

ANALISIS KEGAGALAN DAN KERUSAKAN MATERIAL KOMPONEN SHOCK BREAKER KENDARAAN RODA EMPAT

Angga Aditty Pratama¹, Margono Sugeng²

^{1,2}Universitas Dian Nusantara

Email: anggapratam3110@gmail.com¹, margono.sugeng@undira.ac.id²

Abstrak: Kenyamanan dan keamanan berkendara sangat bergantung pada sistem suspensi, di mana *shockbreaker* (peredam kejut) menjadi komponen krusial yang berfungsi menyerap kejutan dari permukaan jalan. Namun, kerusakan pada komponen ini sering terjadi dan dapat membahayakan keselamatan pengguna jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama kerusakan material pada *shockbreaker* depan mobil penumpang, mengevaluasi dampaknya terhadap performa kendaraan, serta mengembangkan rekomendasi pencegahan untuk meningkatkan kualitas produk di industri otomotif Indonesia. Fokus analisis dilakukan pada kendaraan jenis sedan dan MPV dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan tropis di Indonesia. Dokumen ini juga menguraikan prosedur pengujian laboratorium yang mencakup uji tarik sesuai standar ASTM E8, uji kekerasan Vickers, dan uji metalografi untuk menganalisis struktur mikro material penyusun seperti baja S45C dan SCM.

Kata Kunci: Shockbreaker, Kerusakan Material, Analisis Kegagalan, Suspensi Mobil, Kondisi Tropis, Baja S45C, Uji Laboratorium.

Abstract: Driving comfort and safety are highly dependent on the suspension system, where shock absorbers are crucial components that absorb shocks from the road surface. However, damage to these components is common and can endanger the safety of road users. This study aims to identify and analyze the main causes of material damage to front shock absorbers in passenger cars, evaluate their impact on vehicle performance, and develop preventive recommendations to improve product quality in the Indonesian automotive industry. The analysis focuses on sedan and MPV vehicles, taking into account the tropical environmental conditions in Indonesia. This document also outlines laboratory testing procedures that include tensile tests according to ASTM E8 standards, Vickers hardness tests, and metallographic tests to analyze the microstructure of constituent materials such as S45C steel and SCM.

Keywords: Shockbreaker, Material Damage, Failure Analysis, Car Suspension, Tropical Conditions, S45C Steel, Laboratory Test.

PENDAHULUAN

Kenyamanan dan keamanan merupakan kriteria utama dalam memilih kendaraan roda empat. Sistem suspensi harus mampu menjamin keselamatan pengemudi untuk mencegah gangguan fisik atau risiko cedera selama berkendara.

Shock absorber adalah komponen kunci dalam sistem suspensi yang berfungsi menyerap kejutan dari permukaan jalan yang tidak rata. Komponen ini menghubungkan rangka kendaraan dengan as roda menggunakan fluida kental untuk menciptakan gaya redam yang stabil, sehingga guncangan roda tetap terkendali. Kerusakan pada material shock breaker depan umumnya disebabkan oleh empat faktor utama:

- a. Keausan Mekanis: Gesekan berulang pada piston dan seal akibat penggunaan jangka panjang.
- b. Beban Berlebih (Overload): Muatan yang melebihi kapasitas memicu deformasi silinder baja dan retak material.

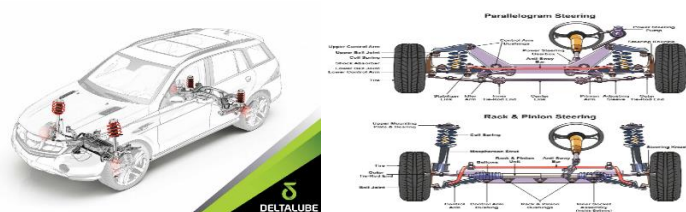
Kegagalan fungsi yang paling sering ditemukan adalah kebocoran oli. Hal ini ditandai dengan rembesan pada as shock absorber hingga tetesan oli yang keluar dari seal, yang menjadi indikator bahwa komponen tersebut sudah tidak bekerja secara optimal.

Penelitian ini berfokus pada studi kasus kerusakan material shock absorber depan mobil guna memahami mekanisme kegagalan dan dampaknya terhadap integritas komponen kendaraan.

TINJAUAN PUSTAKA

Shock Absorber Mobil

Kendaraan roda empat (Mobil) adalah kendaraan bermotor yang memiliki empat roda dan digerakkan oleh mesin (bensin, diesel, listrik, atau hybrid). Mobil dirancang untuk membawa penumpang atau barang dengan kapasitas dan fungsi tertentu.



Gambar Shock absorber Mobil

Shock absorber adalah salah satu komponen penting dalam sistem suspensi pada suatu kendaraan. Pada mobil, shock absorber ini mempunyai komponen yang bagian atasnya terhubung secara langsung dengan piston serta terpasang pada rangka kendaraan. Sedangkan untuk bagian bawahnya, terhubung dengan bagian bawah silinder yang dipasang dengan as

roda.

Komponen Shock Arsorber

Badan Shcok Arsorber

Dalam sebuah benda tentunya memiliki tubuh atau badan yang berfungsi sebagai tempat untuk menampung (meletakkan) semua komponen sehingga terbentuk sebuah barang. Dalam shock arsorber memiliki badan shock arsorber yang bernama bottom tube.



Gambar Tabung atau Badan Shock

Tabung shock arsorber atau badan shock arsorber adalah bagian utama dalam shock arsorber yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan komponen – komponen didalamnya. Sehingga bisa menjadi barang yang Bernama shock arsorber.

Poros (Shaft) atau Rod Arsorber

Pada shock breaker tentunya memiliki bagian yang berfungsi sebagai penghubung yang menghubungkan piston di bagian dalam tabung shock breaker dengan bagian atas shock breaker yang terikat pada rangka (sasis).



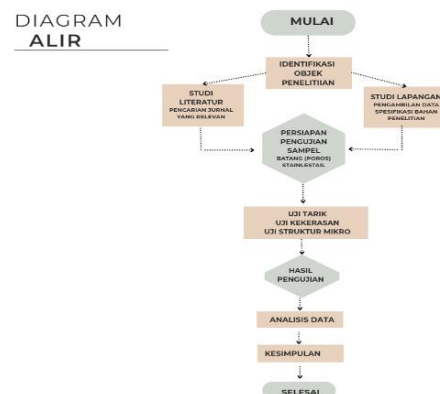
Gambar Poros atau Rod Comp

Fungsi poros (shaft) sangat penting, yaitu meneruskan gerakan roda/suspensi ke piston di dalam tabung peredam kejut dan menjadi penghubung antara piston di dalam tabung shock dan bracket (dudukan di bodi/chassis mobil). Poros diatas dipasangkan sebuah valve tensi. Tensi terjadi saat shock absorber kembali memanjang, yaitu ketika roda turun setelah melewati gundukan, dan bodi mobil cenderung turun kembali

METODE PENELITIAN

Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik material komponen batang (poros) stainless steel yang digunakan sebagai komponen teknis. Fokus utama penelitian ini adalah mengevaluasi sifat mekanik dan struktur mikro material guna memastikan ketahanan dan kualitasnya sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam aplikasi lapangan.



Gambar 3.1 Diagram Alir

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-analitis melalui studi literatur dan analisis kasus. Fokus utama analisis adalah mengidentifikasi penyebab kerusakan material pada shockbreaker depan mobil penumpang (jenis sedan dan MPV) dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan tropis di Indonesia.

Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan

- Material stainless steel (baja tahan karat) berbentuk batang
- Kertas ampelas dan polishing material untuk preparasi metalografi.

2. Alat

- Universal Testing Machine (UTM) untuk uji tarik.
- Mikroskop metalografi atau SEM untuk pengamatan struktur mikro.
- Alat pemotong material (cutting machine).
- Vickers Hardness Tester untuk uji kekerasan

Pengujian Material

Uji Kekuatan Tarik (Ultimate Tensile Strength)

Uji tarik dilakukan menggunakan mesin UTM (Universal Testing Machine) sesuai standar ASTM E8. Data yang diambil meliputi:

Tabel Langkah Uji Tarik

No.	Gambar dan Langkah Pengujian
1.	Pembentukan Spesimen: Bentuk spesimen menggunakan mesin bubut hingga memiliki bagian yang tereduksi (Reduced Section) di tengah. Pastikan dimensi sesuai dengan tabel standar ASTM E8. 
2.	Pemberian Tanda Specimen: Pastikan bagian ujung permukaan pada specimen diberikan nomor agar patahan material tidak tertukar pada specimen yang lain. 
3.	Pengaturan Kecepatan Tarik: Atur kecepatan mesin sesuai standar ASTM E8 yaitu 10 mm/min. Kemudian specimen dipasang dengan clemat di bagian kedua ujung. 
4.	Memulai Penarikan: Jalankan mesin. Amati grafik beban vs perpanjangan yang muncul secara real-time di monitor. Pelepasan Extensometer: Jika menggunakan extensometer, lepaskan alat tersebut setelah material melewati titik leleh untuk menghindari kerusakan alat saat spesimen putus.

Uji Kekerasan (Vickers Hardness)

Uji kekerasan dengan metode vickers dilakukan menggunakan mesin vickers hardness tester sesuai standar ASTM E38. Data yang diambil meliputi:

Langkah Uji Kekerasan Vickers

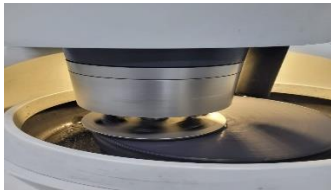
No.	Gambar dan Langkah Pengujian
1.	Pembentukan Spesimen: Siapkan spesimen dengan ukuran 3cm dan dihaluskan menggunakan amplas kekasaran 120 – 1200 . Pastikan permukaan spesimen mengkilat dan bebas dari korosi. 
2.	Pengaturan Parameter Alat : Sebelum memulai mengatur parameter utama pada mesin. 
3.	Proses Penekanan (Indentation) : Letakkan sampel di meja uji (anvil). Menggunakan lensa objektif pada mesin untuk mencari area yang ingin diuji serta memastikan area tersebut rata dan bersih. Jalankan proses pengujian. 
4.	Pengamatan hasil indentation : Setelah proses indensasi selesai kemudian ukur garis 1 dengan memutar alat pada lensa sehingga garis fokus akan bergerak ke masing masing ujung diagonal hasil indentation. tekan tombol read pada alat yang dilensa dan putar alat yang ada dilensa agar mengarah vertikal. ukur garis diagonal 2 memutar tombol alat sehingga garis akan bergerak ke masing masing ujung diagonal hasil indentation. untuk mengunci garis diagonal tekan tombol read pada lensa. kemudian nilai kekerasan vickers muncul pada layar informasi. 

Uji Metallography(Uji Mikro Struktur)

Pengamatan struktur mikro pada specimen menggunakan mikroskop optik dilakukan

untuk mengamati struktur mikro. Peralatan dan tahapan yang dilakukan pada pengujian ini diantaranya adalah.

Langkah Uji Mikro Struktur

No.	Gambar dan Langkah Pengujian
1.	Preparasi Sampel (Cutting & Mounting): Spesimen dipotong sesuai dimensi yang dibutuhkan. Jika ukuran spesimen terlalu kecil, dilakukan proses mounting menggunakan resin termoset atau akrilik agar lebih mudah dipegang saat proses pengamplasan. 
2.	Pengamplasan (Grinding): Permukaan spesimen diampas secara bertahap menggunakan kertas amplas (SiC) dengan tingkat kekasaran yang meningkat, mulai dari grit 120, 240, 400, 600, 800, hingga 1000 atau 1200. 
3.	Pemolesan (Polishing): Setelah pengamplasan selesai, dilakukan pemolesan menggunakan kain beludru (polishing cloth) dan bahan abrasif yang sangat halus seperti serbuk intan (diamond paste) atau alumina. Tujuannya adalah menghilangkan semua goresan halus hingga permukaan spesimen tampak mengkilap sempurna (efek cermin). 
4.	Pengetsaan (Etching): Ini adalah tahap paling kritis. Permukaan yang sudah mengkilap diolesi dengan zat etsa. Untuk baja karbon sedang seperti S45C, biasanya menggunakan larutan Nital (campuran 3% dan alkohol). Larutan ini akan mengikis batas butir sehingga fasa-fasa pada baja dapat terlihat di bawah mikroskop.

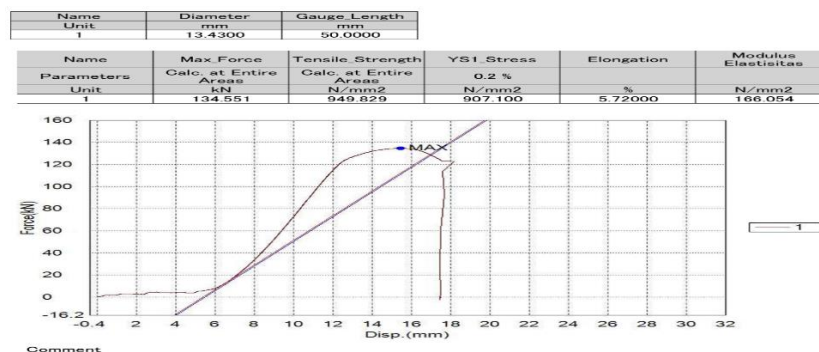
			
5.	Pengamatan Mikroskopis: Spesimen diletakkan pada meja mikroskop optik. Pengamatan dilakukan mulai dari perbesaran rendah (misal 100x) hingga perbesaran tinggi (500x atau 1000x) untuk mengidentifikasi fasa-fasa dan struktur yang ada didalam material stainless stail.		
			

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan pengumpulan data dilakukan pada specimen yang telah dilakukan proses Uji Tarik, Uji Kekerasan Vickers, dan Uji Micro Struktur.

Hasil Pengujian

1. Hasil Pengujian Uji Tarik

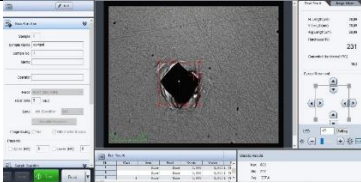
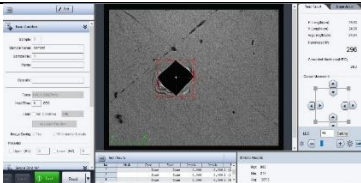
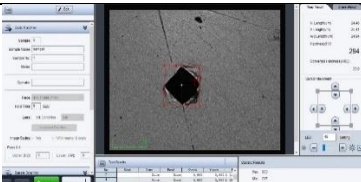
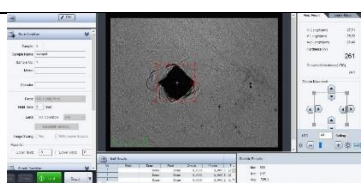
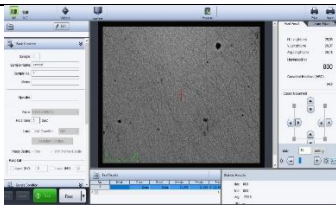


Pada Gambar tersebut Grafik merupakan kurva Gaya (Force) dalam satuan kN (sumbu Y) terhadap Perpanjangan (Displacement) dalam satuan mm (sumbu X). Uji tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik suatu material saat ditarik dengan gaya tertentu hingga putus.

2. Hasil Pengujian Uji Kekerasan Vickers

Gambar-gambar selanjutnya menunjukkan antarmuka perangkat lunak uji kekerasan mikro. Pengujian dilakukan pada beberapa titik berbeda di permukaan sampel yang sama.

Tabel Hasil Uji Kekerasan Vickers

Titik Permukaan	Hasil Tangkap Layar
A	
B	
C	
D	
E	

Penjelasan Gambar

- A. Gambar A memiliki Nilai kekerasan (HV) 231 HV Adalah area dengan kekerasan standar atau normal. Jejak indentasi tampak simetris, bersih, dan dikelilingi deformasi plastis yang relatif merata. Tidak terlihat adanya retakan mikro atau fase keras yang dominan di sekitar indentasi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa indenter mengenai fase matriks utama material (misalnya matriks aluminium atau baja lunak), sehingga nilai kekerasan yang diperoleh merepresentasikan kekerasan dasar (base material) atau kondisi standar material tanpa penguatan lokal.
- B. Gambar B memiliki Nilai kekerasan (HV) 296 HV. terlihat jejak indentasi lebih kecil dibandingkan Gambar A, menandakan tahanan deformasi yang lebih tinggi. Di sekitar indentasi mulai tampak ketidakteraturan mikrostruktur, yang dapat diasosiasikan dengan:

- zona kerja dingin (strain hardening),
- daerah dengan kandungan presipitat lebih tinggi,
- atau zona yang terpengaruh panas (heat affected zone).

Hal ini menunjukkan bahwa titik B berada pada area dengan penguatan mikrostruktur, sehingga nilai kekerasan meningkat signifikan dibanding titik A.

C. Gambar C memiliki Nilai kekerasan (HV) 294 HV. memperlihatkan karakteristik indentasi yang sangat mirip dengan Gambar B, baik dari ukuran maupun bentuknya. Konsistensi nilai kekerasan antara titik B dan C mengindikasikan bahwa kedua titik tersebut berada pada zona mikrostruktur yang sama atau serupa, misalnya:

- lapisan hasil difusi,
- zona presipitasi yang merata,
- atau area perlakuan panas yang homogen secara lokal.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penguatan mikrostruktur pada area ini bersifat kontinu, bukan anomali lokal.

D. Gambar D memiliki Nilai kekerasan (HV) 261 HV. Pada Gambar D, ukuran indentasi kembali membesar dibandingkan B dan C, disertai dengan deformasi plastis yang lebih dominan di sekitar sudut indentasi.

Hal ini menunjukkan bahwa indenter mengenai zona transisi, kemungkinan berupa:

- peralihan antara area keras dan area lunak,
- mikrostruktur campuran antara matriks dan fase keras,
- atau daerah dengan distribusi presipitat yang tidak merata.

Fenomena ini umum terjadi pada material yang mengalami gradien perlakuan panas, pendinginan tidak seragam, atau efek difusi parsial, sehingga kekerasannya berada di antara nilai rendah (A) dan tinggi (B–C).

E. Gambar E memiliki Nilai kekerasan (HV) 800 HV. Menunjukkan kondisi yang sangat kontras: indentasi sangat kecil atau hampir tidak terlihat, menandakan ketahanan deformasi yang ekstrem.

Nilai kekerasan sebesar 800 HV setara dengan baja perkakas yang telah dikeraskan penuh (fully hardened tool steel), sehingga sangat tidak mungkin berasal dari matriks material utama.

Hal ini mengindikasikan bahwa titik E kemungkinan berada pada:

- fase keras lokal (misalnya karbida, intermetalik, oksida keras),

- partikel kontaminan,
- lapisan permukaan hasil perlakuan khusus (coating, nitriding, atau oksidasi keras),
- atau bahkan artefak permukaan seperti inklusi non-logam yang sangat keras.

Dengan demikian, titik E dapat dikategorikan sebagai anomali kekerasan lokal, bukan representasi sifat mekanik keseluruhan material. Perbedaan nilai kekerasan mikro pada titik A hingga E terutama disebabkan oleh ketidakseragaman mikrostruktur pada skala mikro, yang meliputi:

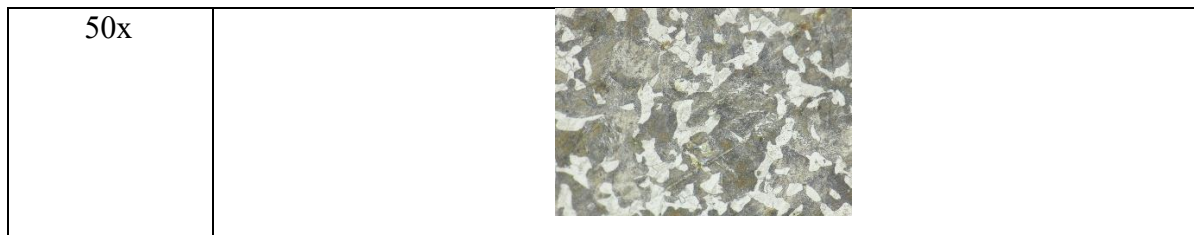
1. variasi fase material,
2. distribusi presipitat atau fase keras,
3. pengaruh perlakuan panas atau proses manufaktur,
4. serta keberadaan zona transisi dan anomali lokal.

Analisis ini menegaskan bahwa pengujian kekerasan mikro sangat sensitif terhadap kondisi mikrostruktur lokal, sehingga interpretasi hasil harus selalu dikaitkan dengan observasi metalografi dan konteks proses material.

3. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Tabel Hasil Uji Struktur Mikro

Ukuran Pembesaran	Hasil Tangkap Layar	
5x		
10x		
20x		



Analisis Perbesaran 5x (Skala 5 μ m)

Pada tingkat perbesaran ini tampak mikrostruktur yang relatif halus dan cukup homogen, dengan distribusi fase yang merata di seluruh bidang pandang. Fase terang dan fase gelap terdistribusi secara acak tanpa batas butir yang terlalu kontras. Ukuran fitur mikro relatif kecil, menunjukkan kemungkinan laju pendinginan yang cukup seragam atau material berada pada kondisi tanpa perlakuan panas ekstrem. Kondisi ini umumnya berkorelasi dengan nilai kekerasan yang lebih rendah hingga menengah, karena deformasi plastis masih didominasi oleh matriks utama material.

Analisis Perbesaran 10x (Skala 10 μ m)

Mulai terlihat pemisahan yang lebih jelas antara area terang dan gelap. Fase perlit (gelap) terlihat mendominasi area, yang mengindikasikan kadar karbon yang cukup tinggi untuk kelas baja karbon rendah/ menengah. Gambar ini memperlihatkan kontras fase yang lebih jelas dibanding Gambar 1. Fase terang tampak lebih dominan dan terdefinisi, tersebar di antara fase gelap yang berperan sebagai matriks. Ukuran fase terang relatif seragam, mengindikasikan presipitasi atau transformasi fase yang lebih berkembang. Mikrostruktur seperti ini umumnya menyebabkan peningkatan kekerasan, karena fase terang sering kali memiliki sifat lebih keras atau lebih tahan terhadap deformasi dibanding matriksnya.

Analisis Perbesaran 20x (Skala 20 μ m)

Pada Gambar ini terlihat mikrostruktur yang lebih kasar dengan ukuran fase yang lebih besar dan bentuk yang tidak beraturan. Distribusi fase tampak kurang homogen, dengan beberapa area kaya fase terang dan area lain didominasi fase gelap.

Kondisi ini menunjukkan kemungkinan gradien mikrostruktur, yang dapat disebabkan oleh:

- Pendinginan tidak merata,
- Variasi komposisi lokal,
- Atau efek zona transisi akibat perlakuan panas parsial.

Struktur seperti ini biasanya menghasilkan variasi nilai kekerasan lokal, tergantung titik pengujian berada pada fase keras atau matriks.

Analisis Perbesaran 50x (Skala 50 μ m)

Gambar ini menunjukkan dominasi fase terang berukuran besar dengan bentuk tidak beraturan dan batas yang tegas terhadap fase gelap. Struktur terlihat paling kasar dibanding ketiga gambar sebelumnya, serta terdapat indikasi orientasi atau tekstur tertentu pada fase gelap.

Mikrostruktur ini mengindikasikan keberadaan fase keras yang signifikan, seperti presipitat keras atau produk transformasi fasa tingkat lanjut. Kondisi tersebut sangat berpotensi menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi, bahkan ekstrem, terutama bila indentasi kekerasan mengenai langsung fase terang.

Tabel Hasil Struktur Mikro Coating

Ukuran Pembesaran	Hasil Tangkap Layar	
20x		
50x		

Analisis Perbesaran 20x (Skala 20 μ m)

Pada Gambar ini tampak penampang melintang material dengan tiga zona yang berbeda secara jelas. Bagian atas menunjukkan mikrostruktur berwarna abu-abu gelap dengan pola tidak beraturan dan relatif halus, yang mengindikasikan zona lapisan permukaan (coating atau lapisan hasil perlakuan). Struktur pada zona ini tampak lebih rapat dan homogen, menandakan material dengan sifat mekanik lebih keras atau lebih rapuh dibanding substratnya.

Di bawahnya terlihat lapisan tipis berwarna putih terang dan kontinu, yang merupakan zona antarmuka (interface layer) antara lapisan permukaan dan material dasar. Lapisan ini tampak seragam dengan ketebalan relatif konstan, menunjukkan ikatan metalurgi yang cukup baik tanpa indikasi delaminasi atau retakan mikro yang signifikan.

Bagian bawah merupakan substrat material, ditandai dengan tekstur yang lebih kasar dan warna lebih gelap kecokelatan. Mikrostruktur pada zona ini tampak lebih heterogen, mencerminkan fase matriks utama material dengan deformasi plastis yang lebih dominan.

Analisis Perbesaran 50x (Skala 50 μ m)

Gambar 2 memperlihatkan konfigurasi mikrostruktur yang serupa, namun dengan antarmuka yang tampak lebih rata dan halus dibanding Gambar 1. Zona lapisan permukaan di bagian atas terlihat lebih homogen dengan pola mikrostruktur yang konsisten, menandakan proses pembentukan lapisan yang lebih seragam.

Lapisan antarmuka berwarna putih tampak lebih jelas dan relatif lebih bersih, dengan batas yang tegas antara lapisan dan substrat. Tidak terlihat adanya pori besar atau diskontinuitas, yang mengindikasikan kualitas adhesi lapisan yang baik.

Substrat di bagian bawah masih menunjukkan mikrostruktur yang kasar dan tidak seragam, yang merupakan karakteristik umum material dasar sebelum perlakuan permukaan. Perbedaan kontras yang tajam antara lapisan dan substrat menegaskan adanya gradien mikrostruktur dan sifat mekanik, terutama dalam hal kekerasan.

Dari kedua citra foto metallografi tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Material memiliki lapisan permukaan yang berbeda secara mikrostruktur dari substratnya.
2. Terdapat lapisan antarmuka kontinu, yang berperan penting dalam mentransfer beban dan meningkatkan ketahanan lapisan terhadap pengelupasan.
3. Perbedaan mikrostruktur ini sangat mungkin menyebabkan variasi nilai kekerasan mikro, di mana lapisan permukaan memiliki kekerasan lebih tinggi dibanding substrat.

Kondisi ini konsisten dengan material yang mengalami perlakuan permukaan seperti coating, hardfacing, atau perlakuan termokimia, di mana sifat mekanik ditingkatkan pada bagian permukaan tanpa mengubah keseluruhan sifat substrat.

Pembahasan Penelitian

1. Pengujian Tarik

Analisis Performa Mekanik

Dari Hasil yang didapat Spesimen menunjukkan karakteristik sebagai logam paduan berkekuatan tinggi dengan parameter yang berbagai jenis yaitu. Kekuatan Luluh (Yield Strength) Material memiliki nilai kekuatan luluh sebesar 907,100\ N/mm. Dengan kekuatan luluh diatas maka menunjukkan batas elastisitas yang sangat tinggi, di mana material mampu menahan beban hingga sekitar 90kg/mm sebelum mulai mengalami perubahan bentuk permanen. Kekuatan Tarik Maksimum (Ultimate Tensile Strength): Nilai kekuatan tarik pada spesimen diatas mencapai 949,829 N/mm dengan beban maksimal (Max Force) sebesar 134,551 kN.

2. Pengujian Kekerasan Vickers

Analisis Performa Mekanik

Dari Hasil uji vickers menunjukkan variasi kekekrasan yang signifikan, mulai dari 231 HV hingga mencapai titik ekstrem 800HV. Material menunjukkan nilai kekerasan rata – rata adalah 337,4 HV. Nilai kekerasan ini berfungsi sebagai indikator cepat untuk memperkirakan sifat mekanik lainnya, termasuk ketahanan aus dan kekuatan tarik (tensile strength) material. Ditemukan adanya variasi nilai pada titik-titik tertentu, dengan nilai ekstrem hingga 800 HV yang mengindikasikan adanya fase material yang sangat keras atau inklusi tertentu pada struktur baja.

3. Keseimbangan Kekuatan dan Keuletan

Tingkat kekerasan yang cukup tinggi (337,4 HV) diseimbangkan dengan kekuatan luluh (yield strength) sebesar 907,100 N/mm². Material mampu menahan beban tarik maksimum (Ultimate Tensile Strength) hingga 949,829 N/mm² atau setara dengan beban ±90 kg/mm². Kombinasi ini memastikan material tidak hanya keras di permukaan untuk menahan gesekan piston, tetapi juga memiliki keuletan yang cukup untuk menyerap energi kejut tanpa patah mendadak. Dari uji kekerasan ditemukan titik dengan kekerasan 800 HV. Merupakan indikasi adanya fase material yang sangat keras atau inklusi pada struktur mikro. Area yang sangat keras ini sering kali menjadi titik awal munculnya retakan (crack initiation) yang menyebabkan material patah lebih cepat (getas), meskipun secara keseluruhan material tersebut sangat keras dan sangat kuat.

4. Pengamatan Mikro Struktur

Analisis metalografi dilakukan untuk mengidentifikasi transformasi fasa yang terjadi pada stainless steel (baja tahan karat) setelah mengalami proses quenching. Berdasarkan pengamatan visual pada mikrograf dengan perbesaran 5x, 10x, 20 dan 50x dan terdapat coating dengan pembesaran 20x dan 50x berikut adalah deskripsi lengkapnya:

5. Identifikasi Fasa Utama: Martensit Akikular

Berdasarkan pengamatan visual pada perbesaran tinggi (50x), terdapat ketidaksesuaian antara pernyataan Anda dengan bukti gambar:

- a. Analisis Dari hasil gambar diatas Struktur utama yang terlihat adalah Perlit (area gelap berlapis/lamellar) dan Ferit (area putih).
- b. Koreksi: Martensit Akikular biasanya memiliki bentuk seperti jarum-jarum tajam yang saling bersilangan dan terbentuk melalui pendinginan sangat cepat (quenching). Namun, pada gambar diatas, struktur yang muncul adalah lamellar (berlapis) yang merupakan ciri khas perlit, bukan struktur jarum martensit.
- c. Struktur mikro material didominasi oleh fasa yang memberikan kekuatan mekanik tinggi, yang dalam analisis logam sejenis sering merujuk pada pembentukan martensit atau campuran ferit-perlit yang sangat halus akibat proses perlakuan panas yang tepat.
- d. Fasa ini sangat krusial untuk mendukung kinerja poros (shaft) yang harus tahan terhadap beban dinamis.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa Fasa utama lebih tepat diidentifikasi sebagai Perlit dan Ferit Proeutektoid, yang menandakan baja ini didinginkan secara perlahan (seperti proses normalizing).

6. Analisis Batas Butir dan Homogenitas

Struktur mikro menunjukkan batas butir yang bersih dan stabil pada perbesaran 20x hingga 50x.

Distribusi fasa yang seragam (homogen) membuktikan bahwa proses pabrikan dan perlakuan panas terkontrol dengan baik, sehingga meminimalisir risiko perambatan retak antar butir (intergranular cracking).

7. Hubungan Struktur dengan Integritas Material

Integritas suatu material sangat ditentukan oleh kombinasi fasa, distribusi butir, dan kualitas antarmuka pada lapisan coating. Dari hasil uji mikro, hubungan tersebut dapat dirinci sebagai berikut:

Keseimbangan Kekuatan dan Keuletan: Kehadiran fasa Perlit yang dominan memberikan kekuatan tarik dan kekerasan yang diperlukan agar material tidak mudah mengalami deformasi plastik. Sementara itu, fasa Ferit yang menyelimuti batas butir (Ferit Proeutektoid) berfungsi sebagai jalur penghenti retak, yang meningkatkan keuletan dan integritas material terhadap beban kejut (impact).

Ketahanan terhadap Kegagalan Lelah (Fatigue): Struktur yang homogen, seperti yang terlihat pada perbesaran 5x dan 10x, menunjukkan bahwa tidak ada konsentrasi tegangan akibat penumpukan fasa tertentu atau inklusi kotoran. Homogenitas ini sangat krusial untuk menjaga integritas struktur saat menerima beban berulang, sehingga meminimalkan risiko inisiasi retak dini.

Perlindungan Permukaan melalui Coating: Integritas tepian material diperkuat oleh lapisan coating yang terlihat pada perbesaran 20x dan 50x. Sistem perlindungan permukaan (coating) terbukti melekat sempurna pada substrat material, yang berfungsi sebagai barier utama terhadap oksidasi di lingkungan tropis yang lembab (mencegah percepatan oksidasi sebesar 15%).

- **Adhesi yang Kuat:** Tidak adanya celah antara coating dan logam induk menjamin bahwa lapisan pelindung tidak akan terkelupas (delaminasi) saat material bekerja di bawah tekanan mekanik.
- **Penghalang Korosi:** Lapisan yang padat tanpa porositas memastikan integritas substrat terlindungi dari penetrasi lingkungan korosif yang dapat menurunkan umur pakai material.

Optimalisasi Batas Butir: Batas butir yang bersih dan jelas pada perbesaran 20x menunjukkan bahwa proses perlakuan panas dilakukan dengan kontrol yang baik. Struktur butir yang stabil ini mencegah terjadinya perambatan retak antar butir (intergranular cracking) yang sering menjadi penyebab kegagalan fatal pada material baja karbon menengah. Hubungan antara struktur mikro yang homogen dan nilai kekerasan yang stabil memastikan shock breaker dapat mempertahankan gaya redam (damping force) secara konsisten meski menerima beban kejut berulang.

Secara keseluruhan, material ini menunjukkan integritas struktur yang tinggi untuk aplikasi teknik karena memiliki distribusi fasa yang seragam dan sistem perlindungan permukaan (coating) yang melekat sempurna pada substratnya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kegagalan, pengujian mekanik, dan pengamatan struktur mikro pada komponen shock breaker kendaraan roda empat, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyebab Kegagalan Material: Kerusakan utama dipicu oleh kombinasi faktor mekanis berupa beban berlebih (overload) yang memicu retak, serta faktor lingkungan tropis yang mempercepat oksidasi material hingga 15% akibat kelembaban tinggi.
2. Performa Mekanik: Hasil uji tarik menunjukkan material memiliki kekuatan luluh (yield strength) sebesar 907,100 N/mm² dan kekuatan tarik maksimum (ultimate tensile strength) sebesar 949,829 N/mm², yang mengindikasikan batas elastisitas yang sangat tinggi (mampu menahan beban hingga ± 90 kg/mm²). Karakteristik Kekerasan: Pengujian Vickers menunjukkan rata-rata kekerasan sebesar 337,4 HV. Namun, ditemukan titik ekstrem hingga 800 HV yang mengindikasikan adanya fase material sangat keras.

Saran

Untuk meningkatkan kualitas dan masa pakai komponen shock breaker di masa mendatang, disarankan beberapa hal berikut:

1. Edukasi Pengguna: Perlu adanya sosialisasi kepada konsumen mengenai dampak beban berlebih (overload), karena beban 20% di atas kapasitas terbukti dapat memicu retak material dalam waktu singkat (± 10.000 km).
2. Penelitian Lanjutan: Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan menggunakan simulasi numerik mendalam atau pengujian lapangan langsung untuk memvalidasi performa material dalam berbagai variasi beban dinamis yang lebih kompleks

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, S., Imastuti, Wulanuari, P. H., & Titan. (2018). *Analisis Faktor Keamanan dan Kenyamanan Kendaraan Roda Empat*.
- ASTM International. (n.d.). *ASTM E8/E8M: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. West Conshohocken, PA.

- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (n.d.). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. (Edisi Relevan) .
- Dixon, J. C. (n.d.). *Automotive Suspension Systems*. (Edisi Relevan) .
- ISO. (n.d.). *ISO 26262: Road vehicles – Functional safety*..
- Journal of Materials Engineering*. (n.d.). Laporan Analisis Keretakan Material Akibat Overload.
- Majanasastra, R. B. S. (2014). *Studi Komponen Otomotif dan Kebutuhan Masyarakat*. Universitas Islam 45 Bekasi.
- PT Astemo Bekasi Manufacturing. (n.d.). *Data Perusahaan: Komponen dan Spesifikasi Shock Absorber*.
- PT Intec Instruments. (2025). *Data Pengujian Laboratorium: Uji Tarik, Kekerasan, dan Metalografi*.
- SAE International. (n.d.). *Technical Reports on Automotive Shock Absorber Failure and Wear Analysis*.
- Website Deltalube. (n.d.). *Mengenal Sistem Suspensi Mobil*. Diakses dari <https://www.deltalube.com/mengenal-sistem-suspensi-mobil/>.