

## KARAKTERISASI PROSES PEMBUATAN AXLE BOTTOM BRACKET THREE PIECES PADA SEPEDA

Sri Nugroho\*<sup>dan</sup>Aryo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

\*E-mail: [srinugroho@undip.ac.id](mailto:srinugroho@undip.ac.id)

### ABSTRAK

Dengan berkembangnya olah raga dalam bersepeda menuntut para pengguna untuk mengganti komponen dari sepeda yang telah rusak. Salah satu komponen yang sering kali diganti dalam penggunaannya yaitu poros dari engkol sepeda. Sehingga salah satu komponen penting dalam sistem penggerak sepeda ini dijadikan komponen utama dalam sepeda. Yaitu axle bottom bracket adalah poros yang menghubungkan kedua engkol pada sepeda sehingga dapat berputar secara bebas. Untuk itu penulis melakukan penelitian dan analisa.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan mikro vickers dan pengujian mikrografi. Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui elemen elemen penyusun dari material, pengujian kekerasan mikro Vickers bertujuan untuk mengetahui kekerasan dan kekuatan bahan. Pengujian mikrografi bertujuan untuk dapat mengetahui struktur dari suatu logam dengan memperjelas batas-batas butir logam. Setelah mendapatkan hasil dari pengujian kemudian dilakukan analisa hasil pengujian.

Berdasarkan uji komposisi kimia untuk axle cotter termasuk dalam baja SAE 1020 mempunyai kandungan karbon(C) antara (0.18-0.23)% dan untuk axle nut termasuk dalam baja SAE 1023 mempunyai kandungan karbon(C) antara (0.22-0.0.28)% pada axle bolt termasuk dalam baja SAE 1527 mempunyai kandungan karbon (C) antara (0.22-0.29)%. Menurut tabel metal handbook nilai kekerasan steel 1020 sebesar 121 HB (123.3 HV). Untuk steel 1023 sebesar 116 HB (128 HV) untuk steel 1527 sebesar 149 HB (153.3 HV) hal ini terjadi karena adanya proses carburizing waktu pembuatannya. Berdasarkan uji struktur mikro fasa pada axle bolt dan axle nut yaitu martensite dan axle cotter fasanya ferit dan perlit sehingga berdasarkan dari beberapa pengujian standar yang dilakukan karakteristik ketiga material axle tersebut dapat menahan beban yang diterima.

**Kata Kunci:** Axle bottom bracket, karakteristik, struktur mikro

### PENDAHULUAN

Di masa kini penggunaan sepeda kian marak penggunaannya, salah satu contohnya yaitu sebagai sarana berolah raga. Dengan berkembangnya olah raga dalam bersepeda menuntut para pengguna untuk mengganti komponen dari sepeda yang telah rusak. Salah satu komponen yang sering kali diganti dalam penggunaannya yaitu poros dari engkol sepeda. Sehingga salah satu komponen penting dalam sistem penggerak sepeda ini dijadikan komponen utama dalam sepeda. Yaitu *bottom bracket* adalah bagian yang menghubungkan kedua engkol pada sepeda sehingga dapat berputar secara bebas.

Penggunaan *bottom bracket* yang awalnya digunakan di negara daerah eropa perlahannya waktu penggunaan *bottom bracket* tersebut sudah sampai ke negara asia. Poros (*axle bottom bracket three pieces*) adalah komponen pada bagian penggerak sepeda terbuat dari baja yang digunakan sebagai pemutar engkol gigi sepeda dan terdapat bantalan untuk memutar baja bola kecil (*bearing*).

*Axle bottom bracket* berbentuk silinder dan terdapat rumah bantalan *bearing*, memiliki pengunci engkol pada kedua ujungnya, letak *axle* terdapat pada bagian rangka bawah pada sepeda yang menghubungkan rangka bawah dengan rangka yang belakang jika terlalu lama dalam penggunaannya maka akan terjadi keausan pada *axle* dan mempengaruhi cara

kerjanya. Banyak penyebab keausan yang dikarenakan bahan dari material tersebut dan juga pemasangan dari pengunci *bottom bracket* yang terlalu kencang. Waktu penggunaan yang terlalu lama sampai hilangnya pelumas pada *axle* sepeda juga dapat menjadi penyebab keausan. Sehubungan dengan adanya gesekan dalam cara kerja *axle bottom bracket* sepeda akan mengakibatkan keausan pada material tersebut serta dapat menambah aus *axle* pada dudukan *bearing*, dari penyebab adanya keausan yang terjadi disebabkan seringnya bongkar pasang dalam penggantian engkol roda gigi (*crank arm*), ataupun karena kurangnya pelumas pada *bearing* dan masih banyak penyebab dari keausan pada *axle*. Dalam penggunaan *bottom bracket* pada sepeda, pengunci harus benar-benar terpasang dengan pas dan benar jika pemasangan pada pengunci tidak pas dan longgar akan mengakibatkan kerusakan dan penggunaan yang tidak nyaman.

Ada bermacam-macam bentuk dari *axle bottom bracket* dan sesuai dengan jenis *bottom bracket* dan juga yang membedakan dari jenis sepeda yang digunakan. Perbedaan dari *axle bottom bracket* terdapat pada bagian ujungnya yang berfungsi sebagai pengunci dari engkol (*crank arm*). Dengan adanya kebutuhan para pengguna sepeda yang mengharuskan penggantian komponen *axle bottom bracket* tersebut, dibeli dari beberapa penjual yang ada. Di pasaran komponen sepeda *axle* tersebut hampir semua *axle* yang

dijual ternyata produk luar negeri dari negara daratan cina dan melihat dari segi pembuatannya, negara sendiri seharusnya bisa bahkan mampu untuk memproduksi dalam skala besar karena di negara sendiri banyak terdapat rumah industri atau perusahaan *manufacture* di bidang material, maka untuk selebihnya *axle bottom bracket* ini dilakukan penelitian.

Pada tugas akhir ini mengkaji beberapa sifat mekanis poros dari hasil pengujian dan analisa yang dapat diketahui dalam proses pembuatannya *axle bottom bracket* yang sudah ada di pasaran, sehingga para produsen atau pembuat komponen sepeda lokal dapat memproduksi komponen *axlebottom bracket*.

### Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui karakteristik dari sifat mekanis material *axle bottom bracket* yang meliputi unsur komposisi, nilai kekerasan dan struktur mikro dari material *axle bottom bracket* atau poros pada engkol sepeda agar membantu para produsen komponen sepeda lokal untuk dapat memproduksi.

### Metodologi Penelitian

Dalam tugas akhir ini penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan penting, yaitu: menentukan tujuan dari penelitian, menentukan prosedur penelitian, melakukan pengujian dan analisa terhadap hasil pengujian.

### Bahan Pengujian

Bahan pengujian yang dilakukan dalam penelitian adalah poros (*axle*). Pada gambar 1 adalah macam *axle* yang akan dilakukan pengujian.



Gambar 1. Potongan spesimen uji

### Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia digunakan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam material. Dari komposisi serta kandungan utama dalam material akan digunakan untuk menentukan jenis material baja karbon dengan alat uji spektrometer.

Prosedur dalam pengujian ada empat tahap, yaitu:

1. Mempersiapkan benda uji

Meratakan benda uji dengan menggunakan gerinda perata. Lalu membersihkan dan mengeringkan benda uji yang sudah diratakan agar bebas dari lemak, kotoran dan sentuhan tangan.

2. Memasang benda uji pada ruang penembakan

Mengatur ketinggian penekanan sesuai dengan ketebalan benda uji dan memastikan posisi benda uji menutupi lubang penembakan, menutup pintu ruang penembakan hingga terkunci dengan benar.

3. Memulai pengujian komposisi elemen paduan.

Membuka kolom analisis yang terdapat pada layar komputer, memilih baris *routine analysis* dengan menggunakan *mouse pointer*. Kemudian memilih baris *unknown %* dengan cara mengklik baris tersebut atau dengan cara menekan tombol F2. Memilih salah satu program yang sesuai dengan bahan yang akan diuji dengan cara mengklik *change task*. Memastikan pada kolom *analytical programe* tertulis program yang kita tulis disisi paling kiri. Kemudian mengklik *select* dan memilih juga program yang sesuai dengan bahan yang akan diuji. Memilih kolom *sample indentifier*, lalu mengisi semua kotak dengan data-data pengujian yang akan dilakukan. Melakukan penembakan (*sparking*) dengan cara mengklik *sample detail ok* atau dengan cara menekan tombol *enter* pada *keyboard*. Mengubah posisi benda untuk melakukan penembakan berikutnya pada benda uji yang sama, sehingga tidak terjadi penembakan pada daerah yang sama. Kemudian melakukan penembakan sekali lagi dengan mengklik *analyze again* atau menekan tombol *enter*. Memeriksa apakah data yang muncul dari beberapa kali pengujian sudah memenuhi standar deviasi yang ditentukan atau belum. Jika belum maka kembali ke langkah 3.9. Mengklik *analysis complete* kemudian mengklik *continue*. Mengklik *yes* pada perintah selanjutnya jika data akan disimpan dan mengklik *no* jika data tidak disimpan.

4. Mencetak data komposisi elemen paduan dalam bentuk dokumen.

### Pengujian Mikrografi

Pengujian Mikrografibertujuan untuk mengetahui struktur mikro dari suatu material. Serta mengetahui struktur dari logam dengan memperjelas batas-batas butir logam. Dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Program Diploma Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta.



Gambar 2. Alat uji struktur mikro



**Gambar 3.** Spesimen pengujian a). *Axle Cotter* b). *Axle Bolt* c). *Axle Nut*

Prosedur pengujian metalografi alat untuk pengamatan struktur mikron dapat dijelaskan sebagai berikut:

Spesimen yang telah dipotong sehingga diperoleh benda uji seperti terlihat pada Gambar 3. Permukaan spesimen yang akan di amati harus bersih, kering, dan telah mengalami proses pemolesan (*polishing*) dengan menggunakan amplas, kemudian alumina untuk mendapatkan permukaan spesimen yang rata, bebas dari kotoran, tidak berminyak dan mengkilap sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil pemotretan yang baik. Melakukan etsa dengan menggunakan  $HNO_3$  pada permukaan spesimen, untuk membersihkan sisa-sisa *polisher* pada saat pemolesan. Selain itu juga untuk memunculkan batas butir permukaan benda uji yang akan diamati. Setelah di lakukan etsa, permukaan benda uji dibersihkan dengan *aquades*, kemudian mengeringkannya dengan *hairdrayer*. Melakukan pengamatan terhadap permukaan dengan menggunakan mikroskop. Pemotretan dilakukan dengan menggunakan perbesaran 200 kali. Hasil pemotretan berupa foto mikrografi.

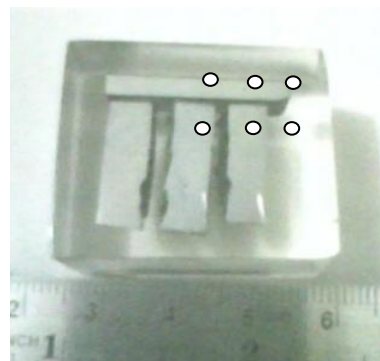
### Kekerasan Mikro Vickers

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan kekerasan mikro *vickers*. Spesimen uji kekerasan dibuat dari sisi spesimen uji mikro dengan terlebih dahulu diratakan dan dihaluskan dengan menggunakan mesin amplas.

Gambar 4 menunjukkan Skema dan letak titik-titik uji kekerasan mikro *vickers* pada spesimen.



**Gambar 4.** Alat uji kekerasan mikro *vickers*



**Gambar 5.** Spesimen dan letak titik-titik uji kekerasan mikro *vickers*

Langkah-langkah yang digunakan dalam pengujian kekerasan mikro *vickers* adalah sebagai berikut :

- Membersihkan dan mengamplas permukaan spesimen sehingga kedua permukaan rata dan sejajar seperti terlihat pada Gambar 3.6.
- Memasang spesimen pada anvil dan memutar *handwell* hingga spesimen tercekam cukup kuat dan jarum kecil tepat pada garis merah.
- Mengatur jarum pada posisi nol. Melakukan pembebanan sebesar 200 gf dengan memutar tuas pembebanan.
- Memutar tuas *unloading* untuk menghilangkan pembebanan setelah 5 detik.
- Mencatat diameter yang ditunjukkan.
- Mengulangi pengujian dari langkah 1 sampai 7 sampai diperoleh 8 titik untuk tiap sampel.

Data dan analisis dijabarkan berdasar urutan sebagai berikut: hasil pengujian komposisi ketiga *axle bottom bracket three pieces* dengan spektrometer, struktur mikro menggunakan mikroskop optik, dan hasil uji kekerasan menggunakan mikro *vickers*.

### Analisis Uji Komposisi

Berikut ini adalah hasil dari pengujian komposisi kimia logam *axle cotter*, *axle bolt*, *axle nut* yang dilakukan di Lab. Bahan Teknik S1 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

**Tabel 1.** Hasil uji komposisi *axle cotter*

unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu
%	0.22 32	0.18 83	0.01 36	0.01 1	0.48 63	0.00 33	0.01 19	0.00 94
Mo	W	Ti	Sn	Al	Pb	Ca	Zn	Fe
0.00 04	0.00 09	0.00 34	0.00 09	0.01 83	0.00 53	0.00 22	0.00 57	99.0 2

**Tabel 2.** Hasil uji komposisi *axle bolt*

unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu
%	0.26 4	0.32 48	0.00 43	0.00 41	1.48 37	0.01 4	0.10 98	0.01 01
Mo	W	Ti	Sn	Al	Pb	Ca	Zn	Fe
0.0 04	0.00 47	0.03 96	0.00 1	0.06 19	0.00 58	0.00 16	0.00 69	97.6 6

**Tabel 3.** Hasil uji komposisi *axle nut*

unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu
%	0.264	0.2646	0.0575	0.0056	0.5261	0.0062	0.0188	0.0154
Mo	W	Ti	Sn	Al	Pb	Ca	Zn	Fe
0.0026	0.0017	0.0149	0.0007	0.0188	0.0028	0.0053	0.0064	98.82

Dari hasil pengujian uji komposisi, maka ketiga *axle bottom bracket* termasuk dalam golongan baja karbon rendah (*low carbon steel*).

**Tabel 4.** Komposisi AISI 1020

baja	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
AISI 1020	0.18-0.23	0.15-0.35	0.30-0.60	0.3	0.35
Cotter	0.2232	0.1883	0.4863	0.011	0.0136

Tabel 4. untuk *axle cotter* dari hasil pengujian komposisi yaitu termasuk dalam SAE AISI 1020 dengan unsur karbon C sebesar 0.2232% yaitu diantara (0.18-0.23)% C.

**Tabel 5.** komposisi AISI 1023

baja	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
1023	0.20-0.25	0.15-0.35	0.30-0.60	0.03	0.035
Nut	0.2371	0.2646	0.5261	0.0056	0.0575

Pada *axle nut* hasil dari pengujian komposisi termasuk dalam SAE AISI 1023, dengan kandungan karbon C sebesar 0.2371% yaitu diantara (0.20-0.25)% C.

**Tabel 6.** komposisi AISI 1527

baja	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
1527	0.25-0.35	0.30-0.60	1.00-1.60	0.04	0.04
bolt	0.264	0.3248	1.4837	0.0041	0.0043

Pada *axle bolt* dari hasil pengujian komposisi yaitu termasuk dalam SAE AISI 1527 pada kandungan *axle bolt* terdapat unsur C karbon sebesar 0,264 termasuk antara (0.25-0.35)% C dan Mn yaitu sebesar 1.4837 termasuk dalam (1.00-1.60)%.

**Tabel 7.** Komposisi kimia 1020 untuk karbon, karbon-manganese, silikon [11]

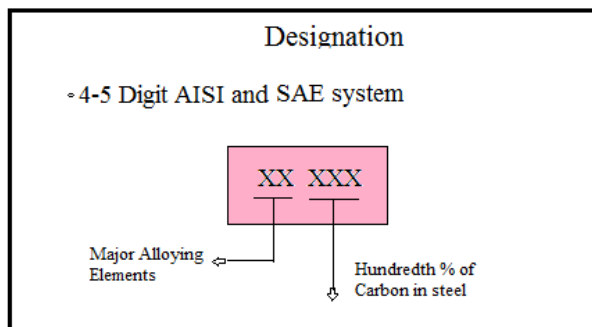
Nearest Grade SAE	JIS Number	Composition, wt%					
		C	Si	Mn	P	S	Other
G4051 (carbon steels)							
1020	S20C	0.18-0.23	0.15-0.35	0.30-0.60	0.3	0.35	
1020	S20CK	0.18-0.23	0.15-0.35	0.30-0.60	0.25	0.25	0.20Ni, 0.25Cu, Ni+Cr0.3

1023	S22C	0.20-0.25	0.15-0.35	0.30-0.60	0.03	0.035	
1025	S25C	0.22-0.28	0.15-0.35	0.30-0.60	0.03	0.035	

**Tabel 8.** Komposisi kimia 1527 untuk karbon, karbon-manganese, silikon [11]

Nearest Grade SAE	JIS Number	Composition, wt%				
		C	Si	Mn	P	S
5111 (not identified)						
1045	SCC5	0.40-0.50	0.30-0.60	0.50-0.80	0.05	0.05
1524	SCMn1	0.20-0.30	0.30-0.60	1.00-1.60	0.04	0.04
1527, 1536	SCMn2	0.25-0.35	0.30-0.60	1.00-1.60	0.04	0.04
1536	SCMn3	0.30-0.40	0.30-0.60	1.00-1.60	0.04	0.04
1541	SCMn5	0.40-0.50	0.30-0.60	1.00-1.60	0.04	0.04

Sistem penamaan yang telah dikenal luas adalah sistem AISI-SAE yang menggunakan 4-5 angka. Dua angka pertama menunjukkan elemen-elemen paduan utama (*Major Alloying Elements*) dan Dua atau Tiga angka sisanya menunjukkan prosentase karbonnya. Baja dengan nama AISI-SAE 1080 misalnya, adalah jenis baja karbon (*Plain Carbon Steel*) dengan kadar karbon 0.8%. Contoh dari baja jenis ini adalah baja kawat piano. Kawat piano memiliki struktur *pearlit* seluruhnya dan kekuatannya yang tinggi terutama diperoleh dari proses pengerjaan dingin pada proses produksinya[12].



**Gambar 6.** Sistem penamaan AISI-SAE[12]

**Tabel 9.** Tabel Sifat Mekanik Baja SAE 1020[13]

Properties	Conditions	
	T(°C)	Treatmnet
Density (x 1000 kg/m3)	7.7-8.03	25
Poisson's Ratio	0.27-0.3	
Elastic Modulus (Gpa)	190-210	
Tensile Strenght (Mpa)	394.7	

Yield Strength (Mpa)	294,8		
Elongation (%)	36,5	25	annealed at 870°C
Reduction in Area (%)	66,0		
Hardness (HB)	111	25	annealed at 870°C
Impact Strength (J)	123,4	25	annealed at 870°C

**Tabel 10.** Tabel Sifat Mekanik Baja SAE 1023[14]

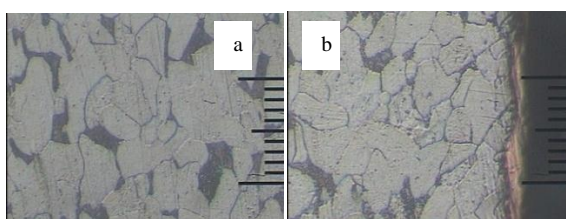
Properties	Conditions		
	T(°C)	Treatment	
Density (x 1000 kg/m3)	7858	25	
	0,27-		
Poisson's Ratio	0,3	25	
	190-		
Elastic Modulus (Gpa)	210	25	
Tensile Strength (Mpa)	425		
			cold drawn(round bar(19-23mm))
Yield Strength (Mpa)	360	25	
Elongation (%)	15	25	
Reduction in Area (%)	40		
			cold drawn(round bar(19-23mm))
Hardness (HB)	121	25	

**Tabel 11.** Tabel Sifat Mekanik Baja SAE 1527[15]

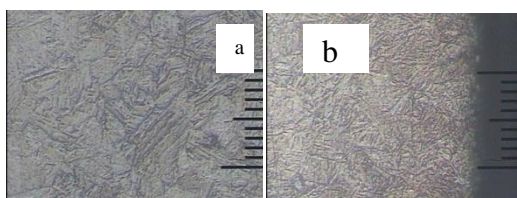
Properties	Conditions		
	T(°C)	Treatment	
Density (x 1000 kg/m3)	7,7-8,03	25	
	0,27-		
Poisson's Ratio	0,3	25	
Elastic Modulus (Gpa)	190-210	25	

**Analisis Struktur Mikro**

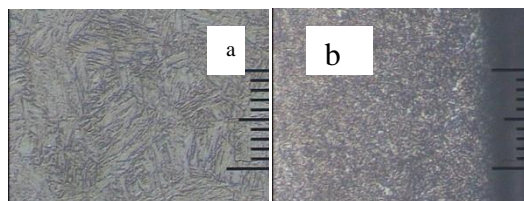
Pengujian struktur mikro dilakukan di D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Dengan menggunakan alat mikroskop optik perbesaran 200x.



**Gambar 6.** Struktur mikro axle cotter a).Bagian tengah b).Bagian tepi

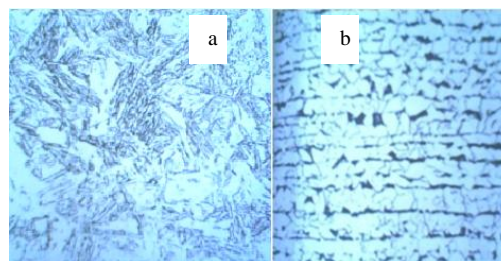


**Gambar 7.** Struktur mikro axle nut a). Bagian tengah b). Bagian tepi



**Gambar 8.** Struktur mikro axle bolt a).Bagian tengah b).Bagian tepi

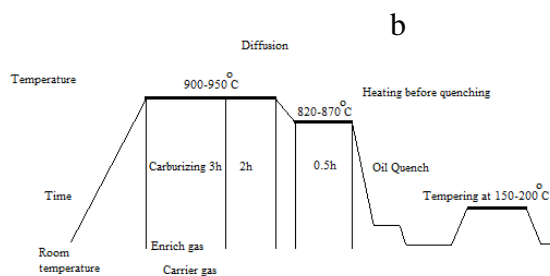
Pembahasan dari hasil gambar pengujian struktur mikro di atas adalah sebagai berikut.



**Gambar 9.** Struktur mikro a) martensite 0.2% C steel b) ferrite pearlite 0.2% C[16]

Proses pada gambar 4.5 a). Terbentuknya struktur martensit yaitu dengan perlakuan proses quenching dan temper yaitu setelah baja karbon melalui pemanasan lalu pendinginan cepat menggunakan air, kemudian bertahap pada suhu austenite mencapai temperatur 927<sup>0</sup> C selama 60menit kemudian didinginkan melalui media air, hingga sifat pada baja menjadi keras dan ulet. Pada gambar b).AISI SAE 1020 gambar struktur yang terlihat dengan diberi nital, bahwa ferit yang terlihat cerah putih sedangkan perlit terlihat gelap.

Dari gambar 4.3 (b) dan 4.4 (b) di atas dapat diketahui bahwa ada perbedaan gradasi antara bagian permukaan axle , akibat adanya proses carburizing. Pada bagian permukaan axle tersebut mempunyai struktur mikro martensite.



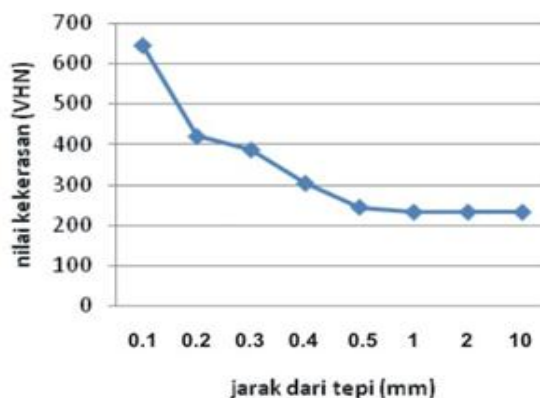
**Gambar 10.** Proses Carburizing[17]

Dilihat dari proses pembuatan carburizing pada gambar di atas carburizing berlangsung pada suhu 900-950°C. pada bagian tersebut akan terlalu keras dan rapuh. sehingga perlu di temper tambahan pada suhu 150-200°C untuk meningkatkan ketangguhan [17].

Proses *carburizing* berlangsung selama tiga jam, selama itu di semprotkan menggunakan gas. Setelah itu di diamkan selama dua jam, dan karbon tersebut berdifusi. Sebelum di *quenching* dengan menggunakan oli, material dipanaskan sekitar 820-870°C selama setengah jam. Lalu setelah itu ditemper dan di *quenching* lambat.

**Analisis Kekerasan Mikro.**

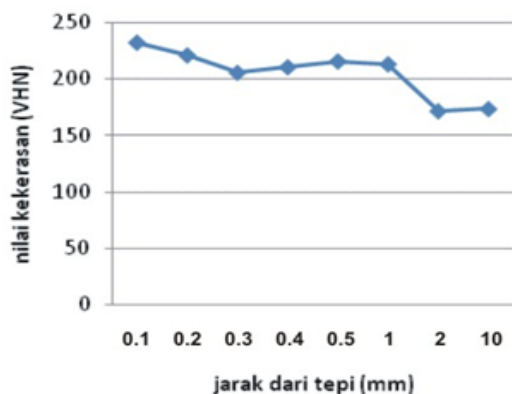
Pengujian kekerasan *Vickers Microhardness* yang dilakukan di Lab. Bahan Teknik D3 Universitas Gajah Mada Yogyakarta.



**Gambar 12.** Grafik kekerasan axle bolt

**Tabel 12.** Kekerasan mikro axle cotter

No	Jarak dari tepi (mm)	d1 (µm)	d2 (µm)	drata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)
1	0.1	40	40	40	231.8
2	0.2	40	42	41	220.6
3	0.3	42	43	42.5	205.3
4	0.4	42	42	42	210.2
5	0.5	41	42	41.5	215.3
6	1	42.5	41	41.75	212.8
7	2	46	47	46.5	171.5
8	10	47.5	45	46.25	173.4



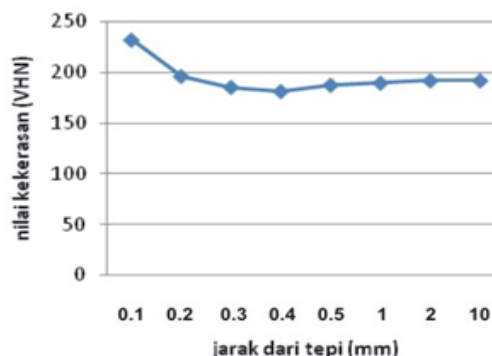
**Gambar 11.** Grafik kekerasan axle cotter

**Tabel 13.** Kekerasan mikro axle bolt

No	Jarak dari tepi (mm)	d1 (µm)	d2 (µm)	drata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)
1	0.1	23	25	24	643.9
2	0.2	30	29	29.75	419
3	0.3	27	35	31	385.9
4	0.4	36	34	35	302.8
5	0.5	38	40	39	243.8
6	1	40	40	40	231.8
7	2	40	40	40	231.8
8	10	40	40	40	231.8

**Tabel 14.** Kekerasan mikro axle nut

No	Jarak dari tepi (mm)	d1 (µm)	d2 (µm)	drata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)
1	0.1	40	40	40	231.8
2	0.2	43	44	43.5	196
3	0.3	45	44.5	44.75	185.2
4	0.4	44.5	46	45.25	181.1
5	0.5	45	44	44.5	187.3
6	1	44	44.5	44.25	189.4
7	2	45	43	44	191.6
8	10	43	45	44	191.6



**Gambar 13.** Grafik kekerasan axle nut

Nilai kekerasan tertinggi pada bagian tepi yaitu pada axle nut dan axle cotter sebesar 231,8 (VHN). Dan pada axle bolt sebesar 643,9 (VHN) terjadi penurunan nilai kekerasan pada pengujian mikro vickers yaitu pada jarak 2mm dari tepi, akibat dari penurunan tersebut adanya perlakuan kekerasan pada permukaan ketiga axle.

**Kesimpulan**

Dari hasil pengujian diperoleh sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian komposisi, diperoleh bahwa ketiga poros (axle) memiliki kandungan baja karbon (C)% rata-rata sebesar 0.23% dan termasuk dalam kandungan baja karbon rendah.

2. Dari hasil pengujian kekerasan, pada *axle cotter* nilai kekerasan bagian luar sebesar 231.8 VHN sedangkan untuk material SAE 1020 mempunyai nilai kekerasan 111 HB atau 115 VHN. Untuk *axle nut* nilai kekerasan bagian terluar sebesar 231.8 VHN sedangkan untuk material SAE 1023 mempunyai nilai kekerasan 121 HB atau 123 VHN. Untuk *axle bolt* nilai kekerasan bagian terluar sebesar 643.9 VHN sedangkan material SAE 1527 mempunyai nilai kekerasan 163.2 HB atau 178.8 VHN. Perbedaan nilai kekerasan tersebut disebabkan adanya proses *case carburizing* pada material SAE 1023 dan SAE 1527 yang digunakan untuk pembuatan material *axle bottom bracket*.
3. Dari hasil pengujian struktur mikro material *axle cotter* terlihat batas ferit dan perlit yang jelas, untuk *axle nut* dan *axle bolt* terlihat gradasi garis batas antara martensite. Hal ini menunjukkan bahwa untuk material *axle nut* dan *axle bolt* di *carburizing* pada bagian terluarnya.

#### Saran

Dalam penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian pada komponen penggerak sepeda lainnya yaitu pada crank arm atau juga disebut engkol gigi pada sepeda untuk mengetahui karakteristik masing-masing komponen.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.luxlow.com> (Diakses tanggal 1 Desember 2011).
2. <http://www.3 Piece Bottom Bracket Basics.htm> (Diakses tanggal 1 Desember 2011).
3. <http://www.Bottom bracket bearing> (Diakses tanggal 1 Desember 2011).
4. <http://www.POROS-SHAFT.htm> (Diakses tanggal 1 Desember 2011).
5. <http://www.Crank-axle%20Bearing%20Clipart.htm> (Diakses tanggal 1 Desember 2011).
6. [Adjustable cup- cup bottom brackets](#)chapter.9
7. <http://www.Three pieces BB basic> (Diakses tanggal 1 Desember 2011).
8. <http://www.Bottom bracket fsa.fsu> (Diakses tanggal 1 Desember 2011).
9. Callister, W. D., 2007, “*Materials Science and Engineering*”, 7<sup>th</sup> ed., John Wiley & Sons Inc., USA.
10. <http://garispandang.blogspot.com/2011/3/pengelo mpokan-baja.html>(Diakses tanggal 1 Desember 2011).
11. ASM Metals Handbook Vol 1, 1993, “*Carbon and low-alloy steels*, ASM International”,USA.
12. Sutopo, Rahmat, 2008, “*Pengetahuan Bahan*” Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
13. <http://eFunda Properties of Carbon Steel AISI 1020.htm> (Diakses tanggal 1 Desember 2011)
14. <http://eFunda Properties of Carbon Steel AISI 1023.htm> (Diakses tanggal 1 Desember 2011)
15. <http://eFunda Properties of Carbon Steel AISI 1527.htm> (Diakses tanggal 1 Desember 2011)
16. ASM Metals Handbook Vol 9, 2004, “*Metallography and microstructures*, ASM International”,USA