
PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PADA GAS NITRIDING TERHADAP SURFACE HARDNESS BAHAN BAJA AISI 4140

Aladin Eko Purkuncoro

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Sigura – gura No2, Malang 65145, Indonesia

Email: aladin_smart@yahoo.com

Abstrak

Baja paduan rendah AISI 4140 banyak digunakan sebagai bahan komponen mesin, gear, roda gigi yang pada pemakaiannya banyak mengalami gesekan. Untuk meningkatkan sifat mekanis khususnya kekerasan, pada penelitian ini dilakukan dengan metode nitridasi. Nitridasi adalah sebuah proses perlakuan panas non konvensional, dimana pada proses nitridasi menggunakan nitrogen aktif sebagai unsure pembentuk lapisan nitride yang sangat keras pada permukaan logam, sehingga kekerasan permukaan pada logam akan meningkat. Metode nitridasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah nitridasi dengan metode gas, dengan menggunakan dapur fluidized bed furnace. Penelitian ini menggunakan tiga variasi temperatur pemanasan yang berbeda, untuk temperatur pemanasan 400°C, 500°C, dan 600°C menggunakan waktu penahanan yang sama yaitu 4 jam. Dari hasil pengujian kekerasan yang paling tinggi nilai kekerasannya terdapat di temperature 500°C, yaitu sebesar 791,1 HV. Keausan pada hasil pengujian terdapat nilai spesifik yang paling rendah pada temperature 500°C, yaitu 0,93 mm²/kg. Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro terlihat pembentukan lapisan nitride yang baik pada permukaan specimen dengan temperatur 600°C dan nilai ketebalan lapisan yang dapat diukur yaitu sebesar 58,2 µm.

Kata Kunci: Nitridasi, kekerasan, keausan, struktur mikro baja AISI 4140

PENDAHULUAN

Pada jaman yang semakin maju dan semakin canggih ini, kebutuhan akan benda-benda yang pokok ataupun kebutuhan tambahan yang berguna untuk menunjang kebutuhan sehari-hari semakin beragam. Kebutuhan akan produk-produk industri juga semakin beragam pula. Untuk mendukung perkembangan teknologi yang sangat pesat dibutuhkan bahan unggul yang mempunyai sifat-sifat yang sesuai dengan penggunaannya.

Jika diperhatikan dari segala kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Karena hampir semua alat yang digunakan oleh manusia terbuat dari unsur logam. Sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi di jaman sekarang. Oleh karena itu timbulnya usaha-usaha manusia untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam tersebut, yaitu dengan cara merubah sifat mekanis dan sifat fisiknya.

Adapun sifat mekanis dari logam antara lain: kekerasan, kekuatan, keuletan, kelelahan dan lain-lain. Sedangkan dari sifat fisiknya yaitu dimensi, konduktivitas listrik, struktur mikro, densitas dan lain-lain.

Karena banyaknya permintaan yang bermacam-macam maka diadakan pemilihan bahan. Pemilihan bahan tersebut dapat dipersempit sesuai dengan kegunaannya. Seperti misalnya pada baja paduan rendah. Baja paduan rendah mendapat prioritas yang utama untuk dipertimbangkan. Karena baja paduan rendah mudah diperoleh, mudah dibentuk atau sifat pemesinannya baik dan harganya yang relatif murah. Karena baja paduan mendapat prioritas utama maka dituntut untuk memperbaiki atau memodifikasi sifatnya seperti kekerasan, kekerasan pada permukaan dan tahan aus akibat gesekan. Karena hal tersebut maka perlu dilakukan proses perlakuan panas guna menambah kekerasan dari bahan tersebut.

Salah satu cara adalah dengan menggunakan proses nitriding yaitu dengan mengeraskan permukaan saja. Nitriding adalah salah satu proses perlakuan panas untuk mendapatkan permukaan yang lebih keras dari pada sebelumnya. Rahasia proses nitriding adalah bahwa hal itu tidak

memerlukan perubahan fasa dari ferit untuk austenite, juga tidak memerlukan perubahan lebih lanjut dari austenit ke martensit. Dengan kata lain, baja tetap dengan fasa ferite (atau sementit, tergantung pada komposisi paduan) selama prosedur lengkap. Ini berarti bahwa struktur molekul dari ferit (body-centered cubic atau bcc kisi) tidak mengubah konfigurasi atau tumbuh menjadi berpusat muka (fcc) karakteristik kisi kubik austenit, seperti yang terjadi pada metode yang lebih konvensional seperti nitriding. Selain itu, karena hanya pendinginan bebas terjadi bukan pendinginan cepat, tidak ada transformasi berikutnya dari austenit ke martensit terjadi. Sekali lagi tidak ada perubahan ukuran molekul dan lebih penting lagi, tidak ada perubahan dimensi, pertumbuhan hanya sedikit karena perubahan volumetric dari permukaan baja yang disebabkan oleh difusi nitrogen. Apa yang bisa (dan tidak) distorsi menghasilkan adalah permukaan induksi tegangan yang dirilis oleh panas dari proses, menyebabkan gerakan dalam bentuk memutar dan bending. (ASM Hand Book 2003)

Baja Karbon

Baja karbon biasanya sudah cukup memuaskan untuk digunakan bila persyaratan kekuatan, keuletan, dan lain-lain tidak terlalu tinggi. Baja karbon juga cukup baik untuk digunakan pada temperatur kamar dan pada kondisi lingkungan yang tidak terlalu korosif. Harganya pun relatif murah. Baja karbon dapat memiliki kekuatan yang tinggi dengan menaikkan kadar karbonnya. Akan tetapi hal ini dapat menurunkan keuletan dan ketangguhannya. Kekuatan akan banyak berkurang bila bekerja pada temperatur yang agak tinggi. Pada temperatur yang rendah kekuatannya juga dapat menurun drastis. Baja karbon umumnya mempunyai tingkat kekuatan yang rendah, dan setelah pengerasan mudah menjadi lunak kembali.

Baja paduan memiliki kelebihan-kelebihan yaitu mempunyai kemampuan kerasan yang baik, sehingga meskipun berukuran besar dapat dikeraskan sampai kedalam (bagian inti), jadi dengan penemperan dapat diperoleh struktur yang uniform, disamping itu kekuatan yang lebih tinggi dan keuletan yang lebih baik dapat diperoleh.

Baja AISI 4140

Baja AISI 4140 merupakan salah satu low alloy steel yang dikategorikan lagi pada komposisi kimianya yaitu, chromium-molybdenum steels. Baja ini termasuk baja karbon sedang, aplikasinya antara lain digunakan sebagai shafts, gear, bolts, couplings, splindles, tool holders, sprockets, hydraulic machinery shafts, oil industry drill collars, Kelly bars, tools join, piston pin dan lain sebagainya. Aplikasi-aplikasi tersebut biasanya digunakan pada beban-beban yang cukup besar. Oleh karena itu baja ini harus memiliki kekerasan yang diinginkan, ketangguhan terhadap tekanan, tahan korosi dan tahan abrasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Sample

Specimen yang digunakan pada penelitian ini adalah :

Baja AISI 4140 = 9 Sample. Komposisi kimia sampel seperti terlihat pada Tabel 1.

Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap seperti yang terlihat pada Gambar 1. Tahap pertama tiga specimen diproses dengan suhu pemanasan 400°C, tahap kedua tiga specimen diproses dengan suhu pemanasan 500°C dan tiga specimen berikutnya diproses dengan tahap ketiga dengan suhu pemanasan 600°C dengan waktu *holding* yang sama yaitu 4 jam.

Setelah dilakukan proses perlakuan pada specimen lalu dilakukan proses pendinginan menggunakan media udara.

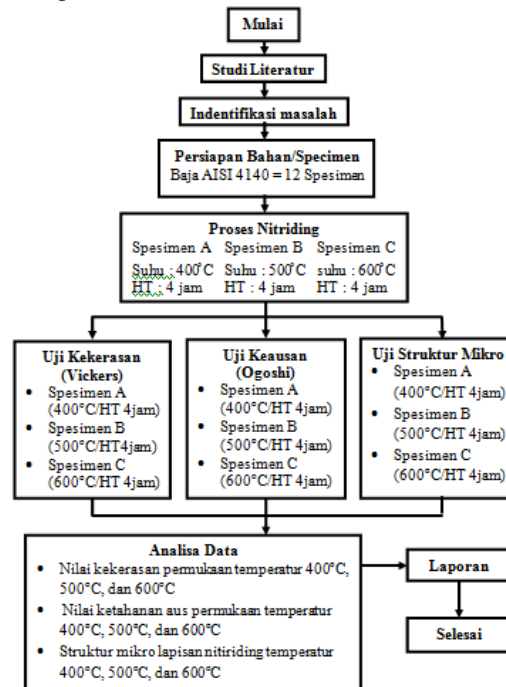
Tabel 1. Chemistry

Sample identification	CHEMISTRY								
	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%	Ni%	Cr%	Mo%
AISI 4140	0.41	0.34	0.81	18	12	11	8	1.07	0.19

(Sumber : Mill Certificate, SeAH Bessteel Corp)

Alat-Alat Yang Digunakan

1. *Fluidized Bed Furnace*
2. Alat uji kekerasan *Mikro Vickers*
3. Mikroskop Mikro Struktur
4. Mesin Poles



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

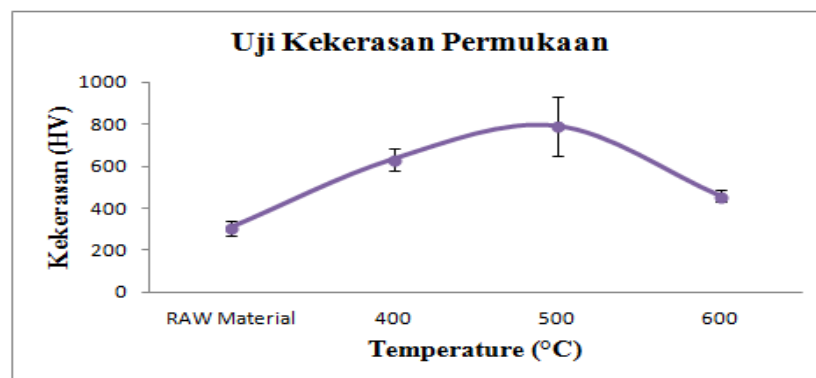
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian dan Pembahasan

Dari hasil pengujian spesimen, didapat data-data hasil pengujian seperti data hasil kekerasan permukaan mikro, data hasil pengujian keausan dan foto mikro struktur. Data – data tersebut diperlukan sebagai acuan untuk menganalisa hasil proses dari penelitian yang dilakukan.

Pengujian Kekerasan Permukaan

Data hasil pengujian kekerasan permukaan dapat dilihat pada Gambar 2, 3 dan 4 dibawah ini.



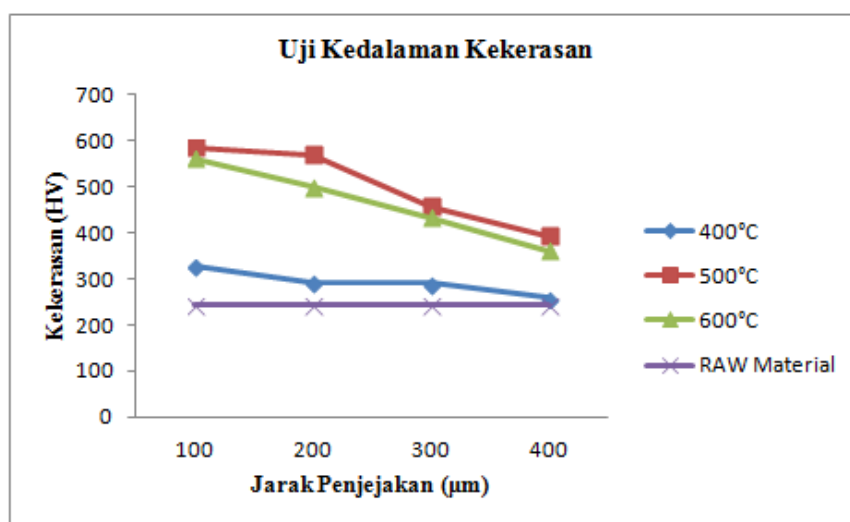
Gambar 2. Grafik Uji Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan, didapatkan hasil kekerasan yang berbeda pada saat sebelum dan sesudah proses nitridisasi, pada saat sebelum proses nitridisasi kekerasan rata – rata specimen adalah 305.4 HVN, sesudah proses nitridisasi terjadi peningkatan kekerasan yang bervariasi pada tiap lapisan tergantung pada temperatur pada saat proses. Pada specimen dengan suhu pemanasan 400°C terjadi peningkatan rata – rata sebesar 633.0 HVN pada tiap titik penjejakan, pada specimen dengan temperatur 500°C terjadi kekerasan sebesar 791.1 HVN dan pada specimen 600°C terjadi kekerasan sebesar 457,9 HVN. Pada temperatur 600°C memang *white layer* terbentuk dengan baik tetapi kekerasan permukaannya menurun seiring bertambahnya temperatur pemanasan, hal tersebut disebabkan karena temperatur mencapai batas yang sangat maksimal pada proses nitriding untuk BAJA AISI 4140 tersebut. Dari data diatas dapat diketahui bahwa kekerasan meningkat dua kali lipat dari kekerasan awal, yaitu 305.4 HVN.

Kenaikan nilai kekerasan dan turunnya nilai kekerasan dari hasil pengujian dapat dinyatakan dalam bentuk %, yaitu :

- RAW Material – 400°C mengalami kenaikan sebesar 107,3%
- 400°C – 500°C mengalami kenaikan sebesar 24,9%
- 500°C – 600°C mengalami penurunan sebesar 42,1%

Pengujian Kekerasan Kedalaman



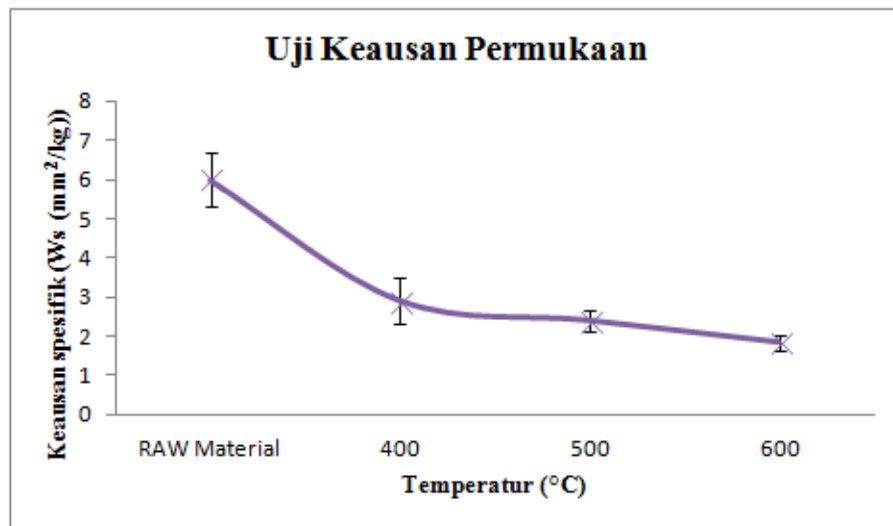
Gambar 3. Grafik Uji Kedalaman Kekerasan

Pada proses tersebut menggunakan temperatur suhu 400°C, 500°C, dan 600°C dengan jarak penjejakan antara 100 – 400 μm. Pada specimen 400°C dengan jarak penjejakannya 100μm didapat nilai kekerasan 327.1 HV, jarak penjejakan 200μm didapat nilai kekerasan 292.3 HV, jarak 300μm didapat nilai kekerasan 290.0 HV, dan jarak 400μm didapat nilai kekerasan 258.0 HV. Pada specimen 500°C dengan jarak penjejakannya 100μm didapat nilai kekerasan 584.5 HV, jarak 200μm didapat nilai 568.4 HV, jarak penjejakannya 300 μm didapat nilai 457.9 HV, dan pada jarak 400μm didapat nilai 392.0 HV. Sedangkan pada specimen 600°C dengan jarak penjejakan 100μm didapat nilai kekerasan 560.6 HV, jarak penjejakan 200 μm didapat nilai kekerasan 500.5 HV, jarak penjejakan 300μm didapat nilai kekerasan 433.3 HV, dan dengan jarak penjejakan 400μm didapat nilai kekerasan 360.3 HV. Jadi, semakin dalam penjejakannya maka akan semakin dekat pula dengan nilai kekerasan RAW Materialnya.

Pengujian Keausan Permukaan

Hasil uji keausan pada raw material sebelum di nitriding memberikan nilai rata – rata keausan spesifik sebesar 6mm²/kg. Hasil uji keausan pada material yang telah di nitriding dengan temperatur 400°C memberikan nilai rata – rata keausan spesifik sebesar 2.90 mm²/kg. Hasil uji keausan pada material yang di proses nitriding dengan temperatur 500°C memberikan nilai rata –

rata keausan spesifik sebesar $2.39 \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan pada temperatur proses nitriding dengan temperatur 600°C memberikan nilai rata – rata keausan spesifik sebesar $1.83 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Dengan waktu penahanan yang sama 4 jam pada setiap temperatur holding. Dari hasil pengujian keausan permukaan yang telah dilakukan didapat nilai keausan yang paling kecil pada temperatur 600°C dengan nilai rata – rata keausan spesifik $1.83 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Hal yang perlu diberi perhatian pada pengujian keausan adalah semakin kecil nilai keausannya berarti material tersebut mempunyai sifat semakin tahan terhadap keausan atau beban gesekan.



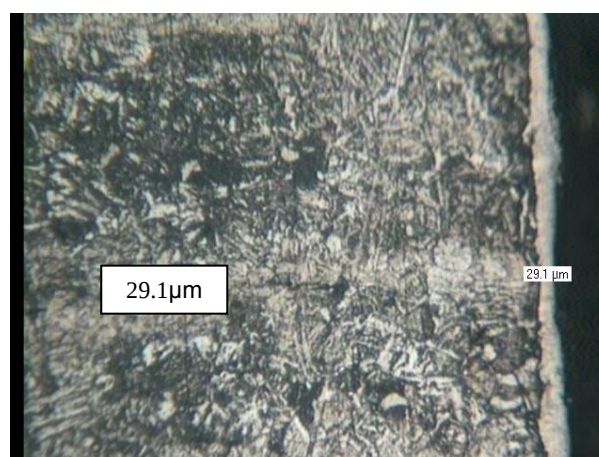
Gambar 4. Grafik Uji Keausan Permukaan

Kenaikan nilai kekerasan dan turunnya nilai kekerasan dari hasil pengujian dapat dinyatakan dalam bentuk %, yaitu :

- RAW Material – 400°C mengalami kenaikan sebesar 106.8%
- 400°C – 500°C mengalami kenaikan sebesar 23.3%
- 500°C – 600°C mengalami penurunan sebesar 30.6%

Struktur Mikro

Struktur mikro sampel baja dapat dilihat pada gambar 5, 6, dan 7.

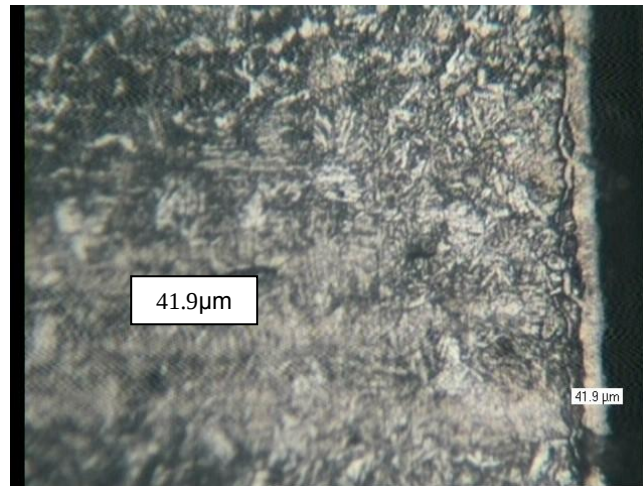


Gambar 5.struktur mikro specimen (400°C) 200x

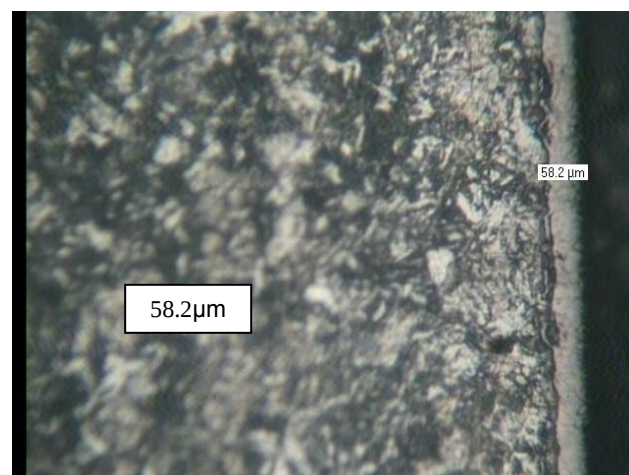
Ketebalan lapisan white layer yang terbentuk pada specimen berbeda tergantung pada suhu pemanasan dan waktu holding specimen. Pada temperatur 400°C lapisan difusi nitride dan white

layer yang terbentuk sangat tipis sekali dan didapatkan nilai 29.1 μm . Pada temperatur 500°C lapisan difusi nitride dan white layer yang meningkat dengan nilai 41.9 μm dan pada temperature 600°C lapisan difusi nitride dan white layer terbentuk lebih baik dengan nilai 58.2 μm (Tabel 2).

Jadi pada temperatur 600°C lapisan nitride yang terbentuk lebih baik dibandingkan pada proses tahap pertama dengan temperatur 400°C, lapisan *white layer* yang terbentuk sangat jelas terlihat dan cukup tebal.



Gambar 6.struktur mikro specimen (500°C) 200x



Gambar 7.struktur mikro specimen (600°C) 200x

Kenaikan nilai kekerasan dan turunnya nilai kekerasan dari hasil pengujian dapat dinyatakan dalam bentuk %, yaitu :

- 400°C – 500°C mengalami kenaikan sebesar 43,9%
- 500°C – 600°C mengalami penurunan sebesar 38,6%

Tabel 2. Ketebalan Lapisan

No	Temperatur proses	Waktu holding	Ketebalan lapisan
1	400°C	4 jam	29.1 μm
2	500°C		41.9 μm
3	600°C		58.2 μm

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan analisa yang data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada proses nitriding hasil kekerasan permukaan baja AISI 4140 dengan temperatur 400°C didapatkan nilai 633.0 HV, pada temperatur 500°C didapatkan nilai 791.1 HV, dan pada temperatur 600°C didapatkan nilai 457.9 HV. Kenaikan nilai kekerasan dan turunnya nilai kekerasan dari hasil pengujian dapat dinyatakan dalam bentuk %, yaitu
 - Pada specimen RAW Material - 400°C mengalami kenaikan sebesar 107.3%.
 - Pada specimen 400°C- 500°C mengalami kenaikan sebesar 24.9%.
 - Pada specimen 500°C - 600°C mengalami penurunan sebesar 42.1%.Kekerasan suatu bahan dapat dilihat dari tingginya nilai kekerasan, semakin tinggi nilai kekerasannya maka semakin keras sifat bahan tersebut.
2. Pada proses nitriding hasil keausan permukaan baja AISI 4140 .dengan temperatur 400°C memberikan nilai rata – rata keausan spesifik sebesar 2.90 mm²/kg. Hasil uji keausan pada material yang di proses nitriding dengan temperatur 500°C memberikan nilai rata – rata keausan spesifik sebesar 2.39 mm²/kg, dan pada temperatur proses nitriding dengan temperatur 600°C memberikan nilai rata – rata keausan spesifik sebesar 1.83 mm²/kg. Kenaikan nilai kekerasan dan turunnya nilai kekerasan dari hasil pengujian dapat dinyatakan dalam bentuk %, yaitu:
 - Pada specimen RAW Material - 400°C mengalami penurunan laju keausan sebesar 106.8%.
 - Pada specimen 400°C - 500°C mengalami penurunan laju keausan sebesar 23.3%.
 - Pada specimen 500°C - 600°C mengalami penurunan laju keausan sebesar 30.6%.Nilai keausan mempengaruhi kekuatan aus suatu bahan, semakin kecil nilai keausan bahan berarti bahan tersebut memiliki ketahanan aus dan beban gesek yang baik. Hasil dari penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa harga kekerasan memiliki pengaruh terhadap nilai/harga keausan, yang menunjukkan bahwa kekerasan material berbanding lurus terhadap ketahanan aus
3. Dari hasil pengamatan foto struktur mikro dapat dilihat bahwa ketebalan pada temperatur 400°C yaitu 29,1 µm, ketebalan pada temperatur 500°C yaitu 41,9 µm, dan ketebalan pada temperatur 600°C yaitu 58,2µm. Kenaikan nilai kekerasan dan turunnya nilai kekerasan dari hasil pengujian dapat dinyatakan dalam bentuk %, yaitu:
 - Pada specimen 400°C - 500°C mengalami kenaikan sebesar 43.9%.
 - Pada specimen 500°C - 600°C mengalami kenaikan sebesar 38.9%.

Semakin tinggi temperaturnya, maka semakin tebal dan semakin baik lapisan nitrida yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Hand Book, vol.4. 1991. *Heat Treating*. ASM International
- ASM Hand Book, volchapter 1. 2003. *An Introduion To Nitriding* ASM International
- Anthonius S., Sulistioso G.S. dan Sumaryo.2006. *Pengaruh Proses Nitridisasi Terhadap Sifat Mekanis Permukaan Baja Paduan Rendah Aisi 4340*.
- Barhoum Afif. 2012. *The Effect of Heat Gas Nitriding On Some Mechanical Properties of Plain Carbon Steel B St-3 sp*.
- Budi Setiawan Albertus. 2009. *Pengaruh Temperatur dan Waktu Proses Nitridasi Terhadap Kekerasan Permukaan Fcd 700 dengan Media Nitridasi Urea*
- Callister. Jr, William.D. 1985. *Material Science and Engineering*. Fourt Edition Singapore : John Wiley and Sons Inc.
- Daryus Asyari. 2006. *Diktat Material Teknik*, Jakarta : Universitas Darma Persada
- Haryono Ahmad. 2009. *Pengaruh Proses Nitriding Dan Nitrocarburizing Terhadap Kualitas Permukaan Silinder Liner*.
- Husna Al Hasa M. 2003. *Perlakuan Permukaan Paduan Baja dengan Proses Termokimia*.
- Leppanen.Rainer & Jonsson, Hakan.1999.*Properties of Nitrided Compenents*.Ovako Steel. Sweden.
- Mei Yang. 2012. *Nitriding – Fundamentals, Modeling And Process Optimization*.

- Schaffer James P. 1999. *The Science and Design of Engineering Materials*, 2nd edition.
- Surdia, T., dan Saito, S. 1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta : Pradya Paramita, Cetakan Kelima
- Yeh Shu-Hung. 2011. *Effects Gas Nitriding on the Mechanical and Corrosion Properties Of SACM 645 Steel*
- Tribology in industry journal* : ID 200