

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M3-009 PENGARUH NITRIDASI ION / PLASMA TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN DAN LAJU KEAUSAN PADA BAHAN *SPROCKET* SEPEDA MOTOR

Andika Wisnujati¹⁾, Mudjijana²⁾, Suprpto³⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta

E-mail : andika_wisnujati@yahoo.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik UGM

E-mail : mudjijana_tmugm@yahoo.com

³⁾ Peneliti di PTAPB BATAN Yogyakarta

praptowh@batan.go.id

Sprocket adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menghubungkan antara poros penggerak dengan poros yang digerakkan, serta mampu mentransmisikan daya besar dan tidak memerlukan tegangan awal. Pada komponen ini mudah terjadi aus karena gesekan dengan rantai sehingga perlu dilakukan pengerasan permukaan salah satunya dengan *plasma nitriding*. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan proses nitridasi ion/plasma bahan *sprocket* dari *mild steel* dibandingkan dengan produk *sprocket* asli terhadap perubahan kekerasan dan laju keausan.

Prosesnya adalah pada bahan *sprocket* asli dilakukan pengujian kekerasan dan laju keausan sebagai bahan pembanding. Bahan yang digunakan *sprocket* buatan dari *mild steel* dilakukan proses nitridasi plasma dengan variasi tekanan (1,2; 1,4; 1,6; 1,8) mbar dengan suhu $\pm 550^{\circ}\text{C}$ selama 6 jam. Optimalisasi proses nitridasi plasma dilakukan untuk menentukan nilai kekerasan *micro Vickers* yang maksimal dengan menggunakan mesin uji *micro Vickers* merk *Buehler*. Selanjutnya kondisi nitridasi kekerasan maksimal *sprocket* buatan dan asli, dilakukan pengujian ketahanan aus menggunakan mesin uji keausan tipe *disk on block* dengan merk *Riken-Ogoshi's Universal Wear* tipe OAT-U.

Kekerasan pada *sprocket* asli sebagai bahan pembanding mempunyai nilai kekerasan sebesar 716 VHN. Hasil pengujian kekerasan maksimal setelah proses nitridasi plasma pada *sprocket* buatan terjadi pada tekanan proses nitridasi 1,8 mbar selama 6 jam (dengan $V = 811$ Volt, $I = 475$ mA, dan $T = 553^{\circ}\text{C}$) dari kekerasan 220,4 VHN menjadi 945,91 VHN. Jadi, *sprocket* dari *mild steel* yang telah di nitridasi kekerasan meningkat 4,3 kali. Keausan spesifik pada *sprocket* asli didapatkan hasil rata-rata sebesar $10,59 \times 10^{-7}$ mm²/kg, sedangkan *sprocket* dari *mild steel* $6,33 \times 10^{-7}$ mm²/kg.

Kata kunci : *Sprocket*, *plasma nitriding*, kekerasan, keausan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. PENDAHULUAN

Teknologi dalam bidang otomotif terus berupaya menciptakan segala cara untuk mendapatkan keamanan dan kenyamanan dalam hal mengendarai kendaraan bermotor. Dengan semakin meluasnya penggunaan produk sepeda motor karena dianggap sebagai alat transportasi yang praktis, murah dan terjangkau harganya oleh masyarakat menengah kebawah, maka produsen sepeda motor tidak hanya mendapat keuntungan dari penjualan produknya saja, akan tetapi juga mendapat keuntungan dari layanan purna jual yang meliputi perawatan berkala dan penjualan komponen.

Pada kendaraan bermotor khususnya sepeda motor terdapat beberapa komponen mesin yang mempunyai fungsi sangat penting. Salah satu komponen mesin tersebut adalah *sprocket*. *Sprocket* pada sepeda motor berfungsi untuk menghubungkan antara poros penggerak dengan poros yang digerakkan, serta mampu mentransmisikan daya besar dan tidak memerlukan tegangan awal. Ditinjau dari keunggulan *sprocket* yang mampu mentransmisikan daya besar dan tidak memerlukan tegangan awal. Disisi lain juga memiliki kelemahan yaitu variasi kecepatan yang tidak tetap akibat adanya tumbukan antara rantai dengan kaki gigi *sprocket* sehingga menimbulkan getaran dan keausan pada permukaan.

Peningkatan kualitas permukaan *sprocket* dapat dilakukan dengan proses perlakuan permukaan dengan *thermochemical treatments* ada 4 macam : *Carburising*, *Carbonitriding*, *Nitrocarburising* dan *Nitriding*. Keempat proses tersebut pada dasarnya memiliki tujuan meningkatkan kualitas bahan baik dari kekerasan, keausan, dan ketangguhannya. Nitridasi ion (*plasma nitriding*) merupakan salah satu proses nitridasi yang merupakan perlakuan termokimia (*thermochemical treatment*). Proses plasma ini berlangsung pada suhu 450°C-560°C suhu ini dibatasi dibawah suhu 590°C yang merupakan suhu eutektoid pada diagram fasa Fe-N (Gambar 1). Banyak sebutan untuk istilah *plasma nitriding* seperti *plasma-ion nitriding*, *plasma-assisted nitriding*, *ion nitriding* dan *glow discharge nitriding*. *Plasma nitriding* pertama kali ditemukan oleh Bernhard Bergaus pada tahun 1930an ^[1].

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang perlakuan permukaan pada logam. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Widyantoro ^[2], tentang perbandingan sifat fisis dan mekanis *sprocket* sepeda motor Honda produk asli (*genuine parts*) dan produk lokal yang diperkeras permukaannya. Pada penelitian ini dilakukan pengerasan permukaan untuk meningkatkan daya tahan terhadap keausan pada jenis *sprocket* lokal dengan metode *pack carburising* pada suhu 900°C dengan variasi waktu proses 1, 2, dan 3 jam. Dilanjutkan proses *quenching* dari suhu 850°C pada media air dan *tempering* satu jam pada suhu 200°C. Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan dan didapatkan hasil kekerasan *sprocket* produk lokal yaitu 643 VHN hingga 190 VHN dari bagian permukaan hingga ke tengah gigi *sprocket*. Pada produk asli menunjukkan angka kekerasan *sprocket* yaitu 369 VHN hingga 143 VHN dari bagian permukaan hingga ke tengah gigi *sprocket*. Hasil uji komposisi kimia didapatkan bahwa produk asli adalah baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,524 % dan produk lokal dengan kadar karbon 0,197 %.

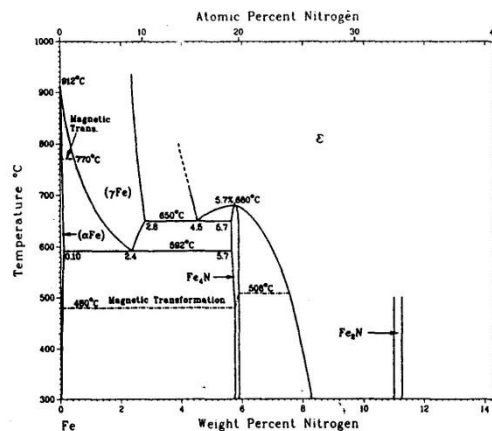
Penelitian lain yang dilakukan oleh Mudjijana, dkk. ^[3] tentang karakteristik roda gigi *carburized* bahan ST 42. Proses *carburized* pada penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan roda gigi dengan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

permukaan yang keras dan inti yang relatif ulet. Roda gigi dari ST 42 di *carburising* pada suhu 850°C, 900°C, 950°C dengan waktu tahan proses 2, 4, dan 6 jam. Dilanjutkan dengan perlakuan *quenching* dan *tempering* suhu rendah. Hasil terbaik pada suhu 850°C/6 jam dengan kekerasan permukaan maksimum 713 VHN dan kekerasan inti 171 VHN. Struktur kulit martensit temper, dan struktur inti perlit dan ferit kasar.

Penelitian mengenai pengaruh nitridasi ion terhadap kekerasan dan laju korosi yang pernah dilakukan oleh Wicaksana^[4], dengan pengaruh variasi tekanan pada proses nitridasi ion dengan material AISI 304 dan baja karbon rendah dengan menggunakan gas N₂ 100% (standar teknik) dengan waktu nitridasi 5 jam dan variasi tekanan (1,6 mbar; 1,8 mbar; 2,0 mbar; 2,2 mbar). Pada proses nitridasi plasma diperoleh hasil bahwa proses dengan menggunakan gas N₂ dan waktu nitridasi selama 5 jam diperoleh kekerasan permukaan yang maksimum pada tekanan 1,8 mbar. Untuk tekanan 1,8 mbar hasil uji korosi dalam larutan HCl 0,01 M, semua spesimen hasil nitridasi mengalami peningkatan laju korosi. Pada AISI 304, peningkatan laju korosi terendah terjadi pada tekanan 1,6 mbar, laju korosi material dasar sebesar 0,0574 mm/tahun dan setelah proses nitridasi sebesar 0,9955 mm/tahun.



Gambar 1. Diagram fasa besi - nitrogen (Fe-N)^[1].

Untuk baja karbon rendah peningkatan laju korosi terendah terjadi pada tekanan 2,0 mbar. Laju korosi dari material dasar sebesar 0,539 mm/tahun dan setelah proses nitridasi mengalami peningkatan menjadi 0,914 mm/tahun.

Terdapat 4 jenis keausan : keausan adesif (*adhesive wear*), keausan abrasif (*abrasive wear*), keausan erosif (*erosive wear*), dan keausan fatik atau keausan permukaan (*fatigue wear or surface wear*)^[5].

Dari berbagai penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis material dan variasi yang lain dalam proses perlakuan permukaan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Penulis akan mengadakan penelitian pada *front sprocket* sepeda motor Yamaha Vega produk asli (*genuine part*) dan dibandingkan dengan buatan sendiri. *Sprocket* adalah salah satu komponen yang sering diganti karena keausan pada permukaan giginya yang diakibatkan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

gesekan dengan rantai rol. Berdasarkan fungsinya maka *sprocket* mempunyai sifat keras pada permukaan, dengan bagian inti lunak dan ulet.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan *sprocket* asli dan buatan dibuat benda uji 1 (satu) buah untuk uji komposisi kimia dan struktur mikro, 2 (dua) buah untuk uji kekerasan dan keausan. Proses nitridasi plasma menggunakan 8 buah benda uji untuk 4 macam variabel tekanan vakum (1,2; 1,4 ; 1,6 ; 1,8 mbar) dan pada temperatur 550°C. Pada kondisi tekanan optimum yang menghasilkan kekerasan maksimum ditambah 2 benda untuk uji kekerasan, struktur mikro, dan keausan. Karakterisasi ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

a) Pengujian Komposisi Unsur

Pengujian komposisi unsur dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terkandung dalam bahan *sprocket* asli dan buatan. Dari prosentase unsur-unsur yang terkandung dalam bahan dapat diperkirakan sifat fisis dan mekanisnya dan juga sebagai acuan perlakuan (*treatment*) untuk membentuk sifat-sifat bahan yang diinginkan. Menurut Smith ^[6] batasan maksimum kandungan unsur berikut pada baja karbon adalah : Mn < 1%, S < 0,05%, P < 0,04% dan Si < 0,3%. Hasil pengujian unsur-unsur tersebut dibawah nilai maksimumnya, sehingga kedua bahan *sprocket* dapat dikelompokkan kedalam baja karbon seperti disajikan pada Tabel 1.

Sprocket produk asli dan buatan mempunyai kandungan karbon masing-masing sebesar : 0,2073 %C dan 0,2332 %C, sehingga kedua bahan *sprocket* tersebut termasuk dalam golongan baja karbon rendah. Baja ini memiliki nilai kekuatan dan ketangguhan yang tinggi.

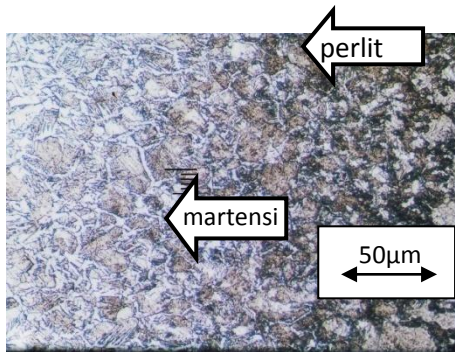
Tabel 1. Hasil uji komposisi unsur bahan sprocket

Unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo
Asli	0,2073	0,0140	0,0029	0,0150	0,3430	0,0064	0,0394	0,0052
Buatan	0,2332	0,3386	0,0178	0,0154	0,8110	0,0045	0,0428	0,0003

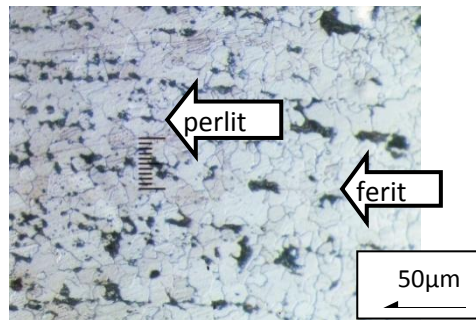
Cu	W	Ti	Sn	Al	Pb	Ca	Zn	Fe
0,0107	0,0007	0,0026	0,0016	0,0315	0,0024	0,0002	0,0043	99,31
0,0049	0,0025	0,0028	0,0008	0,0122	0,0045	0,0010	0,0072	98,50

b) Metalografi Sprocket Asli dan Buatan

Pemeriksaan metalografi bertujuan untuk mendapatkan foto struktur mikro *Sprocket* produk asli dan buatan. Pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa *sprocket* asli tersusun dari fasa martensit pada bagian ujung *sprocket*. Hal ini disebabkan pengaruh *carburising* yang terjadi pada *sprocket* asli. Gambar 3 menunjukkan struktur mikro bahan *sprocket* buatan tersusun dari fasa ferit dan perlit sesuai dengan susunan pada baja paduan karbon rendah yang bersifat ulet tetapi tidak terlalu keras.



Gambar 2. Foto mikro *sprocket* asli



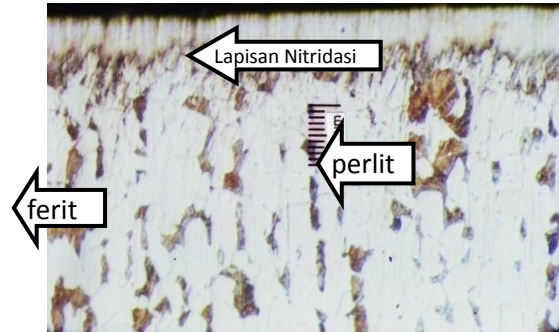
Gambar 3. Foto mikro bahan *sprocket* buatan

c) Proses Nitridasi Plasma

Dari Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa pada setiap variasi tekanan vakum pada proses nitridasi plasma dengan waktu konstan selama 6 jam didapatkan hasil yang bervariasi pada temperatur, tegangan, dan arus. Hal ini disebabkan pada proses nitridasi plasma akan terjadi kesetimbangan setiap komposisi gas N_2 . Proses nitridasi plasma ini, dilakukan pada variasi tekanan vakum yang berbeda dan temperatur proses dijaga agar mendekati temperatur $550^\circ C$. Untuk mendapatkan temperatur tersebut, dilakukan dengan mengatur besar tegangan antara katoda dan anoda, perubahan tegangan ini akan berpengaruh pada besar arus. Ketika kondisi proses nitridasi plasma stabil (setimbang), perubahan dari temperatur dan arus sangat lambat dan dapat dianggap stabil.

Tabel 2. Proses Nitridasi Plasma dengan Variasi Tekanan dan Suhu $\pm 550^\circ C$ Selama 6 jam dan Menggunakan Gas N_2

<i>Sprocket</i> Buatan			
Tekanan vakum (mbar)	Temperatur ($^\circ C$)	Tegangan (Volt)	Arus (m Amp)
1,2	523	853	281
1,4	537	870	330
1,6	547	880	472
1,8	553	811	475



Gambar 4. Foto mikro melintang hasil nitridasi plasma *sprocket* buatan

Hasil pemeriksaan metalografi pada *sprocket* buatan yang di nitridasi pada kondisi optimal (tekanan vakum 1,8 mbar), ditunjukkan pada Gambar 4 .

Dari proses nitridasi plasma yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa lapisan tipis pada permukaan melintang pada *sprocket* buatan. Pada Gambar 4 tampak lapisan tipis nitridasi yang berupa *white layer* dimungkinkan Fe_4N (nitrida besi) terbentuk pada permukaan bahan.

d) Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui angka kekerasan masing-masing bahan *sprocket* dan membandingkan angka kekerasan kedua bahan tersebut, dimana angka kekerasan dari bahan *sprocket* erat hubungannya dengan jenis struktur mikronya. Pengujian dilakukan pada bahan *sprocket* buatan sebelum dan sesudah dilakukan proses nitridasi, dan dibandingkan dengan angka kekerasan dari *sprocket* produk asli. Titik pengujian kekerasan dilakukan pada daerah sekitar gigi *sprocket*, karena sering mengalami keausan akibat gesekan dengan rol rantai. Pengujian dilakukan sebanyak 10 titik mulai dari daerah ujung permukaan gigi *sprocket* hingga ke bagian tengah untuk mengetahui perbedaan angka kekerasannya. Hasil pengujian disajikan pada tabel 3. Pada proses nitridasi plasma didapatkan kekerasan optimum pada tekanan vakum 1,8 mbar, hal ini disebabkan karena konsentrasi gas N_2 pada tekanan 1,8 mbar semakin tinggi, maka kerapatan atom nitrogen yang terionisasi dan terdeposisi pada permukaan makin banyak. Sehingga kemungkinan terjadinya difusi dan reaksi membentuk senyawa Fe_2N dan Fe_3N pada permukaan substrat makin besar.

Pada pengujian kekerasan *sprocket* asli mulai dari jarak $200\mu m$ dari ujung permukaan *sprocket* adalah 716,43 VHN menurun hingga 490,31 VHN pada jarak $1000\mu m$ dan terus menurun hingga 167,86 VHN pada jarak $2000\mu m$. Pada *sprocket* buatan mempunyai angka kekerasan 220,4 VHN ($200\mu m$), 192,88 VHN ($1000\mu m$) dan menurun hingga 170,22 VHN ($2000\mu m$). Pada *sprocket* buatan setelah di nitridasi mempunyai angka kekerasan 945,91 VHN ($200\mu m$), 824 VHN ($1000\mu m$) dan menurun hingga 724,22 VHN ($2000\mu m$), sehingga terjadi peningkatan kekerasan 4,3 kali

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan Vickers (bahan dasar) Pada Sprocket

VHN _a	VHN _b	VHN _n	Jarak dari ujung (μm)
716,43	220,4	945,91	200
657,44	213,10	945,91	400
657,44	206	881,85	600
605,33	206	824	800
490,31	192,88	824	1000
373,69	192,88	824	1200
311,53	181,05	771,73	1400
226,06	181,05	724,22	1600
167,86	170,22	724,22	1800
167,86	170,22	724,22	2000



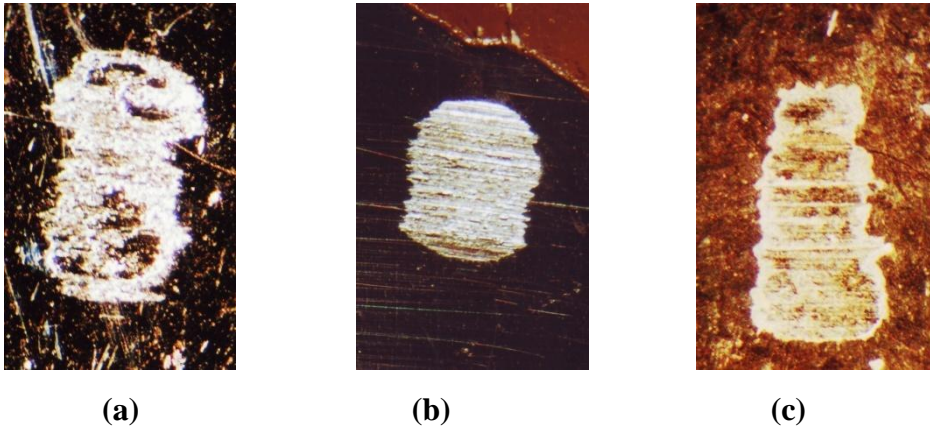
VHN_a = Kekerasan *Sprocket* Asli
 VHN_b = Kekerasan *Sprocket* Buatan
 VHN_n = Kekerasan *Sprocket* nitridasi

e) Pengujian Keausan

Pengujian keausan pada spesimen bahan dasar dilakukan pada produk *sprocket* asli dan buatan. Pengujian menggunakan alat uji keausan *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (type OAT - U)*. Pengujian keausan ini menggunakan metode *mechanical gaging*, yaitu pengukuran panjang alur akibat proses pengerukan atau pengurangan material dengan menggunakan mikroskop. Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui harga keausan spesifik dari material *sprocket* asli dan buatan dengan mengukur panjang gerusan (b₀) pada pengujian keausan bahan dasar dan setelah mengalami proses nitridasi plasma ditunjukkan pada gambar 5.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 5. Foto makro hasil gerusan pada pengujian keausan (a) sprocket asli, (b) sprocket buatan, dan (c) sprocket buatan di nitridasi

Dari gambar gerusan hasil pengujian keausan sprocket asli hasil panjang gerusan rata-rata sebesar 0,949 mm, untuk sprocket buatan panjang gerusan (b_0) rata-rata sebesar 1,32 mm. Sedangkan hasil gerusan setelah mengalami proses nitridasi plasma untuk sprocket buatan panjang gerusan (b_0) rata-rata sebesar 0,8 mm. Hal ini berarti bahwa setelah mengalami proses nitridasi plasma, ketahanan aus sprocket imitasi dan sprocket buatan mengalami peningkatan.

Harga keausan spesifik pada pengujian keausan raw material dan setelah mengalami proses nitridasi plasma pada bahan sprocket ditunjukkan pada Tabel 4, yaitu : harga keausan spesifik rata-rata pada material dasarnya sebesar $10,59 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, sedangkan untuk sprocket buatan sebesar $28,28 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Setelah mengalami proses nitridasi optimal pada tekanan 1,8 mbar untuk sprocket buatan sebesar $6,33 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Jadi, harga keausan yang didapat sprocket buatan memiliki ketahanan aus lebih tinggi daripada sprocket asli. Semakin kecil nilai keausannya berarti bahwa material tersebut semakin tahan terhadap aus. Pada penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa ternyata kekerasan memiliki korelasi terhadap ketahanan aus, yaitu kekerasan berbanding lurus terhadap ketahanan aus suatu material.

Tabel 4. Hasil Pengujian Keausan Raw Material dan setelah Mengalami Proses Nitridasi Plasma pada Bahan Sprocket

No	Material	Raw Material			Nitridasi Optimal		
		b_0 (mm)	W_s ($\times 10^{-7}$ mm^2/kg)	W_s Rata-rata ($\times 10^{-7}$ mm^2/kg)	b_0 (mm)	W_s ($\times 10^{-7}$ mm^2/kg)	W_s Rata-rata ($\times 10^{-7}$ mm^2/kg)
1	Sprocket Asli	0,88	8,37	10,59	*	*	*
		0,95	10,53				
		1,016	12,88				
		1,29	26,37	0,84	7,28		

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

2	<i>Sprocket</i>	1,32	28,25	28,28	0,81	6,53	6,33
	Buatan	1,35	30,22		0,75	5,18	

Keterangan = (*) tidak di nitridasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang proses nitridasi ion/plasma bahan *sprocket* dari *mild steel* dan produk *sprocket* asli terhadap perubahan kekerasan dan laju keausan dapat disimpulkan bahwa :

- Pada *sprocket* asli didapatkan hasil **kekerasan** dari bagian ujung permukaan ke bagian tengah sebesar 716,43 VHN - 167,86 VHN. Hasil kekerasan (*raw material*) *sprocket* buatan dari bagian ujung permukaan ke bagian tengah sebesar 220,4 VHN – 170,22 VHN, setelah mengalami nitridasi plasma mengalami peningkatan **kekerasan 4,3 kali** yaitu 945,91 VHN – 724,22 VHN.
- Pada *sprocket* asli didapatkan **nilai keausan** $10,59 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, sedangkan (*raw material*) *sprocket* buatan $28,28 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, setelah mengalami nitridasi plasma $6,33 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sinha, A.K. *Physical Metallurgy Handbook*, Mc Graw Hill, New York, 2003.
- [3] Mudjijana, *Karakterisasi Roda Gigi Carburized Bahan ST 42*, Proceedings The 4th QiR, 2001.
- [4] Wicaksono, T.B., *Pengaruh Nitridasi Ion (Plasma) terhadap Kekerasan dan Laju Korosi pada Material AISI 304 dan Baja Karbon Rendah*, Skripsi Program Studi Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM, 2007.
- [5] Collin, J.A. *Failure of Materials in Mechanical Design*, Columbus, Ohio, 1980.
- [6] Smith, W.F., *Structure and Properties of Engineering Alloy*, Second Edition, McGraw-Hill Inc., Singapore, 1993.