

# Pengaruh Waktu Penahanan Proses Pengerasan Permukaan Cyaniding Terhadap Laju Difusi Nitrogen Terhadap Struktur Dan Sifat Mekanik Baja Perkakas Assab Xw-42

Abrianto Akuan

Dosen Jurusan Teknik Metalurgi  
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

**Abstrak.** Salah satu metoda pengerasan permukaan dengan jalan merubah komposisi kimia yaitu dengan proses Cyaniding. Atom N (Nitrogen) diperoleh dari hasil reaksi garam  $KFe(CN)_3$  dengan oksigen/udara dengan aktivator  $Na_2CO_3$ . Atom N akan berdifusi masuk kedalam permukaan sehingga pada permukaan akan diperoleh lapisan white keras  $Fe_4N$  dan  $Fe_2N$  yang sifatnya keras. Proses cyaniding ini dilakukan dengan memvariasikan waktu yaitu 3, 9 dan 21 jam dengan temperatur  $580^\circ C$ . Dari hasil penelitian ini lapisan yang terbentuk pada proses 3 jam yaitu dengan rata-rata  $40,870 \mu m$ , untuk proses 9 jam lapisan yang terbentuk rata-rata  $58 \mu m$  dan proses 21 jam lapisan yang terbentuk rata-rata  $61,109 \mu m$ . Sedangkan kekerasan yang dihasilkan akibat terbentuknya lapisan nitrida besi:  $Fe_4N$  adalah untuk proses 3 jam  $771,61 Hv$ , proses 9 jam  $763,13Hv$  dan 21 jam  $760,27 Hv$ .

## I Pendahuluan

Baja perkakas merupakan jenis material yang banyak dipergunakan dalam industri karena memiliki harga kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi. Baja perkakas biasa dipergunakan sebagai alat pemotong (*cutting*), alat pembentuk (*forming*), dan sebagai cetakan (*die*).

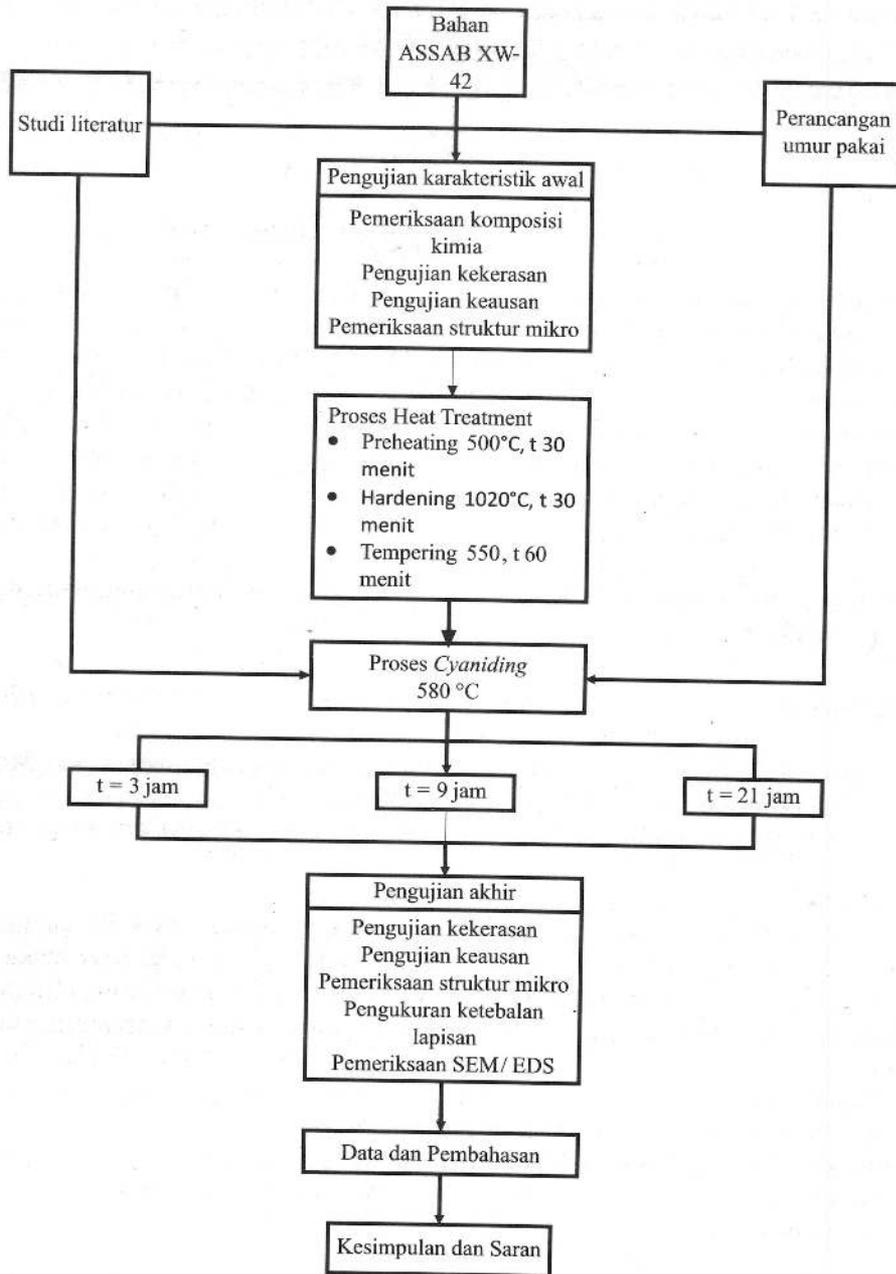
Proses perlakuan yang diterapkan untuk mengubah sifat logam dikenal dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Sedangkan proses perlakuan yang diterapkan untuk mengubah sifat/karakteristik logam pada permukaan disebut proses perlakuan permukaan (*surface treatment*), proses pengerasan ini dilakukan hanya pada permukaannya saja sedangkan dibagian dalamnya tetap ulet. Proses pengerasan permukaan dapat dikelompokkan dalam dua cara:

1. Proses yang dilakukan tanpa merubah komposisi kimia, contoh *flame hardening*, *induction hardening*, *laser hardening* dan lain-lain.
2. Proses yang dilakukan dengan merubah komposisi kimia, contoh *carburizing*, *nitriding*, *nitrocarburizing*, *carbonitriding* dan lain-lain yang biasanya disebut proses *cyaniding*.

Pada proses *cyaniding* benda kerja dipanaskan pada rentang temperatur  $500^\circ-590^\circ C^{(6)}$  dalam lingkungan yang mengandung nitrogen sehingga pada permukaan akan terbentuk suatu lapisan yang bersifat keras yang disebut *compound layer* jenis nitrida besi.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja perkakas ASSAB XW-42 dengan tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu proses *cyaniding* terhadap struktur, kekerasan dan kedalaman lapisan yang terbentuk.

II Metodologi Penelitian



Gambar 1. Skema Penelitian.

Pada penelitian ini dipilih material baja perkakas ASSAB XW-42 yaitu jenis *cold work high carbon high chromium*, dengan komposisi kimia 1,55% C, 0.80% Mo, 11.80% Cr, 0.30% Mn, 0.30% Si, 0.80% V dan sisanya %Fe. Bentuk dan ukuran rata-rata setelah dipotong 38 x 21 x 13 (mm) sebanyak 6 buah.

Tabel 1. Kodefikasi dan perlakuan spesimen.

Kode Spesimen	1 (kondisi awal)	2	3	4	5	6
<b>PREHEATING</b>						
Suhu preheating (C)	-	500	500	500	500	500
Waktu penahanan (menit)	-	30	30	30	30	30
<b>AUSTENISASI</b>						
Suhu austenisasi (C)	-	1020	1020	1020	1020	1020
Waktu penahanan	-	30	30	30	30	30
Media pendingin	-	Oli	Oli	Oli	Oli	Oli
<b>TEMPERING</b>						
Suhu temper (double)	-	-	550	550	550	550
Waktu (menit)	-	-	60	60	60	60
<b>CYANIDING</b>						
Suhu proses (C)	-	-	-	580	580	580
Waktu penahanan (menit)	-	-	-	180	720	1440
Media pendingin	-	-	-	Udara	Udara	Udara

Bahan, peralatan dan proses yang digunakan dalam proses *cyaniding* ini adalah sebagai berikut:

• **Bahan**

(sesuai EPA (*Environmental Protection Agency*) *Development September 1992* untuk *Metal Casting and Heat Treating Industry*):

1. Garam sodium 60-70% (berat) keseluruhan campuran yang terdiri dari 96.5% NaCN, 2.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan 0.5% NaCNO.
2. Garam potassium 30-40% (berat) total keseluruhan campuran yang terdiri dari 96% KCN, 0.6% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.75% KCNO dan 0.5% KCl.

Berkenaan dengan sulitnya bahan yang digunakan dalam proses ini yaitu garam sianide (*potassium Cyanide/ KCN*) dan garam sianate (*potassium cyanate/ KCNO*) maka sebagai penggantinya digunakan RBM (KFe(CN)<sub>3</sub>/Racun Besi Merah (RBM) atau juga Kalium Ferry Cyanide. Berkaitan dengan digantinya bahan yang digunakan maka persentase bahan yang digunakan juga berubah pula yaitu: 80% RBM, 10% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 5% KCl, dan 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

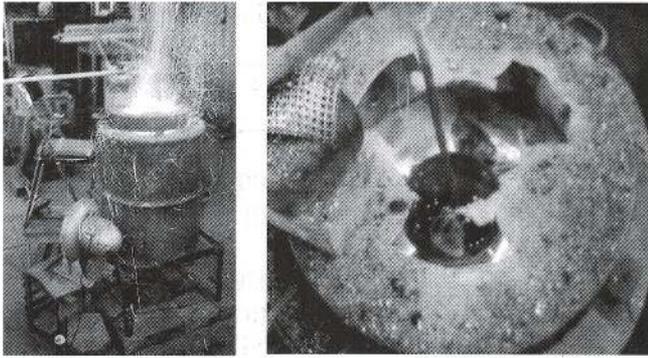
• **Peralatan**

1. Wadah, bahan *stainless steel*, volume 1.5 kg.
2. Tungku pemanas berbahan bakar arang.
3. Blower udara.
4. Thermocouple.

• **Proses**

Langkah pertama adalah penimbangan bahan-bahan tersebut yang kemudian dimasukkan kedalam satu wadah terus aduk rata, pada saat yang sama benda kerja yang sudah dibersihkan masing-masing diikat dengan seutas kawat baja kemudian semuanya dibenamkan dalam campuran garam tersebut. Setelah itu dimasukkan kedalam tungku dan isi tungku dengan arang.

Langkah kedua adalah proses pemanasan, dimana campuran garam yang berisi benda kerja dipanaskan sampai temperature 580° C dan suhu tungku dipertahankan tetap konstan selama proses *cyaniding* dengan waktu penahanan masing-masing selama 3 jam, 9 jam dan 21 jam.



Gambar 2. Proses Cyaniding pada tungku arang.

Langkah terakhir adalah proses pengangkatan dimana benda kerja masing-masing dikeluarkan dari dalam tungku sesuai dengan waktu yang diinginkan dan dibiarkan dingin di udara terbuka. Setelah itu dibersihkan dengan air biasa untuk menghilangkan sisa-sisa garam yang menempel.

### III Data dan Pembahasan

#### 3.1 Komposisi kimia

Perbandingan komposisi kimia antara ASSAB XW-42 dengan AISI D2 dapat dilihat pada Tabel.2 berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan komposisi kimia.

Material	Komposisi Kimia, %							
	C	Cr	Mo	V	Mn	Si	Ni	Fe
ASSAB XW-42	1.55	11.80	0.80	0.80	0.30	0.30	-	Sisa
STANDAR AISI D2	1.40- 1.60	11.00- 13.00	0.70- 1.20	1.10 max	0.60 max	0.60 max	0.30 max	Sisa

#### 3.2 Perhitungan Laju Pendinginan

Perhitungan laju kecepatan pemanasan dan pendinginan dari proses perlakuan panas, didapatkan dari hasil perhitungan teoritis yaitu dengan menggunakan persamaan pemanasan dan pendinginan Newton yaitu sebagai berikut:

$$t = \frac{\rho C_p V}{hc A} \ln \frac{T_c - T_s}{T_x - T_s}$$

t = Waktu pendinginan (h)

$\rho$  = Massa jenis (lb/ft<sup>3</sup>)

V = Volume (ft<sup>3</sup>)

Cp = Panas jenis (Btu/lb.°F)

hc = Koefisien perpindahan panas (Btu/ h.ft<sup>2</sup>.°F)

A = Luas (ft<sup>2</sup>)

Tx = Temperatur sesaat (°F)

- Tc = Temperatur pada inti benda (°F)
- Ts = Temperatur permukaan benda (°F)

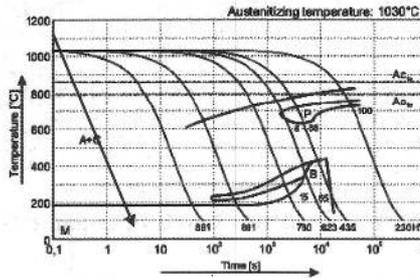
berdasarkan data referensi<sup>5)</sup>:

- $\rho$  = 480 lb/ft<sup>3</sup>
- Cp = 0,15 Btu/lb.°F
- Hc = 100 Btu/h.ft<sup>2</sup>. °F (media oli)
- V = (10773,84)mm<sup>3</sup> = 0,00038 ft<sup>3</sup>
- A = (3208.48)mm<sup>2</sup> = 0,03453 ft<sup>2</sup>

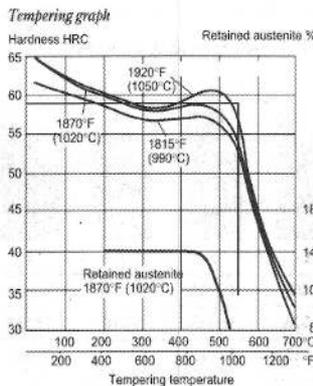


Gambar 3. Grafik hubungan temperatur terhadap waktu pendinginan.

Dari hasil laju pendinginan yang didapatkan, kemudian di plot kedalam diagram CCT untuk memprediksi fasa yang terbentuk setelah proses *hardening*, seperti terlihat pada Gambar dibawah ini.



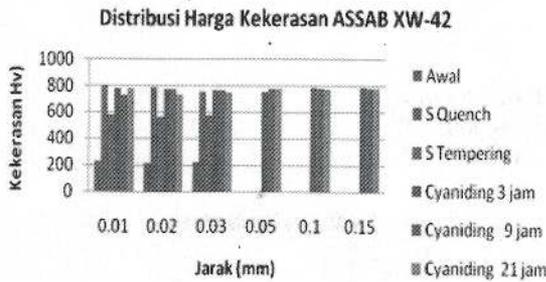
Gambar 4. Diagram CCT (Continuous Cooling Transformation)



Gambar 5. Grafik hubungan kekerasan terhadap temperatur.

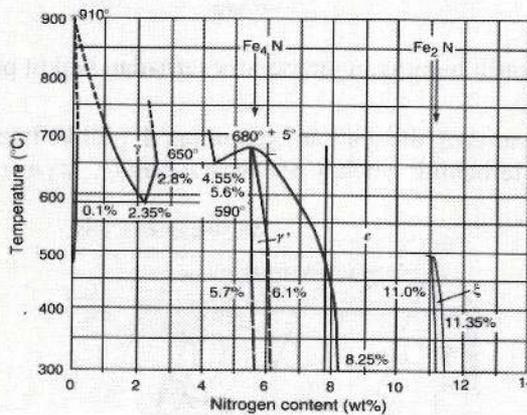
### 3.3 Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji mikro *Vickers* adalah sebagai berikut:



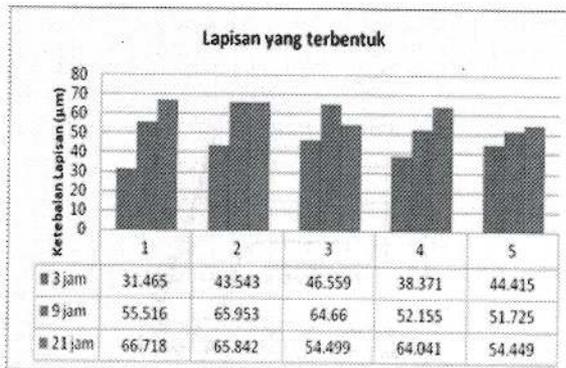
Gambar 6. Grafik hubungan kekerasan dengan jarak.

### 3.4 Ketebalan Lapisan



Gambar 7. Diagram kesetimbangan Fe-N

Dibawah ini adalah hasil ketebalan lapisan yang diperoleh dari proses *cyaniding* selama 3, 9 dan 21jam.



Gambar 8. Grafik hubungan ketebalan lapisan yang terbentuk terhadap waktu.

### 3.5 Distribusi Konsentrasi Unsur Nitrogen

Perhitungan konsentrasi nitrogen dari permukaan kedalam spesimen pada waktu t tertentu, didapatkan dari hasil perhitungan teoritis yaitu dengan menggunakan persamaan hukum Fick's II dan hukum Arrhenius sebagai berikut:

$$\frac{dC_x}{dt} = \frac{d}{dx} \left( D \frac{dC_x}{dx} \right)$$

Dari hukum Fick's II diatas diperoleh persamaan:

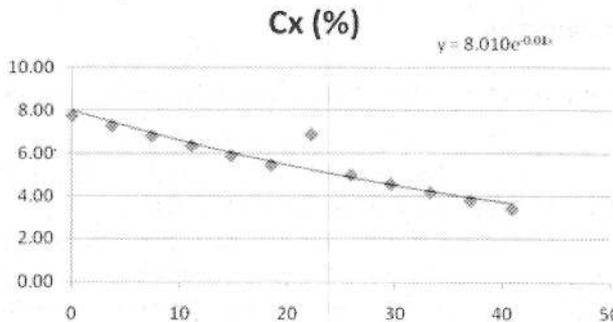
$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = \text{erf} \left[ \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right]$$

- $C_s$  = konsentrasi nitrogen yang akan didifusikan ke permukaan (%)
- $C_0$  = konsentrasi awal nitrogen didalam baja (%)
- $C_x$  = konsentrasi nitrogen sejauh x dari permukaan pada waktu t (%)
- x = jarak dari permukaan (cm)
- D = koefisien difusi (cm<sup>2</sup>/ detik)
- t = waktu (detik)

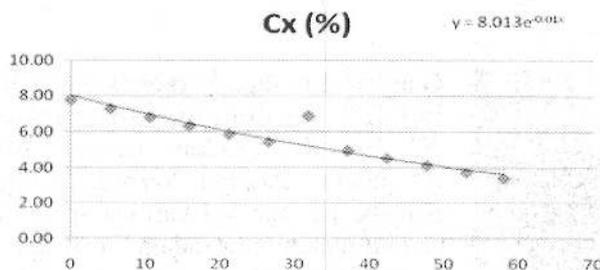
Hukum Arrhenius untuk menghitung laju difusinya:

$$D = D_0 \exp \left( -\frac{Q}{RT} \right)$$

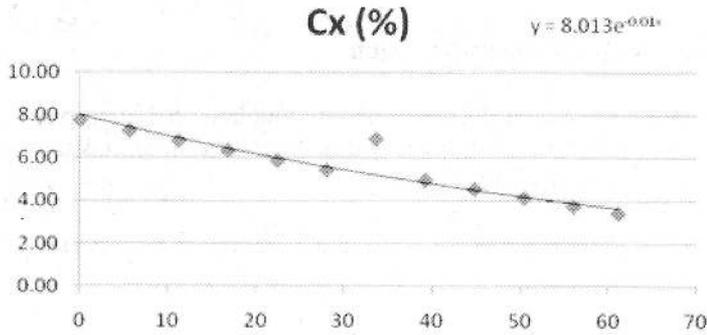
$D_0$  adalah factor frekuensi/difusivitas (cm<sup>2</sup>/detik), Q adalah energi aktivasi (kal/mol), T adalah temperatur proses (K), dan R adalah konstanta gas (1,987 kal/mol/K).



Gambar 9. Grafik laju difusi nitrogen terhadap ketebalan lapisan untuk proses 3 jam.



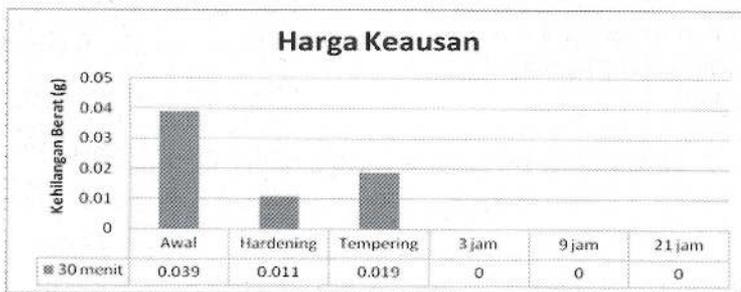
Gambar 10. Grafik laju difusi nitrogen terhadap ketebalan lapisan untuk proses 9 jam.



Gambar 11. Grafik laju difusi nitrogen terhadap ketebalan lapisan untuk proses 21 jam.

### 3.6 Pengujian Aus

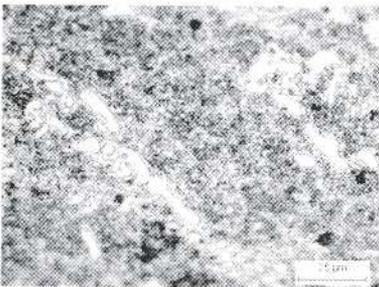
Dari hasil pengujian keausan didapat data sebagai berikut:



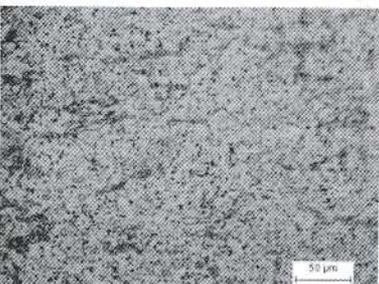
Gambar 12. Grafik hubungan %kehilangan berat terhadap waktu.

### 3.7 Pemeriksaan Metalografi

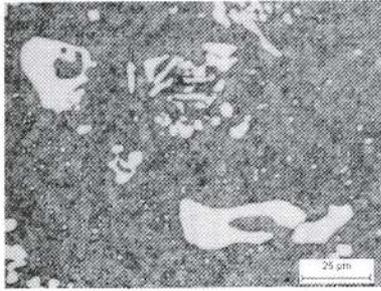
Pemeriksaan struktur mikro (etsa: Nital 3 %) pada kondisi awal, hasil proses *hardening* dan hasil proses *cyaniding*.



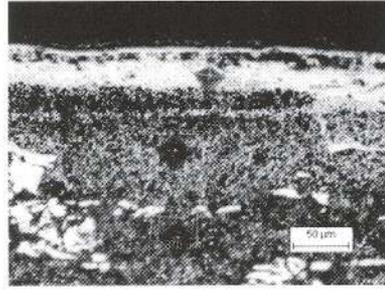
Gambar 13. Baja perkakas ASSAB XW-42 kondisi awal (hasil annealed). Struktur terdiri dari partikel karbida yang sangat banyak tersebar dan partikel karbida spheroidal yang sedikit dalam matriks pearlite dan ferrite.



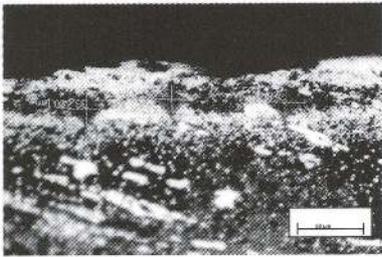
Gambar 14. Baja perkakas ASSAB XW-42 kondisi hardening, dipanaskan 1020 °C dan didinginkan dengan oli (tidak ditemper). Paduan karbida yang sangat banyak dan partikel karbida spheroidal yang sedikit dalam butir didalam matriks martensit yang tidak ditemper.



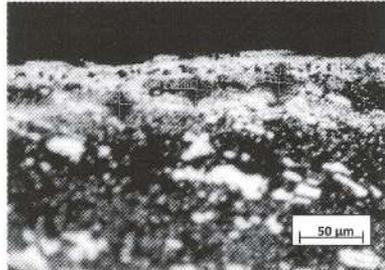
Gambar 15. Baja perkakas ASSAB XW-42 kondisi tempering, struktur terdiri dari partikel karbida dalam matriks martensite temper.



Gambar 16. Hasil cyaniding selama 3 jam pada baja perkakas ASSAB XW-42 terbentuk lapisan dengan rata-rata 40,87 μm.



Gambar 17. Hasil cyaniding selama 9 jam pada baja perkakas ASSAB XW-42 terbentuk lapisan dengan rata-rata 58 μm.



Gambar 18. Hasil cyaniding selama 21 jam pada baja perkakas ASSAB XW-42 terbentuk lapisan dengan rata-rata 61,11 μm.

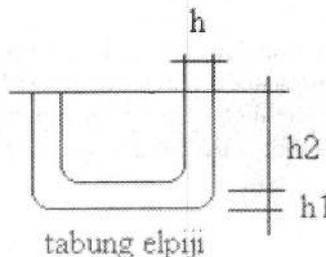
3.8 Prediksi Jumlah Keping (*Blank*) Pada Proses *Blanking* Untuk Bakalan dalam Pembuatan Tabung Gas 3 Kg.

Table 1 Wear coefficients for various combinations of materials under conditions of dry sliding(a)

Sliding combination		Wear coefficient, <i>k</i>	Hardness of softer member, 10 <sup>6</sup> g/cm <sup>2</sup>
Cylinder material	Ring material		
Low-carbon steel	Low-carbon steel	$7.0 \times 10^{-3}$	18.6
60-40 brass	Hardened steel	$6.0 \times 10^{-4}$	9.5
PTFE	Hardened steel	$2.5 \times 10^{-5}$	0.5
Bakelite	Hardened steel	$7.5 \times 10^{-6}$	2.5
Beryllium copper	Hardened steel	$3.7 \times 10^{-5}$	21.0
Tool steel	Hardened steel	$1.3 \times 10^{-4}$	85.0
Stellite	Hardened steel	$5.5 \times 10^{-5}$	69.0
Tungsten carbide	Low-carbon steel	$4.0 \times 10^{-6}$	18.6
Tungsten carbide	Tungsten carbide	$1.0 \times 10^{-6}$	130.0

(a) Wear coefficients given are for the end of a cylinder sliding against the flat surface of a ring at 1.8 m/s (6 ft/s) under a 400-g load.

Prediksi perbandingan jumlah keping (*blank*) bahan baja karbon rendah dari yang di peroleh dari perkakas sebelum dan sesudah dilakukan proses pengerasan permukaan *cyaniding*. Volume yang hilang akibat keausan dari perkakas pada saat proses *blanking* adalah:



Diameter Blank:

$$D = \sqrt{d^2 + 4 \cdot (h_1^2 + d \cdot h_2)}$$

$$= \sqrt{26,43^2 + 4 \cdot (3^2 + 26,43 \times 5)}$$

$$= 35,54 \text{ cm} = 355,4 \text{ mm}$$

$$F_T = A \cdot \delta_u = \delta \cdot D \cdot h \cdot \delta_u$$

$$= 3,14 \times 355,4 \times 3 \times 0,7 \times 37$$

$$= 86713,75 \text{ kg}$$

$$F_p = 1,3 \times F_T$$

$$= 1,3 \times 86713,75$$

$$= 112727,88 \text{ kg}$$

Volume yang hilang akibat keausan dari perkakas pada setiap kali proses *blanking*:

$$V = \frac{kSL}{H}$$

$$V = \frac{1,3 \times 10^{-4} \times 3 \times 112727,88}{571,2} = 0,077 \text{ mm}$$

$$V = \frac{1,3 \times 10^{-4} \times 3 \times 112727,88}{771,61} = 0,057 \text{ mm}$$

Volume perkakas hingga lapisan keras mengalami keausan:

$$V_0 = A \cdot t_{\text{lapisan}} = \pi \cdot d \cdot h \cdot t_{\text{lapisan}}$$

$$= 3,14 \times 264,3 \times 3 \times 0,041$$

$$= 102,09 \text{ mm}$$

Perbandingan kemampuan baja perkakas ASSAB XW-42 antara sebelum dan sesudah *cyaniding*:

$$\text{sebelum cyaniding} = \frac{102,09}{0,077} = 1326 \text{ bahan}$$

$$\text{setelah cyaniding} = \frac{102,09}{0,057} = 1792 \text{ bahan}$$

### 3.9 Pembahasan

Baja perkakas ASSAB XW-42 merupakan baja paduan tinggi, hal ini terlihat dari jumlah unsur pematunya > 8% dan tergolong kedalam standar AISI D2. Baja perkakas ini digunakan untuk keperluan cetakan (*dies for molding*) seperti cetakan keramik, cetakan untuk membuat batu bata (*bricks*), roda gerinda, tablets, cetakan untuk *abrasive plastic* dan sebagai perkakas proses *blanking*.

Sebelum proses *cyaniding* dilakukan, dilakukan proses *heat treatment* (*preheating, hardening, tempering*) terlebih dahulu. *Preheating* yang dilakukan pada temperatur 500 °C selama 30 menit bertujuan untuk mengurangi distorsi retak akibat tidak homogenya temperatur dibagian dalam dan dibagian permukaan dan biasanya untuk baja perkakas dilakukan pada rentang temperatur 500-600 °C karena konduktivitasnya rendah akibat dari banyaknya unsur paduan yang terdapat pada baja perkakas tersebut/karbida yang ada menghalangi transfer panas sehingga temperatur yang digunakan cukup tinggi<sup>6,8)</sup>. Kemudian temperatur dinaikkan sampai 1020 °C selama 30 menit.

Pada proses *hardening* ini, terjadi peningkatan kekerasan pada Gambar 6 untuk harga kekerasan hasil *hardening* didapat harga kekerasan dengan rata-rata sebesar 745,5 HV sedangkan sebelum di *hardening* rata-ratanya sebesar 225,4 HV. Kenaikan nilai kekerasan tersebut diakibatkan oleh adanya perubahan struktur mikro yang berubah menjadi *martensite*. Juga diakibatkan oleh adanya unsur-unsur paduan pembentuk karbida selain unsur karbon. Seperti *Molibdenum* akan membentuk senyawa karbida ( $\text{Mo}_2\text{C}$ ), *krom* (*Cr*) akan membentuk senyawa karbida ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ) dan *Vanadium* (*V*) akan membentuk senyawa karbida yang sangat keras ( $\text{V}_4\text{C}_3$ ). Pembentukan *martensit* didasari pada proses pergeseran atom yang melibatkan penyusutan dari struktur kristal. Struktur *martensit* merupakan konsekuensi langsung dari tegangan disekitar matriks yang timbul akibat mekanisme geser pada saat transformasi. Transformasi *martensit* tersebut biasanya dihubungkan sebagai transformasi non *thermal* (*athermal transformation*).

Dari proses *quenching* dapat dihitung laju pendinginannya menggunakan persamaan laju pemanasan dan pendinginan *Newton* sehingga dinyatakan bahwa untuk mendinginkan spesimen dengan ukuran 38x22x15 mm membutuhkan waktu pendinginan selama 0,1 menit atau 6 detik. Hasil perhitungan tersebut kemudian di plot kedalam diagram CCT (Gambar 4), dari diagram CCT ini dapat diprediksi perubahan struktur mikro yang terjadi pada saat proses pendinginan.

Struktur *martensit* ini sifatnya sangat keras dan getas sehingga berkemungkinan terjadi adanya retak dan adanya perubahan akibat distorsi. Proses *tempering* ini dilakukan dengan cara memanaskan kembali spesimen sampai temperatur 550 °C kemudian ditahan selama 1 jam. Dengan pemilihan temperatur *tempering* pada temperatur 550 °C diharapkan kekerasan yang didapat setelah proses *tempering* sebesar 55 HRC atau 595 Hv (Gambar 5).

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan, maka dapat dinyatakan bahwa proses *cyaniding* yang dilakukan dapat dikatakan berhasil, hal ini terlihat dari harga kekerasan yang meningkat setelah proses *cyaniding*. Diantara variasi waktu 3, 9 dan 21 jam (Gambar 6) yang paling tinggi harga kekerasannya adalah dari hasil proses selama 3 jam sebesar 771,61 Hv. Pada data ketebalan lapisan (Gambar 7) menunjukkan adanya lapisan yang terbentuk namun lapisan yang terbentuk ini bukanlah lapisan *white layer*, hal ini dapat disebabkan karena konsentrasi nitrogen (nitrogen potensial) dari larutan garam tidak mencapai konsentrasi untuk terbentuknya *white layer*/ $\text{Fe}_2\text{N}$  (>11%). Tidak tercapainya lapisan  $\text{Fe}_2\text{N}$  ini disebabkan karena banyak faktor diantaranya adalah jenis larutan yang digunakan.

Jenis larutan yang digunakan berpengaruh terhadap ketebalan dan jenis lapisan yang terbentuk ini disebabkan karena sumber nitrogen sebagian besar dihasilkan dari pemisahan cyanites dalam larutan garam dan dari oksidasi cyanates. Reaksi kimia dan sumber nitrogen yaitu<sup>9)</sup>:



Sebagai mana diketahui nitrogen berdifusi secara interstisi kedalam material dan bergabung bersama membentuk nitrida pada baja, yang artinya bahwa difusi nitrogen akan semakin bertambah dan membentuk nitrida<sup>5)</sup>. Harga kekerasan dari lapisan difusi ditentukan oleh unsur kimia pada baja tersebut serta komposisi larutan dan pemilihan temperatur proses<sup>5)</sup>.

Komposisi dari senyawa lapisan akan bergantung sekali pada komposisi baja salah satunya dipengaruhi oleh kandungan karbon pada baja tersebut. Kandungan karbon akan berpengaruh sangat besar terhadap pembentukan fasa epsilon nitrida (lapisan rapuh keras). Dibawah fasa ini, daerah senyawa akan berisi nitrogen, yang akan berdifusi mencapai  $\alpha$ -Fe.

Proses difusi sangat dipengaruhi oleh temperatur dan waktu dimana semakin tinggi temperatur dan lamanya waktu pemanahan, maka makin tebal lapisan *cyaniding* terbentuk karena laju difusi makin besar ini ditunjukkan pada Gambar 8. Secara teoritis dapat dibuktikan pula oleh hasil perhitungan laju difusi nitrogen dengan menggunakan hukum difusi kedua *Fick* dan hukum *Arrhenius*, dari hasil perhitungan dengan variasi waktu 3 jam didapat bahwa % nitrogen yang berdifusi kedalam permukaan spesimen lebih baik dibandingkan dengan ke-2 proses lainnya (9 dan 21 jam) karena selain terjadi difusi nitrogen, juga terjadi reaksi oksidasi. Bila dilihat pada Gambar 16, 17 dan 18 untuk masing-masing proses 3, 9 dan 21 jam dari hasil perhitungan tersebut semakin lama waktu yang diberikan maka semakin dalam difusi nitrogen yang masuk kedalam permukaan spesimen dan pada permukaan spesimen konsentrasi nitrogen lebih tinggi dibandingkan dengan bagian dalam.

Hasil yang diperoleh dari pengujian keausan untuk spesimen setelah proses *cyaniding* diperoleh prosentase kehilangan berat sebesar 0%, yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan spesimen hasil proses *hardening* yaitu sebesar 0,019 %. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen hasil *cyaniding* ini lebih keras walaupun lapisan *white layer*-nya tidak terbentuk.

Berdasarkan data hasil pemeriksaan metalografi Gambar 13, 14 dan 15, struktur mikro terdiri dari partikel karbida yang sangat banyak tersebar dengan partikel karbida *spheroidal* yang sedikit dalam matriks perlit dan ferit dengan kekerasan 225,43 Hv. Struktur mikro setelah-proses *hardening* adalah martensit dan partikel karbida *spheroidal* yang sedikit dalam butir didalam matriks martensit dengan kekerasan sebesar 745,5 Hv.

Setelah dilakukan proses *tempering*, struktur mikro terdiri dari partikel karbida dalam matriks *martensit temper* Dengan kekerasan sebesar 571,2 Hv, karena dengan memanaskan kembali struktur hasil proses *hardening* maka martensit akan bertransformasi sehingga keuletan dan ketangguhannya akan sedikit meningkat dan kekerasannya menjadi berkurang.

#### **IV Kesimpulan dan Saran**

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil proses *cyaniding* kekerasan yang didapat adalah untuk proses 3 jam 771,6167 Hv, proses 9 jam 763,13Hv dan 21 jam 760,27 Hv.
2. Semakin tinggi temperatur *cyaniding* dan lamanya waktu penahanan, maka makin tebal lapisan yang terbentuk karena laju difusi makin besar. Ketebalan lapisan yang terbentuk bervariasi yaitu untuk proses 3 jam lapisan yang terbentuk rata-rata 40,870  $\mu\text{m}$ , untuk proses 9 jam ketebalan lapisan yang terbentuk rata-rata 58  $\mu\text{m}$  dan proses 21 jam lapisan yang terbentuk rata-rata 61,109  $\mu\text{m}$ .

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari penelitian ini, maka dapat disarankan sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan ketebalan lapisan nitrida yang homogen yang perlu diperhatikan menjaga temperatur tetap konstan dan waktu yang cukup. Selain itu tempat larutan *cyaniding*, sebaiknya untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan misalnya jebol tempat larutannya sebaiknya yang cukup tebal atau menggunakan material yang berbahan dasar keramik.
2. Untuk mempercepat reaksi sebaiknya selama proses berlangsung di injeksikan udara kedalam tungku agar kandungan sianat bisa dikontrol dengan lebih baik.

Karena selama proses berlangsung terjadi reaksi ini



maka reaksi ini dikontrol dengan menginjeksikan oksigen.

#### **Daftar Pustaka**

1. K-E Thelning, "STEEL AND ITS HEAT TREATMENT" Second Edition, Head of Research and Development Smedjebacken-Boxholm Stal AB, Sweden, 1984
2. Robert F. Mehl, "Atlas of Microstructures of Industrial alloys vol. 7, METALS HANDBOOK 8<sup>th</sup> Edition", Chairman of all Volume 7 committees, AMERICAN SOCIETY FOR METALS, Metals Park, Ohio 44073.
3. George M. Enos & William E. Fonraine, "Elements of Heat Treatment", Late Propressor of Metallurgical Engineering & Associate Propressor of Metallurgical Engineering Purdue University, New York-John Wiley & Son, Inc.
4. George E. Totten, Ph. D., FASM, "STEEL HEAT TREATMENT METALLURGY AND TECHNOLOGIES", Portland State University. Portland, Oregon, USA.
5. Rochim Suratman, "PANDUAN KULIAH PROSES PERLAKUAN PANAS", Institut Teknologi Bandung, Bandung 4035, 1994.
6. Metallographic preparation of nitrided and nitrocarburised components. Struers Aplication Notes
7. SURFACE HARDENING OF AISI 304, 316, 304L AND 316L SS USING CYANIDE FREE SALT BATH NITRIDING PROCESS, T. Kumar<sup>1</sup>, P. Jambulingam<sup>2</sup>, M. Gopal<sup>3</sup> and A. Rajadurai<sup>4</sup>.
8. "HEAT TREATMENT OF TOOL STEEL", UDDEHOLM/ ASSAB, Edition 6, 12.2007, EU Directive 1999/45/EC
9. Dr. Joachim Boßlet/ Michael Kreutz, "TUFFTRIDE®-QPQ-PROCESS", Durferrit GmbH Industriestrasse 3, D-68169 Mannheim, Phone +49 (0) 621 / 32224-0.
10. Robert Wilson, "Metallurgy and Heat Treatment of Tools Steels", Book compeny (UK) Limited, England, 1975