

Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Pada Proses Nitridasi Terhadap Perubahan Sifat Mekanis Baja St 40

Trisbenheiser^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*email: trisbenheiser@poliupg.ac.id

Abstract: This research aimed to determine the changes of strength, micro structure, and wearing out of St 40 after nitriding process using the urea fertilizers as the source of nitrogen. In this research, the process of nitridation was carried out using the variation of temperature of 450°C, 500°C, and 550°C, and the variation of endurance time of 1 hour, then 3 hours, and 5 hours. The experiment results indicated that the highest hardness value of the steel ST 40 at the temperature of 550°C were consecutively for the endurance time of 1 hour, 3 hours, and 5 hours were 115,46 HB, 116,30 HB, and 116,51 HB. The increase in the surface hardness of the specimen is affected by the increase in temperature and holding time. Meanwhile, the results of the smallest wearing out of the steel ST 40 at temperature of 550°C with the endurance time 5 hours were consecutively at the wearing out time of 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes were 0,38 mm³/minute, 0,44 mm³/minute, and 0,57 mm³/minute. The value of the wearing out on the specimen is affected by temperature and holding time during nitriding. As for the results of the observation using the microscope at the micro structure of steel St 40 after undergoing nitridation, showed an increase of number of fasa perlite at the specimen surface, the higher the heating temperature the more the fasa perlite formed, this is directly proportional with the hardness of the specimen surface. The fasa perlite formed has better hardness than of fasa ferrite.

Keywords: Urea, St 40 Steel, Nitriding, Wear and Tear, Hardness, Micro Structure

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan kekerasan, struktur mikro, dan keausan baja St 40 yang telah mengalami proses nitridasi dengan menggunakan pupuk urea sebagai sumber nitrogen. Temperatur (suhu) yang digunakan 450°C, 500°C, serta 550°C serta waktu tahan selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Hasil penelitian dan pengujian ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi untuk baja ST 40, yaitu pada suhu 550°C secara berturut-turut untuk waktu tahan 1 jam, 3 jam, dan 5 jam adalah 115,46 HB, 116,30 HB, dan 116,51 HB. Peningkatan kekerasan permukaan pada spesimen dipengaruhi oleh peningkatan temperatur (suhu) dan waktu tahan. Adapun hasil keausan terkecil baja ST 40 yaitu pada suhu 550°C dengan waktu tahan 5 jam secara berturut-turut untuk waktu pengausan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit yaitu 0,38 mm³/menit, 0,44 mm³/menit serta 0,57 mm³/menit. Nilai laju keausan permukaan pada spesimen dipengaruhi oleh temperatur (suhu) dan waktu tahan pada saat nitridasi. Hasil pengamatan foto mikroskop pada struktur mikro baja St 40 setelah memperlihatkan kenaikan fasa perlit pada bagian permukaan spesimen, yakni semakin tinggi suhunya, fasa perlit semakin banyak yang terbentuk berbanding lurus nilai kekerasan permukaan spesimen. Fasa perlit yang terbentuk memiliki sifat kekerasan yang baik daripada fasa ferit.

Kata kunci: Urea; Baja St 40; Nitridasi; Keausan; Kekerasan; Struktur mikro

I. PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang banyak digunakan pada konstruksi-konstruksi mesin, dikarenakan memiliki sifat mudah dibentuk, kuat, ulet, serta mampu keras. Penggunaan material baja pada proses pemesinan seperti untuk roda gigi maupun poros selalu berinteraksi dengan material yang lainnya yang mengakibatkan adanya tekanan dan gesekan [1]. Di dalam struktur baja, kandungan karbon yang terkandung di dalamnya akan mempengaruhi sifat mampu keras dari baja itu. Pada bagian-bagian mesin yang selalu terjadi gesekan sifat ini sangat dibutuhkan karena fungsinya yang harus memiliki kekerasan tertentu. Teknik pengerasan/perlakuan permukaan merupakan cara untuk memperoleh kekerasan pada komponen mesin dari baja. Peningkatan dari kualitas permukaan material sesuai kebutuhan produk yang diinginkan bisa dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya dengan pengerasan permukaan atau dikenal dengan nama “perlakuan permukaan” yang merupakan metode peningkatan sifat kekerasan dari komponen-komponen atau material.

Metode-metode perlakuan/pengerasan permukaan yang biasa dilakukan diantaranya induksi listrik, nyala api, karbonitridasi, nitridasi serta karburasi [2]. Dari metode-metode perlakuan permukaan tersebut, metode yang digunakan untuk penelitian ini yaitu pengerasan/perlakuan permukaan dengan cara nitridasi, dikarenakan tidak diperlukan temperatur tinggi untuk menghasilkan permukaan material keras serta kuat pada proses nitridasi, dan juga pada bagian permukaan material reaksi unsur- unsur nitrat yang terjadi mempunyai tingkat kekerasan tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan reaksi karbon. Nitridasi merupakan proses pengerasan permukaan material yang dilakukan dengan cara menambahkan unsur nitrat pada permukaan material dengan variasi suhu dan waktu tahan tertentu.

Suhu dan waktu tahan berpengaruh terhadap proses nitridasi. Semakin tinggi suhu pada proses nitridasinya maka semakin dalam atom nitrat yang terdifusi pada material sehingga nilai kekerasannya pun semakin tinggi/keras. Semakin lama waktu tahan pada saat proses nitridasi maka kedalaman lapisan atom-atom nitratnya semakin besar [3]. Contoh aplikasi material nitridasi antara lain: *turbine wheels, nozzle, shaft, compressor, pipelines, spindle, valves*, dan peralatan kesehatan. Telah diterapkan metode-metode nitridasi pada penelitian sebelumnya untuk menghasilkan nilai kekerasan permukaan material diantaranya yaitu metode nitridasi menggunakan urea, nitridasi laser, implementasi ion nitridasi, metode nitridasi plasma.. Beberapa dari metode tersebut mempunyai kelemahan, diantaranya prosesnya yang rumit serta memerlukan dana yang tidak sedikit. Pada penelitian ini akan dianalisa pengaruh variasi suhu dan waktu pada proses nitridasi terhadap perubahan keausan dan kekerasan. Pupuk urea digunakan sebagai media sumber nitrogen. Dapat diketahui bahwa kandungan nitrogen pada pupuk urea sebesar 46% [4].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan kurang lebih 6 bulan. Pembuatan spesimen uji dilakukan pada Laboratorium Teknologi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar dan proses nitridasi serta proses pengujian keausan dan pengujian kekerasan serta uji analisa strukturmikro dilakukan pada Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.

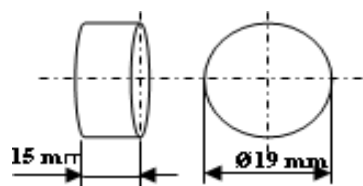
Baja St 40 merupakan bahan obyek pengamatan dengan dimensi diameter 19 mm dan ketebalan 15 mm. Pupuk urea yang sebagai sumber nitrogen merupakan bahan pendukung dalam penelitian ini. Adapun peralatan yang digunakan antara lain: oven (*furnance*), mistar geser (*Vernier Caliper*), gerinda tangan, alat pengujian kekerasan Brinell merk Ernst type NR3D-DR, alat pengujian nilai laju keausan, alat pengamatan strukturmikro, serta wadah (*chamber*) dengan dimensi wadah 40 mm x 40 mm x 40 mm, tang penjepit, dan neraca digital.

Proses nitridasi terdiri atas beberapa tahap, antara lain: Pembuatan spesimen, Pembuatan/pembentukan wadah (*chamber*), Proses nitridasi, serta Pengujian spesimen. Adapun lat-alat yang antara lain: oven (*furnance*), alat pengujian kekerasan, alat pengujian keausan, las listrik, mistar baja, *vernier caliper* (jangka sorong), tang penjepit, alat uji struktur mikro, gerinda tangan, serta neraca digital.

Langkah-langkah kerjanya sebagai berikut:

1. Pembuatan Spesimen

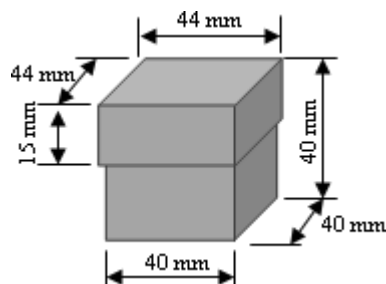
Spesimen yang akan diuji kemudian dibuat sesuai dengan ukuran pada gambar 1.



Gambar 1. Spesimen Penelitian

2. Pembuatan Wadah (*chamber*)

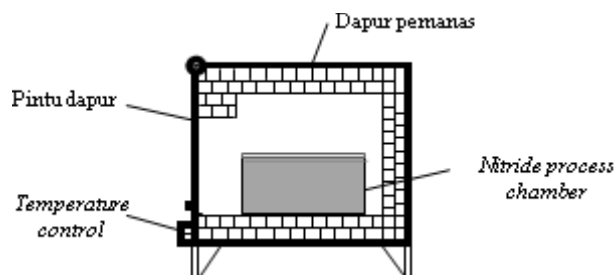
Wadah (*chamber*) yang digunakan adalah dari besi plat dengan ukuran tebal 2 mm. Kemudian plat tersebut dipotong dengan dimensi 40 mm x 40 mm x 40 mm untuk badan wadah dan ukuran 44 mm x 44 mm x 15 mm untuk penutup wadah lalu kemudian bahan dibentuk sesuai gambar 2.



Gambar 2. Skema Wadah Nitridasi

3. Proses Nitridasi

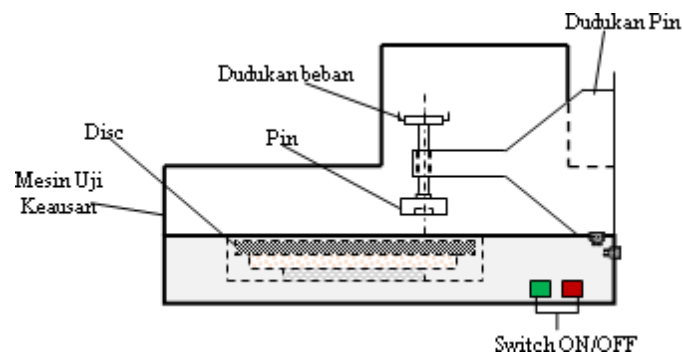
Bahan/spesimen yang telah dipotong kemudian dimasukkan ke *chamber* (wadah) yang telah berisi serbuk urea (serbuk nitrida) [5,6,7] lalu kemudian dimasukkan kedalam oven (*furnance*) untuk proses nitridasi menggunakan variasi suhu 450°C, 500°C, 550°C [9] dan variasi waktu tahan 1jam, 3 jam, dan 5 jam [10].



Gambar 3. Skema Proses Nitridasi

4. Pengujian Spesimen

Pengujian spesimen yang dilakukan meliputi pengujian nilai kekerasan, pengujian laju keausan, serta pengujian struktur mikro. Setiap pengujian dilakukan terhadap *raw material*, serta terhadap spesimen yang telah mengalami proses nitridasi. Metode yang digunakan pada pengujian kekerasan adalah menggunakan metode *Brinell* dengan diameter indenter 1,588 mm dengan beban penekanan 60 kg dan dilakukan dengan delapan tahapan mulai pada bagian permukaan material uji (15 mm), kemudian 14,3 mm, kemudian 13,6 mm, kemudian 12,9 mm, kemudian 12,2 mm, lalu 11,5 mm, kemudian 10,8 mm, terakhir 10,1 mm. *Pin on abrasive disc* (pin cakram abrasif) [11] merupakan metode yang dipakai pada uji laju keausan dengan merujuk pada standar ASTM (ASTM, G99,203). Ukuran kekasaran kertas yang digunakan yaitu 120 cw [12]. Serta putarannya 258,2 putaran per menit dengan waktu 1 jam, 90 menit serta 2 jam untuk spesimen yang sudah mengalami proses nitridasi dan 60 menit untuk spesimen *raw material* dengan beban diberikan sebesar 10N.



Gambar 4. Skema Mesin Uji Keausan

Laju keausan dinyatakan dengan persamaan (1) [8]

$$W = \frac{V_i - V_f}{t} = \frac{\Delta V}{t} \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- W = Laju keausan (mm³/menit)
- ΔV = Volume yang terabrasi (mm³)
- V_i = Volume awal spesimen (mm³)
- V_f = Volume akhir spesimen setelah pengausan (mm³)
- t = waktu pengausan (menit)

Untuk mendukung hasil analisa nilai kekerasan serta untuk mengetahui perubahan strukturmikro dari spesimen baik sebelum maupun setelah dinitridasi maka dilakukan analisa struktur mikro.

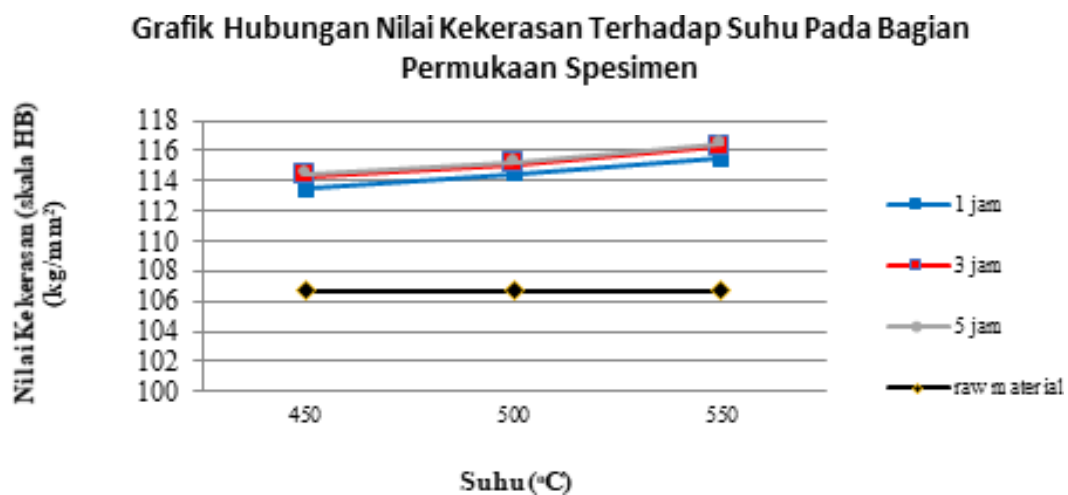
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Nilai Kekerasan

Hasil nilai kekerasan untuk *raw material* serta spesimen yang telah mengalami proses nitridasi dapat dilihat bahwa nilai kekerasan untuk *raw material* sebesar 106,65 kg/mm² skala HB dan hasil nilai kekerasan tertinggi untuk spesimen telah mengalami perlakuan ada pada temperatur 550⁰C untuk tiap variasi waktu tahan dengan tebal 15 mm (permukaan spesimen) yakni:

- Baja ST 40 Nitridai T: 550⁰C (1 jam) : 115,46 kg/mm² HB
- Baja ST 40 Nitridasi T: 550⁰C (3 jam) : 116,30 kg/mm² HB
- Baja ST 40 Nitridasi T 550⁰C (5 jam) : 116,51 kg/mm² HB

Ini disebabkan karena konsentrasi atom-atom nitrat yang terdifusi ke dalam rongga-rongga spesimen akan lebih besar pada daerah permukaan spesimen (tebal 15 mm) bila dibandingkan daerah dengan ketebalan lainnya. Semakin kedalam maka konsentrasi atom nitrat yang terdifusi secara intertisi pada spesimen akan semakin sedikit.



Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai Kekerasan terhadap Suhu Pada Bagian Permukaan Spesimen (15 mm).

B. Hasil Pengujian Laju Keausan

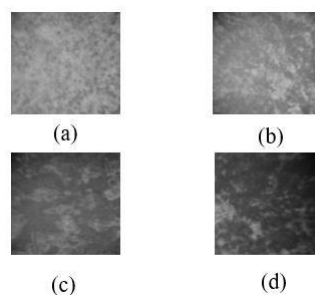
Nilai laju keausan *raw material* untuk waktu 1 jam adalah 4,16 mm³/menit dan pada tabel 1 diperlihatkan hasil nilai laju keausan untuk spesimen dengan perlakuan permukaan.

Tabel 1. Laju Keausan, putaran disc (258,2 rpm), *abrasive paper* (120 cw)

Suhu (°C)	HT (jam)	Beban (N)	Waktu (menit)			Rata-rata (mm ³ /menit)
			60	90	120	
450	1	10	1,23 mm ³ /menit	1,39 mm ³ /menit	1,61 mm ³ /menit	1,41
	3		1,13 mm ³ /menit	1,26 mm ³ /menit	1,42 mm ³ /menit	1,27
	5		1,04 mm ³ /menit	1,20 mm ³ /menit	1,23 mm ³ /menit	1,16
500	1		0,94 mm ³ /menit	1,01 mm ³ /menit	1,09 mm ³ /menit	1,01
	3		0,76 mm ³ /menit	0,88 mm ³ /menit	0,94 mm ³ /menit	0,86
	5		0,66 mm ³ /menit	0,76 mm ³ /menit	0,80 mm ³ /menit	0,74
550	1		0,57 mm ³ /menit	0,63 mm ³ /menit	0,71 mm ³ /menit	0,64
	3		0,47 mm ³ /menit	0,50 mm ³ /menit	0,66 mm ³ /menit	0,54
	5		0,38 mm ³ /menit	0,44 mm ³ /menit	0,57 mm ³ /menit	0,46

C. Analisa Struktur Mikro

Analisa struktur mikro dengan pembesaran 100 kali untuk *raw material*, suhu 450°, 500°, dan 550° diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. Hasil Foto Strukturmikro (a) *raw material*, (b) nitridasi T: 450°C, (c) nitridasi T: 500°C, (d) nitridasi T: 550°C.

Struktur mikro yang terbentuk pada spesimen, ada perbedaan antara *raw material* dengan spesimen yang sudah melalui proses perlakuan dengan variasi temperatur (suhu) dan waktu. Dari foto struktur mikro *raw material* terlihat fasa ferit (*white*) mendominasi pada bagian permukaan spesimen jika dibandingkan fasa perlit (*dark*). Sementara pada spesimen yang telah melalui perlakuan, fasa perlit mulai terjadi akibat adanya pendifusian atom-atom nitrogen pada spesimen yang menyebabkan terjadinya fasa austenit. Proses pendinginan lambat mengakibatkan austenit ini bertransformasi menjadi perlit, sehingga terjadi kenaikan nilai kekerasan pada permukaan spesimen. Jika dibandingkan dengan ferlit, fasa perlit mempunyai sifat kekerasan yang lebih bagus, dimana perlit mempunyai sifat kekerasan, ketangguhan, dan ketahanan tinggi pada faktor korosi.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pengujian-pengujian yang telah dilakukan serta pembahasan data, sehingga dapat disimpulkan bahwa

1. Peningkatan kekerasan permukaan pada spesimen dipengaruhi oleh peningkatan temperatur (suhu) dan waktu tahan. Nilai kekerasan tertinggi pada bagian permukaan terjadi pada suhu 550°C dengan waktu tahan 5 jam dimana nilai kekerasannya adalah 116,51 HB.
2. Setelah melalui proses nitridasi dan setelah dilakukan analisa struktur mikro, pada permukaan terlihat fasa perlit mulai terjadi. Fasa perlit yang tercipta memiliki sifat kekerasan yang baik daripada fasa ferit.
3. Nilai keausan yang diperoleh setelah dilakukan pengujian nilai laju keausan pada *raw material* sebesar 4,16 mm³/menit pada waktu pengausan 60 menit. Nilai laju keausan permukaan pada spesimen dipengaruhi oleh temperatur (suhu) dan waktu tahan pada saat nitridasi dimana nilai laju keausan terkecil setelah proses *nitriding* sebesar 0,38 mm³/menit pada suhu 550°C dengan waktu tahan 5 jam untuk waktu pengausan 60 menit dan untuk waktu pengausan 90 menit dan 120 menit, nilai laju keausan terkecil sebesar 0,44 mm³/menit dan 0,57 mm³/menit pada suhu 550°C dengan waktu tahan 5 jam.

Saran

Sebaiknya menggunakan variasi sumber nitrogen untuk penelitian selanjutnya yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haqi, M.I. 2006. "Hardening Pada Baja Karbon Tinggi". *Open and Knowledge Education Journal*.
- [2] A.,J., Sukma. 2012. *Pengerasan Permukaan Baja Karbon ST 40 Dengan Metode Nitridasi Dalam Larutan Kalium Nitrat*. Semarang: Universitas Diponegoro. Thesis.
- [3] Furqon, Muhammad dkk. 1997. Pengaruh Temperatur dan waktu penahanan terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan permukaan hasil nitriding cair baja paduan rendah Cr-Ni untuk tabung hidrolik. *Prosiding pertemuan ilmiah sains materi 1997*. ISSN: 1410-2897, hlm. 114 – 119.
- [4] Sulthon, Febriyan N. Nur. 2014. *Pengaruh holding time dan variasi jenis pupuk nitrogen terhadap ketahanan aus baja aisi 304 dengan metode pack nitriding*. Malang: Universitas Negeri Malang. Thesis.
- [5] Elviyenti. 2010. *Pengaruh Nitridasi Terhadap Laju Korosi Stainless Steel AISI 316L Dengan Metode Pack Nitriding*. Padang: Universitas Andalas. Thesis.

- [6] E., Sulistyono, Y., Sudana. 2010. Proses *Pack Nitriding* Dengan Variasi Suhu dan Media Pupuk Nitrogen Terhadap Kekerasan AISI 420. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 1, No. 1, hlm. 17-20.*
- [7] B.A., Setiawati, W. Purwadi. 2009. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Proses Nitridasi Terhadap Kekerasan Permukaan FCD 700 Dengan Media Nitridasi Urea. *Seminar Nasional Kluster Riset Teknik Mesin, hlm. 35-40.*
- [8] V. Malau, Khasani. 2008. Karakterisasi Laju Keausan Dan Kekerasan Dari *Pack Carburizing* Baja Karbon AISI 1020. *Jurnal Media Teknik No. 3 Tahun XXX, hlm. 367-374.*
- [9] Y., Umardhani. 2011. Pengerasan Permukaan Baja Karbon ST 40 Dengan Metode Nitridasi Dalam Larutan Garam. *Rotasi-Vol. 13, No. 4, hlm. 20-23.*
- [10] Warsito, J.K., Nugroho. 2014. Peningkatan Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah Melalui Metode *Nitrocarburizing* DC Plasma. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST). ISSN: 1979-911X, hlm. 31-34.*
- [11] Zulfikar. 2010. Studi Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Aluminium / Fly Ash Dengan Variasi Fraksi Berat Dan Temperatur Sintering. *Jurnal Teknik Mesin Vol. 7, No. , hlm. 106 - 113.*
- [12] Y. Umardani, M., Bukori. 2007. Karakterisasi Material *Ball Mill* Pada Proses Pembuatan Semen Dengan Metoda Pengujian Kekerasan, Mikrografi dan Keausan. *Rotasi-Vol. 9, No. 4, hlm. 32-35.*