

ANALISA KEGAGALAN *CONNECTING ROD* MOBIL AVANZA VELOZ SERI MESIN K3-MC66021**⁽¹⁾Sunaryo, ⁽²⁾Indra hasan, ⁽³⁾Muhammad Iswahyudi**^{1,3}Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau²Program diploma tiga Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

Email : sunaryo@umri.ac.id

teknikindustri@universitaspahlawan.ac.id

Abstract

The incident on the piston rod that experienced material failure occurred in the avanza 1500cc car. in the use of the car is not yet up to 1 year of use, the car was purchased in October 2015 and in April 2016 has been damaged in the area of the combustion chamber including connecting rod that experienced at the near end of the bing end, caused by many factors, it is necessary to test on the connecting rod to get the cause of the failure that occurred. Analyzes the failure of the connecting rod components by means of hardness testing, metalorgraphy testing and chemical composition testing. connecting rod analyzed is connecting rod car avanza veloz 1500CC. with material from the connecting rod is AISI 4340. from the results of hardness testing obtained an average hardness value of 125.9 VHN. As for the standard of violence on AISI 4340 the minimum value of violence that must be met is 228 VHN. Where the lowest hardness value of the component is 84.7 VHN. In microstructure testing, phases such as ferrite (light-colored), pearlit (dark color) and slightly cementite phase are found. While on testing the chemical composition of carbon (C) element is the lowest element that is equal to 0.23% with composition ratio on AISI 4340 steel with carbon content of 0.38% where viewed from the carbon content, the component belonging to low carbon steel causing failure this is the incompatibility of hardness value, chemical composition with AISI 4340 standard.

Keywords: *failure, connecting rod, hardness value, metallography, chemical composition***1. Pendahuluan**

Motor bakar digunakan hampir pada seluruh sistem kendaraan, khususnya pada *internal combustion engine*. *Internal combustion engine* memiliki silinder yang berisi beberapa bagian yaitu *piston*, *crankshaft* dan *connecting rod*, ketiganya merupakan komponen bergerak yang menghasilkan tenaga atau power untuk digunakan sebagai penggerak kendaran bermotor (Rahardjo Tirtoatmodjo, Willyanto Anggono, & Julianto Setyawan, 2000). Kejadian pada batang torak yang mengalami kegagalan material terjadi pada mobil avanza 1500cc seri mesin K3-MC66021. Pemakaian mobil tersebut belum mencapai 1 tahun pemakaiannya, mobil tersebut dibeli pada bulan Oktober 2015 dan pada bulan April 2016 mengalami kerusakan pada bagian area ruang bakar meliputi *connecting rod* pada bagian dekat pangkal bing end, disebabkan oleh beberapa factor. Kegagalan *connecting rod* biasanya terjadi karena kelelahan dari material *connecting rod*. Untuk mengetahui penyebab kegagalan dari material *connecting rod*, dilakukan berbagai pengujian. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian kekerasan, pengujian komposisi kimia, dan pengujian struktur mikro. Dari pengujian tersebut dapat diketahui nilai kekerasan dari *connecting rod*, unsur penyusun *connecting rod* dan struktur mikronya (Suprihanto & Setyana, 2006)

2. Metode**2.1 Pengujian kekerasan**

Pada pengujian kekerasan metode yang digunakan ialah uji Vickers (Widiyawati, 2014) . Adapun langkah-langkah yang dipersiapkan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Material yang hendak dilakukan pengujian harus disiapkan
2. Material yang dipotong aksial dengan menggunakan mesin gergaji
3. Sampel material batang torak dipotong kembali secara radial untuk mendapatkan permukaan inti spesimen untuk dilakukan pengujian

4. Material yang akan dibuat spesiment dipoles dengan mesin poles untuk mendapatkan titik pengujian kekerasan
5. Setelah permukaan spesiment yang hendak dilakukan proses pengujian kekerasan, maka spesiment sudah dapat dilakukan pengujian kekerasan.
6. Spesiment yang sudah siap diletakkan pada meja pengujian kekerasan dengan metode Vickers.
7. Waktu penekanan untuk pengujian dilakukan sekitar 10 detik

2.2 pengujian komposisi kimia

Langkah –Langkah pengujian komposisi kimia adalah sebagai berikut:

1. pilih probe sesuai dengan jenis benda uji (Ferro atau non Ferro).
2. Nyalakn semua peralatan pendukung dan sambungkan dengan arus listrik.
3. Tunggu beberapa saat sampai spectrometer siap dilakukan pengujian (lebih kurang 60 menit)
4. Pilih menu sesuai dengan jenis pengujian
5. Lakukan standarisasi alat uji
6. Ssetelah standarisasi , lakukan pengujian pada sampel uji
7. Lakukan analisa sampel uji :
 - Letakkan sampel pada kedudukan kerja
 - Tekan start pada alat dimana analisa sampel mulai dilakukan penekanan tombol start jangan dilepas sampai bunyi spark berhenti.
 - Lakukan penembakan minimal 4 kali pada tempat yang berbeda
 - Setia selesai penembakan lakukan pembersihan pada pin penembak
 - Print hasil uji yang didapatkan.
8. Proses analisa selesai
9. Kembali ke menu utama. Matikan computer dan semua peralatan pendukung serta sambungan arus listrik (argon.printer.dll)
10. Pengujian selesai.

2.3 pengujian metalografi

Langkah –langkah pengujian metalografi adalah sebagai berikut:

1. Material connecting rod atau batang torak, diambil perwakilan berkisar ukuran 13mm x 9mm
2. Spesiment yang akan diuji kemudian di bingkai dengan menggunakan resin + hardener
3. Spesiment yang sudah disiapkan kemudian direndam dengan menggunakan resin + hardener dengan perbandingan 1: 50 kedalam cetakan sederhana.
4. Bingkai spesiment yang sudah keras lalu dikeluarkan dari cetakan dan siap dilakukan proses pengamplasan.
5. Spesiment yang telah dibingkai kemudia dilakukan proses pengamplasan dengan keekasaran amplas 240,400,800,1000,1200,1500,dan 2000.
6. Spesiment yang sudah di amplas kemudian dipoles dengan menggunakan pasta alumina
7. Langkah selanjutnya, spesiment dipoles dengan etsa yaitu dengan campuran ethanol, nitrit acid dengan perbandingan 1:50 dengan tujuan agar dapat membuka struktur micro baja
8. Alat uji microscope optic diaktifkan
9. Spesiment diletakkan di meja uji
10. Pemeriksaan struktur mikro untuk pengujian dilakukan dengan pembesaran sebanyak 5 kali (5x, 10x,20x,50x, dan 100x)

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Spesifikasi material

Properties	Metric	Imperial
Tensile strength	745 MPa	108000 psi
Yield strength	470 MPa	68200 psi

Bulk modulus (typical for steel)	140 GPa	20300 ksi
Shear modulus (typical for steel)	80 GPa	11600 ksi
Elastic modulus	190-210 GPa	27557-30458 ksi
Poisson's ratio	0.27-0.30	0.27-0.30
Elongation at break	22%	22%
Reduction of area	50%	50%
Hardness, Brinell	217	217
Hardness, Knoop (converted from Brinell hardness)	240	240
Hardness, Rockwell B (converted from Brinell hardness)	95	95
Hardness, Vickers (converted from Brinell hardness)	228	228

Table 2. Komposisi kimia

Element	Content (%)
Iron, Fe	95.195 - 96.33
Nickel, Ni	1.65 - 2.00
Chromium, Cr	0.700 - 0.900
Manganese, Mn	0.600 - 0.800
Carbon, C	0.370 - 0.430
Molybdenum, Mo	0.200 - 0.300
Silicon, Si	0.150 - 0.300
Sulfur, S	0.0400
Phosphorous, P	0.0350

Sumber : AISI 4340

Material Connecting Rod



Gambar 1. Titik pembebanan dari pengujian kekerasan

Data Hasil Pengujian Kekerasan Connecting Rod

Berikut tabel perhitungan hasil nilai kekerasan dari specimen Connecting Rod (4).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Kekerasan spesimen 1

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan pada tiap titik(VHN)	Rata rata nilai kekerasan Connecting Rod 1
1	156	

2	137	125.9 VHN
3	84,7	

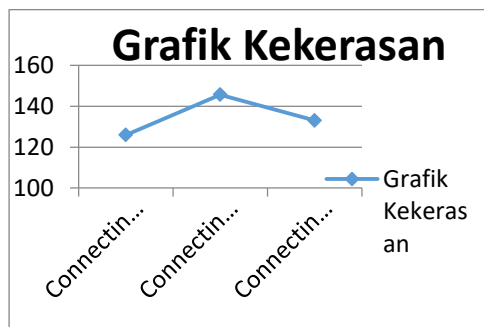
Tabel 4 Hasil Perhitungan Nilai Kekerasan specimen 2

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan pada tiap titik(VHN)	Rata rata nilai kekerasan Connecting Rod 2
1	140	145.6 VHN
2	138	
3	159	

Tabel 5 Hasil Perhitungan Nilai Kekerasan specimen 3

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan pada tiap titik (VHN)	Rata rata Nilai Kekerasan pada Connecting Rod 3
1	128	133 VHN
2	134	
3	137	

Dari perhitungan hasil pengujian kekerasan pada Connecting Rod didapat nilai kekerasan yang berbeda beda pada tiap titik.



Gambar 2. Grafik Nilai Kekerasan Connecting Rod

Analisa Nilai Kekerasan Pada Connecting Rod

Berdasarkan dari pengujian *vickers*, bahwa nilai rata-rata kekerasan pada Connecting Rod adalah 134.8 VHN. Sementara untuk standar kekerasan pada Connecting Rod dengan minimal nilai kekerasan yang harus dipenuhi adalah 228 VHN. Pada pengujian kekerasan yang telah dilakukan dengan jenis *Vickers* maka dapat dibandingkan bahwa nilai kekerasan yang diperoleh pada connecting rod pertama dan connecting rod pembanding yakni selisih nilai kekerasan tidak terlalu jauh dengan nilai kekerasan connecting rod (5) pertama 125,9 VHN, connecting kedua 145,6 VHN dan connecting rod ketiga 133 VHN. Tentu saja nilai tersebut jauh dari nilai ditetapkan, sementara untuk standard kekerasan pada connecting rod dengan AISI 4340 minimal nilai kekerasan yang harus dipenuhi adalah 228 VHN.

Dilihat dari hasil pengujian didapat nilai kekerasan pada titik pertama, kedua dan ketiga pada connecting rod yang berbeda didapatkan nilai beragam untuk titik pertama sebesar 156,140,128 VHN. Pada titik kedua 137,138,134 VHN. Dan titik ketiga 84.7, 159, 137 VHN. Dimana nilai kekerasan yang di peroleh antara titik pengujian dan nilai kekerasan yang harus di penuhi tidak sesuai. Sehingga dapat dianalisa semakin kecil nilai maka kekerasan yang ada pada material akan berkurang, sedangkan nilai kekerasan yang besar akan semakin kerasnya kekuatan sebuah material.

Ketika connecting rod pada proses pembakaran temperatur nya mencapai 300°C temperatur yang dihasilkan didalam ruang bakar akan mempengaruhi komponen, dimana pada temperatur tersebut fasa ferrit mulai terbentuk,sehingga kekerasan yang ada pada material tidak tinggi (3).

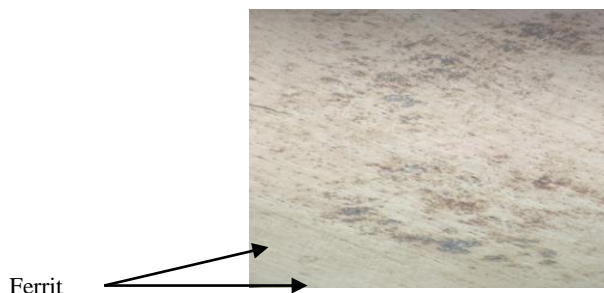
Analisa Pengujian Metalografi

Pengujian Metalorgrafi untuk struktur mikro pada Connecting Rod , dengan diketahuinya jenis struktur mikro pada material. Maka akan diketahui pula sifat dari material itu sendiri. Pengamatan struktur mikro dilakukan setelah specimen yang telah dipotong dilakukan pembersihan, pemolesan dan pengetsaan. Berikut hasil pengujian struktur mikro pada Connecting Rod 1:



Gambar 3 Struktur mikro dengan pembesaran 5x

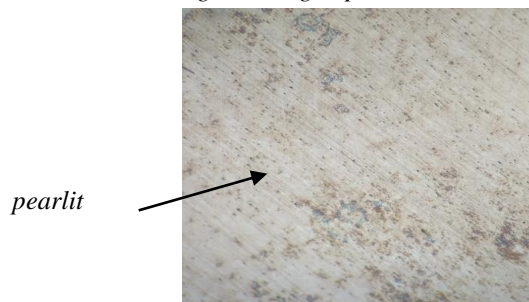
Darigambar diatas pada pembesaran 5x terlihat terdapatnya bintang - bintang putih yang menandakan fasa ferrit (berwarna terang) terjadi pada temperatur 400°C dengan kelarutan karbon 0,8%, dengan fasa pearlit (berwarna gelap) terbentuk pada temperatur dibawah 723°C -900°C bersamaan dengan fasa ferrit.



Gambar 4 Struktur mikro dengan pembesaran 10x

Pada gambar dengan pembesaran 10x. batas butir pada permukaan terlihat jelas fasa ferrit dan perlit dengan diketahuinya fasa perlit (berwarna gelap) (4) dan sisa nya fasa ferrit yang (berwarna terang) hampir disetiap tempat. Fasa ferrit terjadi pada temperatur 400°C dengan kelarutan karbon 0,008% .

Pengamatan struktur mikro connecting rod dengan pembesaran 20X

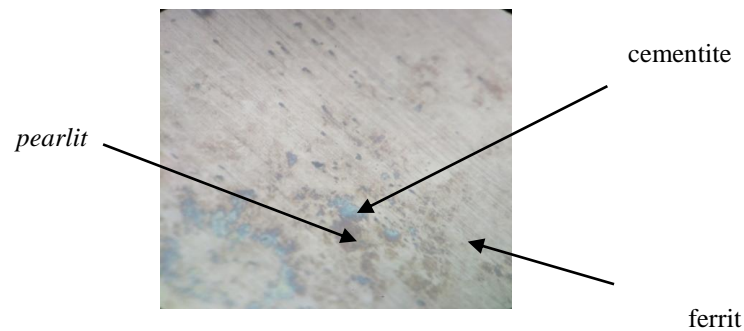


Gambar 5. Struktur mikro dengan pembesaran 20x

Pada gambar 5 dengan pembesaran 20x terlihat batas connecting rod dengan pembesaran normal.

butir pada fasa perlit (berwarna gelap) nampak jelas pada satu tempat terbentuk pada temperatur dibawah 723°C sampai 300°C dengan kadar karbon sebesar 0,8%. Sedangkan pada fasa ferrit (berwarna terang) masih terlihat dominan pada setiap tempat permukaan dengan hitam untuk kelarutan karbon 0,008%.

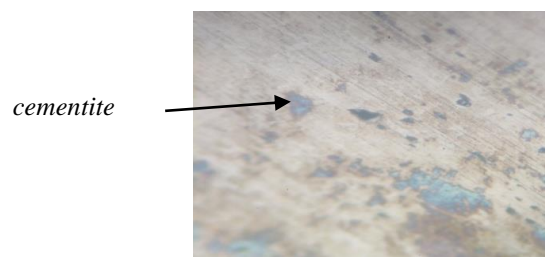
Pengamatan struktur mikro connecting rod dengan pembesaran 50X



Gambar 6. Struktur mikro dengan pembesaran 50x

Pada gambar diatas pada pembesaran 50x. batas butir pada permukaan semakin jelas pada fasa ferrit dan fasa peralit. Untuk fasa perlit (berwarna gelap) daerah permukaan semakin jelas terlihat dan untuk ferrit (berwarna terang) tetap masih mendominasi pada setiap sisi permukaan untuk kelarutan kadar karbon pada ferrit sebesar 0,008% pada temperatur 723°C

Pengamatan struktur mikro connecting rod dengan pembesaran 100X



Gambar 7. Struktur mikro dengan pembesaran 100X

Dari pengamatan struktur mikro, dapat dilihat bahwa Connecting Rod memiliki fasa beragam mulai dari ferrit, cementite, dan pearlite semakin jelas pada pembesaran 100X. Terlihat bercak putih yang menandakan keberadaan ferrit (berwarna terang) pada struktur mikro tersebut, pada gambar makin terlihat pearlit yang (berwarna gelap) kehitaman, dan yang berwarna putih untuk cementite. terdapat juga fasa α 1 yang mengintsi dan tumbuh terjadi pada temperatur 723°C dengan kandungan karbon 0.50%. Batas butir menjadi terlihat didominasi oleh fasa ferrit, pearlit dan sedikit cementite..sehingga dapat diasumsikan bahwa material *Connecting Rod* bersifat ulet keras tapi rapuh dan kuat. menyebabkan komponen mengalami patah 2 bagian berbeda.

Pada hasil pengujian Masing masing gambar mempunyai struktur mikro yang berbeda. dimana setelah dilakukan pengujian metalografi dapat dibahas bahwa pada pendinginan lambat, mulai terbentuk ferrit pada bagian ujung dan sepanjang batas butir austenite, baja karbon yang paling mendekati adalah baja karbon sedang. Hal ini sesuai dengan apa yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. paduan logam dalam bentuk dua fasa atau lebih yang dipanaskan pada suhu tertentu maka senyawa fasa akan larut-padat dalam satu fasa lain yang relative homogen.

Analisa Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi apa saja yang terkandung pada *Connecting Rod*, dengan mengetahui komposisi material yang terkandung pada specimen uji.

Tabel 6 Hasil uji komposisi kimia pada Connecting rod

UNSUR	PERSENTASE %
C	0.23
CR	0.018
Mn	0.206
Si	0.105
S	0.016
P	0.015
Fe	94.41

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian bahan terhadap specimen ditemukan kekurangan suatu komposisi material yang diuji cobakan baik dari kadar Carbon, Chromium, Mangan, Silicon, sulfur,. Semua komposisi material jauh dari nilai komposisi yang telah di tentukan. Dengan nilai Carbon sebesar 0.23% Mangan Mn 0,206% chrom Cr 0.018%, silicon Si 0.105%, sulfur 0,016% . dibandingkan dengan komposisi pada baja AISI 4340 dengan kandungan carbon yang harus dipenuhi carbon C 0.37% -0.43%, Mangan Mn 0,6 -0,8 %, Cr 0.7% -0,9%, silicon Si 0.15% -0,30%, sulfur S 0,040%. bisa di analisa bahwasanya komponen Connecting Rod memiliki kadar karbon yang rendah..perbedaan kekerasan ,kekuatan dan keuletan pada struktur mikro akan menimbulkan tegangan dalam yang besar yang akhirnya mengakibatkan terjadinya keretakan.sebab-sebab Kurangnya unsur karbon pada komponen akan sangat mempengaruhi sifat kekerasan yang ada, bahkan unsur yang lainya jika tidak sesuai akan berdampak pada sifat mekanik yang dimiliki komponen batang piston. Sehingga komposisi kimia pada komponen yang dipakai untuk pembuatan Connecting Rod. Tidak sesuai dalam kategori normal dan menunjukkan kekurangan dari hampir semua unsur.

Daftra Pustaka

- Rahardjo Tirtoatmodjo, Willyanto Anggono, & Julianto Setyawan. (2000). PENINGKATAN UNJUK KERJA MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH DENGAN PENGGUNAAN BUSI SPLITFIRE SF392D DAN KABEL BUSI HURRICANE. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Suprihanto, A., & Setyana, B. (2006). PENGUJIAN MEKANIK DAN FISIK PADA METAL MATRIX COMPOSITE (MMC) ALUMINIUM FLY ASH. *ROTASI*.
- Widiyawati, F. M. achyarsyah. E. hidayat. (2014). ANALISIS SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL AISI 4140 dan CREUSABRO 8000 UNTUK APLIKASI GIGI BUCKET PRODUKSI PT. POLMAN SWADAYA. *Tugas Akhir*.