efforts are made to minimize the occurrence of similar failures by reviewing the use of bolts model A and model B referring to the Caterpillar SIS, ensuring all tools used have been calibrated correctly, ensuring the bolts are tightened to the predetermined torque, visually checking oil leaks final drive periodically.

Keywords: bolt, final drive, applied failure analysis.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Final drive adalah komponen *power train* yang berfungsi sebagai penggerak akhir yaitu menuju roda. RH *final drive* dengan nomer seri FDKPCT70139 yang dipasang pada unit *haul truck* Caterpillar 789D dengan nomor unit T772 pada tanggal 6 April 2019 mengalami kegagalan. Investigasi setelah kejadian menemukan baut *final drive* mengalami patah. Baut *final drive* memiliki fungsi sebagai pengencang dan penghubung antara *final drive* dengan *differential housing*. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan Analisa kerusakan yang terjadi pada komponen *final drive* agar mendapatkan penyebab dari lepasnya RH *final drive dari differential.*

Penelitian ini menggunakan metode AFA (*Applied Failure Analysis*) dimulai dengan menyatakan masalah, pengumpulan data terkait fakta yang ada. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data baik data sekunder berupa riwayat pemasangan, *maintenance history*, *hydraulic top up history*, *load* unit maupun primer berupa pengamatan visual dan foto makro, pengujian struktur mikro, pengujian komposisi kimia, pengujian tarik, pengujian kekerasan yang mendukung untuk menemukan akar masalah.

Hasil penelitian dengan berdasarkan hasil pengumpulan data terkait fakta yang ada menunjukkan bahwa penyebab utama dari kerusakan RH *final drive* bukan karena material baut *final drive* yang bermasalah tetapi karena tidak standarnya torsi yang diberikan pada baut *final drive* saat pemasangan. Upaya yang dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kegagalan serupa yaitu dengan meninjau penggunaan baut model A dan model B merujuk pada SIS Caterpillar, memastikan semua alat yang digunakan telah dikalibrasi dengan benar, memastikan baut dikencangkan dengan torsi yang telah ditentukan dengan tepat, melakukan pengecekan secara visual kebocoran oli *final drive* secara berkala.

Kata kunci: baut, *final drive, applied failure analysis.*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL I
HALAMAN NOMOR PERSOALAN II
HALAMAN PENGESAHAN III
HALAMAN PERNYATAAN ..... **Error! Bookmark not defined.**
MOTTO V
LEMBAR PERSEMBAHAN VI
KATA PENGANTAR VII
ABSTRACT IX
INTISARI X
DAFTAR ISI XI
DAFTAR GAMBAR XIII
DAFTAR TABEL XVI
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Metode Penelitian 3
1.5 Sistematika Penulisan 3
BAB II 5
DASAR TEORI 5
2.1 *Haul Truck* Caterpillar 789D 5
2.2 *Power Flow* 7
2.3 *Failure Analysis* 9
2.4 Baut 11
2.5 Striktur Mikro Baja 14
2.6 Klasifikasi Baja 18
2.7 Pengujian Tarik 21
2.8 Pengujian Kekerasan 26
2.8 Keausan 30

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.9 Patahan 37
2.10 Jenis-Jenis Beban 46
BAB III 48
METODE PENELITIAN 48
3.1 Alur Penelitian 48
3.2 Menetukan Topik 49
3.3 Bahan Penelitian 49
3.4 Peralatan Penelitian 50
3.5 Pemotongan Material 51
3.5 Pengumpulan Data 52
3.6 Pengamatan Visual dan Foto Makro 53
3.7 Pengujian Struktur Mikro 53
3.8 Pengujian Komposisi Kimia 54
3.9 Pengujian Tarik 55
3.10 Pengujian Kekerasan 56
BAB IV 59
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN 59
4.1 Pernyataan Masalah 59
4.2 Pengumpulan Data 59
4.3 Analisa 83
BAB V 87
KESIMPULAN 87
5.1 Kesimpulan 87
DAFTAR PUSTAKA 88
Lampiran 90

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Haul truck* Caterpillar 789D 6
Gambar 2.2 Komponen utama power train..... 8
Gambar 2.3 *Clamping force* 11
Gambar 2.4 *Clamping force cone* 12
Gambar 2.5 Struktur baut 12
Gambar 2.6 Bagian baut sering menerima tegangan 13
Gambar 2.7 Struktur *body centered cubic* 15
Gambar 2.8 Struktur *ferrite* 15
Gambar 2.9 Struktur *pearlite* 16
Gambar 2.10 Struktur *cementite* 16
Gambar 2.11 Struktur *face centered cubic* 17
Gambar 2.12 Struktur *austenite* 17
Gambar 2.13 Struktur *body centered tetragonal* 18
Gambar 2.14 Struktur *martensite* 18
Gambar 2.15 Gambaran singkat uji tarik dan datanya 21
Gambar 2.16 Batas proporsionlitas..... 22
Gambar 2.17 Grafik modulus ketangguhan..... 24
Gambar 2.18 Regangan 24
Gambar 2.19 Kurva tegangan regangan 25
Gambar 2.20 Pengujian kekerasan metode *brinel* 27
Gambar 2.21 Pengujian kekerasan metode *vickers* 28
Gambar 2.22 Pengujian kekerasan metode *rockwell* 30
Gambar 2.23 *Abrasive wear* 31
Gambar 2.24 *Adhesive wear* 32
Gambar 2.25 Erosion 33
Gambar 2.26 *Cavitation erosion* 34
Gambar 2.27 *Contact stress fatigue* 35
Gambar 2.28 Corrosion 36

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 2.29 *Fretting Corrosion* 37
Gambar 2.30 *Metal strength-loading* 38
Gambar 2.31 *Metal strength-temperature* 38
Gambar 2.32 *Load-life* 39
Gambar 2.33 *Load-life* 41
Gambar 2.34 *Chevron* 42
Gambar 2.35 Patahan *ductile* 42
Gambar 2.36 *Shear lip* 43
Gambar 2.37 Patahan *fatigue* 44
Gambar 2.38 *Clamping force* 45
Gambar 2.39 *No clamping force* 45
Gambar 3.1 *Flowchart* metodologi penelitian 48
Gambar 3.2 *Haul truck* Caterpillar 789D 49
Gambar 3.3 Baut *final drive* 50
Gambar 3.4 Spesimen uji sebelum dipotong dan dibentuk 51
Gambar 3.5 Spesimen uji setelah dipotong dan dibentuk 52
Gambar 3.6 *Metallurgical microscope* 53
Gambar 3.7 *Universal testing machine* 56
Gambar 3.8 *Hardness tester* 57
Gambar 4.1 *Review installation position history* 60
Gambar 4.2 *Maintenance history* 61
Gambar 4.3 *Hydraulic top up history* 62
Gambar 4. 4 *Load Weight Histogram* 63
Gambar 4.5 *Haul truck* rusak di lapangan 65
Gambar 4.6 *Hoist differential* 65
Gambar 4.7 *Final drive* 66
Gambar 4.8 Lubang baut *final drive* 66
Gambar 4.9 Lubang baut 1 *final drive* 67
Gambar 4.10 Lubang baut 2 *final drive* 67
Gambar 4.11 Baut *final drive* patah 68
Gambar 4.12 Tipe baut *final drive* 68

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.13 Baut *final drive freeting on the shank* 69
Gambar 4.14 Baut *final drive fretting on under head* 69
Gambar 4.15 Ring baut *final drive fretting* 70
Gambar 4.16 Patahan baut *final drive* pada lubang baut 70
Gambar 4.17 Strukur mikro baut *final drive* tipe A 72
Gambar 4.18 Strukur mikro baut final drive tipe B 72
Gambar 4.19 Spesimen hasil pengujian komposisi kimia 73
Gambar 4.20 Komposisi kimia baut *final drive* tipe A 74
Gambar 4.21 Spesimen hasil pengujian komposisi kimia 75
Gambar 4.22 Komposisi kimia baut *final drive* tipe B 76
Gambar 4.23 Spesimen uji tarik 77
Gambar 4.24 Spesimen hasil uji tarik spesimen tipe A 78
Gambar 4.25 Spesimen hasil uji tarik spesimen tipe B 78
Gambar 4.26 Kekuatan tarik 79
Gambar 4.27 Baut f*inal drive* 79
Gambar 4.28 Spesifikasi dan tanda baut sesuai SAE 80
Gambar 4.29 Spesifikasi dan tanda baut sesuai ISO 80
Gambar 4.30 Sifat fisik dan mekanik baut 81
Gambar 4.31 Grafik perbandingan nilai kekerasan baut *final drive* 82
Gambar 4.32 Sifat fisik dan mekanik baut 83
Gambar 4.33 Alur kerusukan 86

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi *haul truck* Caterpillar 789D 5
Tabel 2.2 Dimensi *haul truck* Caterpillar 789D 6
Tabel 2.3 Skala kekerasan *rockwell* 29
Tabel 4.1 Berat perkiraan 62
Tabel 4.2 Spesifikasi operasi 63
Tabel 4.3 Hasil pengujian komposisi kimia baut *final drive* tipe A 74
Tabel 4.4 Hasil pengujian komposisi kimia baut *final drive* tipe B 75
Tabel 4.5 Hasil pengujian kekerasan 82

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Kaltim Prima Coal (KPC) adalah perusahaan tambang terkemuka yang kegiataanya mencakup eksplorasi, produksi, dan pemasaran batu bara dari Kalimantan Timur – Indonesia ke seluruh dunia. PT. Kaltim Prima Coal (KPC) adalah pengekspor batu bara terbesar di Indonesia dengan produksi batu bara sebesar 60,5 juta ton per tahun (2017) dengan luas wilayah kontrak karya kurang lebih 90.000 ha, luas wilayah tersebut telah dibuka dan ditambang sebesar 30%. Proses penambangan menggunakan metode tambang terbuka *open pit* yang melibatkan banyak alat berat dengan berbagai fungsi, ukuran, dan tipe, seperti *haul truck, shovel, loader, dozer, excavator, motor grader,* dan *drilling.*

Haul truck adalah unit alat berat yang digunakan sebagai sarana utama tranportasi muatan berupa *over burden* atau batu bara pada lokasi tambang menuju *stockpile.* Unit ini menjadi salah satu alat produksi utama usaha tambang. Untuk mendukung kegiatan tambang yang terus-menerus, PT. Kaltim Prima Coal (KPC) memiliki dua jenis *haul truck* berdasarkan sistem penggeraknya, yaitu *mechanical truck* dan *electrical truck.* Unit *haul truck* pada pekerjaan tambang hampir digunakan secara terus-menerus selama 24 jam. Selain itu, unit ini mempunyai beban yang sangat tinggi baik dari muatan yang dibawa, medan yang ditempuh, dan berbagai faktor lain yang dapat menambah beban unit. Faktor tersebut menyebabkan meningkatnya resiko kerusakan pada unit *haul truck.* Resiko kerusakan tersebut dapat diminimalkan dengan melakukan *maintenance* yang sesuai yaitu dengan *reactive maintenance* dan *proactive maintenance*.

Haul truck dalam sistem kerjanya didominasi oleh sistem mekanik. Sistem mekanik dipengaruhi oleh kerja *engine* yang akan mentransmisikan daya hingga ke penggerak akhir (*final drive*). Penggerak akhir (*final drive*) akan berhubungan langsung dengan kondisi lingkungan. Salah satu kerusakan yang dijumpai pada unit *haul truck* yang mengalami *breakdown* yaitu kerusakan *final drive*. Permasalahan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

yang muncul pada *final drive* adalah lepasnya RH *(Right Hand) final drive* atau *final drive* bagian kanan dari *differential* pada Caterpillar *haul truck* 789 D dengan *equipment number* T772. Kejadian kerusakan pada *final drive* terjadi pada saat unit beroperasi dengan kondisi medan terjal. Investigasi setelah kejadian menemukan baut *final drive* mengalami patah. Baut *final drive* memiliki fungsi sebagai pengencang dan penghubung antara *final drive* dengan *differential housing*. Fungsi *final drive* sangat vital, maka perlu diidentifikasi penyebab dari kerusakan tersebut dengan melakukan *failure analysis* pada Caterpillar *haul truck* 789 D nomor unit T772 mengenai kerusakan pada RH *final drive* akibat lepasnya *final drive* dari *differential.*

Analisa kegagalan RH *final drive* pada *haul truck* Caterpillar 789 D dengan nomor unit T772 di PT Kaltim Prima Coal diharapkan mampu mencegah terjadinya permasalahan yang sama pada unit Caterpillar *haul truck* 789 D.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir dengan judul "Analisa Kegagalan RH *Final Drive Haul Truck* Caterpillah 789 D Nomor Unit T772 di PT Kaltim Prima Coal" adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab kerusakan pada RH *final drive* lepasnya *final drive* dari *differential* unit Caterpillar *haul truck* 789 D.
2. Mengetahui cara meminimalisir terjadinya kerusakan pada RH *final drive* lepasnya *final drive* dari *differential* unit Caterpillar *haul truck* 789D.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah disampaikan supaya tidak timbul pertanyaan yang menyinggung dari ruang lingkup masalah yang diteliti. Masalah yang dibahas dalam Laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisa Kegagalan RH *Final Drive Haul Truck* Caterpillar 789 D Nomor Unit T772 di PT Kaltim Prima Coal" ini meliputi:

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1. Pengamatan visual dan foto makro
2. Pengujian struktur mikro
3. Pengujian komposisi kimia
4. Pengujian kekuatan tarik.
5. Pengujian kekerasan

1.4 Metode Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

a. Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode pengumpulan data berdasarkan informasi literatur yang terkait dengan objek yang dibahas dalam penulisan laporan tugas akhir.

2. Observasi

Teknik ini dilakukan dengan mengamati secara langsung terhadap objek yang dibahas. Dalam proses observasi, penulis melakukan pengamatan secara partisipatif di PT. Kaltim Prima Coal.

3. Pengujian Spesimen

Pengujian struktur mikro, pengujian komposisi kimia, pengujian kekuatan tarik, dan pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui jenis material baut *final drive* dan masalah pada material baut *final drive.*

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penyajian Laporan Tugas Akhir ini, penulisan laporan disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, tujuan peneitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tentang landasan teori yang digunakan dalam memecahkan permasalahan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang proses pengambilan data yang digunakan dalam menganalisa kegagalan RH *final drive haul truck* Caterpillar 789 D nomor unit T772 di PT. Kaltim Prima Coal.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang perhitungan, analisa, dan pembahasan atas data yang sudah didapat pada bab sebelumnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan terkait hasil penelitian Analisa kegagalan.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II
DASAR TEORI

2.1 *Haul Truck* Caterpillar 789D

Haul truck adalah unit alat berat yang digunakan sebagai sarana utama tranportasi muatan berupa *over burden* atau batu bara pada lokasi tambang menuju *stockpile.* Unit ini menjadi salah satu alat produksi utama usaha tambang. *Haul truck* Caterpillar direkayasa untuk meningkatkan kinerja, dirancang untuk kenyamanan, dan dibangun untuk tahan lama. Caterpillar 789 D melanjutkan tradisi *truck* 789 Caterpillar dengan desain eksklusif. Caterpillar menawarkan keunggulan dengan menciptakan unit pengangkut yang menghadirkan integrasi terbaik antara produksi, ketersediaan, muatan, dikombinasikan dengan biaya pengoperasiaan rendah, dan masa pakai lama (Caterpillar, 2012)

2.1.1 *Spesifikasi Haul Truck* Caterpillar 789 D

Spesifikasi *haul truck* Caterpillar 789D sebagai berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi *haul truck* Caterpillar 789 D (Caterpillar, 2012)

Berat-Pendekatan	
Bobor kerja (kotor)	324319 kg
Bobot kerja casis (kosong)	99129 kg
Bobot-Perkiraan	
Bobot bak	23,920 kg – 45,547 kg
Spesifikasi Kerja	
Kapasitas muatan	181 ton
Distribusi Bobot-Perkiraan	
Gardan depan (bermuatan)	33 %

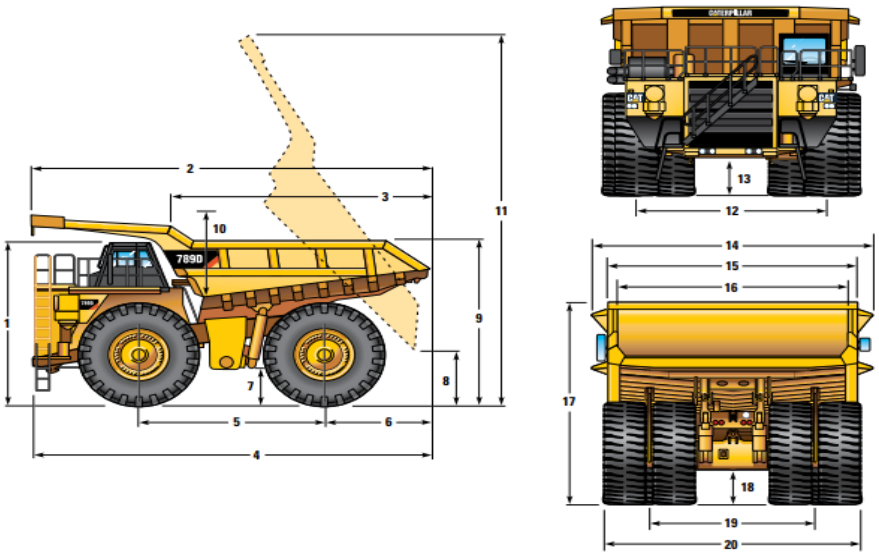
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.1 Spesifikasi *haul truck* Caterpillar 789 D (Caterpillar, 2012) Lanjutan

Gardan belakang (bermuatan)	67 %
Gardan belakang (kosong)	54 %
Gardan depan (kosong)	46 %

2.1.2 Dimensi *Haul Truck* Caterpillar 789 D

Nilai perkiraan dari dimensi *haul truck* Caterpillar 789 D diukur dengan bak miring ganda 344-7340 dan ban 37.00R57.



Gambar 2.1 *Haul truck* Caterpillar 789 D (Caterpillar, 2012)

Tabel 2.2 Dimensi *haul truck* Caterpillar 789 D (Caterpillar, 2012)

1.	Tinggi ke puncak ROPS kosong	5510 mm
2.	Panjang bak keseluruhan	12.723 mm
3.	Panjang bak sebelah dalam	8293 mm
4.	Panjang keseluruhan	12.697 mm
5.	Jarak sumbu roda	5700 mm

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.3 Dimensi *haul truck* Caterpillar 789 D (Caterpillar, 2012) Lanjutan

6.	Gardan belakang ke ekor	3604 mm
7.	Jarak bebas ke tanah (bermuatan)	1036 mm
8.	Jarak bebas pembuangan	1535 mm
9.	Tinggi pemuatan kosong	5595 mm
10.	Kedalaman bak bagian dalam maksimum	2684 mm
11.	Tinggi keseluruhan bak dinaikkan	13.198 mm
12.	Lebar garis tengah ban depan	5374 mm
13.	Jarak bebas pelindung engine (bermuatan)	1057 mm
14.	Lebar kanopi keseluruhan	7645 mm
15.	Lebar bak sebelah luar	6995 mm
16.	Lebar bak sebelah dalam	6500 mm
17.	Tinggi kanopi depan (kosong)	6496 mm
18.	Jarak bebas gardan belakang (bermuatan)	1071 mm
19.	Lebar garis tengah ban belakang (ganda)	4622 mm
20.	Lebar ban (keseluruhan)	6926 mm

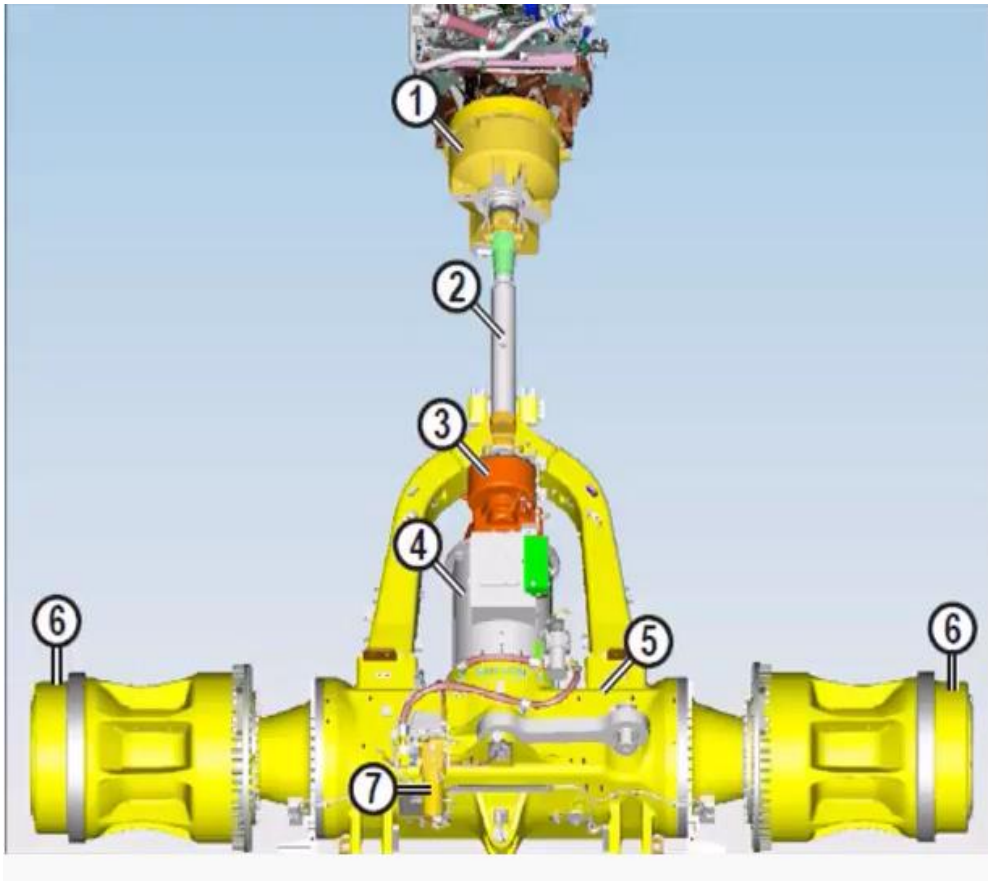
2.2 *Power Flow*

Power flow yang juga disebut *power train* atau *drive train* mencakup semua komponen yang menyalurkan *torque* dari *engine* ke roda-roda atau *track*. Penggerak kendaraan memiliki peran penting dalam proses kerja sebuah unit alat berat, sistem penggerak yang baik akan membuat unit alat berat dapat berjalan baik, sebaliknya bila sistem penggerak tidak dapat berjalan dengan baik atau mengalami kerusakan maka proses kerja sebuah unit alat berat tidak dapat berjalan baik.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.1 Komponen Utama *Power Train*

Power train pada *haul truck* Caterpillar 789 D mirip dengan *haul truck* Caterpillar 789 C. Aliran tenaga dari *engine* ke roda belakang melalui *power train* (pemindah tenaga). Komponen utama yang terdapat pada *power train* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Komponen utama *power train* (SGT, 2018)

Keterangan:

1. *Torque converter*

   Torque converter adalah suatu komponen *power train* yang bekerja secara hidrolis. Prinsip kerja dari *torque converter* adalah mengubah tenaga mekanis dari *engine* menjadi energi kinetis dan mengubahnya kembali menjadi tenaga mekanis pada *shaft output*-nya (Setiawan E. , 2014).

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2. *Drive shaft*

   Drive shaft adalah sebuah hubungan mekanis antara transmisi dan rangkaian *differential* dan biasanya terdiri dari *propeller shaft, slipjoint,* dan *universal joint.*

3. *Transfer gears*

   Transfer gears berfungsi meneruskan tenaga putar dari transmisi ke *propeller shaft* depan dan belakang.

4. *Transmission*.

   Transmission adalah komponen yang memiliki fungsi mengkonversi torsi dan kecepatan putaran dari *engine* menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke *final* drive.

5. *Differential*

   Differential adalah komponen dari sistem pemindah daya. *Differential* berfungsi meneruskan daya yang dikeluarkan oleh *engine* dari *propeller shaft* menuju *axle shaft. Differential* dirancang untuk memungkinkan kedua sisi roda dapat berputar dengan kecepatan berbeda.

6. *Final drive*

   Final drive adalah komponen dari *power train* yang berfungsi sebagai penggerak akhir menuju roda atau *track*. *Final drive* memiliki fungsi untuk melipat gandakan *torque* yang paling akhir.

7. RAXL *oil filter*

   RAXL *oil filter* adalah komponen dari power train yang berfungsi sebagai *filter* oli *differential.*

2.3 *Failure Analysis*

Trakindo (2014) mengungkapkan bahwa *failure analysis* memiliki definisi sebagai penelitian yang mendalam terhadap fakta-fakta yang ditunjukkan oleh produk dan lingkungannya yang menuntun untuk mendaapatkan *root cause* (akar penyebab) dari masalah yang timbul pada produk. Fakta dan akar penyebab ditekankan karena fakta adalah kunci menemukan akar masalah. Fakta untuk analisa kerusakan dapat diambil dari tiga sumber utama:

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

a. Daerah kerja mesin atau unit yang digunakan
b. Produk atau bagian yang rusak.
c. Penelitian laboratorium metalurgi.

Sebagian besar masalah atau kerusakan pada unit alat berat yang mengalami kerusakan dapat diselesaikan dengan mempergunakan sebanyak mungkin data-data dari sumber a (daerah kerja mesin atau unit yang digunakan) dan b (produk atau bagian yang rusak). Inspeksi visual dari mesin yang rusak atau komponen sistem biasanya memberikan bukti jelas dari mode kegagalannya. Selain itu, beberapa kasus membutuhkan fakta yang bersifat mikro struktur dari sumber c (penelitian laboratorium metalurgi) untuk mengidentifikasi penyebab kerusakannya. Penyebab utama dalam *failure analysis* diartikan sebagai suatu kondisi yang menjadi awal timbulnya masalah.

Proses untuk menganalisa suatu kegagalan berdasarkan *failure analysis* mencakup delapan tahapan yang harus diikuti agar analisis dapat dilakukan dengan baik dan benar. Apabila langkah-langkah dalam menganalisa kegagalan ini tidak diikuti atau dilakukan dengan tidak berurutan, maka dapat menimbulkan kesalahan dalam mengidentifikasi *root cause.* Berikut 8 langkah untuk mengidentifikasi suatu kegagalan agar suatu kegagalan alat/material dapat dianalisis dengan tepat dan akurat, yakni:

a. Menyatakan masalah dengan singkat dan jelas.
b. Persiapan pengumpulan fakta.
c. Mengumpulkan dan mencatat fakta
d. Berpikir secara login dengan fakta.
e. Mengidentifikasi penyebab utama yang paling mendekati timbulnya masalah..
f. Mengomunikasikan dengan bagian yang bertanggung jawab terhadap kegagalan.
g. Melakukan perbaikan sesuai dengan arahan bagian yang paham dan bertanggung jawab terhadap kegagalan.
h. Membicarakan dengan pengguna dan melakukan pemantauan.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan delapan langkah *applied failure anbalysis*, lima langkah awal merupakan upaya untuk mengidentifikasi akar penyebab dan kegagalan, sedangkah tiga langkah terakhir adalah tahapan biaya yang harus dikeluarkan setelah akar penyebab ditemukan.

2.4 Baut

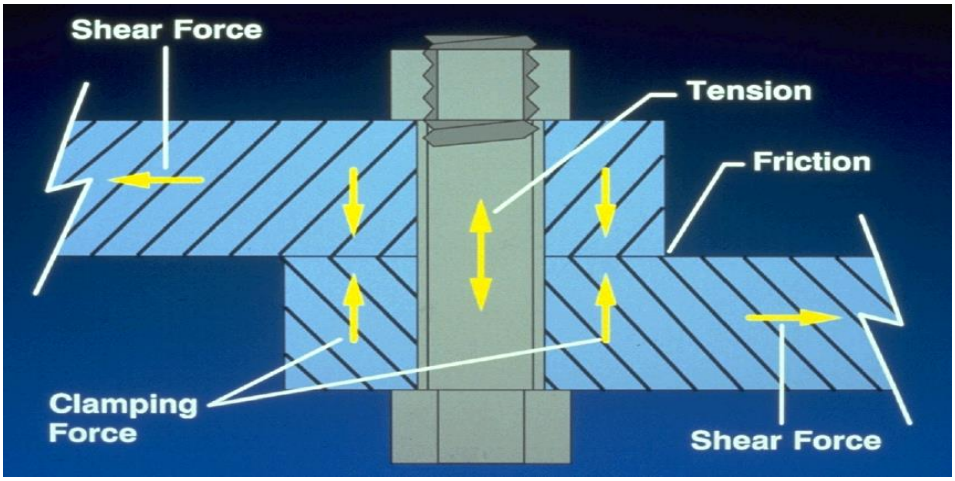
Baut adalah alat sambung atau *fastener* dengan batang bulat dan berulir yang salah satu ujungnya dibentuk menyerupai kepala serta ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Penggunaaan baut banyak diterapkan seperti di konstruksi bangunan, pemesinan atau otomotif, dan lainnya (Mesin, 2016).

2.4.1 Fungsi Baut

Trakindo (2014) mengungkapkan bahwa baut sebagai alat sambung atau *fastener* memiliki fungsi sebagai penyedia tenaga yang menahan benda dimana baut terikat bersama dan menyalurkan beban dari satu bagian ke bagian lainnya.

2.4.2 Pengencangan Baut

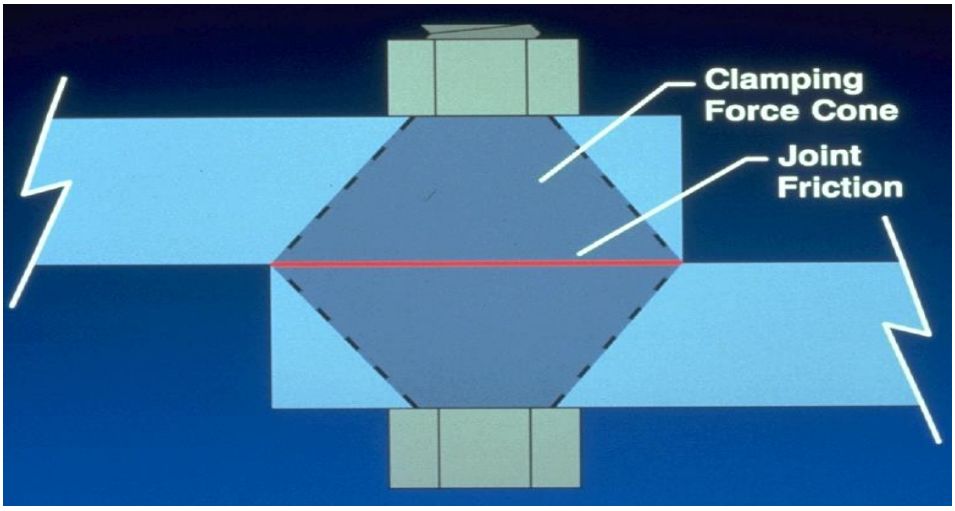
Beban yang terjadi pada baut adalah beban tarik. Beban tarik atau beban tekukan yang terjadi antara sambungan seharusnya diterima oleh permukaan yang bergesekan yang terjadi oleh tenaga penyatuan (*clampumg force*) karena pengencangan baut. Jika baut dikencangkan dengan benar dengan beban sambungan normal, seharusnya tidak ada gerakan relatif antara kedua bagian sambungan terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Clamping force* (Trakindo, 2014)

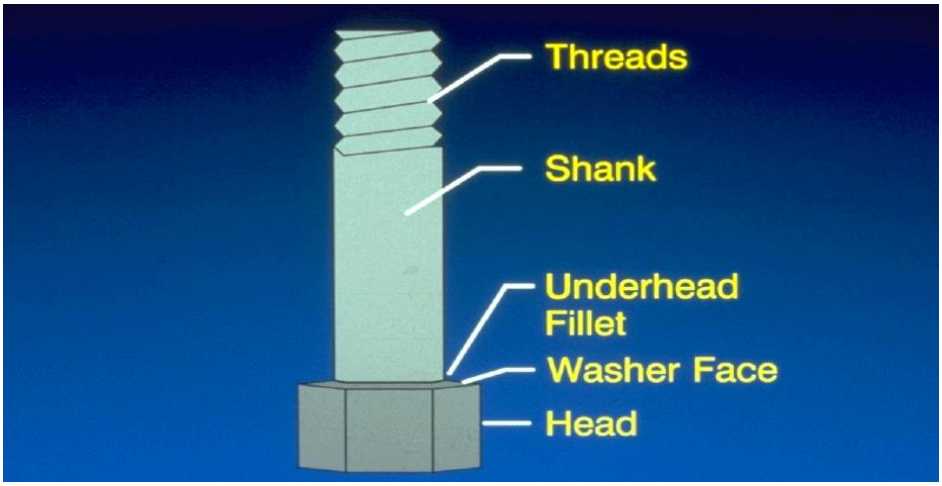
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Clamping force dan gesekan pada sambungan bekerjasama untuk menyalurkan beban dari satu bagian ke bagian lain. Dalam sambungan menggunakan baut, terdapat kerucut tenaga efektif dari *clamping force* yang dirasakan oleh dua komponen yang disatukan. Penyaluran beban terjadi pada area permukaan benda yang disatukan yang masuk dalam area kerucut diperlihatkan oleh garis merah pada Gambar 2.4. Efeknya adalah kedua bagian benda seperti dilas menjadi satu dalam area ini.



Gambar 2.4 *Clamping force cone* (Trakindo, 2014)

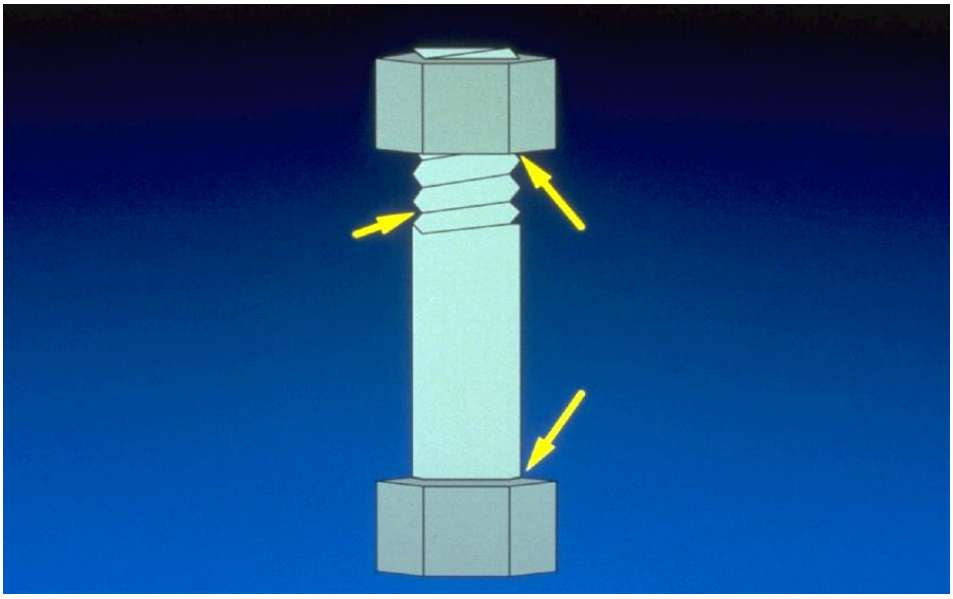
2.4.3 Struktur Baut



Gambar 2.5 Struktur baut (Trakindo, 2014)

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Bagian-bagian baut terdiri dari *head, washer face, underhead fillet, shank. thread* ditunjukan pada Gambar 2.5. Ukuran baut ditentukan oleh diameter puncak ulir (*thread*), panjang baut diukur dari bagian bawah kepala baut (*head*) hingga bagian ujung ulir (*thread*). Standarisasi satuan ulir baut yang paling banyak digunakan yaitu ulir metris (*Metric Standard Thread*) dan ulir *whitworth* (*Whitworth Standard Thread*). Pada standarisasi ulir *whitworth*, ukuran ulir ditentukan dengan jumlah puncak ulir setiap inchi. Sementara itu, untuk standar ulir metris ditentukan dengan ukuran jarak antara puncak ulir dalam satuan metris.



Gambar 2.6 Bagian baut sering menerima tegangan (Trakindo, 2014)

Bagian-bagian yang sering menerima tegangan tinggi pada baut antara lain:

a. Bagian pertama dari dasar *thread* yang keluar pada bagian sambungan dari mur atau lubang tirus.
b. Lubang *awal thread* setelah *shank.*
c. *Under head fillet.*

2.3.4 Tegangan Pada Baut

Irawan (2009) mengungkapkan bahwa tegangan yang terjadi pada baut dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan gaya yang mempengaruhinya, tegangan tersebut sebagai berikut:

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

A. Tegangan dalam

Tegangan yang ditimbulkan dari gaya yang berasal dari dalam baut. Tegangan dalam meliputi:

1. Tegangan tarik
2. Tegangan geser torsional

B. Tegangan luar

Tegangan yang ditimbulkan pada baut akibat gaya luar yang bekerja pada baut. Tegangan luar meliputi:

1. Tegangan tarik
2. Tegangan geser

C. Tegangan kombinasi

Tegangan yang ditimbulkan pada baut akibat kombinasi gaya dalam dan gaya luar yang bekerja pada baut. Tegangan kombinasi meliputi:

1. Tegangan geser maksimum

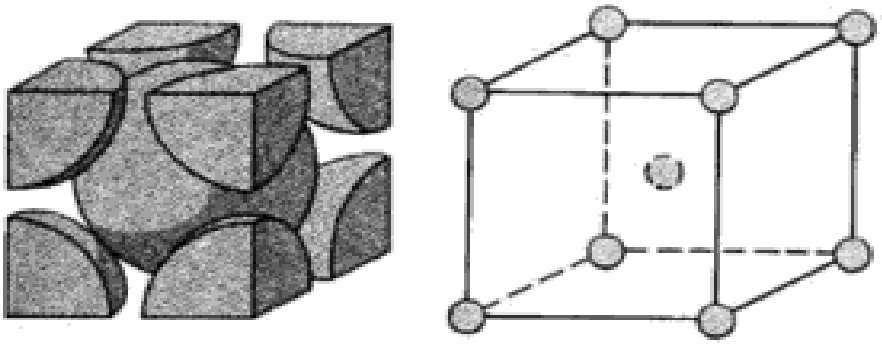
2.5 Striktur Mikro Baja

Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa yang dapat dilihat melalui teknik metalografi. Struktur mikro dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop, mikroskop yang dapat digunakan yaitu *metalurgical microscop.* Secara umum ada beberapa struktur mikro pada logam yaitu *ferrite, perlite, cementite, austenite,* dan *martensite*. Berikut merupakan beberapa struktur mikro pada logam:

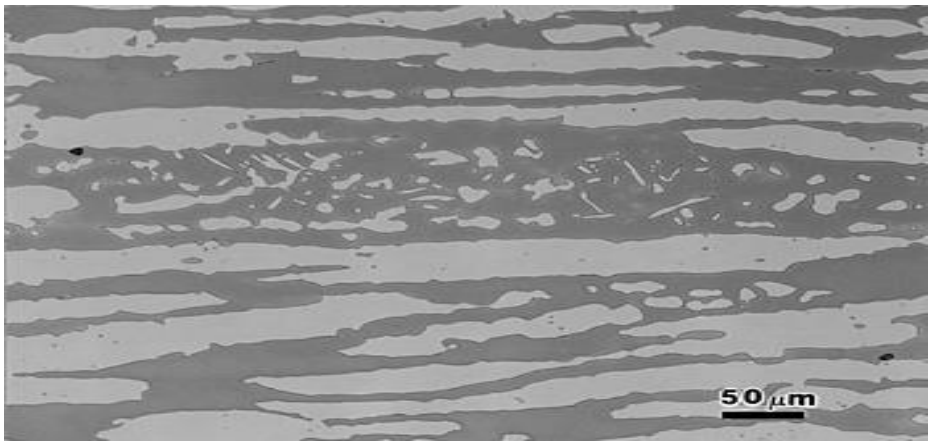
A. *Ferrite*

Ferrite adalah fasa larutan padat yang memiliki struktur *Body Centered Cubic* (BCC) terlihat pada Gambar 2.7 dengan sifat lunak (*soft*), ulet (*ductile*), dan magnetis pada temperatur di bawah 765 ° C serta non-magnetis pada temperatur 765 ° C-910 ° C. Jika dilihat dengan mikroskop metalurgi pada Gambar 2.8, struktur *ferrite* berwarna putih terang.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.7 Struktur *body centered cubic* (Purnomo, 2017)

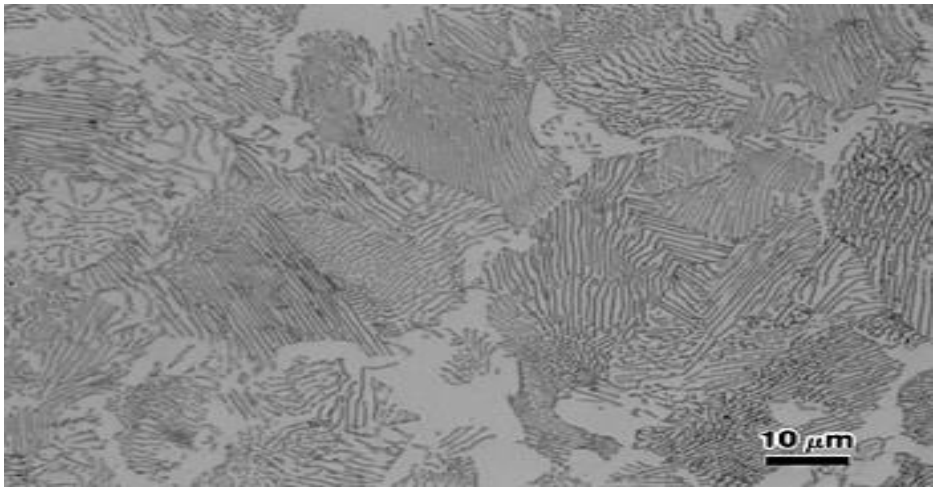


Gambar 2.8 Struktur *ferrite* (Mahendra, 2011)

B. *Pearlite*

Pearlite merupakan struktur campuran antara *ferrite* dan *pearlite* dengan kandungan arang sebesar 0,8% yang bersifat keras karena terdapat unsur karbida/*cementite*. Semua kristal *ferrite* dimasuki serpih *cementite* halus dengan posisi saling berdampingan. Struktur *pearlite* jika dilihat menggunakan mikroskop metalurgi menunjukan area berwarna gelap seperti pada Gambar 2.9. Jarak antara serpihan-serpihan *cementite* tergantung pada laju pendinginannya. Laju pendinginan cepat akan menghasilkan jarak yang rapat, sedangkan laju pendinginan yang lambat akan menghasilkan jarak yang semakin jauh.

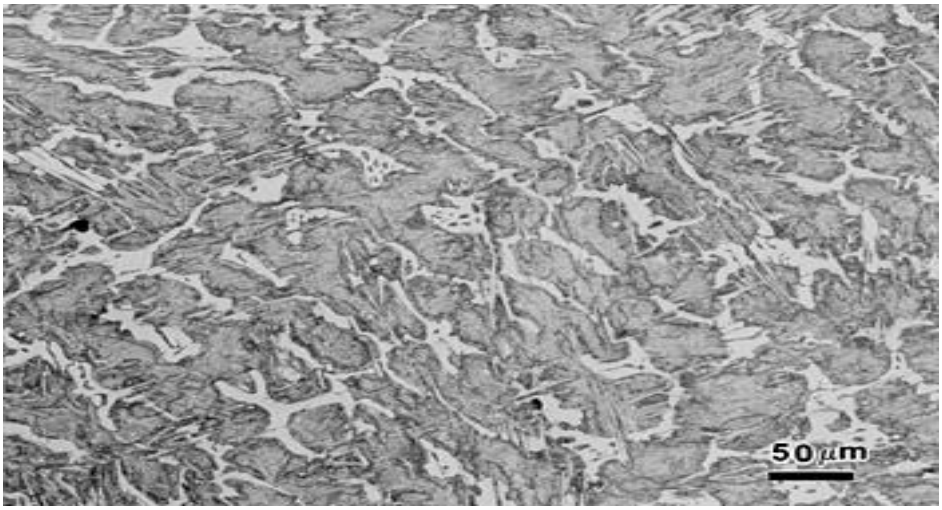
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.9 Struktur *pearlite* (Mahendra, 2011)

C. *Cementite*

Cementite atau *ferro carbide* adalah struktur dengan campuran besi (Fe) dan arang (C). *Cementite* bersifat sangat keras dan getas dengan komposisi karbon sebesar 6.67%. Struktur *cementite* terlihat pada Gambar 2.10.



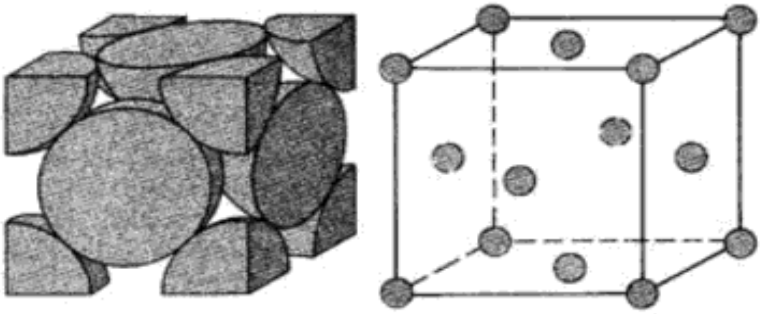
Gambar 2.10 Struktur *cementite* (Mahendra, 2011)

D. *Austenite*

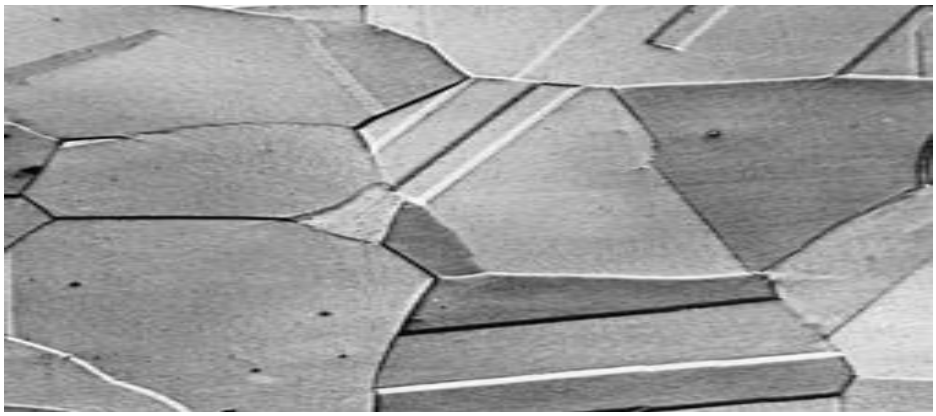
Austenite adalah struktur yang berasal dari struktur *ferrite* yang dipanaskan pada temperatur 912 ° C-1394 ° C. Pada temperatur tersebut *austenite* bersifat non magnetik dan lunak sehingga mudah dibentuk. Fasa *austenite* memiliki struktur

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

atom *Face Centered Cubic* (FCC) yang ditunjukan Gambar 2.11 dan struktur ditunjukan Gambar 2.12.



Gambar 2.11 Struktur *face centered cubic* (Purnomo, 2017)



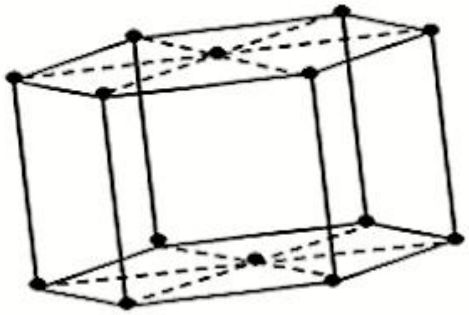
Gambar 2.12 Struktur *austenite* (Mettallurgy, 2018)

E. *Martensite*

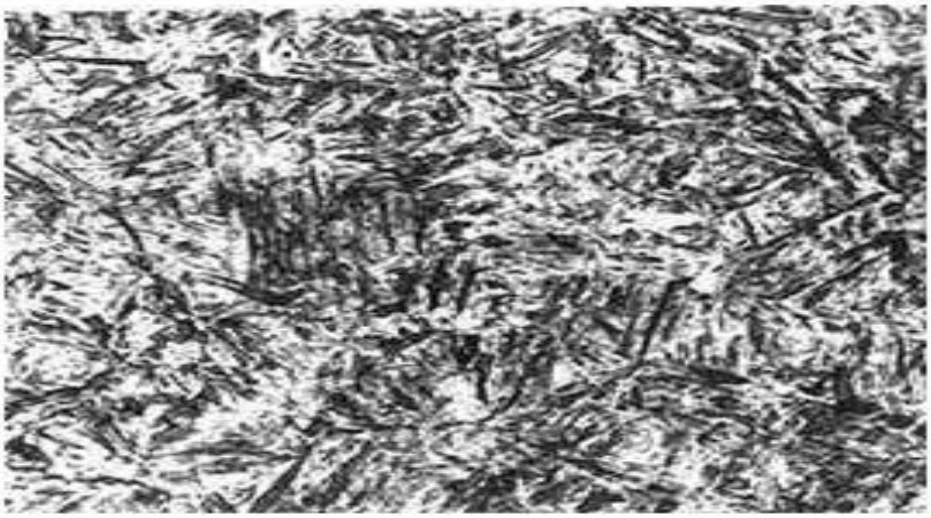
Striktur *martensite* adalah struktur mikro yang terbentuk saat fasa *austenite* yang didinginkan secara cepat (*quecing*) pada medium tertentu. Pendinginan cepat tersebut menyebabkan struktur atom *face centered cubi*c pada *austenite* akan bertransformasi menjadi *body centered cubic*, tetapi karena proses transformasi yang berlangsung sangat cepat, maka unsur karbon yang larut dalam struktur *body centered cubic* tidak sempat berdifusi atau keluar. Unsur karbon yang terperangkap ini menyebabkan struktur *body centered cubic* berubah menjadi struktur *body centered tetragonal* yang berbentuk jarum-jarum halus yang ditunjukan Gambar

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.13 dan Gambar 2.14. Umumnya nilai kekerasan *martensite* tinggi walaupun kadar karbonnya rendah.



Gambar 2.13 Struktur *body centered tetragonal (Purnomo, 2017)*



Gambar 2.14 Struktur *martensite* (Mettallurgy, 2018)

2.6 Klasifikasi Baja

Material yang digunakan dalam pembuatan baut *final drive* yang berfungsi untuk menyatukan *differential hosung* dan *axle* pada *final drive haul truck* harus memiliki ketahanan aus, serta keuletan yang cukup. Baut *final drive* yang berfungsi untuk menyatukan *differential hosung* dan ax*le* pada *final dirve haul truck* terbuat

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dari baja karbon dengan menggunakan teknik pengecoran yang dipadukan dengan beberapa unsur paduan lain untuk meningkatkan ketangguhan baut *final drive* tersebut. Secara umum, baja diklasifikasikan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan.

2.6.1 Baja Karbon

Merurut (Logam Ceper, 2018) baja karbon ada tiga macam:

A. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon antara 0%-0,2%. Struktur mikro baja karbon rendah mengandung *pearlite* dan *fearlite*. Paduan baja karbon rendah memiliki sifat lunak, keuletan, dan ketangguhan yang tinggi. Baja karbon rendah sangat sulit untuk dibentuk menjadi martensit.

B. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon antara 0,2%-0,5%. Paduan baja karbon sedang memiliki *pearlite* yang berwarna hitam. Baja karbon sedang sangat baik bila dibentuk menjadi *martensite.* Baja karbon sedang biasanya digununakan sebagai profil.

C. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon sebesar 0,5%-1,7%. Pada baja karbon tinggi struktur *pearlite* banyak dan jelas. Paduan baja karbon tinggi biasanya digunakan sebagai perkakas rel kereta api.

2.6.2 Baja Paduan

Baja yang hanya mengandung unsur karbon saja belum cukup ketika akan digunakan secara tangguh. Untuk itu, diperlukan adanya penambahan unsur-unsur lain. Beberapa unsur yang sering dipadukan pada baja karbon serta pengaruh dari penambahan unsur-unsur tersebut:

A. Silisium (Si)

Silisium bersifat meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan diperkeras, tahan aus, serta ketahanan terhadap panas dan korosi. Sementara itu, kelemahan dari perpaduan silisium pada baja adalah menurunkan regangan, dan kemampuan ditempa.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

B. Mangan (Mn)

Mangan bersifat meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan ditemper, dan ketahanan terhadap aus. Akan tetapi, mangan (Mn) bersifat menurunkan kemampuan dikerjakan dengan mesin-mesin perkakas.

C. Krom (Cr)

Krom bersifat meningkatkan kekerasan, kekuatan, ketahanan aus, kemampuan diperkeras, ketahanan panas, kerak, karat, dan asam. Akan tetapi, krom (Cr) memiliki sifat menurunkan regangan dalam tingkat rendah.

D. Nikel (Ni)

Nikel merupakan unsur paduan untuk baja dimana bila terdapat unsur ini sebagai salah satu paduannya maka paduan tersebut akan dapat dilas, dan disolder. Nikel bersifat meningkatkan keuletan, kekuatan, ketahanan karat, dan tahanan listrik. Namun, nikel juga memiliki sifat menurunkan kecepatan pendinginan dan regangan panas.

E. Molibdenum (Mo)

Molibdenum (Mo) biasanya dipadukan dengan baja ikatan bersama-sama antara Cr, Ni, dan V. Molibdenum (Mo) bersifat meningkatkan kekuatan tarik, dan ketahanan panas. Molibdenum (Mo) juga memiliki sifat dapat menurunkan regangan.

F. Vanadium (V)

Vanadium (V) bersifat meningkatkan kekuatan, keuletan, serta ketahanan lelah. Namun, vanadium (V) juga memiliki sifat dapat menurunkan kepekaan terhadap sengatan panas yang melewati batas pada perlakuan panas.

G. Wolfram (W)

Wolfram (W) memiliki titik lebur tinggi sehingga digunakan untuk kawat pijar dan logam las. Wolfram (W) bersifat meningkatkan kekerasan dan kekuatan pada suhu tinggi. Wolfram juga memiliki sifat dapat menurunkan regangan.

H. Kobalt (Co)

Kobalt (Co) terkandung pada magnet permanen. Kobalt (Co) memiliki sifat dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan karat, ketahanan panas, dan memiliki daya hantar listrik.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

I. Titanium (Ti)

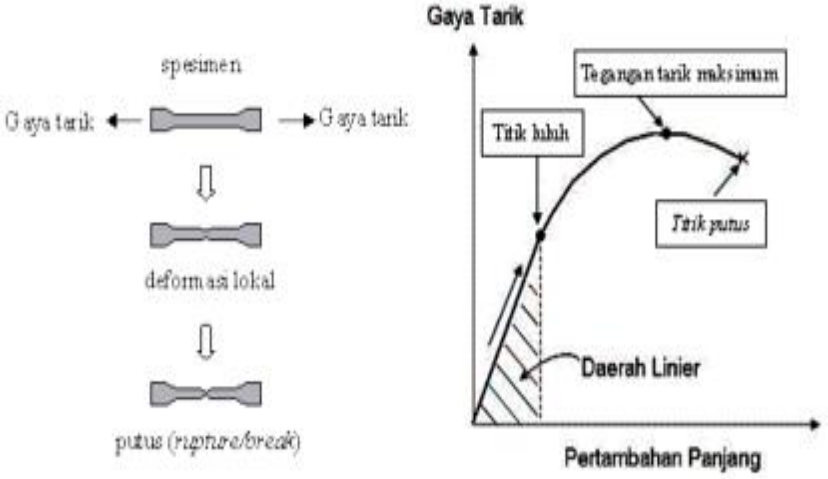
Titanium (Ti) adalah paduan yang digunakan dalam kawat las karena dapat tahan hingga suhu 400° C.

J. Tantalum (Ta)

Tantalum (Ta) ialah unsur yang memiliki ketahanan tinggi karat (hanya diserang oleh asam flour). Baja krom anti karat menjadi dapat dilas baik dengan Tantalum (Ta). Titik lebur unsur ini juga tingi yaitu 3150°C.

2.7 Pengujian Tarik

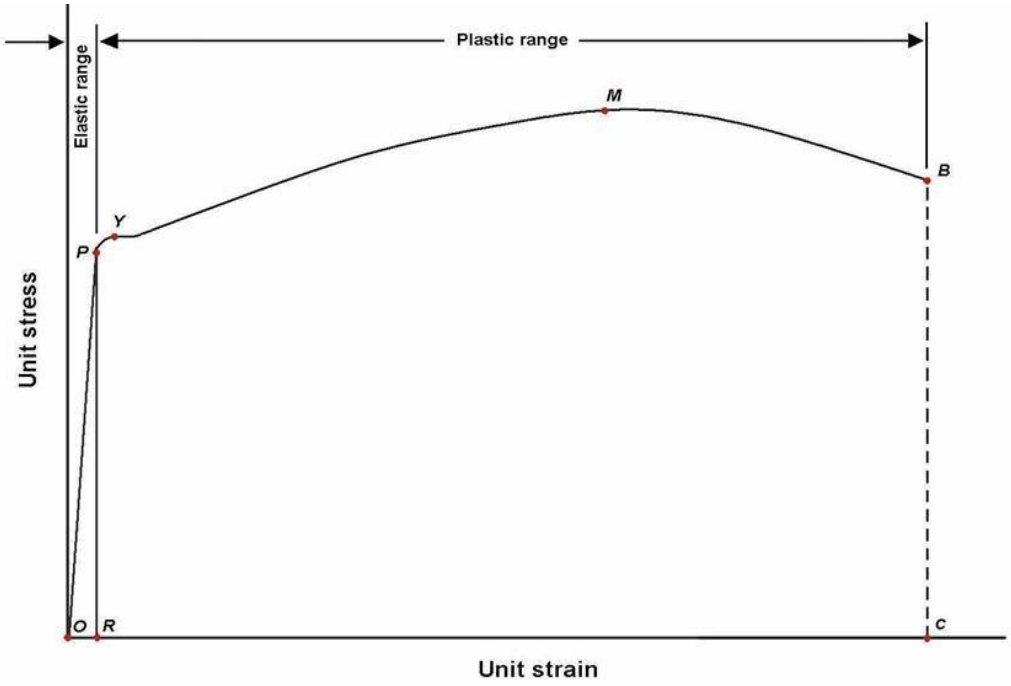
Pengujian tarik adalah salah satu uji tegangan dan regangan mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik (Purnomo, 2017). Gambaran singkat uji tarik terlihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Gambaran singkat uji tarik dan datanya (Purnomo, 2017)

Pengujian tarik dilakukan dengan melakukan penambahan beban secara perlahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut hingga sampai titik batas proporsionalitas. Titik P pada Gambar 2.16 menunjukkan batas proporsionalitas dari kurva tegangan regangan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.16 Batas proporsionlitas (Staf Laboratorium Bahan Teknik, 2016)

Daerah proporsionalitas merupakan bagian dari batas elastis. Batas elastis merupakan batas dimana bahan akan kembali kepanjang semula. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi sebanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, bahan uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan bahan uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi. Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk bahan yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi dan putus. Pada saat beban mencapai maksimum, bahan uji mengalami pengecilan penampang setempat dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar *necking.* Pada bahan getas tidak terjadi *necking* dan bahan akan putus pada saat beban maksimum. Kekuatan maksimum adalah batas yang tidak boleh dilewati. Pada pengujian tarik akan diperoleh sifat mekanik dari material yang diuji. Beberapa sifat mekanik dibagi menjadi 2, yaitu:

A. Sifat mekanik di daerah elastis

Adapun sifat mekanik yang berada di daerah elastis, diantaranya:

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1. Kekuatan elastis

   Kemampuan batang untuk menerima beban/tegangan tanpa berakibat terjadinya *deformasi plastis* (perubahan bentuk permanen). Ditunjukkan oleh titik luluh (*yield*)

2. Kekakuan

   Kemampuan bahan menerima tegangan tanpa mengakibatkan perubahan bentuk (*deformasi*) atau *defleksi.*

B. Sifat mekanik di daerah plastis

Adapun sifat mekanik di daerah plastis, diantaranya:

1. Kekuatan tarik

   Kemampuan bahan untuk menerima beban/tegangan tanpa mengakibatkan bahan rusak atau putus. Kekuatan tarik maksimum ditunjukkan sebagai tegangan maksimum pada kurva tegangan regangan.

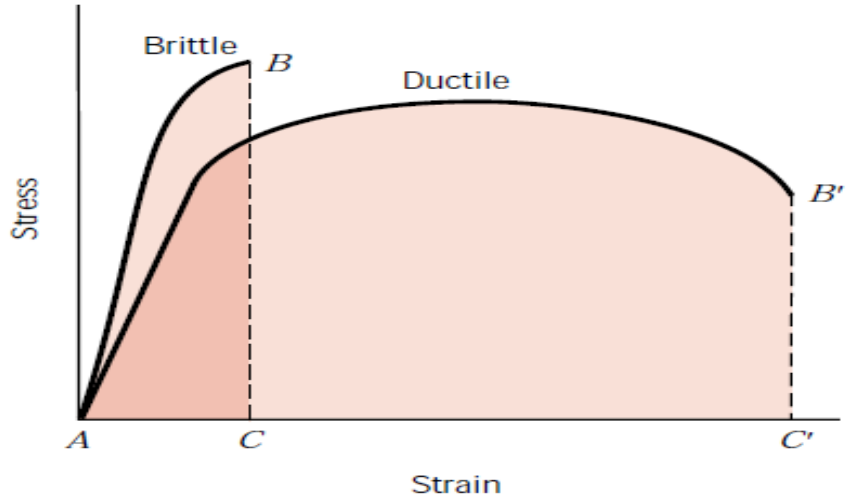
2. Keuletan

   Kemampuan bahan untuk berderformasi tanpa menjadi patah. Keuletan dapat diukur dengan besarnya tegangan plastis yang terjadi setelah batang uji putus. Ditunjukkan sebagai garis elastis pada grafik tegangan regangan.

3. Ketangguhan

   Ketangguhan adalah kemampuan menyerap energi tanpa mengakibatkan patah, dapat diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan bahan uji. Ketangguhan dinyatakan dengan modulus ketangguhan yaitu banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan satu satuan volume bahan. Grafik ketangguhan ditunjukkaan Gambar 2.17.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



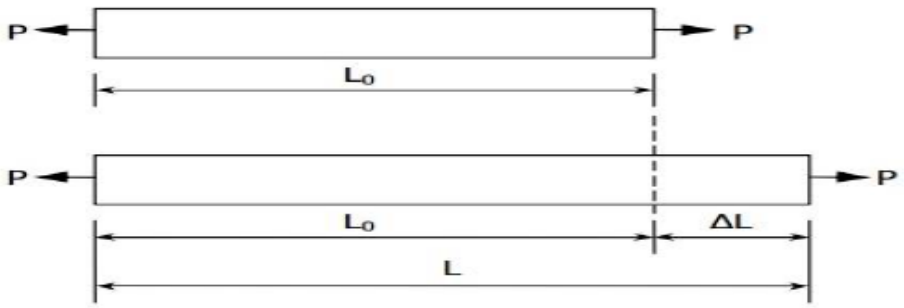
Gambar 2.17 Grafik modulus ketangguhan (Purnomo, 2017)

Pada pengujian tarik, benda diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan dilakukannya pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \qquad (2.1)$$

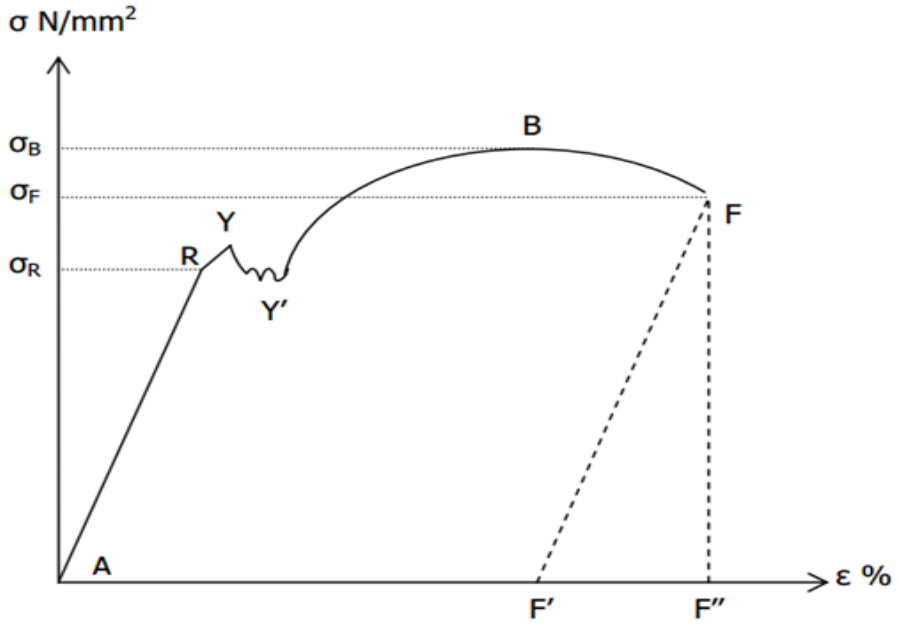
Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayasa adalah regangan linier rata-rata yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur benda uji (ΔL), dengan panjang awalnya (L0).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \qquad (2.2)$$



Gambar 2.18 Regangan (UNY, 2011)

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.19 Kurva tegangan regangan (UNY, 2011)

Kurva tegangan regangan hasil pengujian tarik umumnya tampak pada Gambar 2.18. Dari Gambar 2.18 dapat dilihat:

1. AR garis lurus. Pada bagian ini pertambahan panjang sebanding dengan pertambahan beban yang diberikan. Pada bagian ini berlaku hokum hooke:

   $$\Delta L = \frac{P}{A} \times \frac{L_0}{E} \qquad (2.3)$$

   Keterangan :

   ΔL = pertambahan panjang benda kerja (mm)

   L0 = panjang benda kerja awal (mm)

   P = beban yang bekerja (N)

   A = luas penampang benda kerja (mm^2)

   E = modulud elatisitas bahan ($^{N}/_{mm^2}$)

   Dari persamaan 1 dan 2, bila disubstansikan ke persamaan 3 diperoleh:

   $$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad (2.4)$$

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Keterangan :

E = modulus elastisitas bahan ($^{N}/_{mm^2}$)

σ = tegangan tarik

ε = regangan aksial

2. Y disebut titih luluh atas.
3. Y' disebut titik luluh bawah.
4. Pada YY' benda kerja seolah-olah mencair dan beban naik turun disebut daerah luluh.
5. Pada titik B beban mencapai maksimum dan titik ini bias disebut tegangan tarik maksimum atau kekuatan tarik bahan (σ_b). Pada titik ini terlihat jelas benda kerja mengalami pengecilan penampang (necking).
6. Setelah titik B beban mulai turun dan akhirnya patah dititik F.
7. Titik R disebut batas proporsional, yaitu batas daerah elastis dan daerah AR disebut daerah elastis. Regangan yang diperoleh pada daerah ini disebut tegangan elastis.
8. Melewati batas proporsionalitas sampai dengan benda putus, biasa dikenal dengan daerah plastis dan regangannya disebut regangan plastis.
9. Setelah benda kerja putus dan disambungkan kembali kemudian diukur pertambahan panjangnya, maka regangan yang diperoleh dari hasil pengukuran ini adalah regangan plastis.

2.8 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah pengujian untuk mengetahui tingkat kekerasan dari material. Kekerasan material dapat didefinisikan sebagai ketahanan material terhadap deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri adalah suatu keadaan dari suatu material pada saat material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali kebentuk semula. Berdasarkan mekanisme penekananya, terdapat 3 metode pengujian kekerasan, yaitu: metode penggoresan (*scratching*), metode elastis atau pantul, dan metode indentasi. Metode indentasi merupakan pengujian dilakukan dengan penekanan benda uji menggunakan indentor dengan gaya tekan dan waktu yang ditentukan. Pengujian

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

kekerasan bertujuan untuk mengetahui kemampuan material menahan beban indentasi atau penekanan. Kekerasan suatu material ditentukan dalam atau luas area indentasi yang dihasilkan (tergantung jenis indentor dan jenis pengujiannya). Berdasarkan prinsip kerjanya metode pengujian kekerasan dengan metode indentasi dapat diklasifikasikan sebagaai berikut:

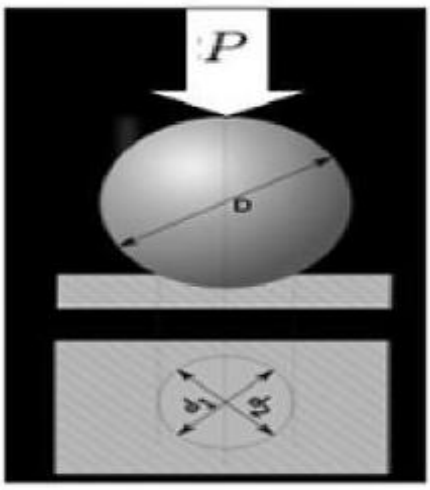
2.8.1 Metode *Brinel*

Metode ini diperkenalkan pertama pada tahun 1900 oleh J.A Brinell.Metode *brinel* adalah metode pengujian kekerasan yang dilakukan dengan menggunakan bola baja yang diperkeras (*hardness steel ball*) dengan beban dan waktu tertentu. Hasil penekanan adalah jejak lingkaran bulat, yang harus dihitung diameternya menggunakan mikroskop khusus pengukur jejak. Pengukuran nilai kekerasan ini menggunakan rumus:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D\left(D-\left(D^2-d^2\right)\right)^{1/2}} \qquad (2.5)$$

Keterangan :

P = Beban (kg)
D = Diameter indentor (mm)
d = diameter jejak (mm)



Gambar 2.20 Pengujian kekerasan metode *brinel* (Purnomo, 2017)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

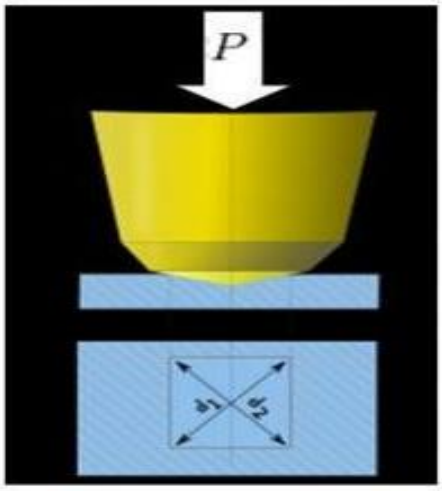
2.8.2 Metode *Vickers*

Metode *Vickers* adalah metode pengujian kekerasan yang menggunakan indentor intan berbentuk piramida dengan sudut 136°. Prinsip dari pengujian kekerasan menggunakan metode *vickers* sama dengan meode *brinell*, meski jarak yang dihasilkan metode *vickers* berbentuk bujur sangkar berdiagonal yang panjang nya diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak. Nilai kekerasan material dapat dihitung menggunakan rumus:

$$VHN = \frac{1{,}854P}{D^2} \qquad (2.6)$$

Keterangan:

P = Beban (kg)
D = Panjang diagonal rata-rata jejak (mm)



Gambar 2.21 Pengujian kekerasan metode *Vickers* (Purnomo, 2017)

2.8.3 Metode *Rockwell*

Metode *rockwell* adalah metode pengujian kekerasan dengan pembacaan langsung. Meode ini banyak dipakai dalam industri karena praktis. Metode yang paling umum digunakan adalah *rockwell* B dengan indentor bola baja berdiameter

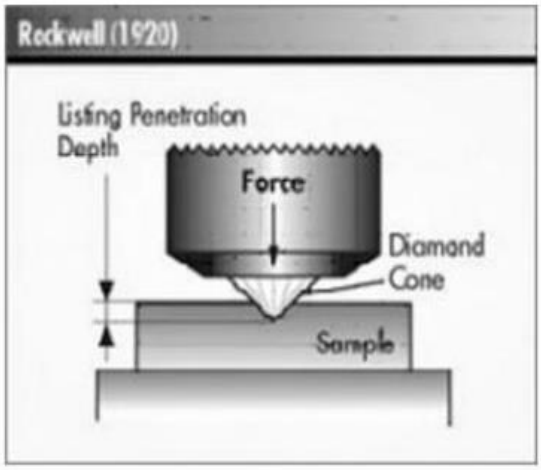
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1/6 inchi dan beban 100 kg, dan *rockwell* C dengan indentor intan dengan beban 150 kg, walaupun demikian metode *rockwell* lainnya juga bisa dipakai, acuan dalam menentukan dan memilih skala kekerasan dapat dilihat melalui Tabel 2.3.

Tabel 2.4 Skala kekerasan rockwell (Alat Uji, 2019)

Skala	Pemakaiannya
A	Carbide cementite, baja tipis, baja dengan lapisan keras yang tipis.
B	Paduan tembaga, baja lunak, paduan alumunium, dan besi tempa.
C	Baja, besi tuang keras, besi tempa peritik, titanium, baja dengan lapisan keras yang dalam, dan bahan-bahan lain yang lebih keras dari skala B-100.
D	Baja tipis, baja dengan lapisankeras sedang, dan besi tempa peritik.
E	Baja tuang, paduan alumunium, magnesium, dan logam bantalan.
F	Paduan tembaga yang dilunakkan dan plat lunak yang tipis.
G	Besi tempa, paduan tembaga, nikel-seng, dan tembaga-nikel.
H	Alumunium, seng, dan timbal.
K	Logam, bantalan, logam yang sangat lunak, dan bahan sangat tipis.
L	Logam, bantalan, logam yang sangat lunak, dan bahan sangat tipis.
M	Logam, bantalan, logam yang sangat lunak, dan bahan sangat tipis
P	Logam, bantalan, logam yang sangat lunak, dan bahan sangat tipis.
R	Logam, bantalan, logam yang sangat lunak, dan bahan sangat tipis.
S	Logam, bantalan, logam yang sangat lunak, dan bahan sangat tipis

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.22 Pengujian kekerasan metode *rockwell* (Purnomo, 2017)

2.8 Keausan

Trakindo (2014) mengungkapkan bahwa komponen-komponen Caterpillar dirancang untuk mengalami keausan secara berangsur-angsur. Komponen-komponen Caterpillar pada umumnya dapat digunakan kembali selama keausan yang terjadi masih dalam batas yang diizinkan.

Keausan pada komponen merupakan suatu peristiwa yang tidak dapat dihindari, sehingga dalam perancangannya terdapat bagian yang lebih lemah. Oleh karena itu, keausan dapat dikendalikan dengan mengganti bagian yang lebih lemah tersebut. Namun, dengan adanya partikel dalam jumlah cukup pada suatu komponen, keausan akan menyebar dengan cepat bahkan terhadap komponen yang lebih kuat sekalipun sehingga biaya penggantian akan naik secara drastis. Berikut merupakan penjelasan prinsip dasar keausan. Secara prinsip, keausan akan berhubungan erat dengan empat *point* berikut, yaitu:

a. *Materials*
b. *Temperatures*
c. *Pressures*
d. *Lubricants*

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

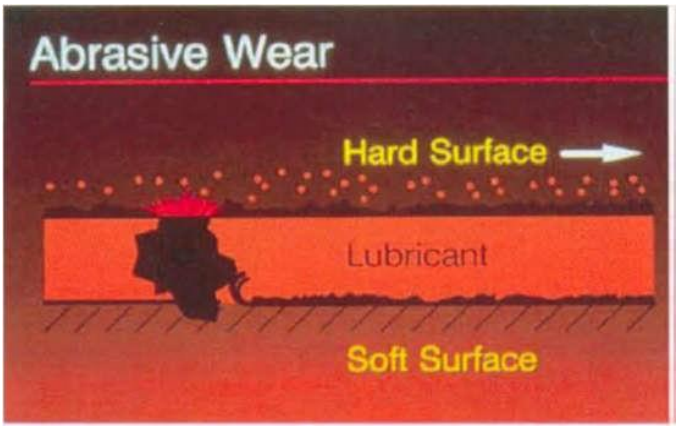
Pada dasarnya, ketika *point* satu sampai tiga telah terpenuhi maka pengaruh dari pelumasan/*lubricants* akan berpengaruh sebagai berikut:

a. Kualitatif (jenis pelumasan dan *addictive* yang diperlukan)
b. Kuantitatif (jumlah pelumasan pada suatu komponen)

Data mengenai kualiatas dan kuantitas lubrikasi merupakan hal yang sangat penting karena sistem lubrikasi tidak hanya berfungsi sebagai pelumas juga sebagai pendingin komponen yang bergesekan. Komponen yang bergesekan secara terus-menerus akan menghasilkan keausan, berikut merupakan beberapa jenis keausan:

2.8.1 *Abrasive Wear*

Abrassive wear terjadi ketika terdapat partikel keras yang berukuran lebih besar dari kekentalan film pelumas diantara dua permukaan yang begerak. Permukaan dengan komposisi material yang lebih lunak akan kalah dengan material dengan komposisi yang lebih keras sehingga material lunak akan terpotong, meninggalkan goresan yang dalam, dan menghasilkan gram. Permukaan yang keras tidak akan terpotong seperti permukaan yang lunak, tetapi menimbulkan panas yang lebih karena partikel keras bergesekan terhadap permukaan keras lain. Hal ini dapat menimbulkan kontak antara dua permukaan yang saling bergerak dan menghasilkan panas lebih banyak yang tidak bisa dibawa oleh sistem lubrikasi. Kondisi ini dapat menimbulkan *adhesive wear*. *Abrasive wear* dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 *Abrasive wear* (Trakindo, 2014)

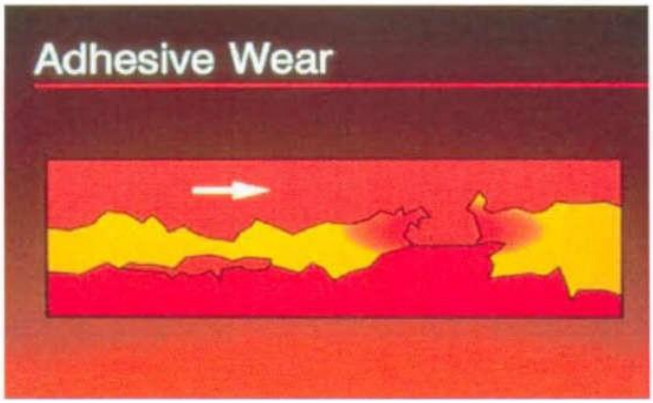
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Partikel *abrasive* dapat berupa tatal baja, pasir, serpihan alumunium, cat, kotoran atau material asing lainnya. Jika partikel *abrasive* besar, masuknya partikel ini dapat dimungkinkan pada saat pembuatan alat, pemeliharaan, atau perbaikan yang kurang benar. Partikel *abrasive* yang lebih kecil dapat masuk selama alat beroperasi atau karena perawatan yang tidak tepat.

Keausan *abrasive* ini mudah untuk diidentifikasi. Penyebab keausan yang dicari adalah jenis partikel *abrasive* dan dari mana datangnya partikel tersebut. Didalam analisa *abrasive wear,* pengenalan partikel sangatlah penting. Hal inilah yang kemudian dapat menggiring ke arah sumbernya dan kepada pihak yang bertanggung jawab.

2.8.2 *Adhesive Wear*

Adhesive wear merupakan keausan yang terjadi ketika dua permukaan saling kontak tanpa adanya lubrikasi dan pendinginan cukup. Permukaan yang bergerak akan menghasilkan friksi dan menaikkan temperatur hingga mencapai titik lebur sehingga permukaan menempel satu dengan yang lain. *Adhesive wear* dapat dilihat pada Gambar 2.24**.**



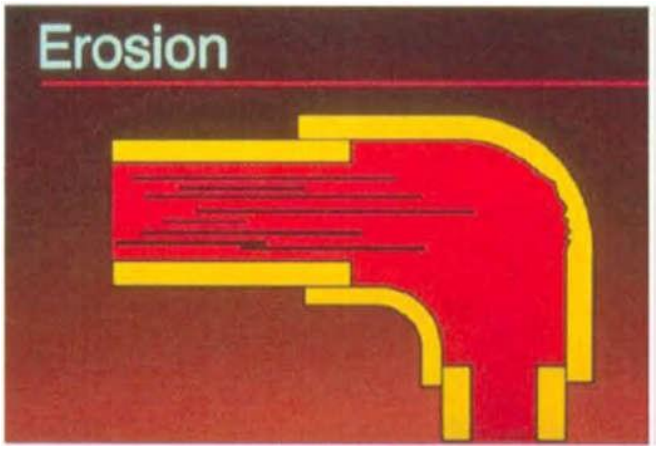
Gambar 2.24 *Adhesive wear* (Trakindo, 2014)

Tanda pertama keausan *adhesive* adalah *polishing* (gosokan) atau *smearing* (tergesek) pada permukaan yang lebih lemah. Ketika *smearing* terjadi, maka *melting temperature* (temperatur leleh) telah terjadi pada permukaan, walaupun temperatur akan turun dengan cepat melalui konduksi panas, *smearing* tetap menyisakan tanda-tanda lelehan pada permukaan.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.8.3 *Erosion*

Erosion merupakan keausan yang terjadi ketika partikel kecil yang keras terdapat dalam pelumas mengalir dan menghantam komponen lain dengan kecepatan yang tinggi. Keausan ini dapat diidentifikasi dengan tanda benturan partikel kecil atau bintik-bintik kasar. *Erotion* dapat dilihat pada Gambar 2.25**.**



Gambar 2.25 *Erosion (Trakindo, 2014)*

Erosion wear (keausan erosi) terjadi dalam semua sistem *engine*. Komponen seperti *filter* dirancang untuk mengontrol *erosion wear* masih dalam batasan yang diijinkan. Apabila sebuah unit/mesin menggunakan *filter* yang tidak tepat, fungsi kontrol masuknya kotoran tidak akan bekerja sehingga *erosion wear* dan *abrasive wear* terjadi pada tingkatan yang tidak diizinkan. Hal inilah yang membuat komponen menjadi lebih cepat rusak. Jika suatu *part* pecah, longgar, atau lepas di dalam suatu unit/mesin, keausan *erosion* ini dapat dengan cepat terjadi karena partikel dari pecahan *part* tersebut akan merusak komponen didalam sistem.

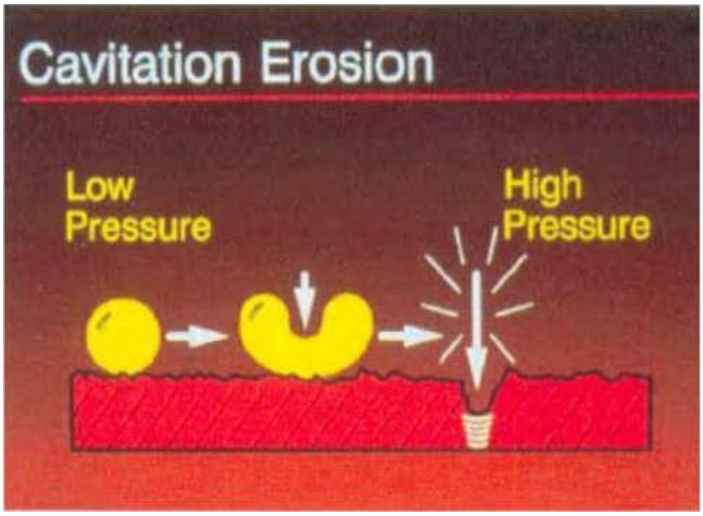
2.8.4 *Cavitation Erosion*

Cavitation erosion merupakan keausan yang terjadi ketika gelembung udara atau gelembung uap air pecah pada permukaan metal. Gelembung udara dapat terbentuk pada area dengan tekanan rendah dengan kondisi sistem yang tidak normal. Gelembung udara ini akan membentuk gelembung uap air tambahan. Ketika memasuki tempat yang memiliki tekanan yang lebih tinggi,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

gelembung tersebut meledak dan akan menghasilkan cairan bertekanan dengan kecepatan yang tinggi. Retakan kecil akan menjadi semakin banyak hingga menghasilkan serpihan metal dan menghasilkan lubang-lubang kecil. Gelembung udara dapat terbentuk karena kondisi-kondisi tertentu, antara lain:

a. Cairan bergerak terlalu cepat melewati celah (hukum *Bernoulli's*).
b. Komponen bergerak pada daerrah cairan bertekanan.
c. Sistem statis rendah (*radiator cap* jelek, operasi pada daerah yang tinggi).
d. Terjadi tahanan pada bagian *inlet.*
e. Bocor pada *suction line* yang memicu timbulnya gelembung udara.
f. Level fluida menyebabkan *fluid aeration.*
g. Cairan mencapai titik didihnya.

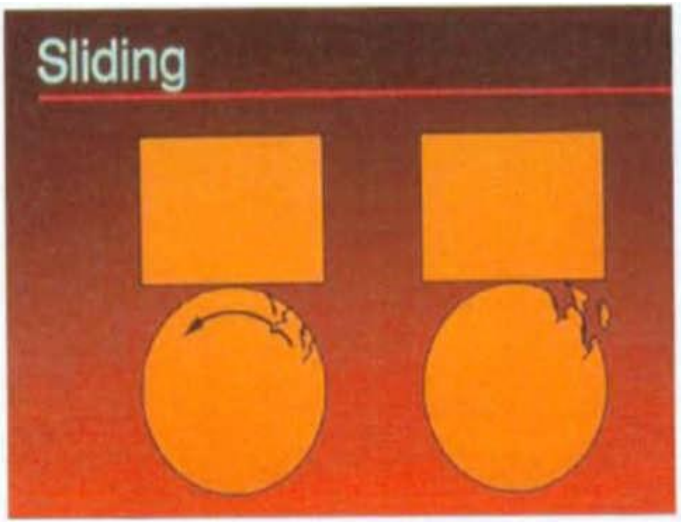


Gambar 2.26 *Cavitation erosion* (Trakindo, 2014)

Pada Gambar 2.26 diperlihatkan terjadinya kavitasi. Kerusakan erosi kavitasi ini memperlihatkan permukaan yang berbintik-bintik seperti kristal. Apabila komponen terus digunakan, maka komponen akan cepat rusak atau mengalami *crack* yang menyebabkan kebocoran di dalam sistem.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.8.5 Contact Stress Fatigue



Gambar 2.27 *Contact stress fatigue* (Trakindo, 2014)

Pada Gambar 2.27 diperlihatkan terjadinya *contact stress fatigue*. *Contact stress fatigue* merupakan keausan yang terjadi ketika dua permukaan bergesekan atau saling menekan satu dengan yang lain sehingga menghasilkan tekanan tinggi, pergerakan permukaan, dan retak *fatigue* pada salah satu atau kedua permukaan benda. Tekanan tinggi tersebut dapat terjadi jika:

a. Beban terlalu besar.
b. Keausan permukaan karena pemasangan yang tidak benar tekanan normal yang terkonsentrasi.
c. Kualitas dan kuantitas pelumas yang tidak tepat menyebabkan tidak cukup pelumas.

Pergerakan permukaan dapat terjadi jika tekanan yang diberikan terlalu besar, atau jika part itu sendiri yang terlalu lemah dan tidak tahan terhadap tekanan normal. Pergerakan permukaan yang terjadi terus menerus dapat memicu terjadinya *crack*, *pitting*, dan mengelupas pada permukaan yang disebut *contact stress fatigue*.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.8.6 Corrosion

Gambar 2.28 *Corrosion (Trakindo, 2014)*

Pada Gambar 2.28 diperlihatkan terjadinya *corrotion. Corrosion* adalah perubahan kimia pada permukaan metal. Semua yang terjadi di alam merupakan proses *electrochemical.* Aktifitas *electrochemical* terjadi apabila ada katode (area metal yang kurang aktif) dan anode (area metal yang lebih aktif) yang dikelilingi anode, katode, dan elektrolit juga merupakan komponen dasar baterai. *Corrosiaon* merupakan keausan yang memiliki jenis-jenis tertentu, antara lain:

1. Korosi umum, dimana suatu metal bertemu dengan larutan elektrolit-korosi pada permukaan yang berbeda.
2. Korosi galvanis, dimana dua metal berbeda berada pada larutan elektrolit.
3. Temperatur yang tinggi, dimana permukaan metal yang panas terbuka terhadap udara dan terjadi oksidasi

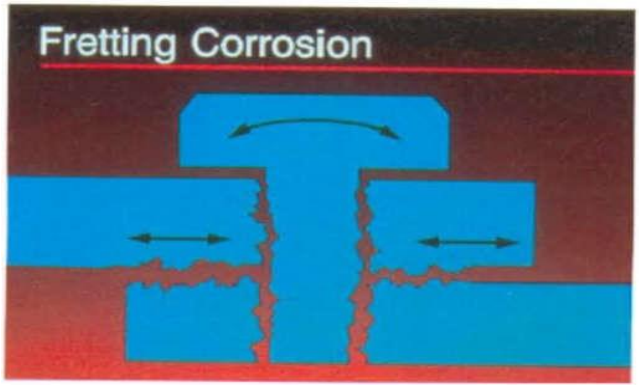
Korosi yang terjadi pada suatu metal dapat dicegah. Ada beberapa metode yang digunakan untuk mencegah terjadinya korosi. Berikut merupakan tujuh metode untuk melindungi komponen dari korosi:

1. Menghindari kontak dengan elektrolit.
2. Menghindari arus listrik antara metal dan elektrolit.
3. Mengecat atau melapisi permukaan metal.
4. Menggunakan *metal alloy*.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5. Membuat anode (kutub positif) yang lebih besar dari katode.
6. Menggunakan anode (kutub positif) yang dikorbankan (yaitu secara fisik melekatkan metal baru lebih aktif pada logam lain sehingga korosi mennyerang metal barru tersebut).
7. Menghindari temperatur tinggi.

2.8.7 *Fretting corrosion*



Gambar 2.29 *Fretting corrosion* (Trakindo, 2014)

Pada Gambar 2.29 diperlihatkan terjadinya *fretting corrotion. Fretting corrosion* merupakan keausan yang terjadi ketika dua benda yang seharusnya diikat ketat mengalami pergerakan sehingga saling menekan dan menyebabkan potongan kecil terlepas. Potongan ini berkarat dan membentuk oksida cokelat kemerah-merahan (butiran karat).

Keruskan *fretting* menandakan bahwa sambungan bergerak ketika terbebani. Pergerakan sambungan dapat disebabkan oleh kurangnya pengencangan, kelebihan pengencangan, kelebihan temperatur pada baut, kelebihan beban *cyclic*, atau alasan lain sehingga baut kekurangan regangan untuk menjaga sambungan tetap kencang.

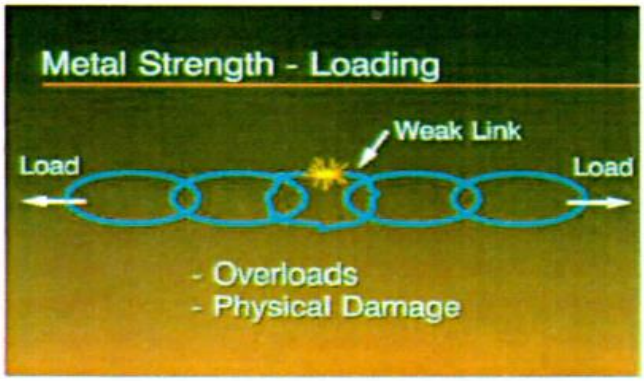
2.9 Patahan

Trakindo (2014) mengungkapkan bahwa produk Caterpillar dirancang untuk dapat memikul beban normal dan diharapkan tidak terjadi kerusakan selama operasi. Apabila terjadi patah atau rusak, hal ini lebih disebabkan oleh kondisi-kondisi tidak normal daripada masalah desain, material, atau proses.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

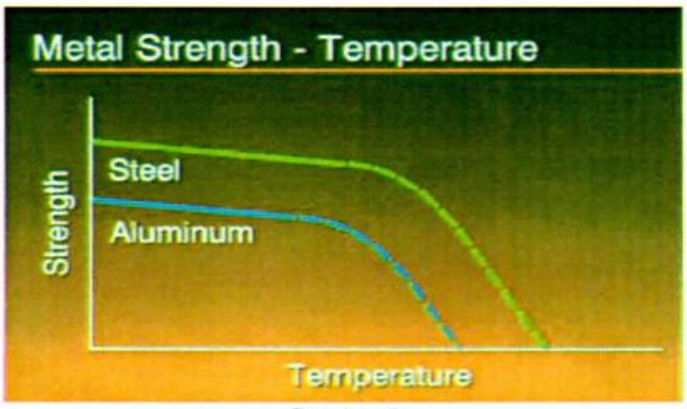
Dengan memahami karakteristik patahan, maka akan membantu menentukan apakah kegagalan ini disebabkan produk atau lingkungan.

Banyak kondisi yang mempengaruhi berkembangnya patahan, mencakup juga sifat-sifat fisik produk seperti kekuatan dan kekerasan yang berhubungan dengan berbagai faktor seperti beban, *stress raiser*, dan temperatur yang mempengaruhi awal retakan dan perambatan retakan.



Gambar 2.30 *Metal strength-loading* (Trakindo, 2014)

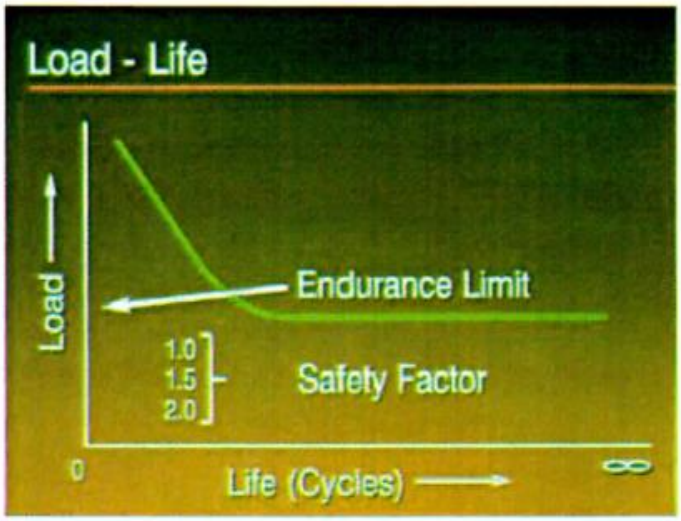
Kekuatan dan beban terhadap metal menentukan berapa lama komponen itu bekerja dalam kondisi baik. Komponen dirancang untuk dapat menerima beban normal tanpa menimbulkan kerusakan. Beban yang melebihi spesifikasi atau adanya perubahan fisik pada komponen seperti benturan yang menimbulkan luka pada komponen, *pitted*, atau *groove* (alur), kelebihan panas dapat menyebabkan kegagalan. Kegagalan komponen biasanya terjadi pada rantai terlemah seperti pada Gambar 2.30.



Gambar 2.31 *Metal strength-temperature* (Trakindo, 2014)

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Semua metal akan mengalami penurunan kekuatan apabila temperaturnya meningkat. Penurunan kekuatan akan berlangsung perlahan dan akan semakin cepat seiring dengan kenaikan temperatur. Pada Gambar 2.31 ditunjukkan grafik perbandingan kekuatan metal dengan temperaturnya. Apabila terjadi kelebihan panas yang sangat tinggi, kekuatan material akan hilang dan kegagalan dapat terjadi walaupun hanya dengan beban normal.



Gambar 2.32 *Load-life* (Trakindo, 2014)

Komponen yang bekerja terus menerus seharusnya tidak patah pada beban di bawah batasan beban tertentu, ini yang disebut sebagai *endurance limit* atau *fatigue limit*. Daerah di bawah *endurance limit* adalah daerah "*safety factor*" (faktor aman) seperti terlihat pada Gambar 2.32. Mengoperasikan produk di area faktor aman membuat komponen lebih awet apabila tidak ada masalah dengan daerah operasi, material, atau proses pengolahan material.

Ketika suatu komponen patah, pada daerah patahan tersebut akan ditemui karakteristik bentuk patahan, seringkali karakteristik ini terlihat jelas pada suatu komponen dibandingkan dengan komponen lainnya. Menurut Trakindo (2014), terdapat terminologi dasar mengenai patahan yang harus diketahui, yaitu:

A. *Stress raiser;* adalah kondisi/bentuk yang menyebabkan ketidakteraturan pada tampilan fisik komponen (seperti retak, *groove*-alur, pit, cacat) yang

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

menyebabkan konsentrasi tekanan. Ketika merancang komponen, langkah pertama yaitu harus mengetahui beban yang terjadi, di mana tumpuan beban akan terjadi, dan efek geometri terhadap komponen apabila komponen tersebut menerima beban. Komponen yang menerima beban akan meningkatkan *internal stress* atau tekanan *internal* pada komponen tersebut. Apabila terdapat perubahan geometri pada komponen dapat berakibat meningkatnya tekanan *internal* pada komponen tersebut, hal ini disebut dengan *stress raiser*. Adapun beberapa contoh dari *stress raiser* antara lain:

1. *Normal stress raiser*
   a. *Fillet*
   b. *Hole*
   c. *Keyways*
2. *Abnormal stress raiser*
   a. *Material defect*
   b. *Manufacturing defect*
   c. *Damage from abuse*

B. *Initiation site;* adalah lokasi dimulainya retakan atau area pertama dari material yang mengalami patah atau bisa disebut *root cause*. *Stress raiser* sering kali ditemuai pada *initiation site*.

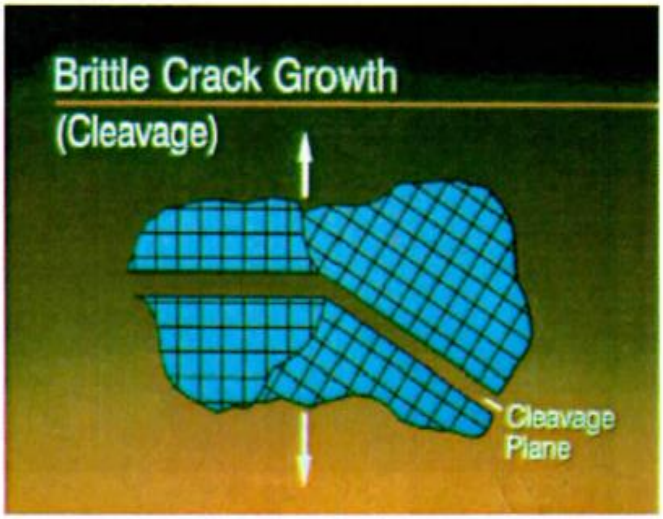
C. *Beach mark;* adalah suatu bentuk rambatan patahan yang ditandai dengan adanya garis-garis halus di sekitar area *initiation site* dan terus merambat ke arah *final fracture*.

D. *Final fracture;* adalah lokasi akhir patahan, atau bagian akhir dari material yang patah.

Trakindo (2014) menjelaskan bahwa terdapat tiga jenis patahan yang dapat terjadi pada material yaitu patahan *brittle*, patahan *ductile*, dan patahan *fatigue*.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.9.1 Patahan *brittle*

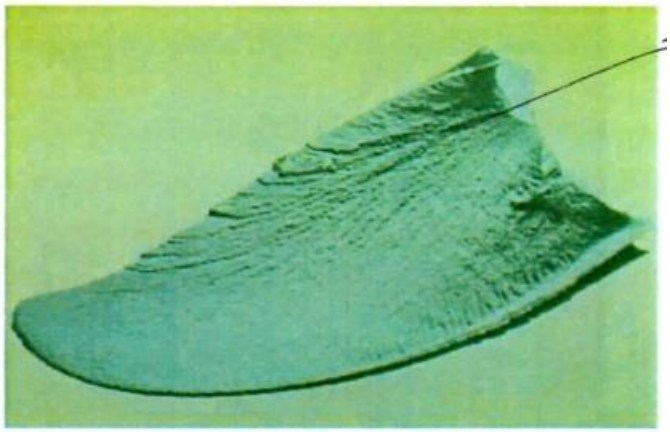


Gambar 2.33 *Load-life* (Trakindo, 2014)

Pada Gambar 2.33 diperlihatkan terjadinya perkembangan patahan *brittle*. *Brittle fracture* terjadi melalui lapisan-lapisan terpisah (*cleavage*) dari sel-sel dalam butiran atau sepanjang lapisan butiran. *Brittle fracture* biasanya merupakan akibat dari kerusakan lain dan tidak dikategorikan atau dihubungkan sebagai *root cause*. Jenis patahan ini terjadi sangat cepat, terlihat seperti kristal karena patahannya terjadi sepanjang batas butir atau melalui butir tanpa merusak bentuk butir itu. Permukaan patahannya akan terasa kasar apabila disentuh. Apabila patahan tersebut disatukan, maka patahan akan terlihat seperti bentuk komponen aslinya yang berarti patahan ini tidak menghasilkan deformasi plastis selama proses terjadinya patahan.

Material tempa yang mengalami *brittle fracture* biasanya menghasilkan permukaan yang terang dan bercahaya seperti intan ketika diputar di bawah cahaya. Material yang lebih lunak akan membentuk *chevron* yaitu bentuk seperti V yang terpusat pada *crack initiation site*. Pada material yang lebih keras bisa juga muncul *chevron* namun sulit dilihat apabila tanpa menggunakan kaca pembesar dan sudut pencahayaan yang baik.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.34 *Chevron* (Trakindo, 2014)

Pada material cor yang mengalami *brittle fracture* seperti pada Gambar 2.34 akan dihasilkan permukaan yang buram atau gelap. *Chevron* jarang terlihat pada permukaan patahan ini sehingga sulit untuk ditemukan.

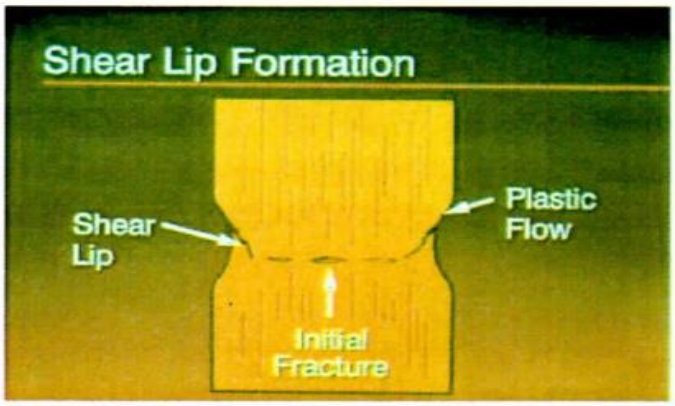
2.9.2 Patahan *ductile*

Gambar 2.35 Patahan *ductile* (Trakindo, 2014)

Pada Gambar 2.35 diperlihatkan terjadinya patahan *ductile*. *Ductile fracture* terjadi ketika butiran metal menahan beban yang tinggi sehingga terjadi perubahan bentuk. Hal ini terjadi karena beban yang diterima lebih lambat daripada *impact load* dan patahan tidak terjadi seketika sehingga menghasilkan deformasi plastis.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Ductile fracture disebabkan oleh *overload* dan umumnya memperlihatkan distorsi (perubahan bentuk), bengkok, *twisted* (terpuntir), *necked* (terjadi pengecilan penampang), atau jika patahan disatukan maka part tidak kelihatan seperti aslinya. Deformasi plastis menghasilkan suatu permukaan patahan yang kasar dan seperti kayu, tidak memantulkan cahaya, tampilannya lebih gelap, dan tidak berkilau. *Shaer lip* ada di sekitar sisi luar *ductile fracture* yaitu metal menjulur ke atas sekitar 45 derajat. *Ductile fracture* berkembang lebih cepat dari pada *fatigue fracture*, namun lebih lambat dibandingkan *brittle fracture* dan pada umumnya adalah akibat dari kegagalan yang lain.



Gambar 2.36 *Shear lip* (Trakindo, 2014)

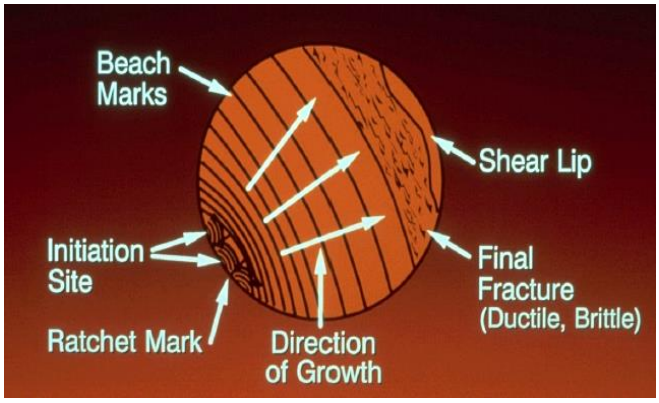
Komponen akan mulai retak apabila menerima tarikan (*tension*) yang menghasilkan kekosongan kecil pada area yang retak tersebut. Retak terus merambat sehingga kekosongan-kekosongan kecil yang ada di area retak tersebut menyatu. *Shear lip* terlihat pada Gambar 2.36 terbentuk apabila bagian metal yang terakhir patah ditarik oleh bagian komponen sudah retak sebelumnya

Baut akan cepat mengalami patahan *ductile* dikarenakan adanya beban berlebih yang tiba-tiba dalam satu siklus beban. Terdapat tiga kondisi umum yang menghasilkan baut patah *ductile*:

a. Beban berat berlebih.
b. Melemahnya atau salah kualitas baut.
c. Mengalami *stress riser*.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.9.3 *Patahan fatigue*



Gambar 2.37 Patahan *fatigue* (Trakindo, 2014)

Bentuk dasar patahan memperlihatkan tanda-tanda patahan *fatigue* terlihat pada Gambar 2.37 berupa *beach mark*, permukaan patahan halus, sedikit perubahan bentuk, dan *ductile* atau *britle* pada area patahan akhir. Patahan *fatigue* pada baut dapat disebabkan oleh tiga kondisi umum, antara lain:

a. Peningkatan tegangan yang tidak normal, dengan beban *cyclic* normal.
b. Beban cyclic lebih besar dari kekuatan *fatigue* dari *fastener*.
c. Peningkatan tegangan yang tidak normal dan beban *cyclic* yang besar pada waktu bersamaan.

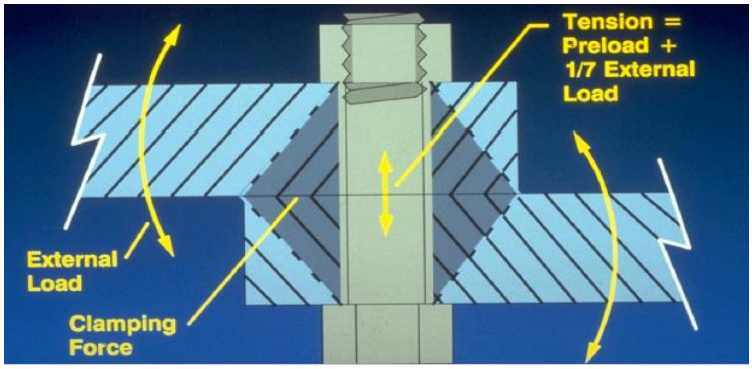
Peningkatan tegangan tidak normal seperti lubang karena korosi, takikan (*nick*), *gouges*, retak, dan lain sebagainya pada baut, terutama dalam beban tinggi pada ulir, *shank*, *underhead fillet*, dan permukaan *washer* dapat menyebabkan kegagalan *fatique* pada beban *cyclic* normal.

Baut dapat mengalami gagal *fatique* tanpa ada sumber yang menyebabkan terjadinya tegangan tidak normal. Kegagalan ini akibat dari:

a. Beban *cyclic* berlebih dari pengencangan sambungan yang sesuai.
b. Beban normal pada sambungan yang kendur.
c. Beban normal pada baut yang melemah atau kesalahan kekuatan *grade*.

Tegangan yang terjadi pada baut kondisi 1 dan 3 dapat menghasilkan retakan *fatique* selama beban *cyclic* yang berlebih.

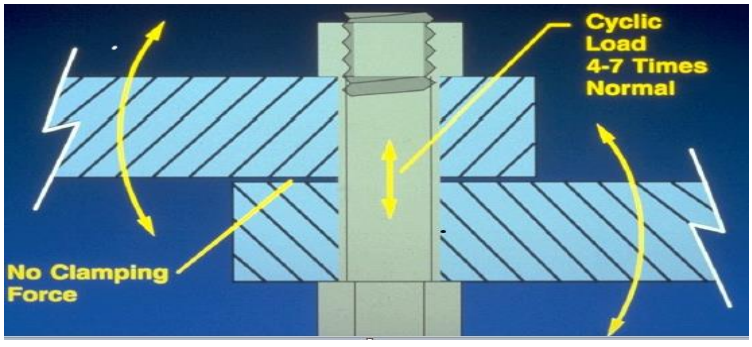
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.38 *Clamping force* (Trakindo, 2014)

Kondisi beban normal pada sambungan yang kendur dapat menyebabkan *fatique*. Oleh karena itu, dibutuhkan pengetahuan tambahan tentang bagaimana beban eksternal diterima oleh sambungan yang diikat dengan baut dan apa yang terjadi jika sambungan menjadi kendur.

Pengencangan menghasilkan tarikan (*tension*) pada baut yang terjadi setiap waktu bahkan ketika sambungan tidak dibebani. Pengencangan ini menyebabkan tegangan yang disebut "*pre-load*". Ketika beban eksternal berusaha memisahkan sambungan, regangan dalam baut meningkat sedikit demi sedikit, di atas*pre-load*, tetapi tidak sebesar beban yang terjadi. Dengan kata lain, regangan pada pengencangan yang tepat meningkat hanya sebesar pecahan dari jumlah beban eksternal yang berusaha memisahkan sambungan. Untuk banyak sambungan, baut menahan beban lebih dari 1/7 bagian beban eksternal. Pada sambungan berbeban tinggi, seperti *cap connecting rod*, peningkatan tegangan dapat sebesar ¼ bagian beban eksternal. Dalam sambungan ketat, semua kekuatan *shear* dan *bending* dibawa oleh kekuatan permukaan cekaman yang telah disebutkan sebelumnya.



Gambar 2.39 *No clamping force* (Trakindo, 2014)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Jika sambungan yang diikat baut menjadi kendur, "*preload*" dan kekuatan cekaman akan hilang dan baut harus menaggung seluruh beban eksternal. Beberapa alasan yang menyebabkan sambungan yang diikat baut menjadi kendur, antara lain:

a. Pengencangan yang kurang (*under torque*).
b. Adanya kotoran diantara permukaan komponen.
c. Material gasket yang salah.
d. Pengerasan *washer* yang tidak tepat.
e. Permukaan penyatuan kasar atau tidak rata.

Untuk itu, patahan *fatique* dari baut dalam kondisi baik, tetapi pada saat pemasangan kendur dapat terjadi karena baut membawa beban *cyclic* 4 atau 7 kali lebih tinggi dari normalnya. Juga, ketika baut kendur, kekuatan *shear* dan bending yang normalnya ditanggung oleh kekuatan permukaan cekaman juga dipindahkan pada baut.

2.10 Jenis-Jenis Beban

Trakindo (2014) menjelaskan terdapat tiga jenis beban yang dapat memicu terbentuknya *crack* yaitu *impact load* (beban kejut), *overload* (beban berlebih), *cyclic load* (beban terus menerus).

2.10.1 *Impact Load*

Impact load atau beban kejut adalah beban yang mengenai sebuah komponen secara tiba-tiba. *Impact load* merupakan beban yang mengakibatkan patahan *brittle*. Komponen yang mengalami *impact load* biasanya karena kesalahan pengoperasian seperti tumbukan secara tiba-tiba sehingga tekanan pada komponen menjadi tinggi atau hantaman komponen lain yang sudah rusak sebelumnya.

2.10.2 *Over Load*

Over load atau beban berlebih adalah beban yang mengenai sebuah komponen secara berlebihan. *Over load* merupakan beban yang dapat mengakibatkan patahan *ductile*. Komponen dapat mengalami *over load* karena penggunaan alat yang tidak sesuai, kagagalan fungsi sistem, atau kegagalan fungsi dari salah satu komponen sehingga menyebabkan meningkatnya beban yang

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

diterima oleh komponen lain. *Over load* merupakan sebuah akibat, bukan merupakan sebab atau *root cause* terjadinya sebuah patahan.

2.10.3 *Fatigue/Cyclic load*

Cyclic load atau beban berulang adalah beban yang mengenai sebuah komponen secara berulang dalam durasi yang sama. *Cyclic load* merupakan beban yang mengakibatkan patahan *fatigue*. Pada *cyclic load*, terdapat *initiation site* dan *stress raiser*, sehingga dihubungkan dengan sebab atau *root cause* terjadinya patahan.

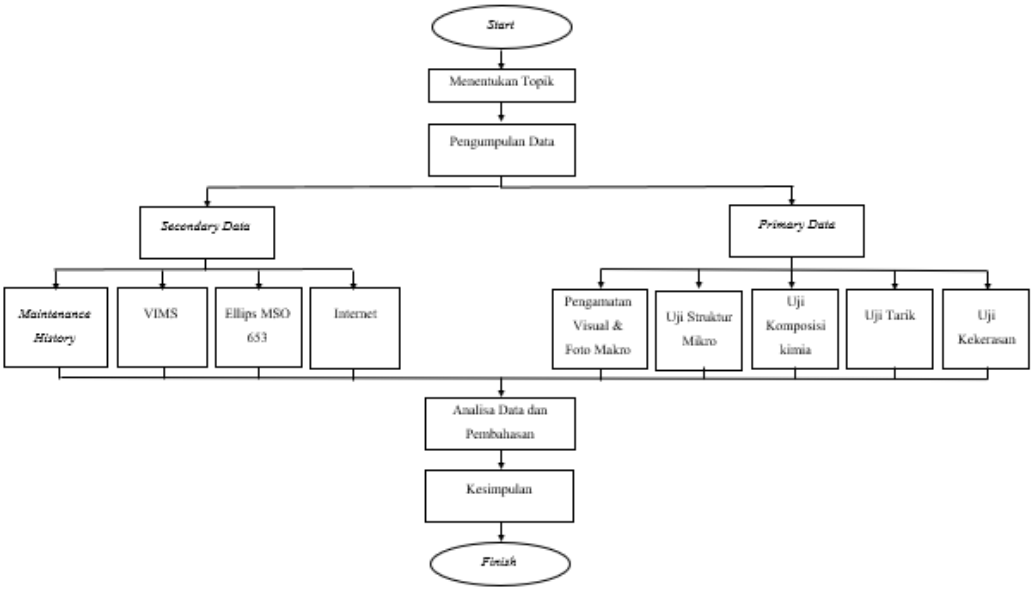
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Bab ini berisi tentang langkah kerja yang digunakan dalam melakukan penelitian. Langkah penelitian berguna sebagai dasar acuan dalam melakukan penelitian, sehingga penelitian dapat berjalan secara sistematis. Alur atau *flow chart* penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flow chart* metodologi penelitian

Tahap pertama pada penelitian ini diawali dengan menentukan topik untuk melakukan penelitian. Setelah topik ditentukan, maka tahap yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data dengan studi literatur dari berbagai sumber terkait topik penelitian seperti dari *maintenance history*, VIMS, ellips MSO 653, dan internet. Sumber tersebut berguna sebagai acuan dan referensi dalam melakukan penelitian dan sebagai data sekunder. Melakukan observasi yang

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

terkait fakta-fakta pada alat/komponen yang mengalami masalah di lapangan, daerah kerja mesin atau unit yang mengalami kerusakan. Setelah didapatkan data mentah dari lapangan berupa dokumentasi kerusakan dan komponen yang mengalami kerusakan berupa baut RH *final dive*, dilakukanlah persiapan penelitian untuk dilakukan pengamatan secara visual serta pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, pengujian komposisi kimia, pengujian tarik, pengujian kekerasan disertai dengan pengambilan data setelah pengujian sebagai data primer. Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisa dan dibahas dengan membandingkan data yang didapat dengan literatur yang sesuai. Selanjutnya, pembahasan tersebut dituangkan menjadi sebuah laporan tugas akhir.

3.2 Menetukan Topik

Pada 6 April 2019 terjadi masalah pada unit *haul truck* Caterpillar 789 D dengan nomor unit T772. Permasalahan yang muncul terjadi pada RH *final drive* ditandai dengan terpisahnya *final drive* dengan *differential* dimana baut *final drive* yang menghubungkan *final drive* dan *housing differential* mengalami patah.

3.3 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan sebagai objek penelitian adalah *haul truck* Caterpillar 789 D dengan nomor unit T772 terjadi kerusakan pada RH *final drive*, terlihat pada Gambar 3. 2, baut *final drive* tipe A, baut *final drive* tipe B yang digunakan untuk menghubungkan RH *final drive* dan *differential housing* pada unit Caterpillar 789 D di PT. Kaltim Prima Coal terlihat pada Gambar 3.3, dan bahan digunakan dalam pengujian antara lain autosol, cairan etsa HNO_3, dan air sabun.

Gambar 3.2 *Haul truck* Caterpillar 789D

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.3 Baut *final drive*

3.4 Peralatan Penelitian

Dalam menjalankan penelitian diperlukan peralatan untuk membantu jalannya penelitian. Peralatan yang diperlukan dalam proses observasi dilapangan antara lain:

a. Sarung tangan, *glasses*, *safety shoes* dan *safety helmet* sebagai perlengkapan keamanan untuk tangan, mata kaki, dan kepala.
b. Pita demarkasi untuk membatasi area kerja aman.
c. *Toolbox* yaitu berupa alat pendukung uuntuk membuka komponen yang bermasalah.
d. Kamera untuk dokumentasi kegiatan.

Peralatan yang diperlukan dalam proses pemotongan dan pembentukan material antara lain:

a. Gerinda potong.
b. *Vernier caliper.*
c. Mesin bubut.

Peralatan yang diperlukan dalam pengujian struktur mikro antara lain:

a. *Metallurgical microscope*.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

b. *Polish machine*.
c. Amplas *grade* 100, 180, 400, 600 dan 1000.
d. *Hairdryer.*

Peralatan yang diperlukan dalam pengujian komposisi kimia antara lain:

a. *Metallurgical microscope*.
b. *Polish machine*.
c. Amplas *grade* 100, 180, 400, 600 dan 1000.
d. *Hairdryer.*

Peralatan yang diperlukan dalam pengujian tarik antara lain:

a. *Alat uji struktur mikro.*

Peralatan yang diperlukan dalam pengujian kekerasan antara lain:

a. Alat pengujian kekerasan.

3.5 Pemotongan Material

Dilakukan pemotongan material menggunakan gerinda potong dan pembentukan spesimen uji pada material baut *final drive* untuk pengujian struktur mikro dan kecacatan, serta pengujian tarik. Gambar spesimen uji sebelum dilakukan pemotongan dan pembentukan ditunjukan Gambar 3.4 dan gambar spesimen uji setelah dilakukan pemotongan dan pembentukan ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Gambar 3.4 Spesimen uji sebelum dipotong dan dibentuk

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.5 Spesimen uji setelah dipotong dan dibentuk

3.5 Pengumpulan Data

Dalam penelitian, teknik pengumpulan data merupakan faktor penting demi keberhasilan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan sebagai berikut:

a. Observasi yang dilakukan yakni terkait fakta-fakta pada alat/komponen yang mengalami masalah di lapangan, daerah kerja mesin atau unit yang mengalami kerusakan.
b. Studi literatur dari berbagai sumber terkait topik penelitian, berasal dari *maintenance history*, riwayat pemasangan RH *final drive*, *hydrolic top up history,* data VIMS, serta literatur yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat komponen, manufaktur kendaraan, dan rujukan-rujukan lain, sebagai petunjuk dari aspek teknik yang diperkirakan akan mempengaruhi proses observasi.

Jenis sumber data adalah mengenai dari mana data diperoleh. Jenis sumber data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber langsung (data primer) berupa pengamatan visual dan foto makro, pengujian struktur mikro, pengujian tarik dan data diperoleh dari sumber tidak langsung (data sekunder) yaitu riwayat pemasangan RH *final dive* dari data ellips MSO 653, tindakan perbaikan dari data *history maintenance*, penambahan *oil hydraulic* dari data *hydraulic top up history*, *load* tiap pengangkutan dari data VIMS, dan data lainnya dari internet.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.6 Pengamatan Visual dan Foto Makro

Pengamatan visual dan foto makro bertujuan untuk mengamati RH *final drive* yang mengalami kerusakan dan karakteristik patahan pada baut *final drive* yang ditinggalkan. Pokok dasar yang ingin diketahui dalam pengamatan visual adalah menemukan proses terjadinya kerusakan RH *final drive*.

3.7 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang ada pada material uji. Dengan mengetahui struktur miikro, maka akan diketahui sifat apa yang terkandung pada material uji, yang selanjutnya akan menjadi data pendukung untuk menganalisa karakter patahaan yang terjadi. Selain itu pengujian struktur mikro juga untuk mengetahui cacat internal pada material.

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan *metallurgical microscope* terlihat pada Gambar 3.6. Pengujian dengan *metallurgical microscope* dilakukan di laboratorium bahan Diploma Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada pada tanggal 9 Oktober 2019 dengan spesifikasi alat sebagai berikut.

Nama alat : *Metallurgical Microscope.*
Merk : Olympus Optical.
Model : BX60MF5.
Tegangan : 100-200/220 Volt.

Gambar 3.6 *Metallurgical microscope*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Langkah-langkah kerja dalam pengujian komposisi kimia adalah sebagai berikut:

a. Mounting dibuat dengan bahan resin dan katalis pada material sampel uji.
b. Setelah mounting mengeras, mounting diamplas mulai dari amplas *grade* 100, 180, 400, 600 dan 1000 secara berurutan dengan menggunakan *polish machine*.
c. Setelah pengamplasan, kemudiann dilakukan *polishing* dengan menggunakan autosol dan kain beludru.
d. Setelah proses *polish* selesai, material sampel diberi cairan etsa yaitu HNO_3 sebanyak 2.5%.
e. Spesimen dicuci dengan air sabun, kemudian spesimen dikeringkan menggunakan *hairdryer.*
f. Selanjutnya material siap diuji dengan menggunakaan mikroskop metalurgi BX60MF5 dengan Langkah-langkah sebagai berikut:
g. Meterial sampel diletakkan pada meja preparat dengan permukaan yang akan diuji menghadap ke bawah.
h. Lensa okuler dan objektif diatur dengan perbesaran yang sesuai (50x. 100x, 150x, dan 200x).
i. Gambar difokuskan dengan menggunakan *focus knob* dan atur pergerakan sampel dengan *knob* X-Y axis pada bagian kanan *metallurgical microscope.*
j. Setelah gambar didapat, *capture* dengan tombol *space* pada *keyboard*.
k. Pengujian metalografi selesai

3.8 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dari material baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B. Dengan adanya komposisi kimia pada material, maka dapat diketahui jenis material baut *final drive* yang diperoleh dapat dicocokan dengan struktur mikro yang diperoleh.

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan *spectrometer* dengan tipe OES 3560. Pengujian dengan *spectrometer* dilakukan di laboratorium

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

material CV. Karya Hidup Sentosa pada tanggal 15 Oktober 2019. Berikut langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian komposisi kimia:

a. Spesimen baut *final drive* tipe A dan spesimen baut *final drive* tipe B disiapkan.
b. Permukaan kepala baut diratakan dengan *vertical grinding*.
c. *Spectrometer* dinyalakan.
d. Spesimen uji dipasang pada meja analisis mesin *spectrometer* dengan benar.
e. Spesimen uji dikunci agar saat dilakukan penembakan tidak terjadi pergeseran.
f. Pengujian dilakukan dengan menggunakan program yang sudah dihubungkan dengan komputer uji sampel minimal sebanyak 2x penembakan untuk mendapatkan hasil yang valid.
h. Hasil analisa sampel akan tertera pada layar komputer yang menunjukan nilai rata-rata dari hasil penembakan.

3.9 Pengujian Tarik

Tujuan dilakukannya pengujian tarik adalah untuk mengetahui sifat mekanik material baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B. Pengujian ini menggunakan standar ASTM E8 no 1 *test piece*. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada pada tanggal 10 Oktober 2019 dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Alat pengujian : *Universal Testing Machine.*
Merk : Controlab France.
Type : TN20MD.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.7 *Universal testing machine*

Langkah-langkah kerja dalam pengujian tarik adalah sebagai berikut:

a. Spesimen pengujian tarik disiapkan.
b. Diameter dan panjang awal spesimen.
c. Kertas milimeter blok dipasang diatas mesin *plotter*.
d. Spesimen uji tarik dipasang dan dipastikan terjepit dengan kuat.
e. Mesin pengujian tarik dihidupkan. Pengujian tarik dilakukan pada masing-masing spesimen hingga patah.
f. Gaya tarik maksimum dicatat untuk perhitungan data.
g. Setelah pengujian, diameter kecil dan panjang akhir diukur.
h. Dilakukan analisa berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian untuk memperoleh hasil pengujian.

3.10 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B. Jenis pengujian yang

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dilakukan yaitu *rockwell.* Pengujian dengan metode *rockwell* dilakukan di Departemen *Maintenance Support* PT. Kaltim Proma Coal pada tanggal 18 April 2019. dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Alat pengujian : *Hardness tester.*
Model : KW06-213.
Serial : No.
Baterai : Ni-MH 600mAH.
Charger : DC 12V.

Gambar 3.8 *Hardness tester*

Langkah-langkah kerja dalam pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

a. Spesimen baut *final drive* tipe A dan spesimen baut *final drive* tipe B disiapkan.,
b. *Hardness tester* dinyalakan.
c. Skala *hardness tester* diatur, terdapat beberapa skala untuk pengukuran nilai kekerasa, yaitu:
    1. Logam lunak menggunakan skala *brinnel* dan *shore*.
    2. Logam menengah menggunakan skala *rockwell.*
    3. Logam keras menggunakan skala *vikers.*
d. *Hardness tester* dikalibrasi.
e. Spesimen uji kekerasan ditempatkan pada tempat yang rata.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

f. Pengujian tarik dilakukan pada masing-masing spesimen.
g. Hasil kekerasan sampel akan tertera pada layar *hardness tester* yang menunjukan nilai kekerasan.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pernyataan Masalah

Metode AFA (*Applied Failure Analysis*) dimulai dengan menyatakan masalah dengan singkat dan jelas. Pada 6 April 2019 terjadi masalah pada unit *haul truck* Caterpillar 789 D dengan *equipment number* T772. Permasalahan yang muncul pada *final drive* ditandai dengan terpisahnya *final drive* dengan *differential* dimana baut *final drive* yang menghubungkan *final drive* dan *housing differential* mengalami patah. Kejadian kerusakan dialami pada saat unit beroperasi.

Apabila hal ini dibiarkan dan masalah serupa terjadi berulang atau terjadi di banyak unit, maka hal ini akan menyebabkan kerugian besar karena *haul truck* adalah salah satu alat produksi utama usaha tambang yang berfungsi sebagai sarana utama tranportasi muatan berupa *over burden* atau batu bara pada lokasi tambang menuju *stockpile*. Oleh karena itu, perlu segera dilakukan penelitian agar proses perbaikan yang dilakukan tepat sehingga masalah serupa tidak terjadi kembali.

4.2 Pengumpulan Data

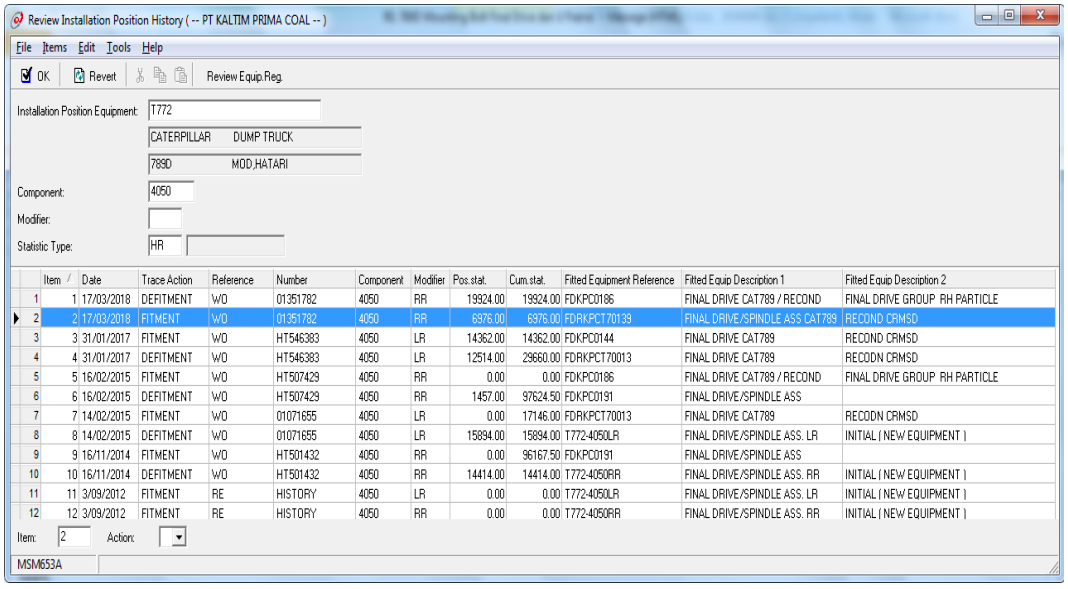
Setelah mengetahui permasalahan yang terjadi pada unit tersebut, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melakukan pengumpulan data dengan observasi. Observasi berarti pula mengamati, menyaksikan, dan memperhatikan sebagai metode pengumpulan data penelitian. Dalam penelitian ini, data kerusakan dikumpulkan untuk mencari akar masalah atau *root cause*. Fakta dan akar masalah ditekankan, karena fakta adalah kunci untuk menemukan akar masalah. Tujuan dilakukannya analisa kerusakan adalah untuk memastikan penyebab terjadinya kegagalan RH *final drive* unit *haul truck* Caterpillar 789 D di PT. Kaltim Prima Coal sehingga masalah serupa tidak terjadi lagi. Oleh karena itu, dilakukanlah pengumpulan data baik data primer maupun sekunder yang mendukung untuk menemukan akar masalah.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.1 Pengumpulan data Sekunder

A. Riwayat Pemasangan

Data dari ellips MSO 653 meninjau riwayat pemasangan *final drive* unit T772 Caterpillar 789 D dengan *component serial number* CAT0789DLSPD00240 dimana umur unit T772 Caterpillar 789 D pada saat terjadi masalah adalah 42788 *hours* dan umur dari komponen RH *final drive* dengan komponen *serial number* FDKPCT70139 adalah 6974 *hours.*



Item	Date	Trace Action	Reference	Number	Component	Modifier	Pos.stat.	Cum.stat.	Fitted Equipment Reference	Fitted Equip Description 1	Fitted Equip Description 2
1	17/03/2018	DEFITMENT	WO	01351782	4050	RR	19924.00	19924.00	FDKPC0186	FINAL DRIVE CAT789 / RECOND	FINAL DRIVE GROUP RH PARTICLE
2	17/03/2018	FITMENT	WO	01351782	4050	RR	6976.00	6976.00	FDRKPCT70139	FINAL DRIVE/SPINDLE ASS CAT789	RECOND CRMSD
3	31/01/2017	FITMENT	WO	HT546383	4050	LR	14362.00	14362.00	FDKPC0144	FINAL DRIVE CAT789	RECOND CRMSD
4	31/01/2017	DEFITMENT	WO	HT546383	4050	LR	12514.00	29660.00	FDRKPCT70013	FINAL DRIVE CAT789	RECODN CRMSD
5	16/02/2015	FITMENT	WO	HT507429	4050	RR	0.00	0.00	FDKPC0186	FINAL DRIVE CAT789 / RECOND	FINAL DRIVE GROUP RH PARTICLE
6	16/02/2015	DEFITMENT	WO	HT507429	4050	RR	1457.00	97624.50	FDKPC0191	FINAL DRIVE/SPINDLE ASS	
7	14/02/2015	FITMENT	WO	01071655	4050	LR	0.00	17146.00	FDRKPCT70013	FINAL DRIVE CAT789	RECODN CRMSD
8	14/02/2015	DEFITMENT	WO	01071655	4050	LR	15894.00	15894.00	T772-4050LR	FINAL DRIVE/SPINDLE ASS. LR	INITIAL (NEW EQUIPMENT)
9	16/11/2014	FITMENT	WO	HT501432	4050	RR	0.00	96167.50	FDKPC0191	FINAL DRIVE/SPINDLE ASS	
10	16/11/2014	DEFITMENT	WO	HT501432	4050	RR	14414.00	14414.00	T772-4050RR	FINAL DRIVE/SPINDLE ASS. RR	INITIAL (NEW EQUIPMENT)
11	3/09/2012	FITMENT	RE	HISTORY	4050	LR	0.00	0.00	T772-4050LR	FINAL DRIVE/SPINDLE ASS. LR	INITIAL (NEW EQUIPMENT)
12	3/09/2012	FITMENT	RE	HISTORY	4050	RR	0.00	0.00	T772-4050RR	FINAL DRIVE/SPINDLE ASS. RR	INITIAL (NEW EQUIPMENT)

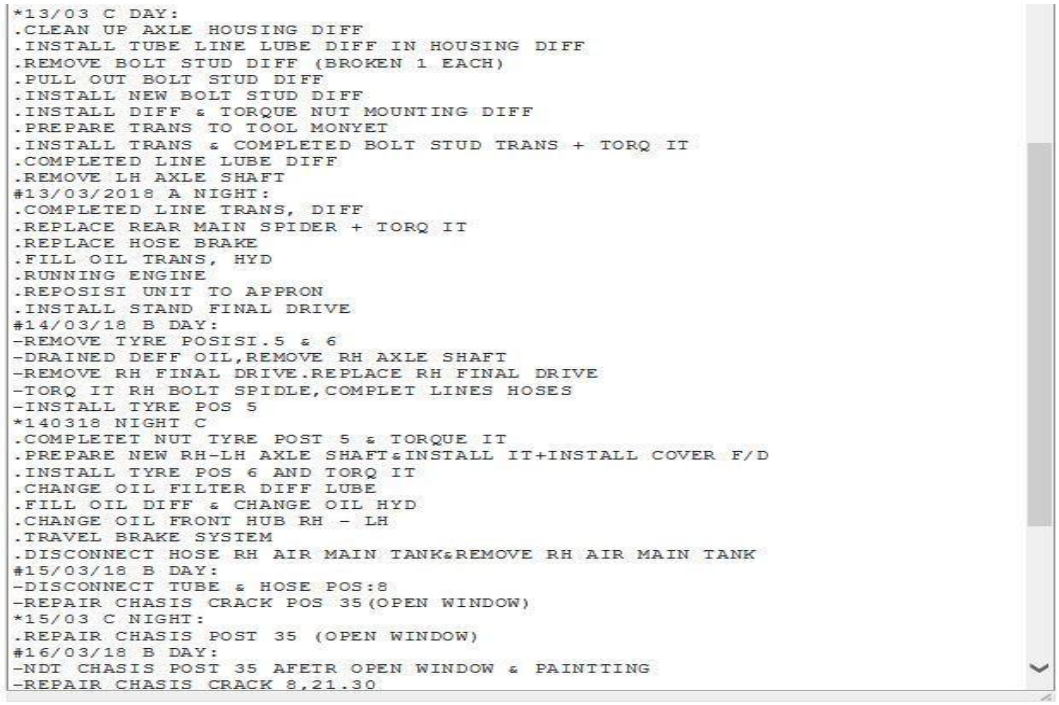
Gambar 4.1 *Review installation position history* (Ellips MSO 653,2019)

Dari data ellips MSO 653 pada Gambar 4. 1 dapat diketahui bahwa RH *final drive* yang mengalami kerusakan dipasang pada 17 Maret 2018 dengan status komponen RH *final drive* adalah rekondisi. Dari data *history* RH *final drive* tersebut diganti karena sebelumnya mengalami partikel pada RH *final drive group*.

B. *Maintenance History*

Dari data ellips MSO 653 dapat diketahui RH *final drive* yang mengalami kerusakan dipasang pada 17 Maret 2018, untuk mengetahui tindakan perbaikan apa yang dilakukan maka dilihat data *history maintenance* PT. Kaltim Prima Coal. Data *history maintenance* KPC dari 13 Maret 2018 s.d. 17 Maret 2018 menunjukan

bahwa pekerjaan yang dilakukan pada saat perbaikan *final drive*, pada 14 Maret 2018 dilakukanlah penggantian RH *final drive* dengan dilanjutkan pengencangan baut RH *final drive*, tetapi pada data *history maintenance* tidak disebutkan berapa besar torsi yang diberikan untuk mengencangkan baut RH *final drive*. Dalam *Service Information System* (SIS) "*Wheel Fastener Group is Improved on the* 789D *Off-Highway Trucks*" tertuliskan bahwa baut harusnya dikencangkan dalam pola melingkar dengan torsi sebesar 700 N.m (516 lb ft), kemudian dikencangkan kembali dengan pola melingkar dengan torsi 700 N.m (516 lb ft), untuk memastikan bahwa semua baut terpasang dengan benar. Kemudian baut dikencangkan lagi dengan pola melingkar dengan torsi sebesar 2300 ± 300 N m (1696 ± 221 lb ft). Detail pengerjaan dapat dilihat pada Gambar 4. 2.



```
*13/03 C DAY:
.CLEAN UP AXLE HOUSING DIFF
.INSTALL TUBE LINE LUBE DIFF IN HOUSING DIFF
.REMOVE BOLT STUD DIFF (BROKEN 1 EACH)
.PULL OUT BOLT STUD DIFF
.INSTALL NEW BOLT STUD DIFF
.INSTALL DIFF & TORQUE NUT MOUNTING DIFF
.PREPARE TRANS TO TOOL MONYET
.INSTALL TRANS & COMPLETED BOLT STUD TRANS + TORQ IT
.COMPLETED LINE LUBE DIFF
.REMOVE LH AXLE SHAFT
#13/03/2018 A NIGHT:
.COMPLETED LINE TRANS, DIFF
.REPLACE REAR MAIN SPIDER + TORQ IT
.REPLACE HOSE BRAKE
.FILL OIL TRANS, HYD
.RUNNING ENGINE
.REPOSISI UNIT TO APPRON
.INSTALL STAND FINAL DRIVE
#14/03/18 B DAY:
-REMOVE TYRE POSISI.5 & 6
-DRAINED DEFF OIL,REMOVE RH AXLE SHAFT
-REMOVE RH FINAL DRIVE.REPLACE RH FINAL DRIVE
-TORQ IT RH BOLT SPIDLE,COMPLET LINES HOSES
-INSTALL TYRE POS 5
*140318 NIGHT C
.COMPLETET NUT TYRE POST 5 & TORQUE IT
.PREPARE NEW RH-LH AXLE SHAFT&INSTALL IT+INSTALL COVER F/D
.INSTALL TYRE POS 6 AND TORQ IT
.CHANGE OIL FILTER DIFF LUBE
.FILL OIL DIFF & CHANGE OIL HYD
.CHANGE OIL FRONT HUB RH - LH
.TRAVEL BRAKE SYSTEM
.DISCONNECT HOSE RH AIR MAIN TANK&REMOVE RH AIR MAIN TANK
#15/03/18 B DAY:
-DISCONNECT TUBE & HOSE POS:8
-REPAIR CHASIS CRACK POS 35(OPEN WINDOW)
*15/03 C NIGHT:
.REPAIR CHASIS POST 35 (OPEN WINDOW)
#16/03/18 B DAY:
-NDT CHASIS POST 35 AFETR OPEN WINDOW & PAINTTING
-REPAIR CHASIS CRACK 8,21.30
```

Gambar 4.2 *Maintenance history* (Daily status, 2019)

C. *Hydraulic Top Up History*

Berdasarkan data *hydraulic top up history*, sebelum terjadi kerusakan dapat dilihat penambahan *oil hydraulic*. *Oil hydraulic* sendiri memiliki fungsi sebagai

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pemindah tenaga, pelumasan penyekatan, dan pendinginan. Banyaknya penambahan *oil hydraulic* pada saat *repair* maupun *service* dapat menandakan apakah terjadi kebocoron *oil hydraulic*, jumlah penambahan *oil hydraulic* unit T772 *haul truck* Caterpillar 789 D sebelum terjadi kerusakan dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Fill Date	Shift	Crew	Workshop	Column No	Equip No	Volume (Liter)	Component	Oil Type	Mtce Type
25-MAR-2019	Night	A	SBD	2	T772	155	Hydraulic	Shell SpiraxS4 30	Service 500
30-JAN-2019	Night	A	SBD	2	T772	45	Hydraulic	Shell SpiraxS4 30	Service 500
15-JAN-2019	Day	B	Field - MT	2	T772	80	Hydraulic	Shell SpiraxS3 30	Repair

Gambar 4.3 *Hydraulic top up history* (Ellips MSO 653, 2019)

Dari data *hydraulic top up history* ellips MSO 653 pada Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa pada saat *service* 500 *hours* pada tanggal 25 Maret 2019 dilakukan penambahan *oil hydraulic* sebanyak 155 liter, dimana kapasitas *tank hydraulic* sebesar 500 liter. Penambahan 155 liter saat *service* 500 *hours* tanggal 25 Maret 2015 adalah hal wajar, jumlah 155 liter adalah akumulasi dari kehilangan harian dan tidak terjadi kebocoran.

D. *Load* Unit

Dari Caterpillar 789 D *specification* dapat diketahui spesifikasi perkiraan bobot unit. Spesifikasi perkiraan bobot unit tergantung pada bagaimana *haul truck* dilengkapi. Perkiraan berat puing tidak termasuk dalam bobot sasis operasi. Bobot sasis termasuk, *hoist*, *body mounting group*, *velg* standar dan ban, semua level cairan operasi penuh dan 100% bahan bakar dalam tangki besar. Besar spesifikasi bobot unit terelihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Berat perkiraan (Caterpillar, 2012)

Weights – Approximate		
Gross machine operatimg weight	324 319 kg	715,000 lb
Body weight range	26 800-32 431 kg	59,000-71,500 lb
Empty operating chassis weight	111 357 kg	245,500 lb

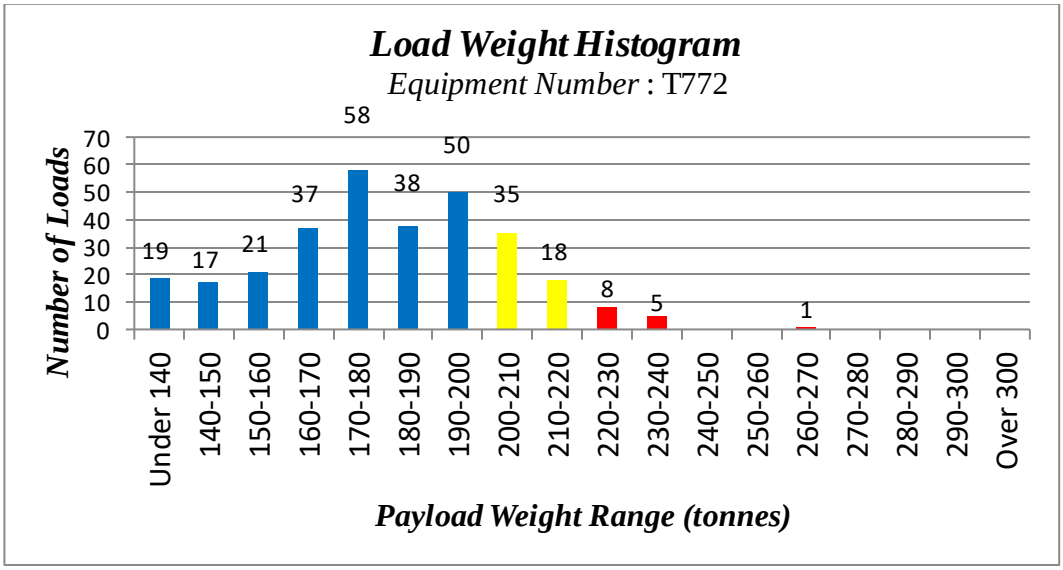
UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan spesifikasi Caterpillar 789 D, dapat diketahui spesifikasi pengoperasian unit. *haul truck* Caterpillar 789 D yang digunakan dalam penambangan menggunakan kebijakan muatan 10-10-20 untuk batasan maksimum berat unit kotor. Besar spesifikasi unit seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi operasi (Caterpillar, 2012)

Operating Specifications		
Nominal payload capacity	181 tonnes	200 tons
Dual slope body capacity (SAE 2:1)	108 m^2	142 yd^3
Top Speed Loaded	52.6 km/h	32.7 mph

Berdasarkan data VIMS *haul truck* T772 Caterpillar 789 D, terhitung sejak tanggal 26 Maret 2019 hingga 6 April 2019 telah melakukan perjalanaan pengangkutan sebanyak 307 kali dimana *load* tiap pengangkutan bervariasi seperti ditunjukan histogram pada Gambar 4. 4 di bawah ini.



Gambar 4. 4 *Load Weight Histogram* (VIMS *haul truck*,2019)

Sesuai panduan yang diberikan Caterpillar, untuk mendapatkan kondisi optimal ini menggunakan prinsip 10-10-20 sebagai indeks muatan (*payload index*). Angka indeks muatan tersebut memiliki arti sebagai berikut:

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1. Angka 10 pertama memiliki arti kelebihan muatan yang diizinkan maksimal adalah 10% dari target. Target muatan sesuai dengan spesifikasi operasi *haul truck* Caterpillar 789 D adalah 181 Ton, target muatan yang diizinkan maksimal 10% dari 181 Ton adalah 18,1 Ton, jadi kelebihan muatan maksimal yang diizinkan adalah 199,1 Ton.
2. Angka 10 kedua memiliki arti kelebihan muatan lebih dari 110% yang terjadi maksimal adalah 10% kali jumlah *trip*. Dari 26 Maret 2019 hingga 6 April 2019 *haul truck* Caterpillar 789 D telah melakukan perjalanan pengangkutan sebanyak 307 kali, kelebihan muatan yang terjadi maksimal 10% dari 307 kali adalah 30,7 kali. Kondisi sebenarnya dari 26 Maret hingga 6 April 2019 melakukan perjalanan pengangkutan sebanyak 67 kali pengkutan muatan diatas 199,1 Ton.
3. Angka 20 memiliki arti muatan sebesar 20% sama sekali tidak diizinkan karena akan mempercepat kerusakan. Muatan 20% dari 181 Ton adalah 36,2 Ton, sehingga batas muatan yang diizinkan maksimal adalah 217,2 Ton. Kondisi sebenarnya dari 26 Maret hingga 6 April *haul truck* Caterpillar 789 D melakukan perjalanan pengangkutan muatan diatas 217,2 Ton dan jumlah pengangkutan sebanyak 14 kali.

Berdasarkan data VIMS *haul truck* T772 Caterpillar 789 D terhitung sejak 26 Maret hingga 6 April 2019 tentang *load* tiap pengangkutan untuk batasan maksimum berat unit kotor menggunakan prinsip 10-10-20 *haul truck* T772 Caterpillar 789 D telah melampaui batasan maksimum berat unit kotor, terjadi pengangkut melebihi 217,3 Ton atau batas yang diijinkan sebanyak 14 kali.

4.2.2 Pengumpulan Data Primer

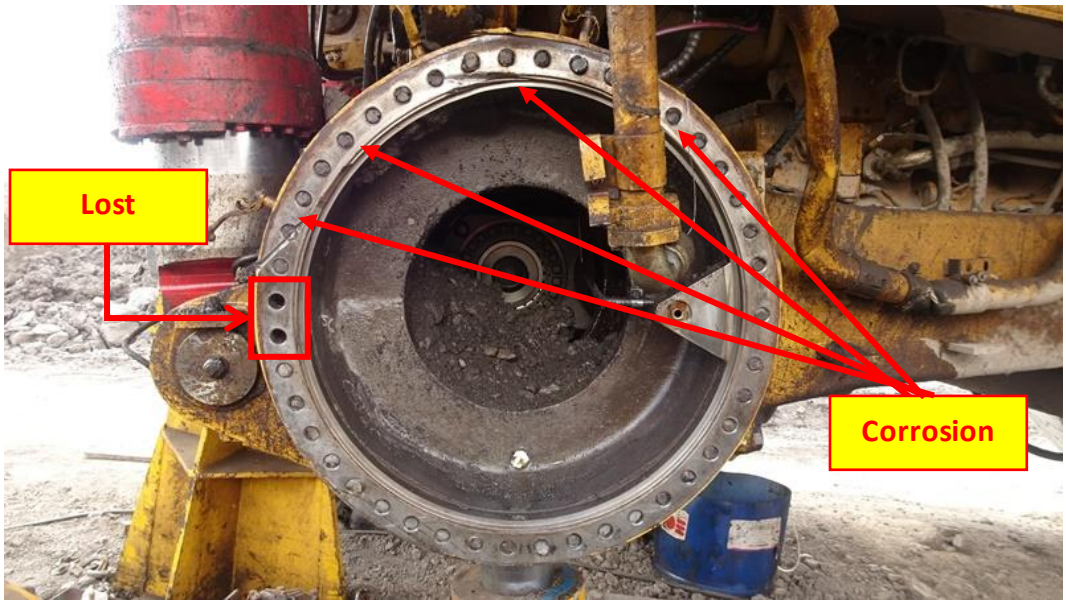
A. Pangamatan Visual dan Foto Makro

Pengamatan visual dan foto makro bertujuan untuk menemukan awal penyebab terjadinya kerusakan RH *final drive haul truck* Caterpillar 789 D. Pada kasus ini, baut *final drive* mengalami patah seperti pada Gambar 4.7.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

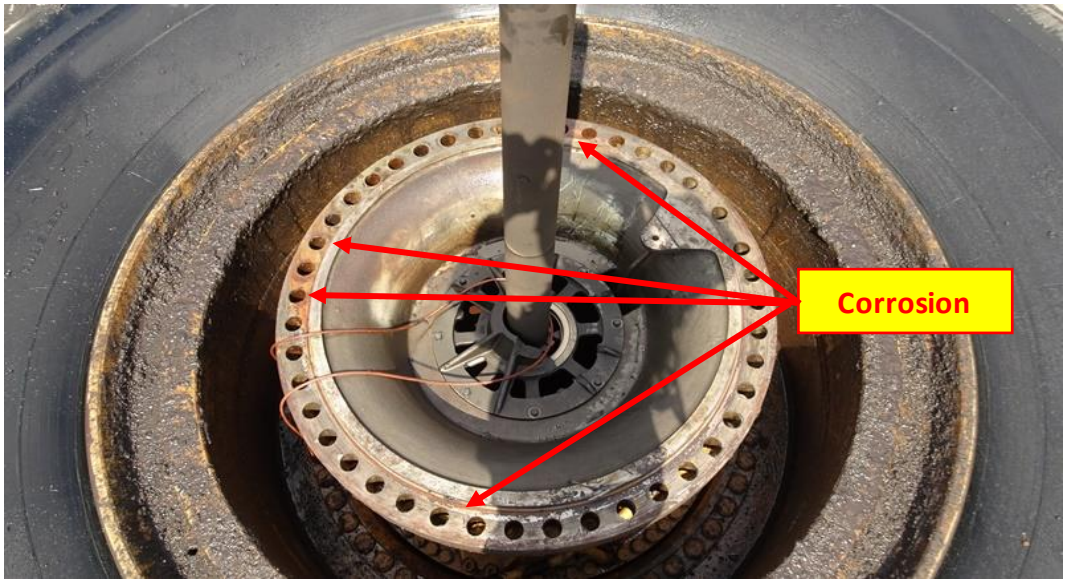
Gambar 4.5 *Haul truck* rusak di lapangan

Baut *final drive* mengalami patah sehingga menyebabkan *final drive* dengan *differential* terpisah. Baut *final drive* adalah baut yang berfungsi sebagai pengencang dan penghubung antara *final drive* dengan *differential.* Kondisi kedua permukaan ketika mengalami kerusakan akan terlihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



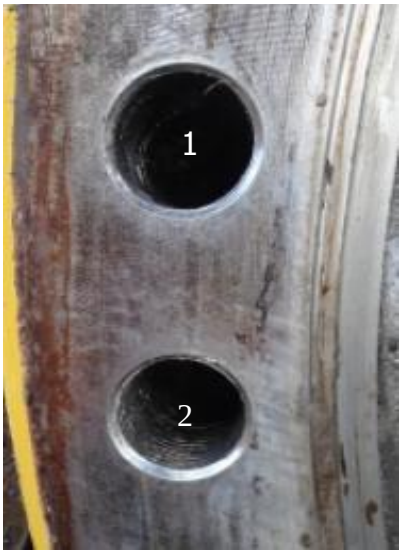
Gambar 4.6 *Hoist differential*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.7 *Final drive*

Terlihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 terdapat *corrosion* yang terjadi pada kedua permukaan. *Corrosion* merupakan indikasi dari adanya celah diantara dua permukaan. Terdapat juga 2 baut yang terlepas dari lubang ulir dan baut yang lain mengalami patah. Lubang baut yang ditinggalkan 2 baut yang lepas terlihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Lubang baut *final drive*

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lubang baut yang ditinggalkan 2 baut bila diperjelas terlihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.

Gambar 4.9 Lubang baut 1 *final drive*

Gambar 4.10 Lubang baut 2 *final drive*

Berdasarkan Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 ulir pada lubang baut mengalami *fretting*. Keausan ini terjadi ketika dua benda yang seharusnya diikat ketat mengalami pergerakan sehingga saling meneka dan menyebabkan potongan kecil terlepas. Kondisi baut yang menjadi pasangan dari lubang baut terlihat pada Gambar 4.11 di bawah ini:

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.11 Baut *final drive* patah

Berdasarkan Gambar 4.11 terlihat baut *final drive* mengalami patah, bila diamati lebih jauh baut *final drive* yang digunakan pada *haul truck* Caterpillar 789 D dengan nomor unit T772 terdapat 2 tipe, terlihat pada Gambar 4.12.

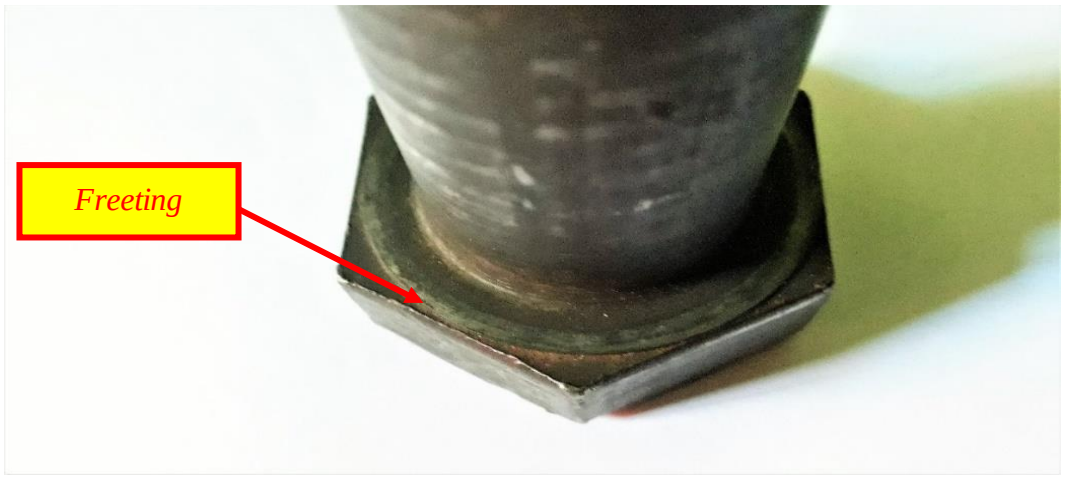
Gambar 4.12 Tipe baut *final drive*

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan Gambar 4.12 sebagian besar baut mengalami *fretting*. Kerusakan *fretting* menandakan bahwa sambungan bergerak ketika terbebani. Pergerakan sambungan dapat disebabkan oleh kurangnya pengencangan, dan kelebihan beban *cyclic* sehingga baut kekurangan regangan untuk menjaga sambungan tetap kencang.

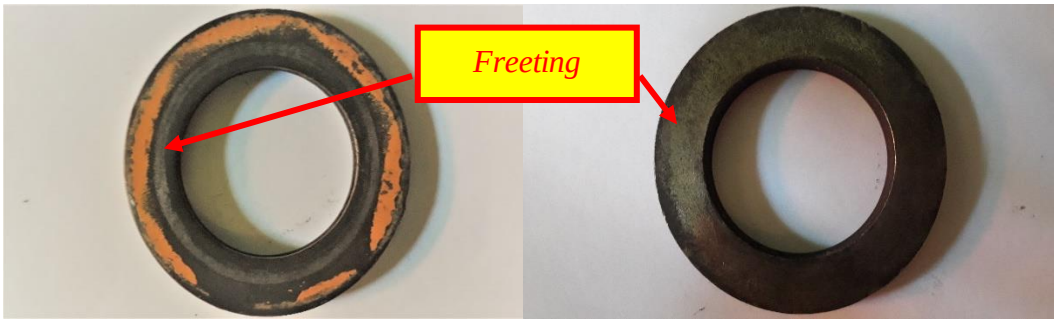
Gambar 4.13 Baut *final drive freeting on the shank*

Berdasarkan Gambar 4.13 baut yang patah mengalami *fretting* pada bagian *shank*. Kondisi *fretting* pada *shank* ini selaras dengan kondisi pada *under head* dan ring baut terlihat seperti ditunjukan Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4.14 Baut *final drive fretting on under head*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.15 Ring baut *final drive fretting*

Baut ini memperlihatkan kerusakan *fretting* pada *under head* dan ring baut. Kondisi *fretting* pada *under head* dan ring baut ini selaras dengan kondisi pada lubang baut dan *shank*, menandakan bahwa sambungan kendur atau mengalami beban *cyclic* lebih untuk periode waktu yang lama sehingga baut kekurangan kekuatan untuk menjaga sambungan tetap kencang. *Fretting* bisa terjadi pada baut sebagai akibat kendurnya sambungan dan *fretting* terjadi karena sambungan bergerak ketika terbebani. Kondisi baut yang mengalami patah bila dilihat dari kondisi patahan baut yang tertinggal pada lubang baut terlihat pada Gambar 4.16.

Gambar 4.16 Patahan baut *final drive* pada lubang baut

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pada Gambar 4.16, terlihat bahwa bentuk dasar patahan mempertlihatkan tanda-tanda patahan *fatigue* berupa *beach mark*. Pada Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa *beach mark* terus berkembang ketika mendapat beban yang terus menerus (*cyclic load*). Hal ini dapat dilihat pada bekas patahan terdapat beberapa garis patahan melengkung (*beach mark*) yang merupakan urutan patahan secara berkala, bukan secara langsung. Pada area yang lebih dekat dengan *inisitiation site*, permukaan patahan akan cenderung lebih halus saat dirasakan dengan tangan. Hal ini menunjukkan bahwa patahan terbentuk secara perlahan sehingga alur patahan lebih dekat jaraknya.

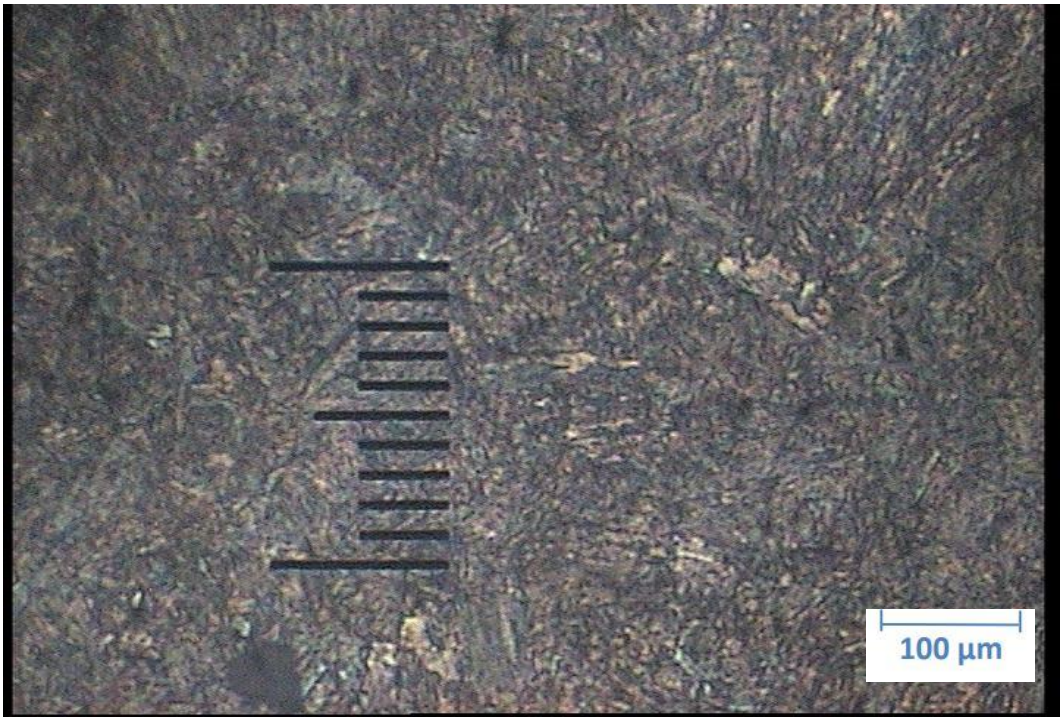
Saat material mendapat beban terus menerus (*cyclic load*) dari pengoperasian unit sedangkan luas penampangnya semakin mengecil maka beban yang dirasakan material akan semakin besar. Beban yang semakin besar membuat proses patahan semakin cepat dan akibatnya alur patahan akan semakin renggang. Hal ini dibuktikan dengan adanya gradasi tingkat kekasaran permukaan yang semakin menjauhi *initiation site* semakin kasar.

Patahan *fatigue* ini terus berkembang. Semakin jauh patahan *fatigue* berkembang, maka semakin menurun pula kekuatan materialnya. Pada saat kekuatan material semakin menurun, material tidak kuat menyangga beban yang begitu besar dan diakhiri dengan patahan *brittle*. dimana akhir patahan tidak memperlihatkan perubahan bentuk yaitu bengkokan.

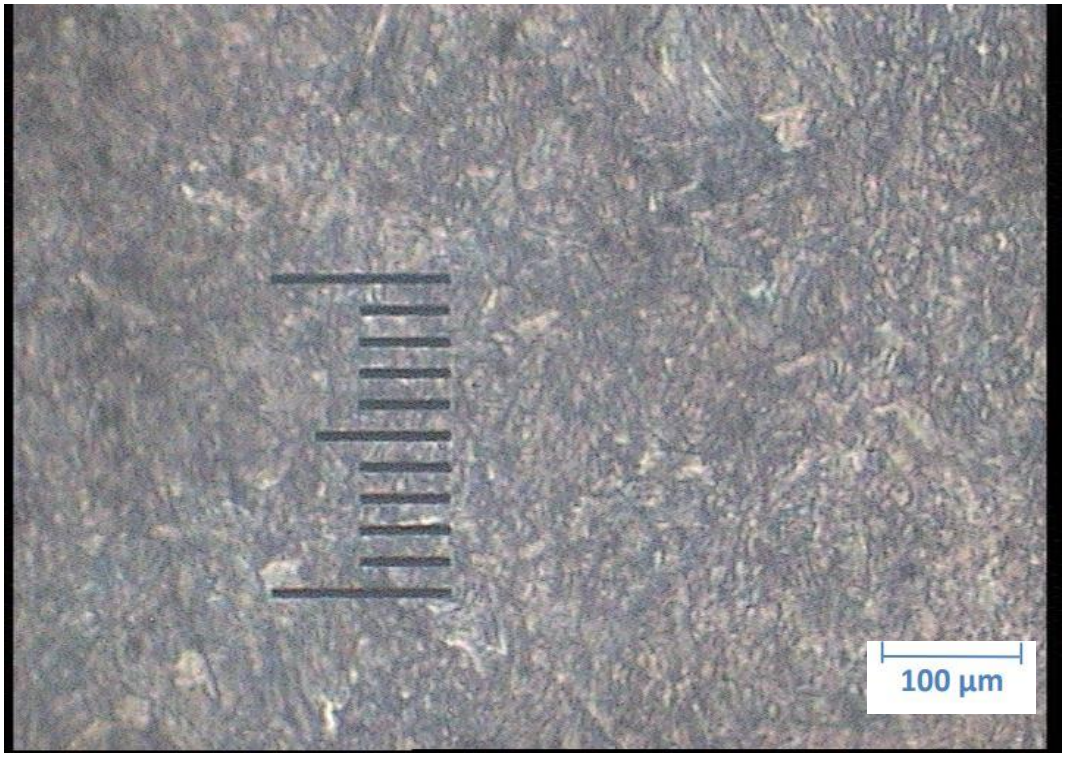
B. Pengujian Struktur Miikro

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur apa yang terkandung dalam material uji yang selanjutnya menjadi data pendukung terhadap sifat material dan menganalisis karakteristik yang terjadi. Selain itu, pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui kemungkinan adanya kecacatan pada material. Berikut merupakan hasil pengamatan struktur mikro menggunakan alat *metallurgical optic*.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.17 Strukur mikro baut *final drive* tipe A



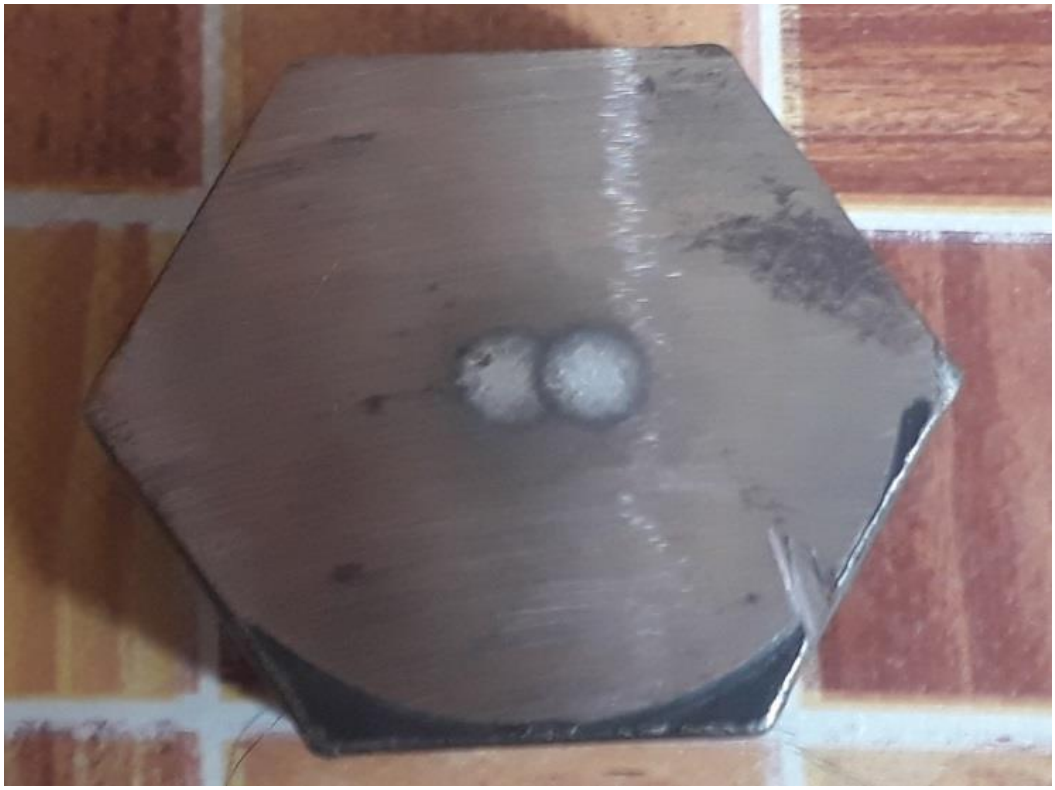
Gambar 4.18 Strukur mikro baut *final drive* tipe B

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan penelitian struktur mikro yang dilakukan, terlihat struktur mikro baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 adalah *martensite*, di mana *martensite* berbentuk seperti jarum.

C. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik material menggunakan alat *spectrometer*. Pengujian ini menggunakan baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B, yang masing-masing ditentukan bagian yang akan di uji sebanyak dua tempat pada masing-masing permukaan baut, dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4,21. Data hasil uji komposisi kimia pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 merupakan hasil rata-rata dari dua tempat yang berbeda pada masing-masing baut. Tabel 4.3 menunjukan hasil pengujian komposisi baut *final drive* tipe A dan Tabel 4.4 menunjukan hasil pengujian komposisi baut *final drive* tipe B.

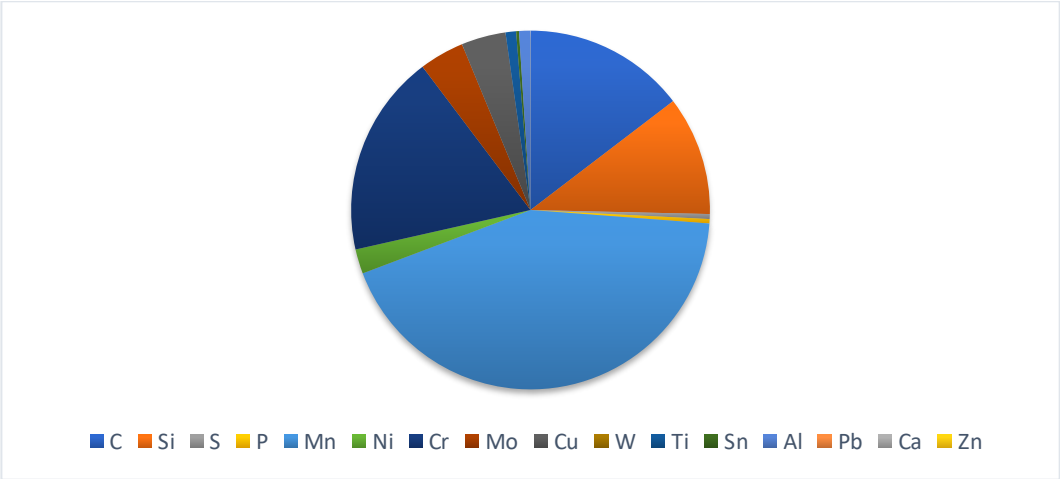


Gambar 4.19 Spesimen hasil pengujian komposisi kimia

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.3 Hasil pengujian komposisi kimia baut *final drive* tipe A

Unsur	(%)
C	0,3424
Si	0,2516
S	0,0104
P	0,0093
Mn	1,0084
Ni	0,0518
Cr	0,4275
Mo	0,0946
Cu	0,0939
W	0,0000
Ti	0,0222
Sn	0,0060
Al	0,0235
Pb	0,0000
Ca	0,0006
Zn	0,0000
Fe	97,69



Gambar 4.20 Komposisi kimia baut *final drive* tipe A

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.21 Spesimen hasil pengujian komposisi kimia

Tabel 4.4 Hasil pengujian komposisi kimia baut *final drive* tipe B

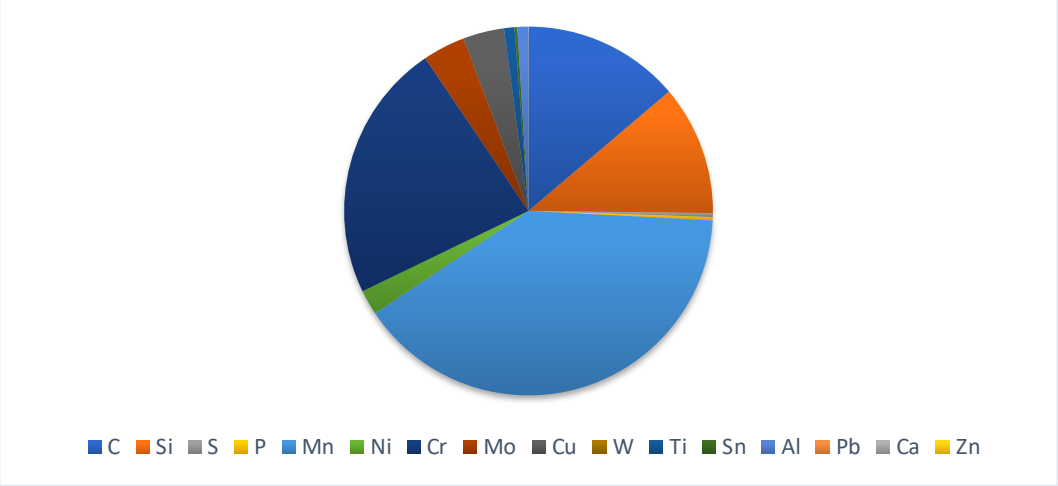
Unsur	(%)
C	0,3523
Si	0,2911
S	0,0087
P	0,0074
Mn	1,0176
Ni	0,0559
Cr	0,5800
Mo	0,0952
Cu	0,0922
W	0,0000
Ti	0,0234
Sn	0,0062

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.4 Hasil pengujian komposisi kimia baut *final drive* tipe B Lanjutan

Al	0,0243
Pb	0,0000
Ca	0,0006
Zn	0,0000
Fe	97,48

Dari data Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dapat dibuat grafik untuk memudahkan pengamatan hasil uji komposisi kimia.



Gambar 4.22 Komposisi kimia baut *final drive* tipe B

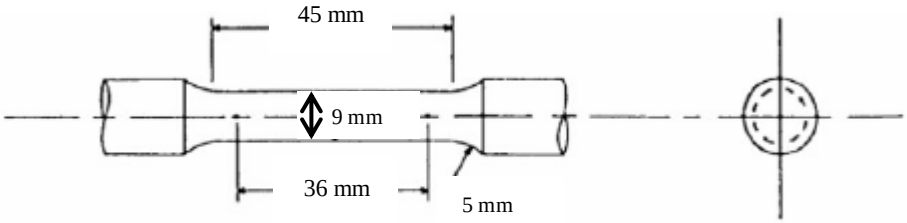
Berdasarkan data yang ditunjukan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 yang merupakan hasil uji komposisi kimia baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B, kandungan C dari baut *final drive* tipe A sebesar 0,3424%, dan kandungan baut *final drive* tipe B sebesar 0,3523% keduanya tergolong pada baja kabon sedang. Penyusun utama Besi (Fe) sebesar 97,69% dan 97,48 berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan, dengan paduan utama yang mendominasi yaitu Mn, Cr, C, dan Si. Penambahan unsur-unsur tersebut memiliki fungsi masing-masing. Mangan (Mn) sebesar 1,0084% dan 1,0176% untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan, kekerasan dan keuletan. Khrom (Cr) sebesar 0,4275% dan 0,5800 untuk

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

meningkatkan kekuatan tarik, mampu keras, tahan korosi, serta tahan pada suhu tinggi. Karbon (C) sebesar 0,3424% dan 0,352% menambah kekerasan baja. Silika (Si) sebesar 0,2516% dan 0,2911% menambah kekuatan baja.

D. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahan dari bahan uji terhadap pembebanan tarik. Berikut merupakan hasil pengujian tarik menggunakan alat *universal testing machine*, hasil pengujian tarik dari spesimen uji tarik yang ditunjukan Gambar 4.24 dan 4.25.



Gambar 4.23 Spesimen uji Tarik

Keterangan spesimen tipe A:

a. Bahan spesimen uji : Baja
b. Bentuk spesimen : Silinder
c. Panjang uji awal (Lo) : 45 mm
d. Diameter awal (Do) : 9 mm
e. Gaya tarik maksimum : 72,64 kN
f. Panjang spesimen setelah uji (L_i) : 46,2 mm
g. Pertambahan panjang (ΔL) : 1,2 mm
h. Diameter patahan (D) : 4 mm
i. Kekuatan tarik : $\sigma = \frac{F_{max}}{A}$

$= \frac{72,640}{\pi . r^2}$

$= \frac{72,640}{64}$

= 1,135 Mpa

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.24 Spesimen hasil uji tarik spesimen tipe A

Keterangan spesimen tipe B:

a. Bahan spesimen uji : Baja
b. Bentuk spesimen : Silinder
c. Panjang uji awal (Lo) : 45 mm
d. Diameter awal (Do) : 9 mm
e. Gaya tarik maksimum : 83,75 kN
f. Panjang spesimen setelah uji (L_i) : 46,4 mm
g. Pertambahan panjang (ΔL) : 1,4 mm
h. Diameter patahan (D) : 3 mm
i. Kekuatan tarik : $\sigma = \frac{F_{max}}{A}$

$= \frac{83,750}{\pi . r^2}$

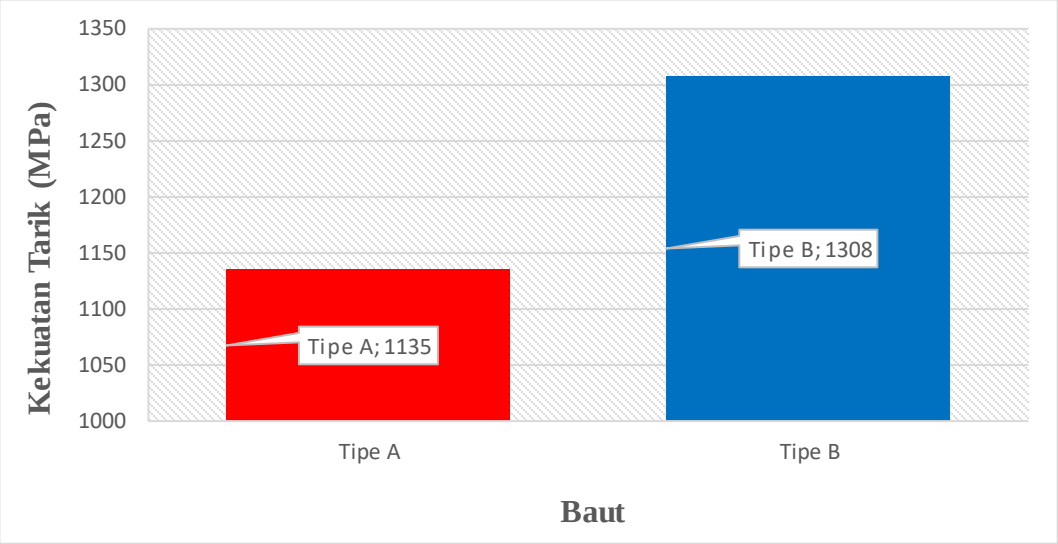
$= \frac{83,759}{64}$

= 1,308 Mpa

Gambar 4.25 Spesimen hasil uji tarik spesimen tipe B

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan data yang dihasilkan dari proses uji tarik, maka dapat ditampilkan data berupa grafik perbandingan nilai kekuatan untuk masing-masing spesimen. Pada Gambar 2.26 menunjukan grafik perbandingan nilai kekuatan tarik baut *final drive.*

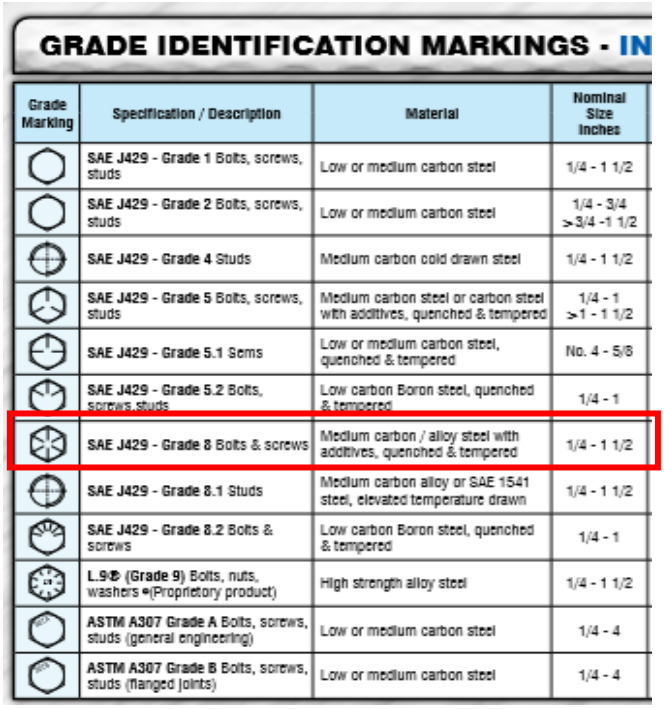


\ **Gambar 4.26** Kekuatan tarik

Dilihat dari grafik Gambar 4.26, nilai kekuatan tarik baut *final drive* tipe B lebih besar dibandingkan baut *final drive* tipe A. Dilihat dari *mark* yang ada pada kepala baut pada Gambar 4.27, baut *final drive* tipe A termasuk pada baut *grade* 8 dan dilihat dari ukuran baut, baut final drive tipe B termasuk juga pada baut grade 8 yaitu keduanya sama-sama memiliki diameter mayor 1,25984 inch sesuai dengan *spesifikasi* dan tanda baut sesuai SAE pada Gambar 4.28.

Gambar 4.27 Baut *final drive*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

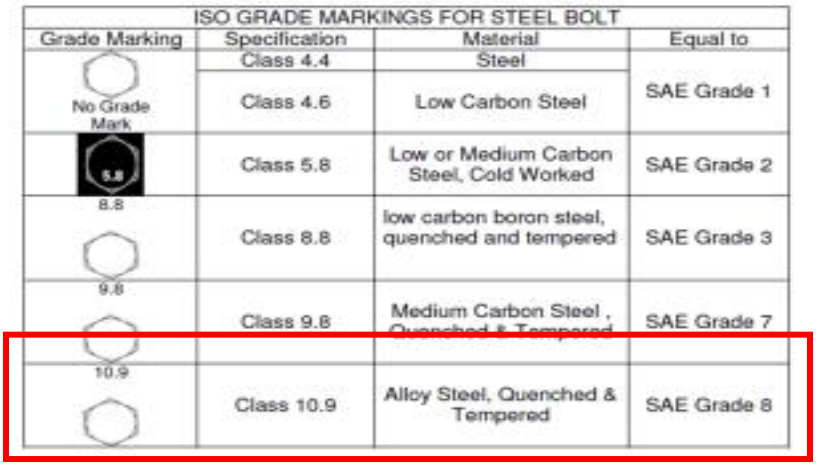


GRADE IDENTIFICATION MARKINGS - IN

Grade Marking	Specification / Description	Material	Nominal Size Inches
	SAE J429 - Grade 1 Bolts, screws, studs	Low or medium carbon steel	1/4 - 1 1/2
	SAE J429 - Grade 2 Bolts, screws, studs	Low or medium carbon steel	1/4 - 3/4 >3/4 -1 1/2
	SAE J429 - Grade 4 Studs	Medium carbon cold drawn steel	1/4 - 1 1/2
	SAE J429 - Grade 5 Bolts, screws, studs	Medium carbon steel or carbon steel with additives, quenched & tempered	1/4 - 1 >1 - 1 1/2
	SAE J429 - Grade 5.1 Sems	Low or medium carbon steel, quenched & tempered	No. 4 - 5/8
	SAE J429 - Grade 5.2 Bolts, screws,studs	Low carbon Boron steel, quenched & tempered	1/4 - 1
	SAE J429 - Grade 8 Bolts & screws	Medium carbon / alloy steel with additives, quenched & tempered	1/4 - 1 1/2
	SAE J429 - Grade 8.1 Studs	Medium carbon alloy or SAE 1541 steel, elevated temperature drawn	1/4 - 1 1/2
	SAE J429 - Grade 8.2 Bolts & screws	Low carbon Boron steel, quenched & tempered	1/4 - 1
	L-9® (Grade 9) Bolts, nuts, washers ●(Proprietory product)	High strength alloy steel	1/4 - 1 1/2
	ASTM A307 Grade A Bolts, screws, studs (general engineering)	Low or medium carbon steel	1/4 - 4
	ASTM A307 Grade B Bolts, screws, studs (flanged joints)	Low or medium carbon steel	1/4 - 4

Gambar 4.28 Spesifikasi dan tanda baut sesuai SAE (AALL AMERICAN *Fasteners*, 2016)

Baut dengan spesifikasi SAE-Grade 8 terlihat pada Gambar 4.28 memiliki nilai sama dengan baut ISO Class 10.9 terlihat pada Gambar 4.29.



ISO GRADE MARKINGS FOR STEEL BOLT

Grade Marking	Specification	Material	Equal to
	Class 4.4	Steel	
No Grade Mark	Class 4.6	Low Carbon Steel	SAE Grade 1
5.8	Class 5.8	Low or Medium Carbon Steel, Cold Worked	SAE Grade 2
8.8	Class 8.8	low carbon boron steel, quenched and tempered	SAE Grade 3
9.8	Class 9.8	Medium Carbon Steel , Quenched & Tempered	SAE Grade 7
10.9	Class 10.9	Alloy Steel, Quenched & Tempered	SAE Grade 8

Gambar 4.29 Spesifikasi dan tanda baut sesuai ISO (Setiawan D. , 2019)

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Angka kekuatan tarik hasil pengujian tarik menunjukan kekuatan baut *final drive* sangat bagus dibandingkan dengan standar yang dibutuhkan, yaitu ISO 898-1:1992, "*Mechanical Properties of Fastener Made of Carbon Steel and Alloy Steel-Part 1; Bolts, Screws, and Studs with Specified Property Clases-Coarse Thread and Fine Pitch Thread"*. Berikut adalah Gambar 4.30 standar baut berdasar standar ISO 898-1:1992.

No.	Mechanical or physical property		Property class									
			4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/12.9
								$d \leqslant$ 16 mm [a]	$d >$ 16 mm [b]	$d \leqslant$ 16 mm		
1	Tensile strength, R_m, MPa	nom. [c]	400		500		600	800		900	1000	1200
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
2	Lower yield strength, R_{eL} [d], MPa	nom. [c]	240	—	300	—	—	—	—	—	—	—
		min.	240	—	300	—	—	—	—	—	—	—
3	Stress at 0,2 % non-proportional elongation, $R_{p0,2}$, MPa	nom. [c]	—	—	—	—	—	640	640	720	900	1080
		min.	—	—	—	—	—	640	660	720	940	1100
4	Stress at 0,0048 d non-proportional elongation for full-size fasteners, R_{pf}, MPa	nom. [c]	—	320	—	400	480	—	—	—	—	—
		min.	—	340 [e]	—	420 [e]	480 [e]	—	—	—	—	—
5	Stress under proof load, S_p [f], MPa	nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
	Proof strength ratio $S_{p,nom}/R_{eL\ min}$ or $S_{p,nom}/R_{p0,2\ min}$ or $S_{p,nom}/R_{pf\ min}$		0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
6	Percentage elongation after fracture for machined test pieces, A, %	min.	22	—	20	—	—	12	12	10	9	8
7	Percentage reduction of area after fracture for machined test pieces, Z, %	min.	—					52		48	48	44
8	Elongation after fracture for full-size fasteners, A_f (see also Annex C)	min.	—	0,24	—	0,22	0,20	—	—	—	—	—
9	Head soundness		No fracture									

Gambar 4.30 Sifat fisik dan mekanik baut (ISO, 1999)

Angka kekuatan tarik hasil pengujian tarik menunjukan kekuatan baut *final drive* tipe A adalah 1,135 Mpa dan baut *final drive* tipe B adalah 1,308 Mpa. Kekuatan baut tersebut sangat bagus dibandingkan dengan standar yang dibutuhkan 1,040 Mpa.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

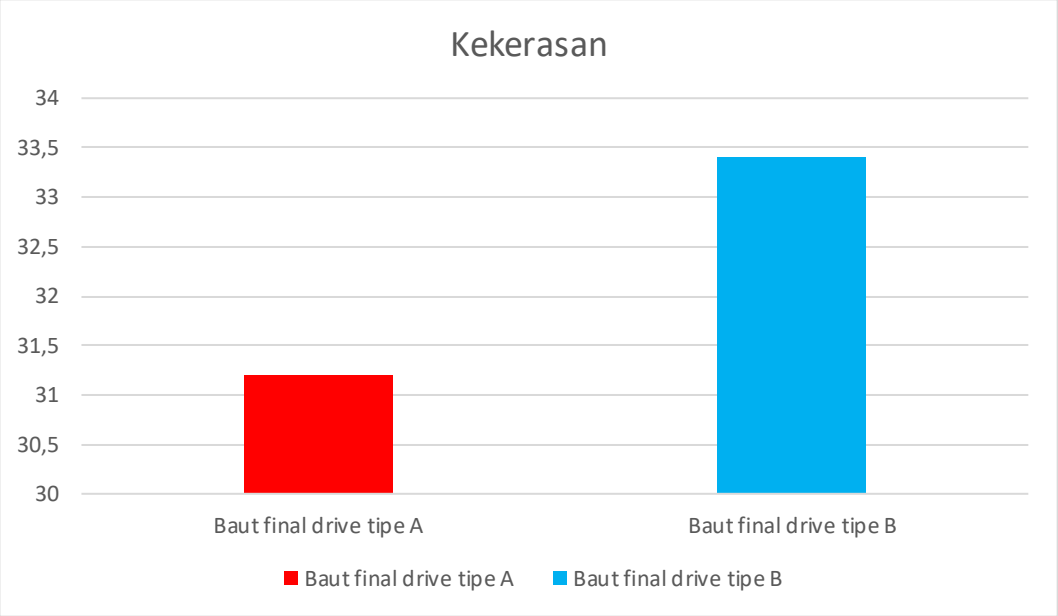
E. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B. Berikut merupakan hasil pengujian kekerasan menggunakan alat *hardness tester*, hasil pengujian kekerasan dari spesimen uji kekerasan baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian kekerasan

Spesimen	Hasil
Baut *final drive* tipe A	31,2 HRC
Baut *final drive* tipe B	33,4 HRC

Berdasarkan data yang dihasilkan dari proses uji kekerasan, maka dapat ditampilkan data berupa grafik perbandingan nilai kekerasan untuk masing-masing spesimen. Pada Gambar 4.31 menunjukan grafik perbandingan nilai kekerasan baut *final drive.*



Gambar 4.31 Grafik perbandingan nilai kekerasan baut *final drive*

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Angka kekuatan tarik hasil pengujian tarik menunjukan kekuatan baut *final drive* tipe A lebih keras dari kekuatan baut *final drive* tipe B, dibandingkan dengan standar yang dibutuhkan, yaitu ISO 898-1:1992, "*Mechanical Properties of Fastener Made of Carbon Steel and Alloy Steel-Part 1; Bolts, Screws, and Studs with Specified Property Clases-Coarse Thread and Fine Pitch Thread"*. Berikut adalah Gambar 4.32 mengenai standar kekerasan baut berdasar standar ISO 898-1:1992.

Sub-clause number	Mechanical and physical property		Property class										
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8[a] $d \leq 16^c$ mm	8.8[a] $d > 16^c$ mm	9.8[b]	10.9	12.9
5.1	Nominal tensile strength, $R_{m,\,nom}$	N/mm^2	300	400		500		600	800	800	900	1 000	1 200
5.2	Minimum tensile strength, $R_{m,\,min}$ [d e]	N/mm^2	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1 040	1 220
5.3	Vickers hardness, HV	min.	95	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
	$F \geq 98$ N	max.	220[f]					250	320	335	360	380	435
5.4	Brinell hardness, HB	min.	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
	$F = 30\,D^2$	max.	209[f]					238	304	318	342	361	414
5.5	Rockwell hardness, HR	min. HRB	52	67	71	79	82	89	—	—	—	—	—
		min. HRC	—	—	—	—	—	—	22	23	28	32	39
		max. HRB	95,0[f]					99,5	—	—	—	—	—
		max. HRC	—					—	32	34	37	39	44
5.6	Surface hardness, HV 0,3	max.	—						g				

Gambar 4.32 Sifat fisik dan mekanik baut (ISO, 1999)

Angka kekerasan hasil pengujian kekerasan menunjukan kekerasan baut *final drive* tipe A adalah 31,2 HRC dan baut *final drive* tipe B adalah 33,4 HRC. Kekerasan baut *final drive* tipe B tersebut bagus dibandingkan dengan standar minimal 32 HRC. Kekerasan baut *final drive* tipe A kurang dari standar minimum.

4.3 Analisa

Berdasarkan hasil studi literatur dan observasi dengan jenis sumber data langsung (data primer) dan dari sumber data tidak langsung (data sekunder). Sumber langsung berupa pengamatan visual dan foto makro, pengujian struktur mikro, pengujian komposisi kimia, pengujian tarik, dan pengujian kekerasan. Data diperoleh dari sumber tidak langsung yaitu riwayat pemasangan RH *final dive* dari

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

data ellips MSO 653, tindakan perbaikan dari data *history maintenance*, penambahan *oil hydraulic* dari data *hydraulic top up history*, *load* tiap pengangkutan dari data VIMS, dan data lainnya dari internet. Temuan yang didapatkan mengenai kegagalan RH *final drive* pada *haul truck* Caterpillar 789 D dengan nomor unit T772 adalah:

a. Berdasarkan data ellips MSO 653 meninjau riwayat pemasangan komponen. Komponen RH *final drive* yang mengalami kerusakan dipasang pada 17 Maret 2018 dengan status komponen RH *final drive* adalah rekondisi.
b. Berdasarkan data ellips MSO 653 meninjau sejarah perbaikan, pada 14 Maret 2018 saat penggantian RH *final drive* dengan dilanjutkan pengencangan baut RH *final drive*, pada data *history maintenance* tidak disebutkan berapa besar torsi yang diberikan untuk mengencangkan baut RH *final drive*.
c. Berdasarkan data *hydraulic top up history* untuk mengetahui kebocoron *oil hydraulic* dan didapat tidak ada kebocoran *oil hydraulic.*
d. Berdasarkan data VIMS *haul truck* T772 Caterpillar 789 D terhitung sejak 26 Maret hingga 6 April 2019 tentang *load* tiap pengangkutan untuk batasan maksimum berat unit kotor menggunakan prinsip 10-10-20 *haul truck* T772 Caterpillar 789 D telah melampaui batasan maksimum berat unit kotor.
e. Berdasarkan pengamatan visual dan foto makro. Baut *final drive* mengalami patah sehingga menyebabkan *final drive* dengan *differential* terpisah.
f. Terdapat *corrosion* yang terjadi pada kedua permukaan antara *housing differential* dan *final drive*.
g. Dari total 40 baut *final drive*, terdapat 2 baut yang terlepas dari lubang ulir dan baut yang lain mengalami patah.
h. Ulir pada lubang baut mengalami *fretting.*
i. Baut RH *final drive* yang digunakan pada *haul truck* Caterpillar 789 D dengan nomor unit T772 terdapat 2 tipe.

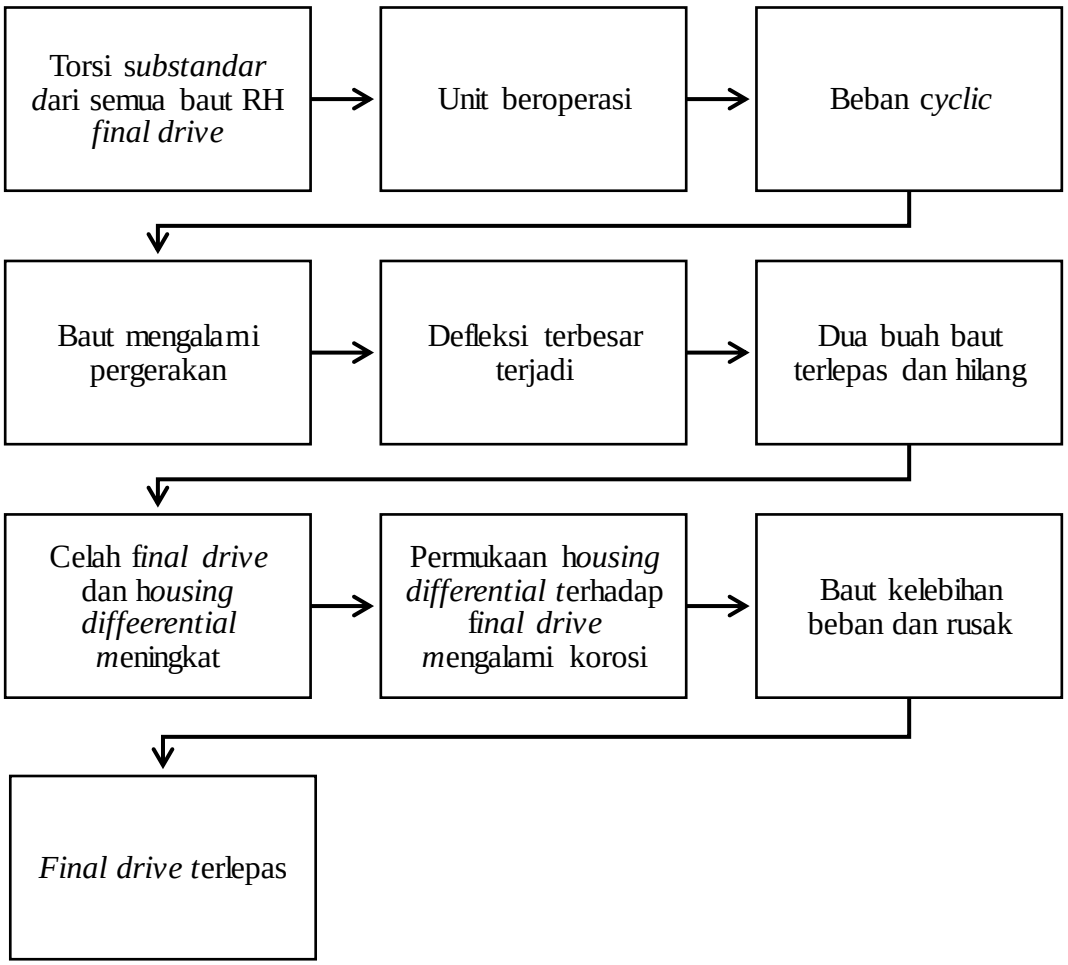
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

j. Baut yang patah mengalami *fretting* pada bagian *shank.*
k. Baut mengalami *fretting* pada *under head* dan ring baut.
l. Tedapat *beach mark.*
m. Berdasarkan pengujian struktur mikro. Struktur mikro baut *final drive* tipe A dan baut *final drive* tipe B adalah *martensite* dan tidak terdapat kecacatan material
n. Berdasarkan pengujian komposisi kimia. Baut *final drive* tipe A dan *final drive* tipe B tergolong pada baja kabon sedang dengan kandungan karbon sebesar 0,3424% untuk baut *final drive* tipe A dan 0,3523% baut *final drive* tipe B, dengan penyusun utama berupa Fe, Mn, Cr, C, dan Si.
o. Berdasarkan pengujian tarik. Angka kekuatan tarik hasil pengujian tarik menunjukan kekuatan baut *final drive* tipe A adalah 1,135 Mpa dan baut *final drive* tipe B adalah 1,308 Mpa. Kekuatan baut tersebut sangat bagus dibandingkan dengan standar yang dibutuhkan 1,040 Mpa.
p. Berdasarkan pengujian kekeran. Kekerasan baut *final drive* tipe A adalah 31,2 HRC dan baut *final drive* tipe B adalah 33,4 HRC. Kekerasan baut tersebut memenuhi standar minimal yang dibutuhkan minimal 32 HRC untuk baut tipe B, dan untuk baut tipe A kurang memenuhi standar minimum.

Dari temuan yang didapatkan mengenai kegagalan RH *final drive* pada *haul truck* Caterpillar 789 D dengan nomor unit T772 didapatkan bahwa tidak terjadi kesalahan pada material dan akar penyebab paling mungkin dari kasus ini adalah torsi substandar dari baut RH *final drive*. Pada saat unit beroperasi terjadi beban *overload* secara berulang menyebabkan baut dalam posisi tidak terikat ketat mengalami pergerakan sehingga saling meneka dan menyebabkan potongan kecil terlepas tidak mampu menahan beban dan mulai kendor. Keruskan *fretting* menandakan bahwa sambungan bergerak ketika terbebani. Pada saat tekanan terbesar terjadi, hal ini menyebabkan dua baut terlepas dan hilang. Hilangnya dua baut menyebabkan celah *final drive* dan *housing differential* meningkat dan lama waktu permukaan *housing differential* terhadap *final drive* mengalami korosi karena permukaan metal yang panas terbuka terhadap udara dan terjadi oksidasi.

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Kondisi tersebut menyebabkan baut kelebihan beban dan rusak. Selain itu, hal tersebut juga dapat membuat *final dri*ve terlepas.



Gambar 4.33 Alur kerusukan

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V
KESIMPULAN

5.1 **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan dengan data yang telah dikumpulkan dan diolah, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

a. Penyebab kerusakan RH *final drive* bukan karena material baut *final drive* dibuktikan dengan hasil pengujian struktur mikro, pengujian komposisi kimia, pengujian tarik, dan pengujian kekerasan sesuai dengan standar material yang digunakan. Penyebab kerusakan RH *final drive* karena tidak standar nya torsi pada saat pengencangan semua baut *final drive* dibuktikan dengan hasil pengamatan visual dan foto makro sebagai data pimer, data riwayat pemasangan, data *maintenance history,* data *hydraulic top up history*, dan data *load* unit sebagai data sekunder. Data tersebut menunjukan karena tidak standar nya torsi pada saat pengencangan semua baut sehingga beban tidak dapat disalurkan secara sempurna, baut tidak mampu menahan beban yang ada dan RH *final drive* Caterpillar 789 D no unit T772 mengalami kerusakan.
b. Cara meminimalisir terjadinya kerusakan pada RH *final drive* lepasnya baut *final drive* dari *differential* unit Caterpillar *haul truck* 789 D dengan dengan meninjau penggunaan baut model A dan model B merujuk pada SIS Caterpillar, memastikan semua alat yang digunakan telah dikalibrasi dengan benar, memastikan baut dikencangkan dengan torsi yang telah ditentukan dengan tepat, melakukan pengecekan secara visual kebocoran oli *final drive* secara berkala.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA

AALL AMERICAN Fasteners. (2016). *GRADE IDENTIFICATION MARKINGS - INCH STEEL BOLTS*. Diambil kembali dari aallamericanfasteners: https://www.aallamericanfasteners.com/documents/pages/Standard%20Inch%20Grade%20ID%20Markings%20-%20FBB.pdf

Alat Uji. (2019, November 6). Uji Kekerasan *Rockwell* dan Penggunaanya. Dipetik November 6, 2019, dari alatuji: https://www.alatuji.com/index.php?/article/detail/659/uji-kekerasan-rockwell-dan-penggunaannya

Caterpillar. (2012). *789D Mining Truck*. Peoria, Illinois, Amerika Serikat.: Caterpillar.

Irawan, A. P. (2009). Diktat Elemen Mesin. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanegara.

ISO. (1999). *INTERNATIONAL STANDARD*.

Logam Ceper. (2018, Desember 14). Klasifikasi Baja Karbon. Dipetik Oktober 12, 2019, dari logamceper.com: https://logamceper.com/klasifikasi-baja-karbon-carbon-steel/

Mahendra, O. (2011, Agustus 6). Perlakuan panas logam. Dipetik Oktober 8, 2019, dari Infometrik: http://www.infometrik.com/2011/08/perlakuan-panas-logam-1-diagram-fasa/

Mesin, T. (2016, Mei 16). Pengertian dan Jenis Baut. Dipetik Oktober 2019, 2019, dari http://teknikmesin.id: http://teknikmesin.id/pengertian-dan-jenis-baut/

Mettallurgy. (2018, April 8). Heat treatmen. Dipetik Oktober 8, 2019, dari logam420: http://logam420.blogspot.com/

Purnomo. (2017). Material Teknik. Malang: CV.Seribu Bintang.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Setiawan, D. (2019, April 16). PENGETAHUAN DASAR MESIN BAGIAN MECHANICAL ELEMEN (FASTENER) . Diambil kembali dari scribd: https://www.scribd.com/document/406408946/Bolt-Nut#download

Setiawan, E. (2014, April 15). *Torque Converter*. Dipetik Oktober 5, 2019, dari garrsett: https://garrsett.wordpress.com/2014/04/15/torque-converter/

SGT, G. T. (Sutradara). (2018). PENGENALAN *POWER TRAIN* 789D BAG 7B [Gambar Hidup].

Staf Laboratorium Bahan Teknik. (2016). Panduan Praktikum Bahan Teknik I. Yogyakarta: Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada.

Trakindo. (2014). *Applied Failure Analysis.* Jakarta: Trakindo.

UNY. (2011, Juli 17). Pengujian tarik. Retrieved Oktober 08, 2019, from http://staffnew.uny.ac.id: https://www.google.com/url?client=internal-uds-cse&cx=003395702651193586812:lh6rwe7qdmc&q=http://staffnew.uny.ac.id/upload/132161225/pendidikan/Bab%2B2%2BTarik.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwj-7IXm14zlAhVFq48KHa20Dok4WhAWMAZ6BAgEEAI&usg=AOvVaw3p_wDkOOQ5ENb2n_dHleV-

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran

A. Hasil pengujian tarik

Gambar A.1 Hasil spesimen uji tarik spesimen tipe A

Gambar A.2 Hasil spesimen uji tarik spesimen tipe B

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

B. Hasil pengujian kekerasan

Gambar B.1 Hasil spesimen pengujian kekerasan spesimen tipe A

Gambar B.2 Hasil spesimen pengujian kekerasan spesimen tipe B

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

C. Hasil pengujian komposisi kimia

CV. KARYA HIDUP SENTOSA
PABRIK MESIN ALAT PERTANIAN • PENGECORAN LOGAM • DEALER UTAMA DIESEL KUBOTA
Kantor Pusat : Jl. Magelang No. 144 Jogjakarta 55241 Indonesia
Telp. : (0274) 512095 (hunting), 563217, 584874, 513025, 556923
Fax. : (0274) 563523 (*Umum*), 554069 (*Pembelian*) E-mail : operator1@quick.co.id
Website : www.quick.co.id • M-Web : m.quick.co.id • Facebook : facebook.com/quicktraktor

LAPORAN HASIL ANALISA
REPORT OF ANALYSIS

Order No. : 0162152
Customer : Cahyo Ramadhan.
Mahasiswa UGM
Analisa : Spectrometer.
Hasil/Result :

Tanggal : 16- 10 - 2019.
Kode Spl : -
Program : FELOW1.
Alat Uji : Thermo ARL 3560 OES.

Unsur	(%)
C	0,3424
Si	0,2516
S	0,0104
P	0,0093
Mn	1,0084
Ni	0,0518
Cr	0,4275
Mo	0,0946
Cu	0,0939
W	0,0000
Ti	0,0222
Sn	0,0060
Al	0,0235
Pb	0,0000
Ca	0,0006
Zn	0,0000
Fe	97,69

Ass. Ka. Unit Lab, Pola & Finishing UP2L

Abdul Kafi

Ka. Seksi Laboratorium UP2L

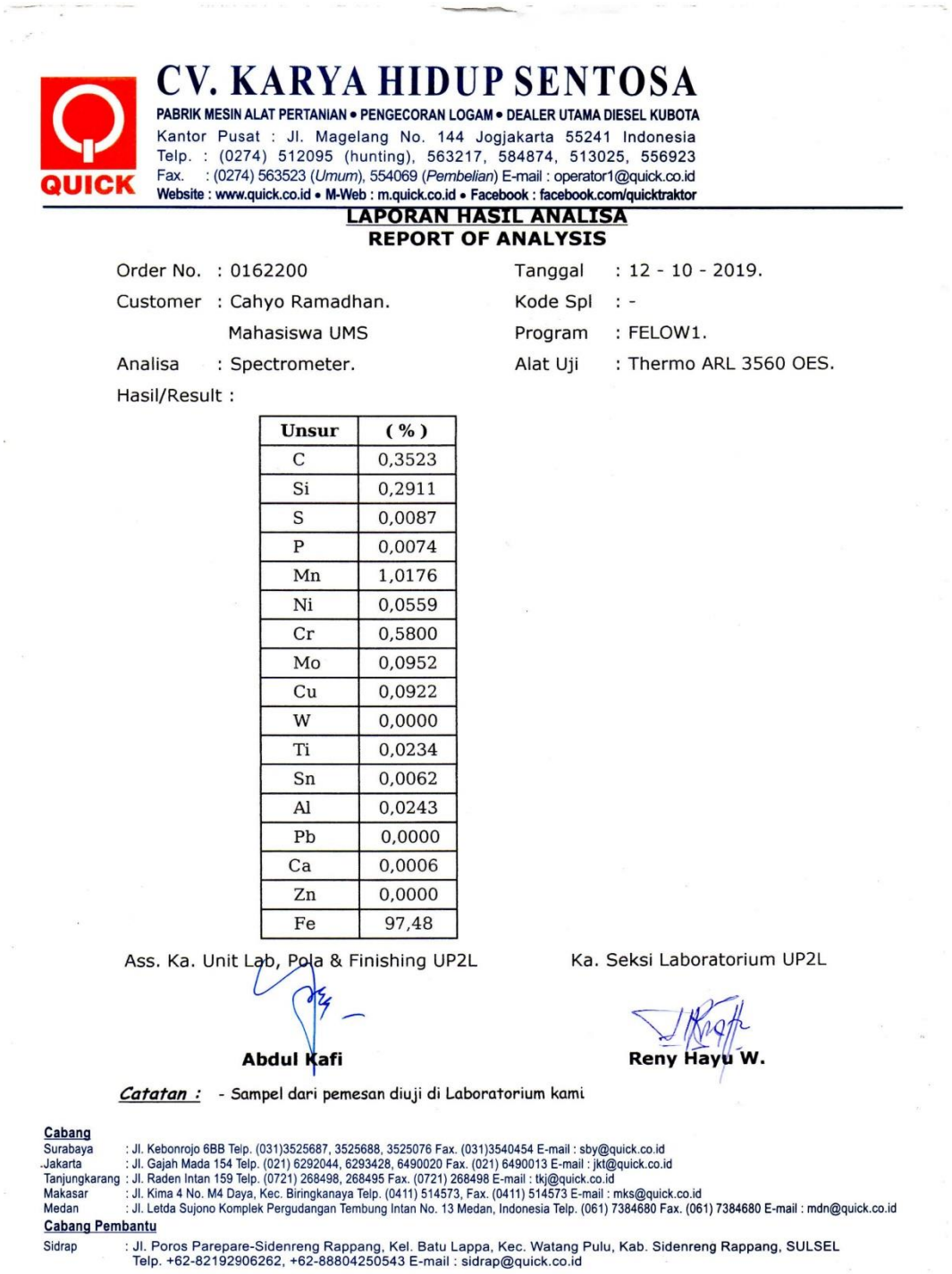
Reny Hayu W.

Catatan : - Sampel dari pemesan diuji di Laboratorium kami

Cabang
Surabaya : Jl. Kebonrojo 6BB Telp. (031)3525687, 3525688, 3525076 Fax. (031)3540454 E-mail : sby@quick.co.id
Jakarta : Jl. Gajah Mada 154 Telp. (021) 6292044, 6293428, 6490020 Fax. (021) 6490013 E-mail : jkt@quick.co.id
Tanjungkarang : Jl. Raden Intan 159 Telp. (0721) 268498, 268495 Fax. (0721) 268498 E-mail : tkj@quick.co.id
Makasar : Jl. Kima 4 No. M4 Daya, Kec. Biringkanaya Telp. (0411) 514573, Fax. (0411) 514573 E-mail : mks@quick.co.id
Medan : Jl. Letda Sujono Komplek Pergudangan Tembung Intan No. 13 Medan, Indonesia Telp. (061) 7384680 Fax. (061) 7384680 E-mail : mdn@quick.co.id
Cabang Pembantu
Sidrap : Jl. Poros Parepare-Sidenreng Rappang, Kel. Batu Lappa, Kec. Watang Pulu, Kab. Sidenreng Rappang, SULSEL
Telp. +62-82192906262, +62-88804250543 E-mail : sidrap@quick.co.id

Gambar C.1 Hasil spesimen pengujian komposisi kimia spesimen tipe A

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



CV. KARYA HIDUP SENTOSA

PABRIK MESIN ALAT PERTANIAN • PENGECORAN LOGAM • DEALER UTAMA DIESEL KUBOTA
Kantor Pusat : Jl. Magelang No. 144 Jogjakarta 55241 Indonesia
Telp. : (0274) 512095 (hunting), 563217, 584874, 513025, 556923
Fax. : (0274) 563523 (*Umum*), 554069 (*Pembelian*) E-mail : operator1@quick.co.id
Website : www.quick.co.id • M-Web : m.quick.co.id • Facebook : facebook.com/quicktraktor

LAPORAN HASIL ANALISA
REPORT OF ANALYSIS

Order No. : 0162200 Tanggal : 12 - 10 - 2019.
Customer : Cahyo Ramadhan. Kode Spl : -
Mahasiswa UMS Program : FELOW1.
Analisa : Spectrometer. Alat Uji : Thermo ARL 3560 OES.
Hasil/Result :

Unsur	(%)
C	0,3523
Si	0,2911
S	0,0087
P	0,0074
Mn	1,0176
Ni	0,0559
Cr	0,5800
Mo	0,0952
Cu	0,0922
W	0,0000
Ti	0,0234
Sn	0,0062
Al	0,0243
Pb	0,0000
Ca	0,0006
Zn	0,0000
Fe	97,48

Ass. Ka. Unit Lab, Pola & Finishing UP2L — Ka. Seksi Laboratorium UP2L

Abdul Kafi — **Reny Hayu W.**

Catatan : - Sampel dari pemesan diuji di Laboratorium kami

Cabang
Surabaya : Jl. Kebonrojo 6BB Telp. (031)3525687, 3525688, 3525076 Fax. (031)3540454 E-mail : sby@quick.co.id
Jakarta : Jl. Gajah Mada 154 Telp. (021) 6292044, 6293428, 6490020 Fax. (021) 6490013 E-mail : jkt@quick.co.id
Tanjungkarang : Jl. Raden Intan 159 Telp. (0721) 268498, 268495 Fax. (0721) 268498 E-mail : tkj@quick.co.id
Makasar : Jl. Kima 4 No. M4 Daya, Kec. Biringkanaya Telp. (0411) 514573, Fax. (0411) 514573 E-mail : mks@quick.co.id
Medan : Jl. Letda Sujono Komplek Pergudangan Tembung Intan No. 13 Medan, Indonesia Telp. (061) 7384680 Fax. (061) 7384680 E-mail : mdn@quick.co.id
Cabang Pembantu
Sidrap : Jl. Poros Parepare-Sidenreng Rappang, Kel. Batu Lappa, Kec. Watang Pulu, Kab. Sidenreng Rappang, SULSEL Telp. +62-82192906262, +62-88804250543 E-mail : sidrap@quick.co.id

Gambar C.2 Hasil spesimen pengujian komposisi kimia spesimen tipe B

D. Data *load* VIMS *haul truck* T772 Caterpillar 789 D (26 Maret 2019 hingga 6 April 2019

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
03/26/2019 09:40:36 PM	42623	T772	208.2	00:16:48	4.828	00:32:59	00:02:42	00:01:39	00:39:56	13.519	01:34:04	18.347	5	227.266
03/26/2019 11:14:43 PM	42625	T772	152.3	00:04:16	1.127	00:12:34	00:03:12	00:03:26	00:09:10	2.414	00:32:38	3.541	4	69.599
03/26/2019 11:47:22 PM	42625	T772	170.9	00:07:01	2.414	00:07:28	00:03:30	00:00:58	00:07:55	2.253	00:26:52	4.667	5	91.935
03/27/2019 12:14:12 AM	42626	T772	187.4	00:06:01	2.092	00:12:57	00:02:26	00:01:38	00:10:56	2.414	00:33:58	4.506	4	79.404
03/27/2019 12:48:10 AM	42626	T772	180.9	00:09:48	2.414	00:03:35	00:04:18	00:06:04	00:13:28	3.058	00:37:13	5.472	4	84.676
03/27/2019 01:25:22 AM	42627	T772	151.8	00:10:55	2.897	00:10:28	00:02:01	00:01:46	00:07:03	1.448	00:32:13	4.345	3	81.955
03/27/2019 01:57:34 AM	42628	T772	156.1	00:05:34	1.127	00:07:13	00:01:56	00:02:15	00:06:58	1.287	00:23:56	2.414	3	75.919
03/27/2019 02:21:29 AM	42628	T772	141.5	00:05:49	1.287	00:09:18	00:01:51	00:01:16	00:05:50	1.287	00:24:04	2.575	3	73.139
03/27/2019 02:45:32 AM	42628	T772	141.4	00:09:29	1.77	00:05:43	00:02:17	00:01:44	00:06:58	1.287	00:26:11	3.058	4	76.985
03/27/2019 03:11:42 AM	42629	T772	160.2	00:06:46	1.287	00:04:02	00:01:54	00:02:10	00:03:20	0.322	00:18:12	1.609	4	49.918
03/27/2019 03:29:53 AM	42629	T772	151.5	00:03:14	0.322	00:08:39	00:01:50	00:07:32	00:12:40	2.897	00:33:55	3.219	4	70.314
03/27/2019 05:39:12 AM	42630	T772	199.5	00:03:46	0.966	00:03:29	00:02:20	00:01:09	00:05:34	1.287	00:16:18	2.253	4	254.296
03/27/2019 05:55:32 AM	42631	T772	187.9	00:13:17	3.862	00:06:08	00:05:09	00:01:15	00:13:46	3.701	00:39:35	7.564	4	112.606
03/27/2019 08:29:03 AM	42631	T772	184.6	00:09:35	2.414	00:04:03	00:04:19	00:01:20	00:12:19	3.541	00:31:36	5.955	4	141.953
03/27/2019 09:00:40 AM	42632	T772	207.2	00:13:50	3.058	00:13:52	00:07:42	00:01:02	00:06:24	1.609	00:42:50	4.667	6	81.526
03/27/2019 09:43:29 AM	42633	T772	229.5	00:05:46	1.609	00:06:49	00:03:28	00:00:58	00:00:15	0.161	00:17:16	1.77	4	64.125
03/27/2019 10:00:44 AM	42633	T772	178.2	00:02:21	0.322	00:00:27	00:01:53	00:00:59	00:06:08	1.448	00:11:48	1.77	4	125.111
03/27/2019 10:12:32 AM	42633	T772	172.1	00:06:15	1.448	00:02:01	00:01:59	00:01:03	00:06:05	1.448	00:17:23	2.897	4	115.958
03/27/2019 10:29:54 AM	42633	T772	236.9	00:05:11	1.448	00:00:11	00:04:43	00:01:00	00:07:37	1.448	00:18:42	2.897	7	126.012
03/27/2019 10:48:35 AM	42634	T772	172.5	00:09:51	3.38	00:00:09	00:04:11	00:01:10	00:12:13	3.541	00:27:34	6.92	4	146.244
03/27/2019 11:16:08 AM	42634	T772	169.2	00:09:26	3.38	00:00:15	00:04:37	00:07:39	00:12:08	3.058	00:34:05	6.437	3	118.283
03/27/2019 11:50:12 AM	42635	T772	207.3	00:04:52	1.287	00:00:15	00:03:57	00:01:15	00:06:41	1.448	00:17:00	2.736	5	123.583
03/27/2019 12:07:12 PM	42635	T772	184.2	00:06:28	1.448	00:00:06	00:02:59	00:01:28	00:04:27	1.127	00:15:28	2.575	3	106.465
03/27/2019 12:22:38 PM	42635	T772	190.2	00:03:51	0.966	00:00:03	00:02:25	00:01:10	00:06:04	1.448	00:13:33	2.414	4	152.953
03/27/2019 12:36:10 PM	42636	T772	189.7	00:06:58	1.448	00:00:05	00:04:14	00:11:22	00:07:35	1.609	00:30:14	3.058	4	85.453
03/27/2019 01:06:23 PM	42636	T772	176.1	00:12:29	3.862	00:08:33	00:03:03	00:01:06	00:06:10	1.448	00:31:21	5.311	2	100.522

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
03/27/2019 01:37:44 PM	42637	T772	206	00:06:36	1.448	00:03:36	00:03:09	00:01:04	00:06:46	1.448	00:21:11	2.897	5	105.878
03/27/2019 01:58:55 PM	42637	T772	208.2	00:06:52	1.448	00:01:18	00:02:08	00:01:01	00:06:26	1.448	00:17:45	2.897	5	123.159
03/27/2019 02:16:40 PM	42637	T772	149	00:06:07	1.448	00:10:19	00:02:39	00:01:08	00:05:56	1.448	00:26:09	2.897	4	86.855
03/27/2019 02:42:49 PM	42638	T772	143	00:05:13	1.448	00:01:35	00:02:32	00:01:03	00:05:30	1.448	00:15:53	2.897	4	123.334
03/27/2019 11:08:10 PM	42638	T772	263.1	00:01:56	0.322	00:01:39	00:02:18	00:02:38	00:15:56	2.897	00:24:27	3.219	3	221.783
03/27/2019 11:32:39 PM	42638	T772	116.2	00:08:04	2.092	00:04:22	00:01:20	00:01:08	00:08:47	2.092	00:23:41	4.184	3	113.882
03/27/2019 11:56:18 PM	42639	T772	178.1	00:09:43	2.736	00:08:28	00:01:30	00:01:24	00:11:50	2.736	00:32:55	5.472	3	115.575
03/28/2019 12:29:11 AM	42639	T772	133.5	00:07:47	2.092	00:14:04	00:01:55	00:01:41	00:08:52	2.092	00:34:19	4.184	3	88.522
03/28/2019 06:31:46 AM	42640	T772	147.7	00:08:16	1.77	00:09:31	00:03:29	00:02:50	00:08:23	2.253	00:32:29	4.023	8	130.227
03/28/2019 07:39:53 AM	42641	T772	149.8	00:05:13	0.966	00:08:34	00:02:08	00:01:00	00:08:12	2.092	00:25:07	3.058	4	159.379
03/28/2019 08:05:02 AM	42642	T772	147.4	00:06:59	1.931	00:23:11	00:02:00	00:00:50	00:07:51	2.092	00:40:51	4.023	4	75.06
03/28/2019 08:45:52 AM	42642	T772	168.9	00:16:13	6.116	00:01:21	00:04:55	00:01:43	00:11:27	3.219	00:35:39	9.334	4	125.03
03/28/2019 09:21:29 AM	42643	T772	176.8	00:08:48	2.897	00:26:59	00:02:45	00:01:04	00:09:54	3.058	00:49:30	5.955	4	71.693
03/28/2019 10:10:59 AM	42644	T772	176.6	00:08:54	2.897	00:16:41	00:02:32	00:01:34	00:09:28	2.575	00:39:09	5.472	5	84.845
03/28/2019 10:50:06 AM	42644	T772	178.7	00:07:22	2.575	00:06:19	00:03:13	00:01:31	00:10:17	2.575	00:28:42	5.15	6	106.836
03/28/2019 11:18:46 AM	42645	T772	186.8	00:07:56	2.575	00:00:29	00:03:58	00:00:53	00:10:00	2.575	00:23:16	5.15	3	136.665
03/28/2019 11:42:01 AM	42645	T772	202.3	00:07:57	2.575	00:16:46	00:02:43	00:01:27	00:10:53	2.575	00:39:46	5.15	5	89.241
03/28/2019 12:21:46 PM	42646	T772	208	00:07:15	2.575	00:00:29	00:02:23	00:00:57	00:09:48	2.575	00:20:52	5.15	5	157.826
03/28/2019 01:02:48 PM	42646	T772	192.7	00:17:42	5.15	00:09:12	00:01:41	00:01:12	00:10:57	2.897	00:40:44	8.047	3	147.761
03/28/2019 02:38:03 PM	42647	T772	213.5	00:03:35	0.805	00:06:47	00:05:00	00:01:19	00:08:53	2.092	00:25:34	2.897	4	102.162
03/28/2019 03:03:39 PM	42648	T772	187.7	00:06:46	1.931	00:01:45	00:01:58	00:01:00	00:07:25	1.931	00:18:54	3.862	4	126.18
03/28/2019 03:22:32 PM	42648	T772	174	00:06:22	1.931	00:00:04	00:01:56	00:01:28	00:08:01	2.092	00:17:51	4.023	3	135.193
03/28/2019 03:40:23 PM	42648	T772	149.6	00:08:23	2.092	00:04:34	00:02:55	00:01:34	00:08:34	2.253	00:26:00	4.345	6	105.919
03/28/2019 04:15:11 PM	42649	T772	180.3	00:06:05	1.609	00:10:29	00:02:19	00:04:13	00:12:02	2.736	00:35:08	4.345	5	109.899
03/28/2019 04:50:22 PM	42649	T772	199.8	00:09:35	2.736	00:00:05	00:01:39	00:02:13	00:11:31	2.897	00:25:03	5.633	4	157.537
03/28/2019 05:15:23 PM	42650	T772	227.1	00:08:58	2.736	00:00:05	00:03:02	00:06:25	00:15:35	2.897	00:34:05	5.633	3	128.278
03/29/2019 02:16:44 AM	42650	T772	191.9	00:12:21	1.931	00:25:43	00:02:07	00:03:40	00:11:25	2.092	00:55:16	4.023	4	91.439
03/29/2019 03:43:12 AM	42652	T772	195.9	00:00:54	0	00:05:37	00:02:35	00:04:45	00:07:10	1.609	00:21:01	1.609	4	129.683

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
03/29/2019 04:04:15 AM	42652	T772	210	00:06:53	1.448	00:01:30	00:03:18	00:05:41	00:13:14	2.736	00:30:36	4.184	6	99.274
03/29/2019 04:34:51 AM	42653	T772	227.4	00:09:39	2.575	00:08:31	00:05:25	00:04:44	00:12:37	2.736	00:40:56	5.311	8	88.778
03/29/2019 05:15:47 AM	42653	T772	200.6	00:07:01	1.931	00:15:01	00:02:25	00:01:36	00:07:00	1.448	00:33:03	3.38	4	79.889
03/29/2019 05:48:49 AM	42654	T772	195.8	00:06:10	1.448	00:16:15	00:02:14	00:02:25	00:08:29	1.931	00:35:33	3.38	3	67.083
03/29/2019 06:24:21 AM	42654	T772	164	00:08:36	2.575	00:15:33	00:03:06	00:00:52	00:07:08	1.77	00:35:15	4.345	5	82.151
03/29/2019 07:19:22 AM	42655	T772	184.9	00:00:38	0	00:10:43	00:02:41	00:01:03	00:12:19	3.058	00:27:24	3.058	5	120.194
03/29/2019 07:46:49 AM	42656	T772	215.4	00:10:48	3.058	00:07:28	00:03:30	00:01:18	00:12:17	3.38	00:35:21	6.437	4	115.65
03/29/2019 08:22:07 AM	42656	T772	170.4	00:09:23	2.092	00:14:46	00:02:50	00:01:09	00:08:58	2.253	00:37:06	4.345	5	108.665
03/29/2019 08:59:13 AM	42657	T772	175.3	00:08:26	2.092	00:20:02	00:02:19	00:01:00	00:09:11	2.092	00:40:58	4.184	4	81.083
03/29/2019 09:40:10 AM	42658	T772	158.5	00:06:25	2.092	00:10:44	00:04:42	00:01:03	00:08:49	2.253	00:31:43	4.345	5	101.15
03/29/2019 10:11:52 AM	42658	T772	151	00:06:54	2.092	00:09:02	00:04:05	00:00:47	00:01:21	0.161	00:22:09	2.253	5	49.988
03/29/2019 10:34:01 AM	42658	T772	132.2	00:02:44	0.322	00:22:58	00:04:30	00:00:52	00:08:11	2.253	00:39:15	2.575	5	70.886
03/29/2019 11:13:16 AM	42659	T772	175.6	00:06:32	2.092	00:04:15	00:04:42	00:01:03	00:09:00	2.253	00:25:32	4.345	6	125.645
03/29/2019 11:38:48 AM	42660	T772	170	00:08:00	2.092	00:05:25	00:04:03	00:01:00	00:08:13	2.092	00:26:41	4.184	6	119.166
03/29/2019 12:05:29 PM	42660	T772	154.3	00:04:58	2.092	00:04:14	00:03:38	00:04:06	00:08:38	2.092	00:25:34	4.184	5	94.389
03/29/2019 12:31:03 PM	42660	T772	148.2	00:07:23	2.092	00:07:22	00:03:46	00:01:04	00:08:24	2.092	00:27:59	4.184	6	103.484
03/29/2019 12:59:01 PM	42661	T772	162.6	00:08:52	2.092	00:05:49	00:04:28	00:01:04	00:09:15	2.092	00:29:28	4.184	5	105.019
03/29/2019 01:54:27 PM	42662	T772	185.9	00:15:01	4.506	00:21:54	00:02:38	00:01:01	00:10:24	2.575	00:50:58	7.081	5	106.395
03/29/2019 02:45:27 PM	42662	T772	179.2	00:10:24	2.414	00:06:16	00:03:06	00:01:10	00:10:52	2.575	00:31:48	4.989	6	105.349
03/29/2019 03:33:20 PM	42663	T772	175.7	00:14:05	4.184	00:00:08	00:01:52	00:01:23	00:09:34	2.736	00:27:02	6.92	4	211.092
03/29/2019 04:00:25 PM	42663	T772	174.8	00:09:20	2.736	00:07:53	00:02:53	00:01:11	00:10:26	2.736	00:31:43	5.472	5	110.101
03/29/2019 04:59:53 PM	42664	T772	162.3	00:09:06	1.931	00:03:56	00:03:58	00:01:02	00:10:05	2.736	00:28:07	4.667	5	152.471
03/29/2019 05:28:02 PM	42665	T772	192	00:08:41	2.736	00:02:17	00:01:50	00:01:24	00:09:54	2.253	00:24:06	4.989	3	133.118
03/29/2019 05:52:08 PM	42665	T772	181.3	00:07:22	2.253	00:00:24	00:02:13	00:01:10	00:09:43	2.253	00:20:52	4.506	4	141.499
03/29/2019 06:12:58 PM	42665	T772	199.4	00:08:54	2.414	00:05:03	00:05:23	00:04:44	00:10:45	2.414	00:34:49	4.828	4	98.667
03/29/2019 07:02:16 PM	42666	T772	203.4	00:08:30	2.414	00:03:37	00:02:19	00:05:58	00:11:20	2.736	00:31:44	5.15	4	111.833
03/29/2019 07:41:14 PM	42666	T772	197.8	00:09:25	2.736	00:00:07	00:03:22	00:12:19	00:12:32	2.736	00:37:45	5.472	4	104.538
03/29/2019 08:18:59 PM	42667	T772	163	00:12:06	3.219	00:02:15	00:02:40	00:01:02	00:11:57	2.897	00:30:00	6.116	3	129.65

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
03/29/2019 08:49:00 PM	42668	T772	202.5	00:05:48	1.448	00:01:39	00:02:15	00:02:13	00:07:08	1.609	00:19:03	3.058	4	126.677
03/29/2019 09:08:03 PM	42668	T772	187.4	00:06:19	1.609	00:03:28	00:01:51	00:05:41	00:07:24	1.609	00:24:43	3.219	3	99.932
03/29/2019 09:32:45 PM	42668	T772	196.2	00:06:55	1.609	00:06:29	00:02:10	00:01:15	00:06:39	1.609	00:23:28	3.219	3	99.206
03/29/2019 09:56:12 PM	42669	T772	207.7	00:06:27	1.448	00:09:47	00:02:12	00:01:05	00:05:44	1.287	00:25:15	2.736	4	87.702
03/29/2019 10:21:27 PM	42669	T772	181.6	00:08:07	2.253	00:05:35	00:02:59	00:07:46	00:09:03	2.092	00:33:30	4.345	5	89.833
03/29/2019 10:54:55 PM	42670	T772	188.2	00:07:37	1.931	00:01:36	00:02:55	00:01:48	00:08:51	1.931	00:22:47	3.862	5	119.627
03/29/2019 11:17:40 PM	42670	T772	203.1	00:09:09	2.092	00:13:22	00:05:00	00:01:07	00:08:26	1.931	00:37:04	4.023	7	86.55
03/29/2019 11:54:43 PM	42671	T772	182.3	00:07:45	2.092	00:08:06	00:03:16	00:01:43	00:08:48	2.092	00:29:38	4.184	5	117.842
03/30/2019 12:24:20 AM	42671	T772	202.5	00:07:58	2.092	00:10:07	00:05:36	00:00:53	00:09:51	2.092	00:34:25	4.184	7	98.164
03/30/2019 12:58:45 AM	42672	T772	207.6	00:09:25	2.575	00:09:14	00:03:11	00:01:01	00:11:19	2.575	00:34:10	5.15	3	116.332
03/30/2019 01:32:54 AM	42672	T772	133.5	00:09:36	2.575	00:35:15	00:01:51	00:00:53	00:05:34	1.448	00:53:09	4.023	3	41.13
03/30/2019 02:26:03 AM	42673	T772	162.5	00:08:13	2.092	00:13:06	00:03:49	00:00:56	00:07:40	1.931	00:33:44	4.023	6	82.479
03/30/2019 04:10:26 AM	42674	T772	151.4	00:04:04	0.966	00:03:51	00:03:04	00:01:54	00:08:22	1.931	00:21:15	2.897	4	146.963
03/30/2019 04:31:44 AM	42674	T772	195.1	00:06:29	1.448	00:16:30	00:02:26	00:00:51	00:06:01	1.448	00:32:17	2.897	4	64.198
03/30/2019 05:04:01 AM	42675	T772	167.8	00:06:39	1.448	00:21:18	00:02:06	00:00:57	00:06:36	1.448	00:37:36	2.897	3	58.14
03/30/2019 05:55:48 AM	42676	T772	200.4	00:05:37	1.127	00:11:47	00:01:27	00:01:05	00:05:28	1.448	00:25:24	2.575	3	116.245
03/30/2019 08:31:01 AM	42676	T772	187.6	00:05:55	1.287	00:07:11	00:08:00	00:01:12	00:05:45	1.448	00:28:03	2.736	3	94.129
03/30/2019 08:59:06 AM	42677	T772	210.9	00:06:25	1.448	00:01:00	00:01:25	00:01:00	00:06:31	1.448	00:16:21	2.897	3	125.023
03/30/2019 09:15:26 AM	42677	T772	161.2	00:08:01	2.092	00:04:46	00:01:50	00:01:08	00:08:23	2.092	00:24:08	4.184	4	136.463
03/30/2019 09:39:34 AM	42677	T772	137.8	00:05:49	2.092	00:07:23	00:08:44	00:01:00	00:08:19	2.092	00:31:15	4.184	5	90.85
03/30/2019 10:24:58 AM	42678	T772	151.7	00:00:13	0	00:04:52	00:10:56	00:01:05	00:07:42	2.253	00:24:48	2.253	5	122.492
03/30/2019 10:49:49 AM	42678	T772	169.8	00:04:40	2.092	00:11:58	00:04:17	00:01:00	00:08:27	2.092	00:30:22	4.184	6	101.907
03/30/2019 11:20:10 AM	42679	T772	137.3	00:05:30	2.092	00:09:20	00:02:29	00:01:07	00:07:09	2.092	00:25:35	4.184	3	107.644
03/30/2019 11:45:45 AM	42679	T772	200.2	00:09:38	2.897	00:23:01	00:01:56	00:00:51	00:03:45	0.966	00:39:11	3.862	3	45.647
03/30/2019 12:24:56 PM	42680	T772	202.5	00:05:57	1.77	00:12:48	00:04:25	00:03:21	00:08:57	2.253	00:35:28	4.023	5	105.664
03/30/2019 01:07:57 PM	42681	T772	193.8	00:05:02	1.127	00:09:12	00:02:37	00:00:53	00:08:17	2.253	00:26:01	3.38	4	132.041
03/30/2019 01:34:01 PM	42681	T772	227.5	00:08:28	2.736	00:14:57	00:04:34	00:01:13	00:17:16	2.575	00:46:28	5.311	3	99.591
03/30/2019 02:20:29 PM	42682	T772	159.9	00:10:31	3.058	00:08:37	00:02:38	00:01:14	00:09:12	2.253	00:32:12	5.311	3	106.685

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
03/30/2019 02:52:40 PM	42683	T772	173	00:06:30	2.092	00:00:12	00:02:46	00:01:05	00:08:29	2.092	00:19:02	4.184	3	158.112
03/30/2019 03:11:41 PM	42683	T772	164.8	00:07:32	2.092	00:08:53	00:02:35	00:01:11	00:07:51	2.092	00:28:02	4.184	5	107.351
03/30/2019 04:06:40 PM	42683	T772	139.5	00:03:57	1.127	00:04:55	00:02:57	00:00:58	00:07:42	2.253	00:20:29	3.38	4	155.236
03/30/2019 04:27:12 PM	42684	T772	171.6	00:05:48	2.092	00:04:51	00:02:16	00:01:01	00:07:38	2.253	00:21:34	4.345	4	135.59
03/30/2019 04:48:45 PM	42684	T772	167.9	00:05:13	2.092	00:06:14	00:02:52	00:01:00	00:07:22	2.253	00:22:41	4.345	5	132.67
03/30/2019 05:11:25 PM	42685	T772	163.7	00:04:38	2.092	00:10:58	00:03:04	00:01:12	00:07:20	2.092	00:27:12	4.184	6	108.552
03/30/2019 05:38:36 PM	42685	T772	146.2	00:06:22	2.092	00:33:20	00:02:30	00:02:23	00:09:41	2.736	00:54:16	4.828	4	62.78
03/30/2019 06:47:35 PM	42686	T772	160.4	00:04:47	2.092	00:08:08	00:03:00	00:00:43	00:06:59	2.092	00:23:37	4.184	3	115.406
03/30/2019 07:20:06 PM	42686	T772	142.1	00:04:31	0.966	00:20:51	00:03:20	00:00:49	00:08:12	2.092	00:37:43	3.058	5	88.07
03/30/2019 07:57:52 PM	42687	T772	176.5	00:06:45	1.931	00:10:51	00:04:44	00:00:52	00:02:21	0.322	00:25:33	2.253	7	43.336
03/30/2019 08:23:23 PM	42687	T772	184.5	00:00:57	0	00:05:51	00:04:32	00:00:45	00:00:20	0.161	00:12:25	0.161	6	43.443
03/30/2019 08:35:48 PM	42688	T772	185.3	00:01:24	0	00:00:48	00:04:23	00:00:45	00:00:22	0.161	00:07:42	0.161	5	62.681
03/30/2019 08:43:29 PM	42688	T772	175.1	00:01:04	0	00:02:21	00:03:25	00:00:54	00:07:59	2.092	00:15:43	2.092	6	155.35
03/30/2019 09:19:57 PM	42688	T772	181.5	00:05:42	1.287	00:08:03	00:02:55	00:00:46	00:09:58	2.736	00:27:24	4.023	3	142.989
03/30/2019 09:47:24 PM	42689	T772	184.7	00:08:45	2.736	00:06:16	00:02:01	00:00:58	00:10:53	2.736	00:28:53	5.472	3	129.748
03/30/2019 10:16:14 PM	42689	T772	182.9	00:08:45	2.736	00:06:08	00:05:16	00:00:58	00:04:12	0.966	00:25:19	3.701	4	69.528
03/30/2019 10:41:32 PM	42689	T772	197.3	00:03:57	0.805	00:03:33	00:01:52	00:01:01	00:05:02	0.966	00:15:25	1.77	2	93.919
03/30/2019 10:56:56 PM	42690	T772	210.1	00:03:33	0.322	00:11:29	00:02:57	00:00:59	00:09:26	2.092	00:28:24	2.414	3	108.964
03/30/2019 11:25:20 PM	42690	T772	203.2	00:09:09	2.736	00:03:52	00:02:32	00:06:33	00:13:35	3.058	00:35:41	5.794	3	117.753
03/31/2019 12:01:00 AM	42691	T772	172.5	00:07:26	2.092	00:09:14	00:04:45	00:00:58	00:08:07	2.092	00:30:30	4.184	5	98.669
03/31/2019 12:31:30 AM	42691	T772	151.3	00:07:35	1.931	00:02:59	00:04:00	00:00:52	00:08:49	2.092	00:24:15	4.023	4	120.587
03/31/2019 02:05:45 AM	42692	T772	199.1	00:05:04	1.287	00:06:28	00:03:45	00:00:59	00:11:47	2.575	00:28:03	3.862	6	151.821
03/31/2019 02:33:51 AM	42692	T772	206.5	00:09:33	2.092	00:03:56	00:04:53	00:01:04	00:09:34	2.253	00:29:00	4.345	6	115.52
03/31/2019 03:02:51 AM	42693	T772	212.8	00:07:40	2.092	00:02:51	00:04:42	00:00:58	00:09:32	2.253	00:25:43	4.345	6	131.373
03/31/2019 03:28:34 AM	42693	T772	179.1	00:06:49	2.092	00:03:37	00:05:01	00:00:59	00:08:28	2.092	00:24:54	4.184	6	119.719
03/31/2019 03:53:26 AM	42694	T772	148.8	00:07:43	2.092	00:07:47	00:05:03	00:01:02	00:11:09	2.253	00:32:44	4.345	6	104.947
03/31/2019 03:01:46 PM	42694	T772	129.5	00:07:50	1.931	00:40:41	00:01:25	00:02:56	00:08:21	2.092	01:01:13	4.023	3	64.928
03/31/2019 04:25:32 PM	42695	T772	202.4	00:05:50	1.931	00:01:33	00:02:20	00:01:16	00:10:56	2.736	00:21:55	4.667	3	207.262

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
03/31/2019 04:47:31 PM	42696	T772	174.1	00:06:47	1.931	00:05:09	00:02:02	00:01:11	00:07:50	1.931	00:22:59	3.862	4	122.292
03/31/2019 05:10:30 PM	42696	T772	152	00:06:44	1.931	00:05:48	00:01:59	00:01:08	00:07:49	2.092	00:23:28	4.023	4	118.563
03/31/2019 05:33:58 PM	42696	T772	160	00:06:04	2.092	00:02:02	00:01:50	00:01:00	00:07:08	2.092	00:18:04	4.184	3	152.429
03/31/2019 05:52:01 PM	42697	T772	130.8	00:06:58	1.931	00:05:38	00:01:34	00:01:10	00:08:45	2.092	00:24:05	4.023	3	106.096
03/31/2019 06:40:45 PM	42697	T772	158.2	00:04:19	1.287	00:02:44	00:02:04	00:01:02	00:10:40	2.092	00:20:49	3.38	3	167.752
03/31/2019 07:18:50 PM	42698	T772	161.3	00:00:49	0	00:09:45	00:02:22	00:00:54	00:08:37	2.092	00:22:27	2.092	5	135.314
03/31/2019 07:41:20 PM	42698	T772	164.3	00:07:30	2.092	00:07:46	00:02:22	00:00:59	00:09:15	2.092	00:27:52	4.184	5	113.087
03/31/2019 08:09:10 PM	42699	T772	176.8	00:07:06	2.092	00:09:50	00:03:22	00:00:56	00:09:04	2.092	00:30:18	4.184	6	104.005
03/31/2019 09:01:41 PM	42699	T772	175.5	00:05:54	1.287	00:15:17	00:01:34	00:01:36	00:12:04	2.736	00:36:25	4.023	2	124.737
03/31/2019 09:38:08 PM	42700	T772	197.6	00:08:45	2.575	00:09:18	00:01:29	00:01:03	00:12:05	2.575	00:32:40	5.15	3	131.234
03/31/2019 10:40:05 PM	42701	T772	191.9	00:05:28	0.966	00:17:31	00:01:26	00:00:50	00:10:45	2.736	00:36:00	3.701	3	130.124
03/31/2019 11:16:06 PM	42701	T772	65.6	00:23:00	6.116	00:00:55	00:04:48	00:03:42	00:00:14	0	00:32:39	6.116	2	76.52
03/31/2019 11:48:45 PM	42702	T772	196.9	00:03:27	0.322	00:08:00	00:02:51	00:00:50	00:00:51	0	00:15:59	0.322	3	39.078
04/01/2019 12:04:42 AM	42702	T772	190	00:01:34	0.161	00:01:02	00:04:23	00:02:00	00:13:07	3.058	00:22:06	3.219	4	120.756
04/01/2019 12:26:48 AM	42703	T772	195.5	00:12:09	2.736	00:08:42	00:02:56	00:01:48	00:13:24	2.897	00:38:59	5.633	4	99.774
04/01/2019 01:05:47 AM	42703	T772	175.1	00:10:17	2.736	00:00:15	00:01:40	00:01:30	00:12:16	2.897	00:25:58	5.633	4	139.948
04/01/2019 01:31:45 AM	42704	T772	194.1	00:10:50	2.736	00:00:04	00:01:32	00:01:03	00:04:48	0.966	00:18:17	3.701	4	131.989
04/01/2019 01:50:01 AM	42704	T772	173.1	00:04:50	1.127	00:02:00	00:03:01	00:02:16	00:13:55	3.058	00:26:02	4.184	4	115.598
04/01/2019 03:27:33 AM	42705	T772	182.9	00:07:24	1.609	00:10:14	00:06:53	00:01:14	00:12:41	2.897	00:38:26	4.506	10	115.975
04/01/2019 04:06:01 AM	42705	T772	172.7	00:12:01	2.897	00:01:38	00:01:49	00:02:40	00:13:16	3.058	00:31:24	5.955	3	125.678
04/01/2019 04:37:25 AM	42706	T772	177	00:10:33	2.736	00:08:44	00:03:56	00:36:04	00:09:53	2.092	01:09:10	4.828	3	56.644
04/01/2019 12:53:45 PM	42707	T772	156.9	00:05:13	0.966	00:04:16	00:01:14	00:00:59	00:04:41	1.127	00:16:23	2.092	3	107.439
04/01/2019 01:10:08 PM	42707	T772	175.2	00:05:21	1.127	00:11:01	00:01:53	00:12:07	00:06:56	1.287	00:37:18	2.414	3	60.13
04/01/2019 01:47:25 PM	42707	T772	167.4	00:04:11	1.127	00:00:11	00:02:59	00:00:44	00:02:21	0.322	00:10:26	1.448	3	81.634
04/01/2019 01:57:50 PM	42708	T772	155.4	00:04:02	0.644	00:02:20	00:02:58	00:00:59	00:04:59	1.448	00:15:18	2.092	3	115.047
04/01/2019 02:13:08 PM	42708	T772	229.5	00:07:31	1.448	00:05:38	00:02:03	00:00:52	00:00:34	0	00:16:38	1.448	4	51.205
04/01/2019 02:29:46 PM	42708	T772	24.8	00:02:19	0.322	00:13:14	00:02:45	00:11:09	00:09:59	1.609	00:39:26	1.931	5	58.317
04/01/2019 03:47:14 PM	42709	T772	213.6	00:08:31	1.77	00:07:58	00:02:06	00:00:54	00:06:08	1.609	00:25:37	3.38	4	114.153

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
04/01/2019 04:12:53 PM	42709	T772	191.4	00:05:46	1.448	00:03:50	00:03:38	00:01:21	00:07:30	1.609	00:22:05	3.058	4	105.42
04/01/2019 04:34:58 PM	42710	T772	236.7	00:07:40	2.092	00:04:20	00:01:52	00:00:58	00:01:31	0.161	00:16:21	2.253	3	69.457
04/01/2019 04:51:19 PM	42710	T772	189.9	00:01:53	0.322	00:01:51	00:03:16	00:01:43	00:13:00	3.058	00:21:43	3.38	4	132.039
04/01/2019 05:13:03 PM	42710	T772	209	00:10:52	2.897	00:01:53	00:05:45	00:01:22	00:05:24	1.448	00:25:16	4.345	5	116.858
04/01/2019 05:38:17 PM	42711	T772	219.9	00:05:23	1.287	00:04:13	00:01:58	00:00:50	00:01:29	0.161	00:13:53	1.448	2	61.348
04/01/2019 05:52:09 PM	42711	T772	183.6	00:01:53	0.161	00:04:16	00:02:15	00:02:21	00:13:27	2.897	00:24:12	3.058	3	117.316
04/01/2019 06:42:27 PM	42712	T772	162.5	00:06:26	1.448	00:01:37	00:03:14	00:02:24	00:09:22	2.736	00:23:03	4.184	4	161.352
04/01/2019 07:30:45 PM	42712	T772	193.2	00:05:19	1.287	00:06:40	00:01:34	00:02:22	00:12:00	2.736	00:27:55	4.023	3	141.36
04/01/2019 07:58:44 PM	42713	T772	203.3	00:10:09	2.736	00:00:15	00:02:06	00:02:29	00:14:17	2.736	00:29:16	5.472	3	138.719
04/01/2019 08:27:57 PM	42713	T772	209.6	00:09:40	2.575	00:00:26	00:02:03	00:05:12	00:12:03	2.736	00:29:24	5.311	4	135.193
04/01/2019 09:26:42 PM	42714	T772	179.5	00:07:17	1.287	00:04:33	00:04:06	00:00:55	00:21:06	5.633	00:37:57	6.92	5	160.094
04/01/2019 10:04:40 PM	42714	T772	197.8	00:17:46	5.472	00:13:46	00:03:50	00:03:59	00:19:14	5.472	00:58:35	10.944	7	111.462
04/01/2019 11:03:15 PM	42715	T772	197.1	00:14:37	4.989	00:00:50	00:02:09	00:01:11	00:16:15	4.989	00:35:02	9.978	4	157.215
04/01/2019 11:38:17 PM	42716	T772	174.8	00:14:43	4.989	00:01:18	00:03:31	00:00:58	00:17:23	4.989	00:37:53	9.978	4	149.884
04/02/2019 12:16:09 AM	42717	T772	163	00:17:17	5.311	00:14:14	00:02:36	00:01:24	00:18:30	5.633	00:54:01	10.944	6	111.951
04/02/2019 01:10:09 AM	42717	T772	170.4	00:14:22	4.989	00:07:47	00:05:09	00:01:00	00:17:53	5.15	00:46:11	10.139	5	122.947
04/02/2019 01:56:19 AM	42718	T772	203.5	00:17:58	5.633	00:29:03	00:04:02	00:01:03	00:13:38	2.736	01:05:44	8.369	5	66.082
04/02/2019 04:08:15 AM	42719	T772	175.1	00:06:31	1.448	00:01:42	00:03:53	00:01:24	00:13:58	2.736	00:27:28	4.184	7	139.541
04/02/2019 04:35:46 AM	42720	T772	202	00:08:13	1.931	00:05:43	00:01:29	00:02:33	00:19:15	5.15	00:37:13	7.081	4	151.044
04/02/2019 05:28:38 AM	42721	T772	146.3	00:15:18	5.311	00:07:19	00:01:16	00:01:14	00:19:26	5.311	00:44:33	10.622	4	131.279
04/02/2019 06:13:09 AM	42721	T772	174.6	00:14:38	5.311	00:06:37	00:01:43	00:05:38	00:19:46	5.472	00:48:22	10.783	4	126.202
04/02/2019 07:51:55 AM	42722	T772	200	00:13:44	4.989	00:03:10	00:02:52	00:01:04	00:17:08	5.15	00:37:58	10.139	4	148.06
04/02/2019 08:29:52 AM	42723	T772	173.7	00:14:59	5.311	00:00:53	00:01:38	00:00:59	00:17:31	5.472	00:36:00	10.783	3	159.303
04/02/2019 09:05:50 AM	42723	T772	173.5	00:15:12	5.311	00:02:05	00:01:58	00:01:05	00:19:40	5.472	00:40:00	10.783	3	156.148
04/02/2019 09:45:50 AM	42724	T772	165.3	00:15:07	5.472	00:04:48	00:03:14	00:01:22	00:17:38	5.311	00:42:09	10.783	3	140.101
04/02/2019 10:27:58 AM	42725	T772	202.6	00:16:06	5.311	00:01:58	00:01:33	00:03:23	00:18:21	5.311	00:41:21	10.622	3	152.423
04/02/2019 11:16:39 AM	42725	T772	161.6	00:14:35	5.311	00:04:24	00:01:44	00:00:54	00:16:06	5.311	00:37:43	10.622	3	146.783
04/02/2019 11:54:22 AM	42726	T772	113.2	00:15:51	5.311	00:12:31	00:01:47	00:03:14	00:16:14	5.472	00:49:37	10.783	3	108.718

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
04/02/2019 12:43:58 PM	42727	T772	134.2	00:16:54	5.472	00:05:58	00:01:50	00:01:02	00:16:38	5.472	00:42:22	10.944	3	136.704
04/02/2019 01:26:19 PM	42728	T772	131.1	00:14:47	5.472	00:01:58	00:01:41	00:00:58	00:19:28	5.472	00:38:52	10.944	2	150.475
04/02/2019 02:53:23 PM	42728	T772	187.2	00:04:41	0.805	00:08:10	00:02:08	00:00:57	00:16:47	5.15	00:32:43	5.955	3	181.364
04/02/2019 04:21:42 PM	42729	T772	195.9	00:04:33	0.805	00:02:54	00:02:53	00:01:02	00:17:12	5.15	00:28:34	5.955	4	242.496
04/02/2019 04:50:19 PM	42730	T772	193.2	00:14:10	4.989	00:00:12	00:01:57	00:02:04	00:18:11	5.15	00:36:34	10.139	4	147.517
04/02/2019 05:26:50 PM	42731	T772	172.6	00:17:17	5.311	00:05:48	00:02:11	00:01:00	00:18:18	5.472	00:44:34	10.783	4	127.407
04/02/2019 06:11:22 PM	42731	T772	192.7	00:17:03	5.472	00:05:54	00:01:49	00:02:38	00:19:42	5.311	00:47:06	10.783	3	127.788
04/02/2019 07:20:45 PM	42732	T772	222.6	00:11:31	2.092	00:13:25	00:03:32	00:01:26	00:19:06	5.472	00:49:00	7.564	7	132.683
04/02/2019 08:09:49 PM	42733	T772	195.3	00:17:01	5.472	00:03:57	00:02:45	00:00:55	00:11:41	2.736	00:36:19	8.208	5	104.755
04/02/2019 08:46:06 PM	42734	T772	165.7	00:11:38	2.414	00:00:37	00:01:27	00:01:57	00:12:50	2.736	00:28:29	5.15	3	126.586
04/02/2019 09:14:34 PM	42734	T772	184.9	00:10:32	2.575	00:00:21	00:03:56	00:01:43	00:14:04	2.897	00:30:36	5.472	4	127.108
04/02/2019 09:45:10 PM	42735	T772	168.7	00:15:31	3.38	00:22:09	00:01:05	00:00:59	00:14:34	2.897	00:54:18	6.276	2	85.224
04/02/2019 10:39:27 PM	42736	T772	184.3	00:20:32	4.667	00:09:58	00:03:46	00:01:22	00:13:10	3.38	00:48:48	8.047	7	108.21
04/02/2019 11:28:14 PM	42736	T772	161.5	00:11:27	3.219	00:17:04	00:05:01	00:01:52	00:12:15	3.38	00:47:39	6.598	1	93.543
04/03/2019 12:15:52 AM	42737	T772	194.6	00:27:25	7.725	00:23:01	00:02:44	00:04:48	00:31:04	6.92	01:29:02	14.645	4	109.693
04/03/2019 01:44:53 AM	42739	T772	165.6	00:14:35	3.38	00:03:34	00:03:14	00:01:45	00:10:07	2.253	00:33:15	5.633	4	124.662
04/03/2019 02:18:06 AM	42739	T772	125.3	00:08:29	2.253	00:02:37	00:04:02	00:00:57	00:08:57	2.092	00:25:02	4.345	5	125.886
04/03/2019 02:43:06 AM	42740	T772	157.1	00:13:42	2.575	00:10:18	00:05:24	00:00:52	00:09:48	2.253	00:40:04	4.828	6	108.413
04/03/2019 03:23:11 AM	42740	T772	138.5	00:13:18	3.701	00:05:27	00:03:24	00:00:57	00:09:18	2.736	00:32:24	6.437	6	102.522
04/03/2019 03:55:34 AM	42741	T772	147.6	00:07:08	2.575	00:13:35	00:03:17	00:00:44	00:08:03	2.736	00:32:47	5.311	6	90.065
04/03/2019 04:28:20 AM	42741	T772	163.9	00:08:40	2.575	00:10:19	00:02:34	00:00:49	00:08:26	2.736	00:30:48	5.311	5	98.63
04/03/2019 04:59:08 AM	42742	T772	158.4	00:06:17	2.575	00:00:04	00:02:44	00:10:22	00:11:01	2.736	00:30:28	5.311	4	102.504
04/03/2019 02:20:41 PM	42743	T772	197.8	00:08:00	1.448	00:10:16	00:02:53	00:00:54	00:05:29	1.287	00:27:32	2.736	6	118.581
04/03/2019 02:48:16 PM	42743	T772	179.3	00:14:21	3.701	00:31:02	00:07:40	00:00:54	00:04:04	1.287	00:58:01	4.989	6	59.212
04/03/2019 03:46:16 PM	42744	T772	188.6	00:04:18	1.127	00:14:09	00:03:03	00:01:10	00:04:23	1.287	00:27:03	2.414	6	61.924
04/03/2019 04:13:18 PM	42744	T772	178.4	00:03:43	1.287	00:06:12	00:03:34	00:01:04	00:04:37	1.287	00:19:10	2.575	6	79.987
04/03/2019 04:32:28 PM	42745	T772	197.3	00:03:35	1.287	00:04:18	00:03:29	00:01:10	00:05:48	1.609	00:18:20	2.897	6	99.109
04/03/2019 04:50:46 PM	42745	T772	210.7	00:04:02	0.805	00:06:59	00:01:36	00:01:44	00:04:30	1.287	00:18:51	2.092	3	90.368

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
04/03/2019 05:09:38 PM	42745	T772	176.9	00:05:09	0.966	00:42:58	00:01:29	00:01:01	00:04:17	1.287	00:54:54	2.253	3	36.716
04/03/2019 06:04:32 PM	42746	T772	177.4	00:03:07	0.805	00:01:44	00:02:46	00:01:15	00:04:28	1.127	00:13:20	1.931	4	104.335
04/03/2019 06:17:52 PM	42747	T772	173.9	00:03:33	0.966	00:08:22	00:01:37	00:01:45	00:08:46	2.414	00:24:03	3.38	3	102.702
04/03/2019 06:41:55 PM	42747	T772	214.6	00:07:16	2.253	00:04:08	00:04:32	00:03:38	00:10:36	2.414	00:30:10	4.667	5	117.641
04/03/2019 07:38:44 PM	42747	T772	219.2	00:07:31	2.253	00:00:15	00:02:20	00:01:54	00:08:45	2.414	00:20:45	4.667	4	150.504
04/03/2019 08:25:14 PM	42748	T772	191.4	00:04:11	0.966	00:00:44	00:01:42	00:01:17	00:07:37	2.253	00:15:31	3.219	4	210.414
04/03/2019 08:40:48 PM	42748	T772	205.5	00:14:54	6.116	00:04:22	00:01:06	00:03:00	00:19:28	4.506	00:42:50	10.622	2	152.448
04/03/2019 09:23:37 PM	42749	T772	201.8	00:15:46	4.989	00:12:40	00:01:38	00:25:49	00:21:40	5.15	01:17:33	10.139	3	91.157
04/03/2019 10:41:09 PM	42750	T772	187.8	00:09:55	2.575	00:13:12	00:04:47	00:01:02	00:12:26	2.575	00:41:22	5.15	8	107.065
04/03/2019 11:22:29 PM	42751	T772	148.2	00:09:05	2.575	00:16:47	00:02:49	00:00:55	00:06:22	1.609	00:35:58	4.184	4	66.306
04/03/2019 11:58:25 PM	42751	T772	138.1	00:06:12	1.448	00:15:17	00:02:42	00:01:02	00:06:22	1.609	00:31:35	3.058	5	79.104
04/04/2019 12:30:00 AM	42752	T772	158.7	00:13:49	4.345	00:05:23	00:01:30	00:03:29	00:07:32	1.287	00:31:43	5.633	3	107.416
04/04/2019 01:01:43 AM	42753	T772	167.3	00:07:25	1.287	00:02:03	00:04:49	00:08:23	00:09:44	1.448	00:32:24	2.736	1	85.873
04/04/2019 01:34:07 AM	42753	T772	171.2	00:07:53	1.448	00:23:51	00:04:48	00:02:07	00:07:45	1.287	00:46:24	2.736	5	51.397
04/04/2019 03:29:45 AM	42754	T772	179.4	00:04:44	1.287	00:11:19	00:01:51	00:00:57	00:05:55	1.287	00:24:46	2.575	2	83.682
04/04/2019 03:54:35 AM	42754	T772	212.2	00:04:55	1.287	00:03:11	00:02:30	00:01:20	00:06:17	1.287	00:18:13	2.575	4	116.887
04/04/2019 04:12:46 AM	42755	T772	191.4	00:04:17	1.287	00:10:53	00:02:02	00:00:53	00:05:05	1.287	00:23:10	2.575	4	83.334
04/04/2019 04:35:56 AM	42755	T772	236.4	00:04:06	1.287	00:09:19	00:02:27	00:00:58	00:07:37	1.448	00:24:27	2.736	4	97.538
04/04/2019 05:22:55 AM	42756	T772	213.6	00:06:37	1.448	00:03:18	00:04:02	00:01:43	00:05:26	1.287	00:21:06	2.736	4	114.37
04/04/2019 05:44:04 AM	42756	T772	183.6	00:06:23	1.287	00:16:19	00:01:52	00:00:48	00:03:52	0.966	00:29:14	2.253	3	59.241
04/04/2019 06:13:17 AM	42756	T772	162.6	00:05:38	1.127	00:10:41	00:05:13	00:03:51	00:06:30	1.127	00:31:53	2.253	3	61.441
04/04/2019 06:45:09 AM	42757	T772	195	00:05:57	1.127	00:11:22	00:02:05	00:00:42	00:05:50	1.287	00:25:56	2.414	3	81.012
04/04/2019 07:11:04 AM	42757	T772	185.7	00:06:44	1.609	00:19:55	00:04:04	00:01:27	00:05:10	1.127	00:37:20	2.736	5	58.556
04/04/2019 07:48:23 AM	42758	T772	192.4	00:04:58	1.127	00:10:24	00:04:14	00:01:46	00:06:27	0.966	00:27:49	2.092	4	72.465
04/04/2019 08:16:12 AM	42758	T772	135.2	00:05:30	1.127	00:15:05	00:03:27	00:02:24	00:05:05	0.966	00:31:31	2.092	2	58.553
04/04/2019 09:08:14 AM	42759	T772	183.1	00:08:51	2.897	00:09:21	00:00:58	00:00:44	00:14:37	3.862	00:34:31	6.759	2	194.937
04/04/2019 09:42:49 AM	42760	T772	165.1	00:12:23	3.862	00:07:16	00:02:37	00:01:39	00:16:45	4.506	00:40:40	8.369	3	127.758
04/04/2019 10:23:28 AM	42760	T772	218	00:10:54	3.38	00:02:09	00:02:07	00:01:19	00:09:10	2.414	00:25:39	5.794	3	138.356

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
04/04/2019 10:49:07 AM	42761	T772	209.7	00:08:01	2.414	00:04:48	00:02:42	00:00:54	00:09:37	2.575	00:26:02	4.989	4	133.047
04/04/2019 11:15:09 AM	42761	T772	206.3	00:08:43	2.575	00:03:08	00:01:16	00:02:45	00:10:57	2.575	00:26:49	5.15	3	141.865
04/04/2019 11:41:58 AM	42762	T772	170.6	00:17:42	6.116	00:01:53	00:01:13	00:03:07	00:18:45	4.506	00:42:40	10.622	2	154.374
04/04/2019 12:24:36 PM	42762	T772	193.8	00:09:51	2.736	00:06:06	00:02:53	00:01:45	00:11:40	2.575	00:32:15	5.311	5	133.81
04/04/2019 01:51:35 PM	42763	T772	230	00:09:24	3.058	00:17:57	00:01:45	00:00:49	00:13:34	2.897	00:43:29	5.955	4	110.994
04/04/2019 02:49:13 PM	42764	T772	197.7	00:09:02	3.219	00:05:52	00:03:26	00:01:00	00:15:56	4.345	00:35:16	7.564	5	176.301
04/04/2019 03:24:31 PM	42765	T772	160.9	00:11:47	4.506	00:19:33	00:03:33	00:06:39	00:17:15	4.989	00:58:47	9.495	3	98.526
04/04/2019 04:23:17 PM	42766	T772	213	00:14:11	4.345	00:00:27	00:04:09	00:01:04	00:18:34	4.506	00:38:25	8.851	3	161.845
04/04/2019 05:01:40 PM	42766	T772	190.6	00:14:22	4.345	00:00:43	00:02:42	00:01:13	00:08:14	2.414	00:27:14	6.759	4	145.949
04/04/2019 05:28:53 PM	42767	T772	178.3	00:06:53	2.414	00:00:08	00:03:36	00:00:49	00:07:01	1.931	00:18:27	4.345	4	141.568
04/04/2019 05:47:20 PM	42767	T772	191	00:06:48	2.092	00:03:37	00:02:01	00:01:11	00:09:05	2.414	00:22:42	4.506	4	141.328
04/04/2019 06:10:01 PM	42767	T772	197.3	00:08:38	2.575	00:08:31	00:01:23	00:04:20	00:10:09	2.414	00:33:01	4.989	3	109.206
04/04/2019 06:43:02 PM	42768	T772	190.8	00:08:10	2.414	00:00:12	00:01:11	00:01:35	00:09:58	2.414	00:21:06	4.828	3	161.463
04/04/2019 07:20:57 PM	42768	T772	168.7	00:04:52	1.287	00:08:08	00:02:56	00:00:58	00:08:10	2.414	00:25:04	3.701	4	139.31
04/04/2019 07:46:04 PM	42769	T772	210	00:07:06	2.414	00:00:18	00:03:21	00:02:47	00:09:50	2.575	00:23:22	4.989	4	151.875
04/04/2019 08:18:43 PM	42769	T772	202.9	00:08:08	2.414	00:00:05	00:02:00	00:01:10	00:09:00	2.414	00:20:23	4.828	4	162.962
04/04/2019 08:39:05 PM	42770	T772	195	00:08:55	2.575	00:04:47	00:03:55	00:00:55	00:07:02	2.414	00:25:34	4.989	4	123.26
04/04/2019 09:04:38 PM	42770	T772	195.2	00:07:34	2.253	00:00:03	00:02:03	00:01:16	00:08:27	2.414	00:19:23	4.667	3	152.328
04/04/2019 09:24:01 PM	42770	T772	190.3	00:09:45	2.414	00:00:14	00:01:53	00:01:01	00:07:42	2.253	00:20:35	4.667	4	143.447
04/04/2019 09:44:35 PM	42771	T772	188.9	00:19:35	6.598	00:00:49	00:03:21	00:01:26	00:18:32	4.828	00:43:43	11.426	4	137.028
04/04/2019 10:28:16 PM	42771	T772	222	00:13:45	4.506	00:04:04	00:02:01	00:01:18	00:17:33	4.345	00:38:41	8.851	4	143.849
04/04/2019 11:06:56 PM	42772	T772	198.8	00:16:39	4.345	00:08:07	00:01:55	00:01:38	00:22:21	4.989	00:50:40	9.334	4	137.283
04/04/2019 11:57:35 PM	42773	T772	157.1	00:17:08	5.472	00:08:56	00:01:19	00:01:05	00:04:15	0.805	00:32:43	6.276	2	87.645
04/05/2019 12:30:18 AM	42773	T772	209.9	00:03:02	0.644	00:00:26	00:02:39	00:01:00	00:04:55	0.805	00:12:02	1.448	3	117.966
04/05/2019 12:42:20 AM	42774	T772	131.1	00:04:18	0.644	00:07:45	00:01:35	00:01:04	00:04:57	0.805	00:19:39	1.448	3	66.461
04/05/2019 01:01:58 AM	42774	T772	173.6	00:03:46	0.644	00:06:38	00:02:21	00:00:55	00:01:39	0.161	00:15:19	0.805	4	46.339
04/05/2019 01:17:16 AM	42774	T772	162.5	00:01:26	0	00:00:28	00:04:00	00:00:45	00:05:27	0.805	00:12:06	0.805	3	96.2
04/05/2019 01:29:21 AM	42774	T772	175.5	00:04:46	0.644	00:03:14	00:04:35	00:00:50	00:04:46	0.805	00:18:11	1.448	4	76.506

UNIVERSITAS GADJAH MADA
ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
04/05/2019 01:47:32 AM	42775	T772	168.4	00:04:34	0.644	00:07:50	00:02:46	00:00:58	00:04:25	0.805	00:20:33	1.448	4	69.077
04/05/2019 02:08:05 AM	42775	T772	172.5	00:04:02	0.805	00:11:39	00:02:18	00:00:48	00:00:48	0	00:19:35	0.805	3	30.444
04/05/2019 02:27:39 AM	42775	T772	197	00:08:11	1.77	00:04:33	00:01:45	00:01:54	00:06:14	0.805	00:22:37	2.575	3	92.892
04/05/2019 02:50:16 AM	42776	T772	235.1	00:04:25	0.805	00:03:13	00:03:53	00:01:35	00:07:01	0.966	00:20:07	1.77	4	79.033
04/05/2019 03:10:20 AM	42776	T772	204.6	00:03:55	0.644	00:00:43	00:02:20	00:01:32	00:06:14	0.805	00:14:44	1.448	4	98.275
04/05/2019 03:25:04 AM	42776	T772	166.9	00:04:37	0.805	00:00:10	00:02:48	00:01:49	00:05:21	0.805	00:14:45	1.609	3	86.615
04/05/2019 03:39:48 AM	42777	T772	219.3	00:04:06	0.644	00:03:12	00:02:14	00:12:48	00:07:32	0.966	00:29:52	1.609	3	63.689
04/05/2019 11:40:31 AM	42777	T772	205	00:03:41	0.644	00:03:29	00:01:28	00:01:04	00:04:59	0.805	00:14:41	1.448	3	106.344
04/05/2019 11:55:11 AM	42777	T772	192.1	00:04:16	0.805	00:11:48	00:03:59	00:00:57	00:04:14	0.805	00:25:14	1.609	4	57.381
04/05/2019 12:20:24 PM	42778	T772	186.7	00:03:53	0.805	00:03:31	00:03:37	00:00:59	00:04:05	0.805	00:16:05	1.609	4	86.496
04/05/2019 12:36:28 PM	42778	T772	181.6	00:03:36	0.644	00:05:06	00:03:39	00:00:49	00:04:25	0.966	00:17:35	1.609	4	82.346
04/05/2019 12:54:03 PM	42778	T772	192.2	00:03:48	0.805	00:09:51	00:03:06	00:00:51	00:04:31	0.966	00:22:07	1.77	4	69.318
04/05/2019 01:16:10 PM	42779	T772	170.9	00:04:08	0.805	00:10:19	00:03:23	00:00:51	00:04:33	0.966	00:23:14	1.77	2	64.765
04/05/2019 01:44:34 PM	42779	T772	168.6	00:06:47	1.287	00:19:54	00:02:22	00:01:00	00:18:39	5.472	00:48:42	6.759	3	107.266
04/05/2019 02:33:18 PM	42780	T772	170.6	00:15:27	5.472	00:00:06	00:02:01	00:01:00	00:17:10	5.311	00:35:44	10.783	4	157.314
04/05/2019 03:09:00 PM	42780	T772	187.7	00:15:24	5.311	00:02:34	00:01:41	00:01:09	00:18:56	5.311	00:39:44	10.622	2	149.336
04/05/2019 03:48:43 PM	42781	T772	141.8	00:16:37	4.828	00:02:13	00:03:55	00:03:23	00:17:20	5.311	00:43:28	10.139	2	129.325
04/05/2019 04:32:10 PM	42782	T772	192.6	00:11:23	4.828	00:03:41	00:03:22	00:01:36	00:08:08	2.092	00:28:10	6.92	3	114.906
04/05/2019 05:00:18 PM	42782	T772	172.8	00:07:26	2.253	00:04:46	00:01:56	00:01:34	00:18:12	5.15	00:33:54	7.403	4	167.496
04/06/2019 07:17:49 AM	42783	T772	226.2	00:14:03	4.184	00:15:13	00:03:58	00:01:05	00:20:19	4.989	00:54:38	9.173	4	140.827
04/06/2019 08:12:29 AM	42784	T772	216.5	00:14:43	4.667	00:02:12	00:04:26	00:02:08	00:21:24	4.989	00:44:53	9.656	5	146.75
04/06/2019 09:39:24 AM	42785	T772	178.9	00:03:15	0.644	00:07:31	00:02:34	00:01:11	00:11:21	2.736	00:25:52	3.38	6	162.441
04/06/2019 10:05:20 AM	42785	T772	177	00:10:05	2.736	00:12:35	00:01:53	00:01:22	00:11:25	2.736	00:37:20	5.472	4	104.944
04/06/2019 10:42:38 AM	42786	T772	173.1	00:08:50	2.736	00:01:25	00:02:16	00:01:04	00:12:00	2.897	00:25:35	5.633	6	147.594
04/06/2019 11:08:11 AM	42786	T772	147.1	00:07:31	2.736	00:00:50	00:02:21	00:01:02	00:10:59	2.736	00:22:43	5.472	6	152.472
04/06/2019 11:30:54 AM	42787	T772	150.4	00:09:34	2.736	00:05:07	00:03:02	00:00:46	00:08:38	2.414	00:27:07	5.15	6	132.966
04/06/2019 11:58:01 AM	42787	T772	179.8	00:07:32	2.414	00:13:44	00:02:13	00:01:07	00:06:54	1.77	00:31:30	4.184	5	77.511
04/06/2019 12:29:28 PM	42788	T772	151.1	00:04:31	1.609	00:01:31	00:03:26	00:00:58	00:06:36	1.77	00:17:02	3.38	7	131.675

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL
CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Date Range: Data in the chosen downloads.

All Machines Detail

Time/Date	Payload SMH	Equipment Number	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d: hh:mm: ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d: hh:mm: ss)	Load Time (d: hh:mm: ss)	Stopped Loaded Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Time (d: hh:mm: ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d: hh:mm: ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
04/06/2019 12:46:29 PM	42788	T772	181.4	00:05:44	1.609	00:00:14	00:05:24	00:00:58	00:06:32	1.77	00:18:52	3.38	10	130.918

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

ANALISA KEGAGALAN RH FINAL DRIVE HAUL TRUCK CATERPILLAR 789 D NOMOR UNIT T772 DI PT KALTIM PRIMA COAL

CAHYO RAMADHAN, Radhian Krisnaputra, S.T., M.Eng

Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/