

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN MANDIRI**



**ANALISA KERUSAKAN *TIE ROD* KENDARAAN
TRUK DYNA 130 HT**

Tim Peneliti :

Dr. Ir. Ismojo, MT, IPM/ NIDN: 0407037201 (Ketua)

Ir. Mohamad Haifan, Magr. IPM/NIDN: 0317116301 (Anggota)

Rizki Ramadhan/NIM: 1121700044 (Anggota)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Analisa Kerusakan *Tie Rod* Kendaraan Truk Dyna 130 HT
 Jenis Penelitian^{a)} :
 Bidang Penelitian^{b)} : *Engineering and Technology*
 Tujuan Sosial Ekonomi^{c)} : -
 TKT : 5 (Lima)
Peneliti
 a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Ismojo, MT, IPM.
 b. NIDN : 0407037201
 c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 d. Program Studi : Teknik Mesin
 e. Nomor HP : 08156097219
 f. Alamat Surel (*e-mail*) : ismojo@gmail.com
Anggota Peneliti (2)
 a. Nama Lengkap : Ir. Mohamad Haifan, MAgr. IPM
 b. NIDN : 0317116301
 c. Institusi : Prodi Program Profesi Insinyur (PS-PPI)
Anggota Mahasiswa
 a. Nama Lengkap : Rizki Ramadhan
 b. NIM : 1121700044
 c. Program Studi : Teknik Mesin
 Institusi Sumber Dana : Mandiri
 Biaya Penelitian : Rp 10.000.000 (*Sepuluh Juta Rupiah*)
 Mitra Penelitian : -

Kota Tangerang Selatan, 25 Juli 2023

Mengetahui,
 Kaprodi Teknologi Industri Pertanian



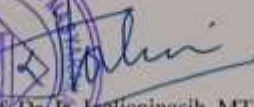

 (Dr. Victor Tuapetel, MT, PhD IPM)
 NIDN : 0322096803

Ketua Tim Peneliti


 (Dr. Ir. Ismojo, MT, IPM.)
 NIDN : 0407037201

Menyetujui,
 Kepala Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat




 (Prof. Dr. Ir. Joelianingsih, MT, IPM)
 NIDN : 0310076406

Aug 10, 2023, 14:20

PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul **“Analisa Kerusakan Tie Rod Kendaraan Truk Dyna 130 HT”** dengan baik.

Tie rod adalah bagian terpenting dari sambungan kemudi pada sebuah kendaraan roda empat dan komponen mekanis yang digunakan sebagai mekanisme penghubung untuk menghubungkan garpu batang kemudi (*steering knuckle*) mentransfer gaya untuk memutar roda dalam sistem suspensi konvensional dan perangkat kemudi bola resirkulasi (*recirculating ball steering gear*). Salah satu parameter kunci untuk menentukan keamanan dan keandalan sistem mobil adalah fungsionalitas sistem suspensi. Oleh karena itu, perlu desain dan pertimbangan yang tepat selama manufaktur agar *tie rod* dapat beroperasi dengan andal selama eksploitasi dan dalam kondisi kerja yang berat.

Dengan selesainya penulisan laporan penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Program Studi Teknik Mesin, ITI dan kolega dosen serta mahasiswa yang telah membantu dan memberikan dukungan pada kegiatan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu saran dan masukan sangat diharapkan untuk perbaikan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk dosen, mahasiswa dan masyarakat umum.

Serpong, 25 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
RINGKASAN	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan	2
D. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
A. <i>Tie rod</i>	3
B. Penyebab kegagalan pada <i>tie rod</i>	5
BAB 3 METODE PENELITIAN	8
A. Pengamatan	8
B. Pengujian	8
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	9
A. Pengamatan Visual	9
B. Uji Komposisi Kimia	10
C. Uji Struktur Mikro	11
D. Uji Kekerasan	11
BAB 5 KESIMPULAN	14
DAFTAR PUSTAKA	15

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Perbandingan Tabel Komposisi Kimia Tie Rod hasil pengujian dan standar ASTM dan AISI	10
Tabel 4.2	Perbandingan Hasil Uji Kekerasan mikro Vickers dengan standar ASTM	12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Suspensi Konvensional	3
Gambar 2.2	Posisi Tie rod pada sistem kemudi kendaraan	4
Gambar 3.1	<i>Tie rod</i> Truk DYNA 130 HT yang rusak	8
Gambar 4.1	<i>Tie Rod</i> truk DYNA 130HT yang mengalami kerusakan	9
Gambar 4.2	Struktur mikro Tie Rod truk DYNA 130 HT dengan Pembesaran Optik 200x	11
Gambar 4.3	Pengujian kekerasan Vickers	12

RINGKASAN

Tie rod adalah bagian terpenting dari sambungan kemudi pada sebuah kendaraan roda empat dan komponen mekanis yang digunakan sebagai mekanisme penghubung untuk menghubungkan garpu batang kemudi (steering knuckle) mentransfer gaya untuk memutar roda dalam sistem suspensi konvensional dan perangkat kemudi bola resirkulasi (recirculating ball steering gear). Salah satu parameter kunci untuk menentukan keamanan dan keandalan sistem mobil adalah fungsionalitas sistem suspensi. Oleh karena itu, penting agar tie rod beroperasi dengan andal selama eksploitasi dan dalam kondisi kerja yang berat yang merupakan salah satu faktor yang memerlukan desain dan pertimbangan yang tepat selama manufaktur.

Analisis penyebab kerusakan pada tie rod truk DYNA 130HT telah dilakukan dalam penelitian ini. Tie rod terdiri dari long tie rod dan tie rod end yang dipasang Bersama dengan ball joint. Kegagalan terjadi di bagian tie rod yang terbuat dari baja AISI 1029. Evaluasi pada bagian yang mengalami kerusakan dilakukan untuk menentukan penyebab kegagalan. Pengamatan secara visual, dokumentasi foto, pengujian metalografi, dan pengujian kekerasan menggunakan alat uji mikro-Vickers dilakukan untuk menentukan penyebab kerusakan pada tie rod.

Hasil menunjukkan bahwa kerusakan tie rod disebabkan karena adanya gesekan antara ball joint dan housing. Selain itu keretakan yang terjadi pada seal yang menyebabkan pelumas keluar dari dalam tie rod dan mengakibatkan terjadinya gesekan antara ball dengan housing menyebabkan *keausan yang berakibat longgar saat digerakan*.

Kata Kunci: *Tie Rod, Komposisi Kimia, Metalografi, Vickers.*

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi pada suatu wilayah memicu pertumbuhan kawasan industri diberbagai wilayah dan salah satu dampak dari pertumbuhan ini adalah meningkatnya kasus pelanggaran akibat beban berlebihan (*overloading*) pada kendaraan khususnya kendaraan truk 2 poros dan 3 poros. Perilaku ini dilakukan karena bisa memberikan keuntungan seperti mengurangi biaya transportasi, penghematan waktu perjalanan, memotong biaya beban, menghemat biaya operasional kendaraan, dan mengurangi biaya *overhead* seperti biaya administrasi, biaya izin, dan biaya retribusi. Di sisi lain, pelanggaran beban berlebih memberi dampak negatif terhadap kendaraan yaitu berkurangnya umur penggunaan pada bagian komponen kendaraan [1]. Kerusakan pada komponen kendaraan angkut akibat pembebanan berlebih (*Overload*) dan dalam waktu yang lama akan mengikis masa pakai dari komponen-komponen tersebut, salah satu komponen kelengkapan kendaraan yang menunjang keselamatan dalam berkendara adalah *tie rod*.

Tie rod adalah bagian terpenting dari sambungan kemudi pada sebuah kendaraan roda empat dan komponen mekanis yang digunakan sebagai mekanisme penghubung untuk menghubungkan garpu batang kemudi (*steering knuckle*) mentransfer gaya untuk memutar roda dalam sistem suspensi konvensional dan perangkat kemudi bola resirkulasi (*recirculating ball steering gear*) [2]. Salah satu parameter kunci untuk menentukan keamanan dan keandalan sistem mobil adalah fungsionalitas sistem suspensi. Oleh karena itu, penting agar *tie rod* beroperasi dengan andal selama eksploitasi dan dalam kondisi kerja yang berat yang merupakan salah satu faktor yang memerlukan desain dan pertimbangan yang tepat selama manufaktur [3-5]. Selain itu, sistem kemudi dan suspensi kendaraan harus diperiksa secara teratur, setidaknya setahun sekali bersama dengan penyelarasan roda yang lengkap. *Tie rod* yang aus, karena gesekan dan keausan, dapat menyebabkan kemudi yang menyimpang, tidak menentu, dan keausan ban yang berlebihan. Jika

penggantian *tie rod* diperlukan, pelurusan roda (*wheel alignment*) juga diperlukan karena penggantian *tie rod* mengganggu penyetelan kaki-kaki kendaraan [6].

Kasus yang diselidiki melibatkan kerusakan pada *tie rod* kendaraan truk. Komponen yang rusak diambil untuk dilakukan analisis secara visual, pengujian mekanis dan pengamatan secara mikro.

B. Rumusan Masalah

Apakah yang menyebabkan kerusakan yang terjadi pada komponen *tie rod* truk dyna 130 HT?

C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kerusakan yang terjadi pada komponen *tie rod* truk Dyna 130 HT.

D. Manfaat

Mengetahui penyebab kerusakan yang terjadi pada komponen *tie rod* dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Melindungi komponen lain dari kerusakan
2. Mengendalikan efek kegagalan agar pengguna kendaraan tidak mengalami kerugian.
3. Meningkatkan kesadaran dan keselamatan dalam berkendara.

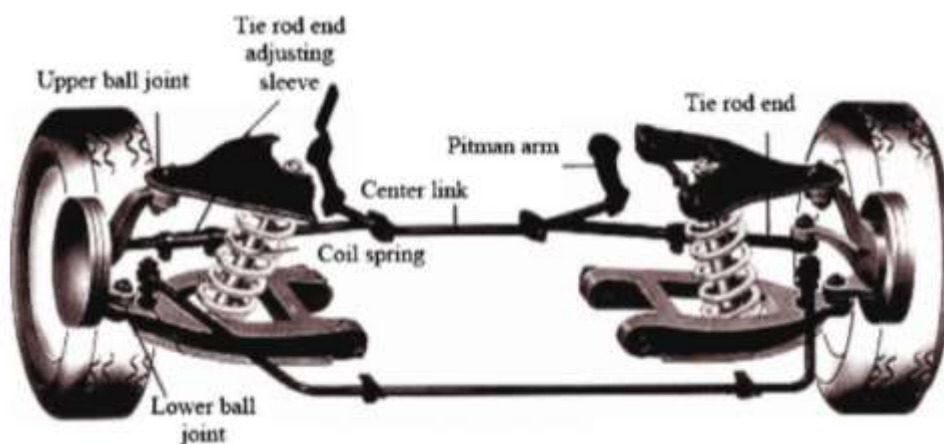
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

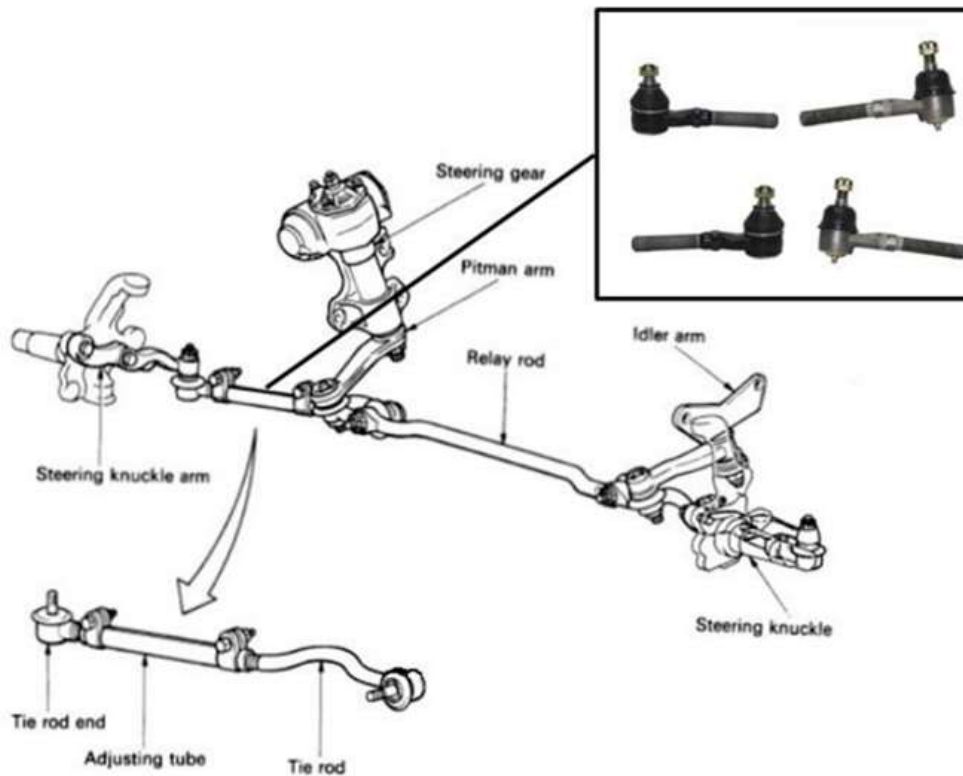
A. *Tie Rod*

Tie rod adalah komponen dalam kendaraan yang bertugas sebagai penerus putaran kemudi sehingga roda depan bisa berbelok ke kanan dan ke kiri. *Tie rod* merupakan salah satu komponen aktif bergerak pada saat kendaraan dikendarai. Pergerakan *steering wheel* ke kanan dan ke kiri yang menyebabkan *tie rod* bergerak untuk mengendalikan arah kendaraan tersebut ke arah yang diinginkan oleh pengemudinya. *Tie rod* terbagi menjadi dua bagian yaitu *long tie rod* dan *tie rod end*. *Long tie rod* berfungsi sebagai penghubung antara *tie rod end* kanan dan *tie rod end* kiri. Di setiap ujung *long tie rod* terdapat ulir yang berfungsi untuk menyetel kelurusan roda depan. *Tie rod end* berfungsi sebagai penerus daya dari *long tie rod* ke roda serta mengatasi perubahan sudut yang terjadi. [7].

Posisi *Tie rod* pada sistem kemudi kendaraan konvensional berada pada komponen *steering* dan juga *suspense* kendaraan, dikarenakan fungsinya yang digunakan untuk penerus gaya atau gerakan yang dilakukan pada *steer* menuju ke arah ban untuk berubah arah ke kiri atau kekanan. Penempatan *tie rod* pada komponen kemudi mobil dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1. Suspensi Konvensional [6]



Gambar 2. 2. Posisi Tie rod pada sistem kemudi kendaraan [8]

Fungsi penting dari keberadaan *tie rod* bagi sebuah kendaraan [9], antara lain:

- Menggerakkan putaran roda ke depan
Tie rod berada antara ujung *steering gear* pada kemudi dan *steering knuckle* pada roda mobil. Saat pengemudi membelokkan arah kemudi, maka Gerakan memutar dari batang setir akan berjalan menuju *steering gear box* yang kemudian terjadi perubahan menjadi tarikan dan dorongan. Gerakan yang terjadi ini akan diteruskan *tie rod* mobil yang digunakan untuk menarik maupun mendorong Sebagian dari sisi roda bagian depan, sehingga roda akan bergeser atau berbelok sesuai arah kemudi.
- Mengatur jarak roda depan
Terdapat 2 jenis *tie rod*, yaitu *toe in* dan *toe out*. Fungsi *toe in* adalah untuk mengatur agar roda depan bisa berputar dengan lurus dan juga

stabil. Selain itu *toe in* juga bisa untuk mencegah aus yang terjadi tidak merata pada ban. Pengaturan bisa dilakukan dengan mengatur panjang dan pendek ulir antara *long tie rod* dan *tie rod end*.

- Peredam getaran

Tie rod mobil juga bisa berfungsi untuk meredam getaran yang terjadi akibat adanya perputaran pada batang kemudi. Alat ini dilengkapi dengan *ball joint* yang bisa menimbulkan Gerakan ke segala arah. Dengan demikian, alat ini akan berfungsi untuk meredam getaran yang terjadi. *long tie rod* akan meredam getaran ke atas dan ke bawah roda. Sedangkan *tie rod end* akan memutus gerakan ke kanan dan ke kiri dari roda. Dengan cara kerja ini gerakan naik turun atau kanan kiri dari mobil tidak akan merambat sampai ke kemudi.

B. Penyebab Kegagalan *Tie Rod*

Posisi dan fungsi *tie rod* dalam sistem kemudi memperlihatkan berbagai kondisi yang menyebabkannya keausan dan kerusakan. Faktor-faktor berikut adalah penyebab kegagalan pada *tie rod*.

- **Kelelahan logam**

Tie rod mengalami gaya saat roda kemudi diputar, *fitting* di kedua ujungnya menanggung gaya maksimum yang diberikan oleh roda putar juga bagian berulir yang menghubungkan ujung *tie rod* mengalami getaran konstan dan gaya siklik. Misalnya, getaran yang terus-menerus dan benturan berulang menyebabkan fenomena yang disebut kelelahan. Patahan akhir terjadi akibat pertumbuhan retak yang progresif dimana bagian tersebut tidak dapat lagi menahan beban [10].

- **Kegagalan Korosi**

Korosi material sangat merusak ketika terjadi pada *tie rod* kendaraan, dan ketika kontak dengan uap air mengalami serangan korosi permukaan dan lubang yang mengakibatkan retak korosi tegangan ditambah dengan efek gaya yang diterapkan. Efek ini cenderung mempercepat retakan pada *tie rod*. Dengan kata lain, beberapa bahan struktural terkorosi ketika terkena

kelembaban di udara terbuka tetapi efeknya bisa lebih parah ketika bahan terkena zat kimia tertentu yang sering menimbulkan lubang atau retakan yang berpotensi meluas ke area permukaan yang luas [11-12]. Namun, *tie rod* rentan terhadap cacat ini setelah operasi servis jangka panjang tetapi rute produksi dan pemeriksaan rutin dapat membantu mengurangi cacat ini.

- **Kegagalan karena Manufaktur yang buruk**

Pembuatan *tie rod* yang tidak memadai atau rute pembuatan yang buruk dapat menyebabkan kegagalan karena kelalaian faktor-faktor tertentu. Nishida [13] menyelidiki penyebab kegagalan pada baut *tie rod* dan mengungkapkan bahwa retakan yang dimulai oleh cacat selama perlakuan panas telah memakan jauh ke dalam baut selama beberapa waktu. Pertumbuhan retakan terjadi setelah efek kelelahan yang intens dan akhirnya baut tersebut gagal saat melintasi tonjolan celah.

- ***Misalignment***

Penyetelan *ujung tie rod* dengan roda kemudi dan roda selalu dilakukan untuk menyelaraskan roda depan dan mencegah keausan tepi luar dan dalam ban. Selain itu, mereka disejajarkan untuk menghindari getaran atau goyangan saat kendaraan melaju di medan yang berat. Akibatnya jika roda tidak sejajar (tidak sejajar), biasanya disebabkan oleh benturan pada *speed bump* atau lubang, hal itu dapat menyebabkan roda terlihat bergoyang-goyang yang dalam skenario kasus yang lebih buruk dapat mengakibatkan keausan *tie rod* dan sambungan lainnya di bagian depan suspensi kendaraan [14].

- **Pemuatan layanan (*Service loading*)**

Kinematika gandar dan kondisi pemasangan ditentukan oleh defleksi minimum dan maksimum. *Preload* biasanya membuat *tie rod* mengalami pembebanan siklik dengan tekanan siklik yang tinggi, penyebab utamanya adalah kekasaran permukaan dan ketidakstabilan kemudi yang dapat mengarahkan roda kemudi pada jalan tinggi ke jalur lalu lintas masuk. Gambar 4 mengilustrasikan kondisi pembebanan siklis batang pengikat suspensi pada mobil penumpang saat dinaikkan. Pemuatan siklis *tie rod* terdiri dari berbagai jenis kasus beban. Kendaraan mengalami amplitudo rendah selama operasinya

di jalan mulus, sedangkan, di jalan kasar atau permukaan jalan yang tidak rata, menikung dan insiden yang tidak biasa seperti mengemudi di permukaan jalan yang ditandai dengan lubang atau speed bump akan menghasilkan peningkatan beban yang membutuhkan pertimbangan besar selama tahap desain dan manufaktur. Selain itu, dinamika kendaraan saat berbelok di tikungan tajam dengan kecepatan penuh juga harus diperhatikan. Namun sejumlah skenario harus dipertimbangkan untuk keselamatan, kinerja yang baik, dan umur panjang selama desain dan rute manufaktur dari desain *tie rod* [11].

BAB 3

METODE PENELITIAN

A. Pengamatan

Bagian *tie rod* diperiksa secara visual dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada daerah yang rusak (Gambar 3.1). Bagian yang rusak dari *tie rod* dibersihkan sebelum pemeriksaan mikroskopis, dokumentasi foto, analisis kimia dan pengukuran kekerasan pada permukaan yang ruak dan daerah sekitar yang rusak.



Gambar 3.1. *Tie rod* Truk DYNA 130 HT yang rusak

B. Pengujian

Uji Komposisi Kimia dengan menggunakan alat spektrometri Metal Power Metavison 1008i ASTM E 1251. Pengujian Kekerasan dan Pengamatan Struktur Mikro dilakukan dengan menggunakan alat Metkon Microhrdness Tester DURONLINE-M ASTME 92 dengan beban 200 gf dan mikroskop optic metalurgi olympus BX60M ASTM W 112 yang dilengkapi dengan computer dan kamera digital.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengamatan Visual

Pengamatan visual dilakukan sebelum bahan uji akan dipreparasi. Pengamatan ini dilakukan pada *Tie Rod* Truk DYNA 130HT dalam keadaan rusak (gambar 4.1)



Gambar 4.1. *Tie Rod* Truk DYNA 130HT yang mengalami kerusakan.

Gambar 4.1. memperlihatkan kerusakan yang terjadi pada *tie rod* terutama pada bagian *seal ball joint* dan *housing ball joint*. Seal yang robek (Gambar 4.1. A) terjadi akibat adanya gaya yang berlebih melawati kekuatan material seal. Menurunnya kekuatan seal dapat disebabkan oleh adanya panas yang timbul akibat gesekan antara

ball joint dan *housing ball joint*. Selain itu, gaya berlebih yang terjadi dapat ditimbulkan dari kondisi medan jalanan yang rusak dan beban yang tidak sesuai dengan apa yang sudah ditetapkan. Gambar 4.1 B memperlihatkan *housing ball joint* yang rusak. Kemungkinan penyebabnya adalah masuknya partikel-partikel kecil seperti air, pasir, kotoran, dan lain-lain yang secara drastis akan menyebabkan gesekan, sehingga pada waktu tertentu, gesekan menghasilkan retakan yang berujung pada kegagalan. Sementara pada gambar 4.1. C memperlihatkan kerusakan yang terjadi di bagian dalam komponen *ball joint*, dimana *ball joint* mengalami keausan saat digerakan. Ini terjadi dikarenakan adanya keausan di dalam permukaan *ball joint*. penyebab utama keausan ialah gesekan dan tekanan antara dua benda yang terjadi terus-menerus yang menyebabkan hilangnya partikel suatu benda. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran permukaan, dan kekerasan bahan.

B. Uji Komposisi Kimia

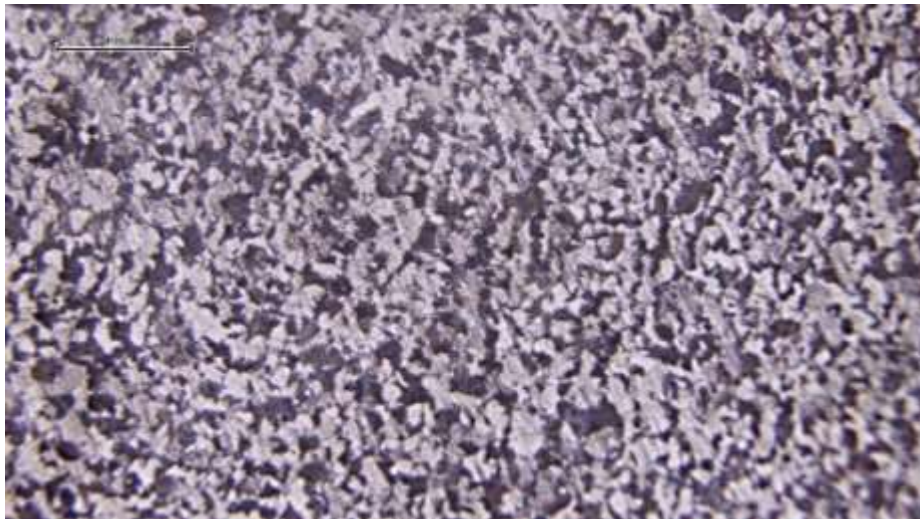
Tabel 4.1 memperlihatkan perbandingan komposisi kimia pada *Tie rod* truk DYNA 130 HT antara hasil pengujian dan standar material baja. Data yang diperoleh dari hasil pengujian adalah unsur Karbon (C) 0,2556%, Mangan (Mn) 1,1748%, Besi (Fe) 94,9315%, Sulfur (S) 0,0974%. Material ini sesuai dengan standar ASTM A307 atau AISI 1029.

Tabel 4.1 Perbandingan Tabel Komposisi Kimia *Tie Rod* hasil pengujian dan standar ASTM dan AISI.

No	Unsur	Kadar (% berat)		
		Hasil uji	ASTM A307	AISI 1029
1	C	0,2556	0,29	0,250 – 0,310
2	P	0,045	0,04	0,040
3	Mn	1,1748	1,20	0,600 – 0,900
4	S	0,0974	0,05	0,0500
5	Fe	balance	balance	balance

C. Uji Struktur Mikro

Pengujian strukturmikro dilakukan untuk memeriksa atau mengamati suatu bahan dibawah mikroskop optic yang bertujuan untuk menentukan serta mempelajari hubungan antara struktur mikro yang dihasilkan. Hasil strukturmikro yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.2. Gambar tersebut menunjukkan terbentuknya fasa ferit (bagian yang terang) dan fasa perlit. Fasa perlit terdiri dari fasa ferit dan fasa sementit (bagian yang gelap) dengan bentuk butir *equiaksial* dan memanjang.

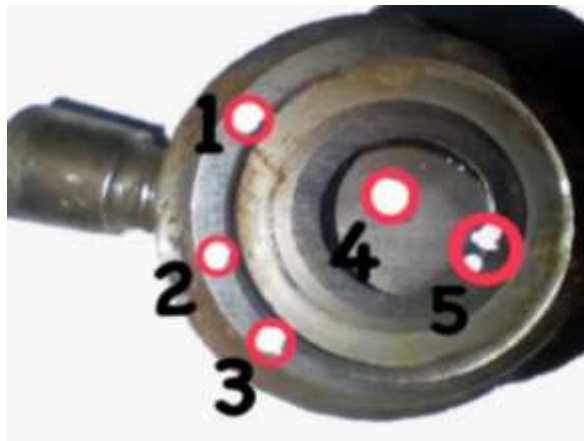


Gambar 4.2. Struktur mikro *Tie Rod* truk DYNA 130 HT dengan Pembesaran Optik 200x

Gambar tersebut menunjukkan adanya fasa ferit (bagian yang terang) dan fasa perlit. Fasa perlit terdiri dari fasa ferit dan fasa sementit (bagian yang gelap).

D. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan pengambilan 5 titik pada *tie rod* truk DYNA 130 HT. Pengujian kekerasan ini menggunakan metode *micro Vickers Hardness* dengan alat uji METKON microhardness tester DUROLINE-M, beban yang di berikan 3Kgf (0,3N). Posisi penitikan kekerasan dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Uji kekerasan mikro Vickers

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Uji Kekerasan mikro Vickers dengan standar ASTM

307

No	Keterangan	Hasil Uji	ASTM A 307
		VHN	
1	Titik 1	363	
2	Titik 2	354	
3	Titik 3	358	
4	Titik 4	360	
5	Titik 5	354	
Rata-rata		358	253

Berdasarkan tabel 4.2 hasil pengujian kekerasan Vickers menunjukkan hasil pengujian dengan rata-rata sebesar 358 HV. Jika dibandingkan dengan standar *mechanical properties* dari ASTM A307 menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang di syaratkan sebelum penggunaan adalah 253 HV. Berdasarkan hasil tersebut terjadi perbedaan nilai kekerasan hasil pengujian pada material yang rusak selama penggunaan dibandingkan dengan material sebelum penggunaan. Peningkatan nilai kekerasan terjadi akibat adanya perubahan fasa yang terbentuk akibat panas yang ditimbulkan dari gesekan antara *ball joint* dan *housing ball joint*. Ketika temperatur panas yang ditimbulkan oleh gesekan tersebut mencapai temperatur austenite dan proses pendinginan yang realtif cepat (pendingina

udara) maka fasa perlit yang terbentuk semakin banyak, akibatnya kekerasan pada *tie rod* yang rusak meningkat. Hasi ini juga didukung dari pengamatan secara visual, keausan terjadi karena aksi gaya dinamis elemen satu dengan yang lain di dalam *ball joint*. Lamanya waktu gesekan yang terjadi akan menyebabkan terkikisnya bagian material, sehingga menyebabkan munculnya celah antara ball joint dengan housing yang menyebabkan kerengangan dan transfer gaya yang terjadi menjadi tidak maksimal.

BAB 5

KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan pada *tie rod* truk DYNA 130 HT yang rusak. Analisa komposisi kimia dan kekerasan adalah material ASTM A 307 atau AISI 1029. Nilai kekerasannya tidak sesuai dengan standar yang ditentukan. Fitur fraktografi menunjukkan bahwa keausan adalah penyebab utama kegagalan *tie rod* truk DYNA 130 HT. Penyebab utama kerusakan *tie rod* kemungkinan adalah rusaknya seal sehingga pelumas berkurang dan masuknya material pengotor pada *tie rod*. Hal ini diperparah dengan kondisi jalan yang rusak yang dapat menyebabkan gaya impak dan beban berlebih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, Z. (2010). Pengaruh Beban Muatan Angkutan Kendaraan Berlebih Kendaraan Truk Terhadap Perkiraan Umur Layan Perkerasan. Universitas
- [2] Manik, A. P., Chavan, D. S., Kavade, M. V. and Umesh, S. G. (2013) FEA of Tie Rod of Steering System of Car. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 2 (5), 2319-4847
- [3] Jornsens, R., Helmut, S. and Jurgen, W. B. (2001) *The Automotive Chassis: Engineering Principles*. Translated from the Germans by AGET (2nd Edition). Warrendale, Pa: Society of Automotive Engineers, ISBN: 978-0-7680-0657-5
- [4] Millikin, W. F. and Douglas, L. (1995) *Race Car Vehicle Dynamics* (4th Printing Edition). Warrendale, Pa: Society of Automotive Engineers, ISBN: 987-1-56091-526-3
- [5] Millikin, W. F. (2002) *Chassis Design-Principles and Analysis*. Society of Automotive Engineers.
- [6] A.H. Falah, M.A. Alfares, A.H. Elkholy. Failure investigation of a tie rod end of an automobile steering system. *Engineering Failure Analysis* 14 (2007) 895–902.
- [7] Prasodjo, W. (2016). Perancangan Alat Pelepas Tie Rod End Pada Unit Ud Trucks Euro 2 Series. Universitas Jendral Achmad Yani.
- [8] Kami, S. (2020). Mengenal Fungsi Tie Rod Pada Kendaraan - Sekolah Kami. Sekolah Kami. <https://www.sekolahkami.com/2020/01/fungsi-tierod-sistemkemudi.html>
- [9] Garasi.id. (2020). Fungsi dan Ciri Kerusakan Tie Rod Mobil yang Perlu Diketahui. Garasi.Id. <https://garasi.id/artikel/fungsi-dan-ciri-kerusakan-tierod-mobil-yang-perlu-diketahui/5b7178897f4df501e107c933>
- [10] Turner Motorsport (2014) E36 Tie Rod Assembly. [online] available from [20 May 2014]
- [11] Kim, H., Seo, M. and Bae, W. (2002) A Study of the Manufacturing of Tie Rod Ends with Casting/Forging Process. *Journal of Material Processing Technology* 125, 471-476
- [12] Zuo, R., Omek, D., Syrett, B. C., Green R. M., Hsu, C., Mansfeld, F. B., Wood, T. K. (2004) Inhibiting Mild Steel Corrosion from Sulphate Reducing Bacteria Using Antimicrobial Producing Biofilms in Three-Mild-Island Process Water. *Applied Microbiology. Biotechnology* 64: 275-283.

- [13] Nishida, S. (1992) Failure Analysis in Engineering Applications. ISBN: 978-0-7506-1065-0, Elsevier Ltd.
- [14] Eco Modder (2012) Safe Tie Rods For Quaywalls in Ports and Harbours. [online] available from [3 May 2014].
- [15] Laird, C. and Kim, W. H. (1978) Crack Nucleation and Stage 1 Propagation in High Strain Fatigue-II Mechanism. *Acta Metallurgica* , pp. 789-799.
- [16] Longhurst, C. (2016) The Steering Bible. Affordable Wheel Aligners. [online] available from [3 May 2014].