

## SIFAT MEKANIK PERMUKAAN AISI H-13 AKIBAT PROSES NITRIDASI

**Elman Panjaitan**

*Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN  
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang*

### ABSTRAK

**SIFATMEKANIK PERMUKAAN BAHAN AISI H-13 AKIBAT PROSES NITRIDASI.** Telah dilakukan penelitian sifat mekanik permukaan bahan AISI H-13 sebagai akibat proses nitridasi pada suhu 525 °C dan 550 °C dengan laju aliran gas NH<sub>3</sub> sebesar 4,5 L/menit selama 6 jam. Pengamatan sampel ternitridasi meliputi volume terabrasi dari permukaan sampel, uji kekerasan makro dan mikro menggunakan metode *Vickers*, perilaku mikrostruktur menggunakan mikroskop optik dan pembentukan fasa menggunakan difraksi sinar-X. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketahanan aus dan kekerasan bahan ternitridasi meningkat. Volume abrasi terendah mencapai 0,0396 mm<sup>3</sup> sedangkan kekerasan permukaan meningkat hingga 402,92 HVN. Peningkatan ini dianalisis disebabkan oleh terbentuknya lapisan fasa F<sub>3</sub>N pada permukaan AISI H-13 dengan ketebalan sebesar 130 µm.

**Kata kunci :** AISI H – 13, Nitridasi, Sifat mekanik

### ABSTRACT

**THE MECHANICAL PROPERTIES OF AISI H-13 SURFACE AS A RESULT OF NITRIDING.** The research of AISI H-13 surface mechanical properties, as a result of nitriding process at 525 °C and 550 °C with NH<sub>3</sub> gas flow of 4,5 l/min for 6 hours, have been done. Nitrided sample properties were observed including surface abration volume, micro and macro hardness test using Vickers methode, behaviour of microstructure using Optical Microscope and phase identification using X-ray Diffraction technique. Observation result show that the wearing resistant and surface hardness of nitrided samples increasing. The lowest abration volume and highest hardness value are 0.0396 mm<sup>3</sup> and 402.92 HVN respectively. This improvement are analysed due to F<sub>3</sub>N phase layer forming at surface of AISI H-13 of 130 µm thickness.

**Key words :** AISI H-13, Nitriding, Mechanical properties

### PENDAHULUAN

Peningkatan sifat mekanik permukaan suatu logam baja sangat penting terutama untuk komponen-komponen logam baja yang selama pemakaiannya mengalami gesekan dan pembebanan yang besar, seperti komponen cetakan (*dies*) termasuk diantaranya cetakan untuk pengerjaan panas, cetakan *ekstrusi*, cetakan pengecoran logam, cetakan untuk tempa dan komponen-komponen lain yang dalam aplikasinya mengalami pembebanan gesek.

Salah satu logam baja yang banyak digunakan untuk aplikasi termaksud adalah baja perkakas AISI H-13 yang biasa disebut juga sebagai *chromium hot-work*, yang merupakan baja perkakas pengerjaan panas dengan unsur utama kromium. Karakteristik baja perkakas H-13 ini, diantaranya adalah : stabilitas dimensi yang baik saat proses pengerasan, sifat pengerasan yang sangat baik, sifat permesinan yang baik, ketangguhan dan keuletan baik, ketahanan yang tinggi terhadap

pembebanan suhu kejut, fatik termal yang baik dan mampu poles yang baik [1].

Baja perkakas AISI H-13 dalam aplikasinya banyak digunakan sebagai : cetakan ekstrusi Al dan Mg, cetakan untuk *die casting forging, mandrels, hot pressing* dan *plastics moulding*, menuntut ketahanan permukaan bahan terhadap gesekan, sehingga diperlukan suatu metode proses yang dapat meningkatkan kekuatan permukaan untuk meningkatkan ketahanan aus yang lebih baik.

Secara umum, untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik permukaan logam dikelompokkan dalam dua kategori yaitu, perlakuan panas permukaan (*surface heat treatments*) dan pelapisan permukaan (*surface coating*). Dilain pihak perlakuan panas permukaan, dikelompokkan dalam beberapa proses, yaitu pengerasan termal (*thermal hardening*), *carburizing*, nitridasi (*nitriding*), *boriding* dan *metalliding* [2].

Proses pengerasan termal secara prinsip dilakukan dengan perlakuan panas biasa atau pembentukan fasa *martensite*, sedangkan proses lainnya yaitu *carburizing*, nitridasi (*nitriding*), *boriding* dan *metalliding* dilakukan dengan penambahan unsur tertentu pada suhu tertentu sehingga unsur yang ditambahkan dapat berdifusi kedalam logam dan membentuk *secondary phase* (fasa kedua).

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik permukaan baja perkakas AISI H-13 adalah proses nitridasi. Dalam nitridasi, nitrogen dimasukan kedalam permukaan bahan AISI H-13 pada suhu tertentu dan pada tekanan atmosfer. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, pelapisan nitrat pada permukaan suatu bahan dilakukan dalam rentang suhu 500 °C hingga 600°C, bergantung laju aliran gas nitrat serta bahan yang akan dilapiskan [1-3].

Nitridasi mampu meningkatkan ketahanan aus, kekerasan permukaan serta ketahanan korosi dibandingkan dengan bahan dasarnya sehingga karakteristik permukaan AISI H-13 sebagai akibat terbentuknya nitrida dapat dipelajari dengan tujuan sifat mekanik permukaan baja perkakas AISI H-13 meningkat [3].

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja perkakas (*Chromium hot work steel*) AISI H-13 yang diperoleh dari PT Tira Austenite, dengan komposisi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja perkakas AISI H-13

Unsur	% w	Unsur	% w
C	0,32-0,45	Ni	0,3 (max)
Mn	0,2-0,5	Mo	1,1-1,75
Si	0,8-1,2	V	0,8-1,2
Cr	4,75-5,5	Fe	Balance

### Cara Kerja

Bahan baja perkakas AISI H-13 dipotong dengan ukuran 2 cm x 3 cm x 1 cm, yang selanjutnya diampelas secara bertahap dari kasar hingga halus. Pengampelasan dimaksudkan agar permukaan halus, sehingga proses nitridasi dapat berlangsung dengan baik. Proses nitridasi dilakukan pada suhu 525 °C dan 550 °C selama 6 jam dengan mengalirkan gas NH<sub>3</sub> berkonsentrasi tinggi (laju aliran 4,5 L/menit). Sebelumnya sampel dipanaskan pada suhu 350 °C selama 5 menit. Pemilihan suhu nitridasi ini dilakukan pada daerah suhu anil (500 °C hingga 650 °C).

Sampel yang ternitridasi diuji keausannya menggunakan mesin uji keausan *OGOSHI* tipe OAT-U dengan parameter kondisi percobaan sebagai berikut : kecepatan = 1,97m/s, jarak luncur = 200 m dan 400 m, beban = 6,32 Kg dan 12,64 kg. Sedangkan pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers* baik uji kekerasan makro (beban 31,25 kg) maupun uji kekerasan mikro (beban 25 gr), menggunakan instrumen *High Quality Microhardness Tester, BUEHLER*.

Pengamatan strukturmikro dan distribusi fasa masing-masing dilakukan menggunakan mikroskop optik dan difraktometer sinar-X (*SHIMIDZU*, tipe XD-610).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian keausan untuk tiap sampel uji ditunjukkan pada Tabel 2, masing-masing untuk sampel baja perkakas AISI H-13 tanpa proses nitridasi, nitridasi pada suhu 525 °C dan 550 °C selama 6 jam. Tabel 2 menampakkan jumlah *volume* terabrasi pada kondisi pengujian : jarak luncur (JL) 200 m dan 400 m dengan beban (P) 6,32 kg dan 12,64 kg.

Tabel 2. Volume terabrasi bahan AISI H-13 (mm<sup>3</sup>).

AISI H-13	Beban (P) 6,32 gr		Beban (P) 12,64 Kg	
	JL 200m	JL 400m	JL 200m	JL 400m
Tanpa Nitridasi	0,0620	0,0702	0,0719	1,1018
Nitridasi (525 °C)	0,0439	0,0480	0,0467	0,0791
Nitridasi (550 °C)	0,0396	0,0550	0,0449	0,0685

Keausan dapat didefinisikan sebagai terkikisnya partikel-partikel dari suatu logam oleh logam lain sebagai akibat adanya pergerakan/kontak antar dua logam tersebut. Dengan kata lain suatu logam dinyatakan mempunyai ketahanan aus yang baik bila jumlah volume partikel terkikis relatif sedikit. Tabel 2 menunjukkan volume terabrasi dari permukaan sampel AISI H-13 semakin berkurang dengan semakin lamanya proses nitridasi. Penurunan volume terabrasi menyatakan bahwa sampel H-13 semakin tahan terhadap gesekan.

Pengamatan uji kekerasan makro dan mikro pada permukaan sampel menggunakan metode *Vickers*, ditunjukkan pada Tabel 3. Pengujian kekerasan dilakukan pada 3 titik untuk masing-masing sampel, menunjukkan hasil yang serupa yaitu, permukaan sampel hasil proses

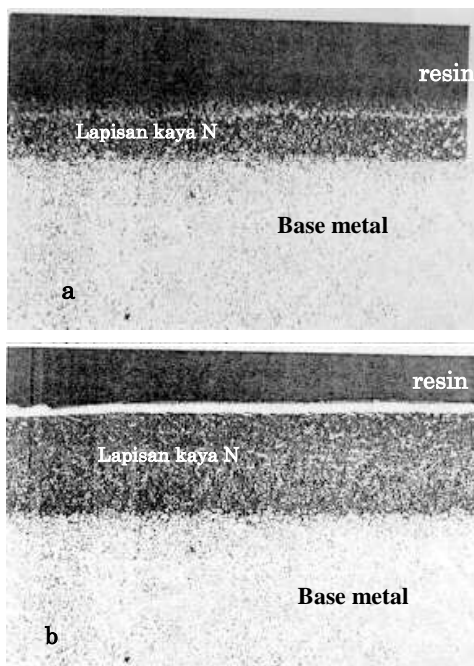
Tabel 3. Kekerasan permukaan sampel AISI H-13.

AISI H-13	Beban (kg) 31,25	HVN 124,36
Tanpa Nitridasi	0,025	131,9
Nitridasi (525°C)	0,025	402,92
Nitridasi (550°C)	0,025	336,73

nitridasi meningkat kekerasannya dibandingkan sampel tanpa perlakuan nitridasi. Kekerasan terbesar dicapai pada suhu 525°C yang menampakkan nilai lebih besar dibandingkan nitridasi pada suhu 550°C, disebabkan ekspose baja pada suhu lebih tinggi mengakibatkan terjadinya pertumbuhan butir atau pengkasaran butir, dengan kata lain ekspose suhu lebih tinggi mengakibatkan semakin besarnya batas butir, yang memberi konsekuensi semakin lunak bahan tersebut.

Struktur mikro paduan AISI H-13 hasil pengamatan menggunakan mikroskop optik ditunjukkan pada Gambar 1 (a) dan Gambar 1 (b). Gambar termaksud merupakan struktur mikro AISI H-13 yang mengalami nitridasi selama 6 jam masing-masing pada suhu 525 °C dengan pembesaran 200 kali dan 550 °C dengan pembesaran 500 kali.

Memperbandingkan gambar struktur mikro pada Gambar 1, terlihat bahwa perlakuan nitridasi baik pada suhu 525 °C maupun 550 °C terbentuk lapisan nitrida (Gambar 1(a) dan Gambar 1 (b)), lapisan termaksud terlihat dengan adanya degradasi kerapatan butiran, lapisan nitrida membentuk butiran yang lebih rapat dibandingkan *base metal*nya (AISI H-13). Pada Gambar 1(b) terlihat adanya lapisan putih (*white layers*). Dalam beberapa kasus tertentu, unsur nitrogen bereaksi dengan unsur karbon yang terdapat pada logam dan membentuk nitrida karbon, dan lazim terbentuk sebagai lapisan putih (*white layers*). Lapisan putih cenderung bersifat keras dan rapuh (*brittle*) yang berfungsi untuk mencegah *spalling* lapisan nitrida [3].



Gambar 1. (a) Nitridasi pada suhu 525°C (b) Nitridasi suhu 550°C

Pembentukan lapisan pada permukaan bahan AISI H-13 tersebut disebabkan nitrogen, yang berasal dari gas ammonia, berdifusi menuju permukaan bahan yang membentuk disersi jarum dengan unsur pepadu dari AISI H-13 (lapisan kaya N pada Gambar 1 (a) dan Gambar 1 (b)) dan membentuk fasa nitrida.

Pengamatan menggunakan difraktometer sinar-X (SHIMIDZU, tipe XD-610), menunjukkan pola difraksi dari fasa nitrida seperti Fe<sub>3</sub>N (Gambar 2). Memperbandingkan hasil uji kekerasan serta hasil uji keausan, terlihat bahwa peningkatan kekerasan permukaan bahan (124,36 HVN hingga 402,92 HVN) disebabkan fasa nitrida (Fe<sub>3</sub>N) yang terbentuk pada lapisan AISI H-13 memiliki bentuk butiran yang relatif lebih rapat dibandingkan *base metal* bahan AISI H-13 yang mempunyai butir yang lebih besar, Gambar 1. Butiran rapat dari fasa nitrida meningkatkan ketahanan gesekan, karenanya keausan bahan AISI H-13 yang ternitridasi meningkat sebagai akibat terbentuknya lapisan Fe<sub>3</sub>N.

Sedangkan pengamatan kedalaman lapisan Fe<sub>3</sub>N yang terbentuk diamati dengan melakukan penjejakan kekerasan mikro pada penampang lintang sampel, penjejakan dilakukan sampai kedalaman dimana nilai kekerasan sama dengan nilai kekerasan tanpa mengalami perlakuan nitridasi, hasil pengamatan, Table 4, menunjukkan bahwa kedalaman lapisan nitrida, pada paduan AISI-H13 yang dinitridasi selama 6 jam baik pada suhu 525°C maupun 550°C adalah sebesar 130 µm.

Tabel 4. Kekerasan mikro paduan AISI H-13 pada arah penampang lintang (P=25 gram).

Suhu Nitridasi	Jarak (µm)	HVN
T = 550 °C	10	228,31
	40	206,04
	70	199,35
	100	181,09
	130	125,11
	160	125,11
T = 525 °C	190	118,85
	10	335,80
	40	321,94
	70	343,05
	100	220,50
	130	128,42
	160	121,92
190	126,75	

Seperti dipaparkan tersebut diatas, kekerasan dari zona difusi (*diffusion zone*) ditentukan oleh elemen pembentuk nitrida, sedangkan zona difusi dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi elemen paduan. Dilain pihak zona persenyawaan meningkat dengan meningkatnya suhu dan menurun/berkurang dengan berkurangnya konsentrasi paduan. Zona difusi merupakan mikrostruktur inti dengan adanya penambahan presipitat nitrida dan larutan padat nitrogen (*solid solution*) [4-7].

## KESIMPULAN

Penelitian perilaku sifat mekanik pada permukaan AISI H-13 akibat perlakuan nitridasi menunjukkan bahwa:

1. AISI H-13 mengalami peningkatan kekerasan permukaan dari 132 HVN hingga 403 HVN yang dicapai pada suhu nitridasi 525 °C.
2. Ketahanan aus AISI H-13 meningkat dengan ditandainya semakin berkurangnya volume permukaan yang terabrasi dari (1,1018 hingga 0,0620) menjadi (0,0791 hingga 0,0396).
3. Terbentuk fasa Fe<sub>3</sub>N yang berupa lapisan pelindung permukaan AISI H-13 dengan ketebalan 130 µm.

## DAFTARACUAN

- [1]. <http://www.wallworkht.com/HeatTreatment/content/nitriding.asp>, *What are the Treatments*, 27 Juni 2006.
- [2]. [http://www.seetobago.com/trinidad/pan/archive/r&d/panart/ir\\_archivecopy\\_hardening\\_steel\\_by\\_nitriding.htm#url](http://www.seetobago.com/trinidad/pan/archive/r&d/panart/ir_archivecopy_hardening_steel_by_nitriding.htm#url)
- [3]. ASM HANDBOOK, *Friction, Lubrication, and Wear Technology*, **18**, (1992) 734-740.
- [4]. *Wear Resistant Surfaces in Engineering, a Guide to Their Production, Properties and Selection*, Department of Trade and Industry London, (1986)
- [5]. ASM HANDBOOK, *Properties and Selection : Iron, Steels, and High Performance Alloys*, **1** (1990) 441 - 444.
- [6]. PAT L. MANGONON, PhD, P.E, FASM, *The Principles of Materials Selection for Engineering Design*, Prentice-Hall International Inc., (1999) 236 - 239.
- [7]. *Heat Treating Guide*
- [8]. ASM METAL PARK, *Standard Practices and Procedures for Steel*, Ohio, (1982) 326 - 357.