

# PENGARUH VARIASI WAKTU PROSES MANGANISASI TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN LAPISAN PADA BAJA PERKAKAS AISI D2

Oleh :

Adi Ganda Putra \*, Pawawoi\*\* dan Royen B.S \*\*\*

Pengerasan permukaan telah digunakan secara luas pada berbagai macam baja, karena dapat memberikan kombinasi sifat keras pada bagian permukaan. Pengerasan permukaan yang dilakukan adalah dengan cara mengubah struktur mikro dan komposisi kimia secara difusi mangan pada baja perkakas AISI D2. Adanya difusi mangan ke dalam permukaan baja perkakas AISI D2 akan mempengaruhi struktur mikro dan komposisi kimia sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mekaniknya.

Dalam penelitian tentang proses manganisasi aktivator yang akan digunakan adalah  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan filler SiC. Proses manganisasi dilakukan pada temperatur  $900^\circ\text{C}$  dengan variasi waktu 4, 8, 12 jam.

Adapun tujuan dari proses manganisasi ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap sifat mekanik dan ketebalan lapisan terhadap baja AISI D2.

Berdasarkan pengamatan terhadap pelapisan manganisasi yang terbentuk disimpulkan bahwa fasa yang terbentuk adalah FeMn. Hasil proses manganisasi pada temperatur  $900^\circ\text{C}$  pada variasi waktu 4, 8, 12 jam menunjukkan bahwa ketebalan lapisan dan kekerasan sangat berpengaruh terhadap lama waktu penahanan saat proses manganisasi berlangsung. Ini terbukti pada hasil manganisasi pada waktu penahanan 12 jam dimana ketebalan lapisan maupun kekerasan yang didapat lebih baik dari pada waktu penahanan yang lebih kecil.

## Latar Belakang Masalah

Pengerasan permukaan telah digunakan secara luas pada berbagai macam baja, karena dapat memberikan kombinasi sifat antara sifat keras pada bagian permukaan dan sifat lunak (ulet) pada bagian dalam (inti). Dengan demikian suatu komponen yang mempunyai sifat gabungan ini disamping tahan aus juga mempunyai kekuatan leleh dan ketahanan terhadap beban tumbuk (impak) yang tinggi<sup>[Ref.2]</sup>.

Dari metoda yang dipakai, proses pengerasan permukaan dikelompokkan dalam dua bagian besar. Pertama, pengerasan permukaan tanpa mengubah komposisi kimia yaitu secara pengerasan nyala (*flame hardening*) dan secara pengerasan induksi (*induction hardening*). Kedua, pengerasan permukaan dengan cara mengubah komposisi kimia, yaitu secara karburisasi (*carburizing*), nitriding (*nitriding*), karbonitridasi (*carbonitriding*), *manganizing* dan lain-lain<sup>[Ref.2]</sup>.

Tahap pengerasan dapat dilakukan dalam tiga cara yaitu secara penyepuhan langsung (*direct quenching*), penyepuhan tunggal (*single quenching*) dan penyepuhan ganda (*double quenching*)<sup>[Ref.2]</sup>.

Pada proses pengerasan permukaan oleh difusi mangan (*manganizing*) prinsipnya sama dengan proses karburizing tetapi dalam hal ini pengerasan permukaan dilakukan dengan adanya difusi unsur mangan yang larut secara substitusi<sup>[Ref.2]</sup>.

Pengerasan permukaan yang dilakukan adalah dengan cara mengubah struktur mikro dan komposisi kimia secara difusi mangan pada baja perkakas AISI D2. Adanya difusi mangan kedalam permukaan baja perkakas AISI D2 akan mempengaruhi struktur mikro dan komposisi kimia sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mekaniknya<sup>[Ref.2]</sup>.

Adapun yang melatarbelakangi proses *manganisasi* ini adalah ingin mengetahui pengaruh variasi waktu penahanan proses *manganisasi* terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan pada baja AISI D2. Apakah semakin lama waktu yang digunakan akan memberikan kekerasan yang lebih baik dan apakah semakin lama waktu yang digunakan akan memberikan ketebalan lapisan yang semakin tebal.

### Perumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan terhadap baja perkakas AISI D2. Pada material tersebut dilakukan pengerasan permukaan mangan dengan menggunakan serbuk mangan dengan komposisi sebagai berikut<sup>[Ref.2]</sup> :

- Mn: 23 %
- SiC: 72 %
- NH<sub>4</sub>Cl : 5 %

Pada proses *manganisasi* ini kita meneliti sejauh manakah pengaruh variasi waktu yang terjadi pada proses *manganisasi* terhadap kekerasan (apakah kekerasan yang didapat tambah keras atau sebaliknya) dan ketebalan lapisan (apakah lapisan yang didapat tambah tebal atau sebaliknya) pada proses *manganisasi*.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu penahanan proses *manganisasi* terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan pada baja AISI D2.

### Batasan Masalah Penelitian

Penelitian yang dilakukan antara lain mencakup :

1. Proses *Manganisasi* dengan temperatur 900<sup>0</sup>C, dan waktu penahanan 4, 8, 12 jam<sup>[Ref.2]</sup>.
2. Pengujian komposisi kimia dengan metoda spektrometri dan pengujian kekerasan dengan metoda Vickers.
3. Pengamatan struktur mikro dengan pengujian metallografi.
4. Pengujian SEM EDX (pada waktu penahanan 12 jam).
5. Pengujian XRD.

### Data dan Pembahasan

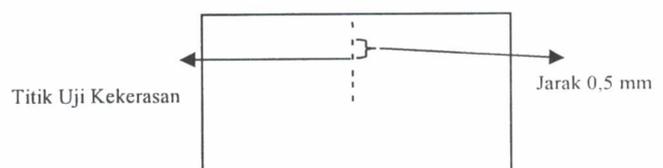
Data hasil pengujian komposisi kimia baja perkakas AISI D2 yang diperiksa dengan menggunakan : Portable X-Ray Fluorescent Metorex X-Met 2000 yang kemudian dibandingkan dengan standar AISI dimana sampel uji termasuk AISI D2 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 1 Hasil pengujian komposisi kimia Baja AISI D2.

Unsur	Hasil Spektrometer (%)
C	1,48
Si	0,36
Mn	0,534
Cr	12,510
Mo	0,88
V	1,2
Ni	0,310
Cu	0,298
Fe	Sisa

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan metode Vickers.

Gambar 1 memperlihatkan lokasi pengujian yang dilakukan pada spesimen/sampel, sedangkan data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.



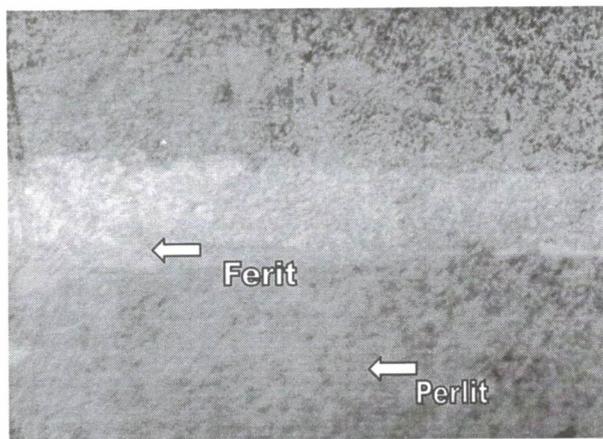
Gambar 1 Spesimen awal Baja AISI D2 dengan uji kekerasan pada 6 titik sebelum pelapisan.

**Tabel 2 Data hasil uji keras pada spesimen awal Baja AISI D2**

Sample	Uji Ke													
	1		2		3		4		5		6		Rata - rata	
	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV
Normal	216	199	220	192	217	197	214	203	215	201	215	201	216,16	198,83

**Analisa Struktur Mikro**

Hasil uji struktur mikro sampel pada temperatur kamar, diperlihatkan pada Gambar 2 struktur mikro tersebut diperiksa dengan menggunakan mikroskop optik dan difoto dengan menggunakan kamera Nikon FX – 35.



Nital 2% (ASTM74)

200X

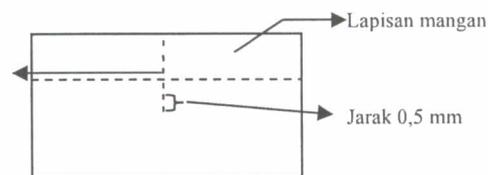
Gambar 2 Struktur Mikro pada material awal Baja AISI D

**Hasil Uji Kekerasan Setelah Proses Manganisasi**

Data hasil pengujian kekerasan spesimen yang telah mengalami proses *Manganisasi* adalah sebagai berikut :

Pengujian keras dilakukan dengan metode Vickers.

Gambar 3 memperlihatkan lokasi pengujian yang dilakukan pada spesimen/sampel, sedangkan data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.4 sampai Tabel 4.6.



Titik Uji Kekerasan

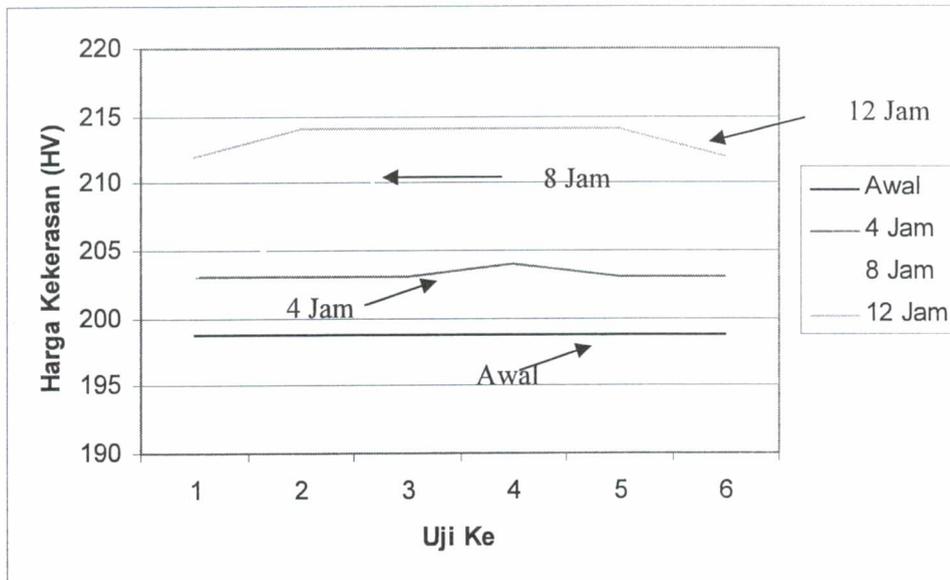
Gambar 3 Spesimen Baja AISI D2 dengan uji kekerasan pada 6 titik sesudah pelapisa

**Tabel 3 Data hasil uji keras pada proses Mangsanisasi Temp. 900<sup>0</sup> C, Waktu Penahanan 4 jam, 8, 12 Jam.**

Waktu (Jam )	Uji Ke													
	1		2		3		4		5		6		Rata - rata	
	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV	d	HV
4	214	203	214	203	214	203	213	204	214	203	214	203	213,83	203,16
8	214	203	212	206	209	212	210	211	209	212	209	212	210,5	209,33
12	209	212	208	214	208	214	208	214	208	214	209	212	208,33	213,33

Maka didapat grafik perbandingan uji kekerasan mulai spesimen awal hingga

sesudah proses manganisasi yang dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini :

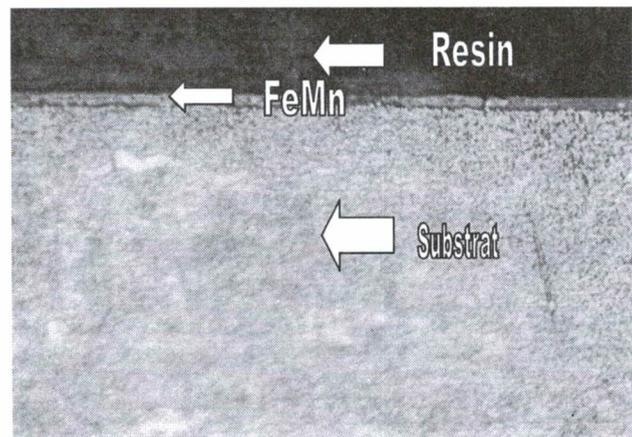


Gambar 4 Grafik perbandingan uji kekerasan material Baja AISI D2 material awal dengan sesudah pengujian hingga sesudah pelapisan manganisasi dengan waktu 4, 8, 12 jam

#### Analisa Struktur Mikro Setelah Proses Manganisasi

Hasil uji pemeriksaan struktur mikro pada baja AISI D2 yang telah mengalami proses Manganisasi dapat dilihat pada Gambar 4.5 sampai Gambar 4.7, berupa foto mikro yang dianalisa dengan menggunakan mikroskop optik dengan kamera Nikon FX – 35.

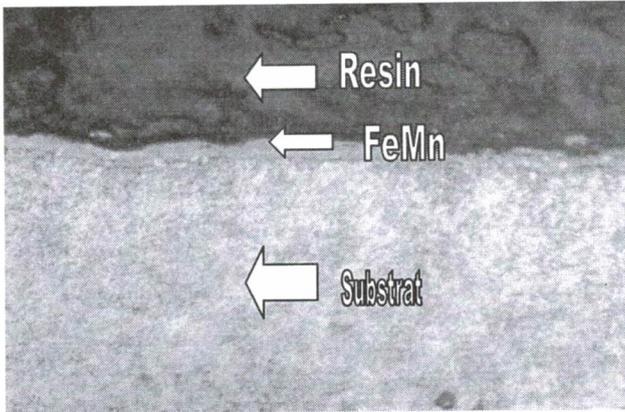
Pada waktu penahanan 4 jam tebal lapisan yang didapat : 0,015 micron, pada waktu penahanan 8 jam tebal lapisan yang didapat : 0,03 micron dan pada waktu penahanan 12 jam tebal lapisan yang didapat : 0,35 micron



Nital 2% (ASTM 74)

200X

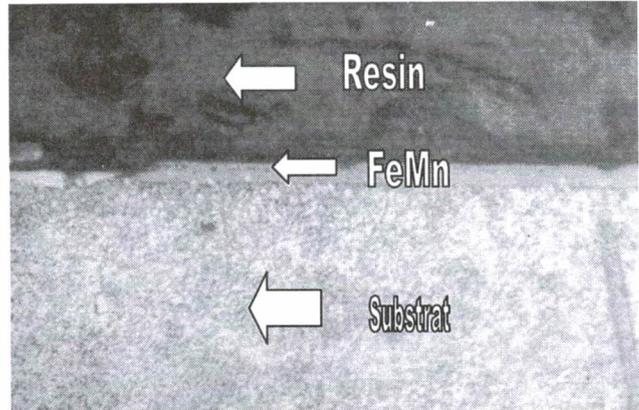
Gambar 5 Struktur Mikro pada material Baja AISI D2 Pada temp 900<sup>0</sup> C dengan waktu penahanan 4 jam. Tebal lapisan yang didapat : 0,015  $\mu$



Nital 2% (ASTM74)

200X

Gambar 6 Struktur Mikro pada material Baja AISI D2 Pada temp 900<sup>0</sup> C dengan waktu penahanan 8 jam. Tebal lapisan yang didapat : 0,03  $\mu$



Nital 2% (ASTM74)

200X

Gambar 7 Struktur Mikro pada material Baja AISI D2 Pada temp 900<sup>0</sup> C dengan waktu penahanan 12 jam. Tebal lapisan yang didapat : 0,35  $\mu$

#### Pengujian Lapisan *Coating Hasil Pack Manganizing*

#### *Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X Ray Analyzer (EDX)*

Pada pengujian SEM – EDX disini kita mengambil perwakilan dari Porses *Manganisasi* pada 12 jam dengan banyaknya spot yang diambil sebanyak 5 titik spot, dapat dilihat pada gambar 8 s/d gambar 12.

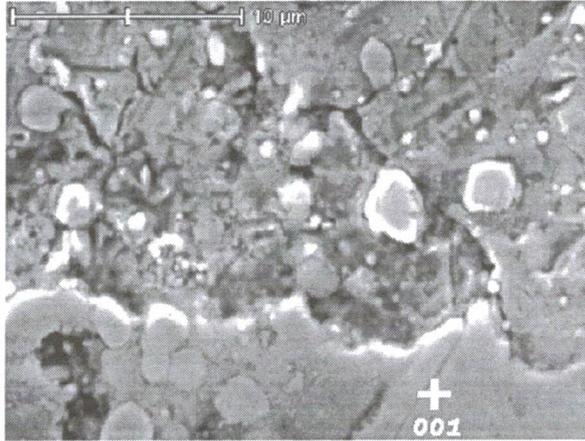
Tabel 4 Unsur kimia yang terkandung pada spot 1.

Element	(keV)	Mass (%)	Error (%)	At (%)	Compound	Mass (%)	Cation K
O		27.42					
Ti K	4.508	0.77	0.57	1.6	TiO <sub>2</sub>	1.28	0.22
Cr K	5.411	36.2	0.84	34.74	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	52.90	9.75
Mn K	5.894	0.01	0.95	0.01	MnO	0.01	0
Fe K	6.398	35.61	1.09	63.64	FeO	45.81	8.93
Total		100		100		100	18.9

- Spot 1

JED-2200 Series

JEOL

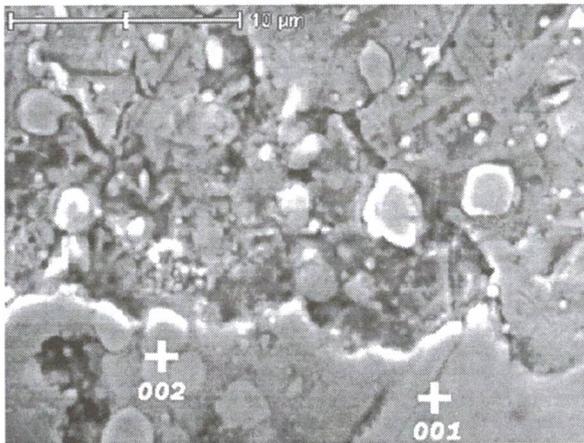


Gambar 8 Spot 1 pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 12 jam.

- Spot 2

JED-2200 Series

JEOL



Gambar 9 Spot 2 pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 12 jam.

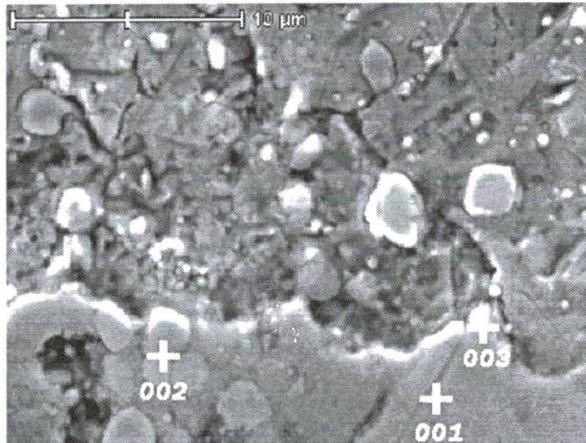
Tabel 5 Unsur kimia yang terkandung pada spot 2.

Element	(keV)	Mass (%)	Error (%)	At (%)	Compound	Mass (%)	Cation K
O		26.28					
F K							
Ca K	3.69	0.95	0.67	2.19	Ca O	1.33	0.35
Cr K	5.411	28.85	1.42	25.51	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42.17	8.11
Mn K							
Fe K	6.398	43.91	1.86	72.3	FeO	56.49	11.49
Total		100		100		100	19.95

- Spot 3

JED-2200 Series

JEOL



Gambar 10 Spot 3 pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 12 jam

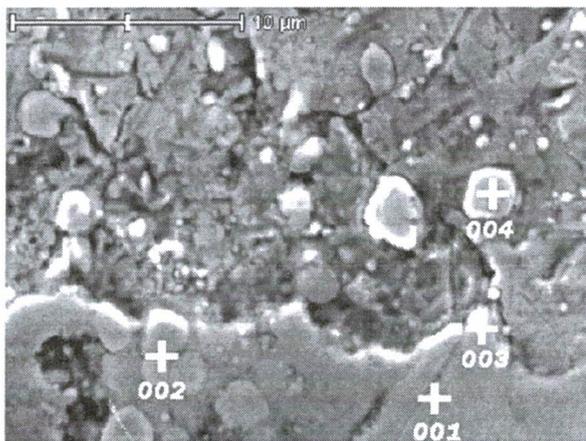
Tabel 6 Unsur kimia yang terkandung pada spot 3.

Element	(keV)	Mass (%)	Error (%)	At (%)	Compound	Mass (%)	Cation K	
C K	0.277	19.17	0.05	58.55	C	19.17	0	9.4606
O		18.52						
Si K	1.739	0.78	0.23	1.01	SiO <sub>2</sub>	1.66	0.57	0.8987
Mn K	5.894	0.39	0.61	0.26	MnO	0.50	0.15	0.5545
Fe K	6.398	61.15	0.68	40.17	FeO	78.67	22.71	89.0862
Total		100		100	100	23.43		

- Spot 4

JED-2200 Series

JEOL



Gambar 11 Spot 4 pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 12 jam

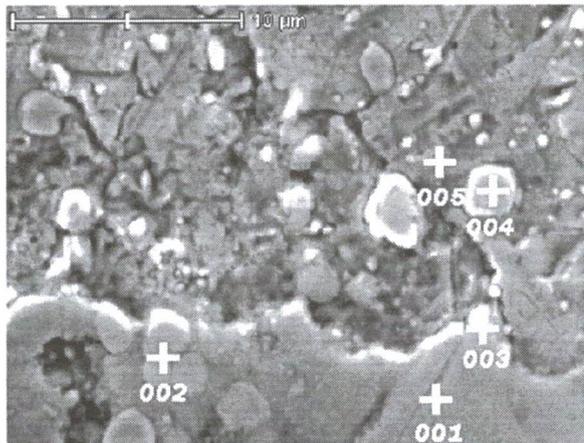
**Tabel 7 Unsur kimia yang terkandung pada spot 4.**

Element	(keV)	Mass (%)	Error (%)	At (%)	Compound		Mass (%)	Cation K
C K	0.277	15.31	0.31	54.15	C	15.31	0	7.4466
O		21.36						
Al K	1.486	3.35	1.17	2.63	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.32	2.23	3.2167
Ti K								
Cr K	5.411	6.86	2.82	2.8	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.02	2.37	11.4556
Fe K	6.398	53.13	3.84	40.42	FeO	68.35	17.1	77.8811
Total		100		100		100	21.7	

• **Spot 5**

*JED-2200 Series*

**JEOL**



Gambar 12 Spot 5 pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 12 jam

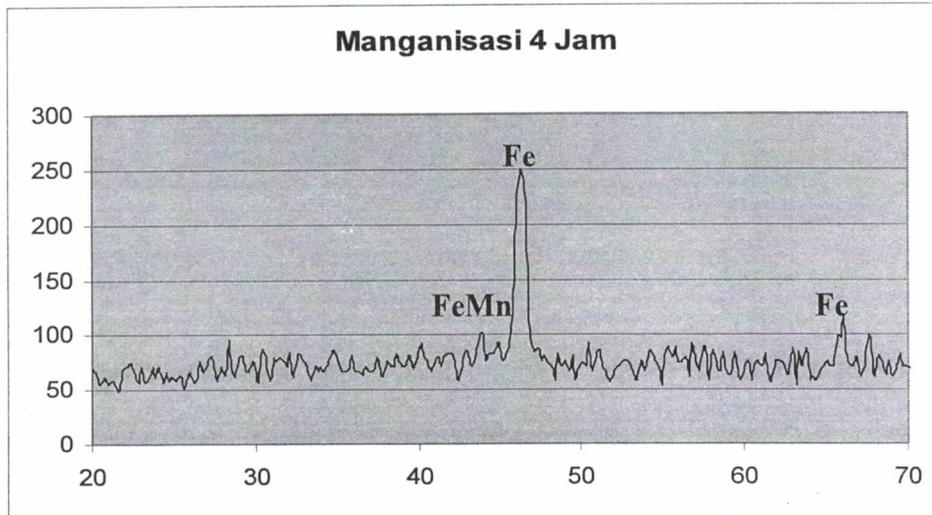
**Tabel 8 Unsur kimia yang terkandung pada spot 5.**

Element	(keV)	Mass (%)	Error (%)	At (%)	Compound		Mass (%)	Cation K
C K	0.277	22.06	0.05	68.9	C	22.06	0	12.7831
O		21.2						
S K	2.307	0.63	0.23	0.74	So <sub>3</sub>	1.57	0.35	1.029
Ti K	4.508	0.57	0.4	0.44	TiO <sub>2</sub>	0.94	0.21	0.9303
Cr K	5.411	23.45	0.57	8.46	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.27	8.13	37.7969
Fe K	6.398	30.85	0.74	20.72	FeO	39.69	9.96	45.7751
Ni K	7.471	1.15	1.30	0.73	NiO	1.46	0.35	1.6856
Total		100		100		100	19.01	

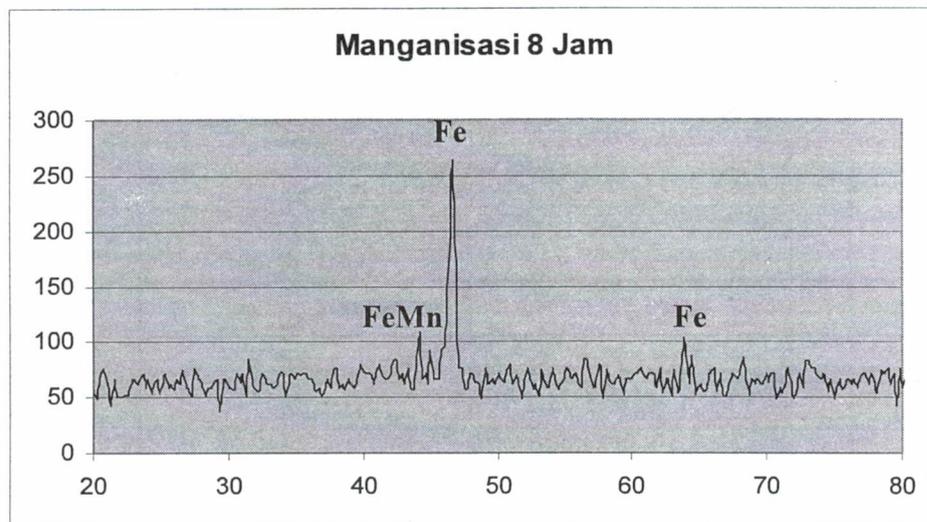
### X-Ray Diffraction (XRD)

Pada pengujian XRD didapat data pada proses manganisasi dengan waktu

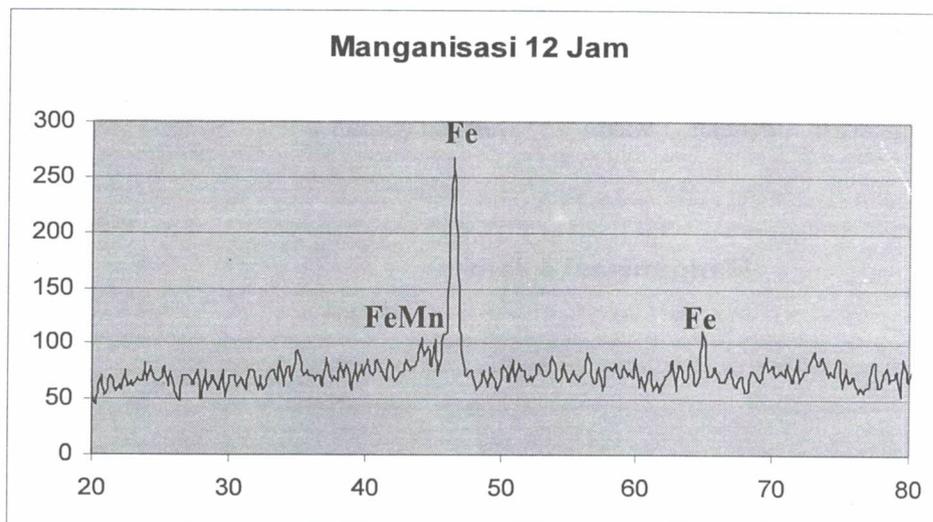
penahanan 4, 8, 12 jam dengan menggunakan mesin Philips PW 3710 di Lab X-Ray Balai Keramik dengan data sebagai berikut :



Gambar 13 Grafik XRD pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 4 jam.



Gambar 14 Grafik XRD pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 8 jam.



Gambar 15 Grafik XRD pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 12 jam.

### Komposisi Kimia

Berdasarkan data - data hasil uji komposisi kimia baja tersebut mempunyai unsur paduan yang dapat dilihat pada tabel 5.1.

Maka material tersebut termasuk dalam baja paduan tinggi dimana kandungan unsur paduan yang dimiliki jumlahnya lebih dari 10% yaitu 17,57%. Dimana baja paduan tinggi unsur paduannya lebih besar dari 8%

Tabel 9 Perbandingan hasil spektrometer dengan standar Baja AISI D2.

Unsur	Hasil Spektrometer (%)	Standar AISI D2 (%)
C	1,48	1,50
Si	0,36	0,10 - 0,40
Mn	0,534	0,20 - 0,40
Cr	12,510	12,00
Mo	0,88	1,00
V	1,2	1,00
Ni	0,310	-
Cu	0,298	-
Fe	Sisa	Sisa
<b>Total</b>	<b>17,57</b>	

Beberapa unsur paduan tersebut merupakan penyetabil fasa austenit ( $\gamma$ ) seperti Mangan dan Nikel, sebagian merupakan penyetabil ferit ( $\alpha$ ) seperti Silikon, Krom, dan Neobium, dan sebagian lainnya merupakan unsur pembentuk karbida yang kuat seperti Titanium, Molibdenum, dan Krom, selain itu unsur paduan juga dapat meningkatkan atau bahkan menurunkan temperatur eutektoid baja<sup>[Ref. 1]</sup>.

Di bawah ini merupakan pengaruh tiap unsur paduan tersebut terhadap baja<sup>[Ref. 1]</sup> :

**Karbon (C).**

- Unsur paduan yang dapat mengeraskan baja.

**Krom (Cr).**

- Unsur paduan yang penting setelah karbon, dapat membentuk karbida yang keras.
- Meningkatkan ketahanan terhadap korosi, mampu keras, kekuatan tarik, ketangguhan, dan ketahanan gesek dari baja.

**Mangan (Mn).**

- Meningkatkan kekuatan dan kekerasan.
- Menurunkan laju pendinginan kritis sehingga mampu keras baja dapat ditingkatkan.
- Penyetabil karbida.

**Silikon (Si).**

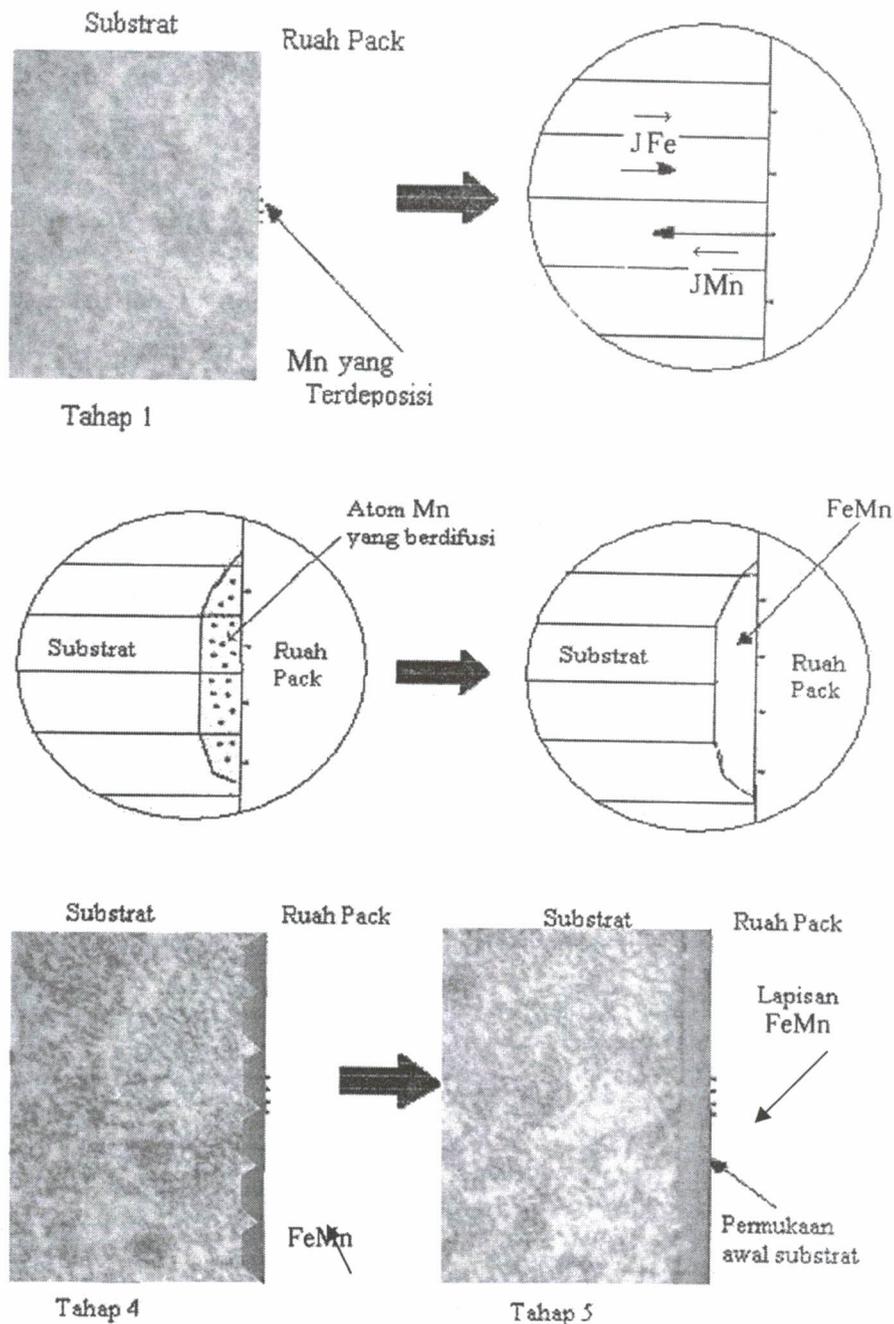
- Memperbaiki ketahanan oksidasi pada temperatur tinggi.

## 5.2 Proses CVD Manganisasi<sup>[Ref.2]</sup>

Pembentukan *coating* pada substrat paduan FeMn yang merupakan paduan dari Fe dan Mn dapat diprediksi berdasarkan morfologi *coating* yang terbentuk dan difusifitas Fe dan Mn dalam lapisan FeMn.

Mekanisme pembentukan *coating* pada substrat paduan FeMn dapat dijelaskan berikut ini (secara skematik diperlihatkan pada gambar 5.1). Pada temperatur proses terjadi penguapan dan atau penguraian aktivator yang akan dilanjutkan dengan difusi gas halida ( $Cl_{(g)}$  dan  $Cl_{2(g)}$ ) ke permukaan serbuk logam pelapis (Mn) yang didorong oleh perbedaan aktivitas kimia Mn antara ruah *pack* dan permukaan substrat. Spesi Mn yang dibawa dalam bentuk gas Mn-halida sesampainya dipermukaan substrat akan terdeposisi. Aktivitas Mn pada permukaan substrat lebih rendah dibandingkan dengan aktivitas Mn yang dapat diendapkan oleh spesi-spesi gas dimuka substrat sehingga Mn akan terdeposisi.

Selanjutnya atom-atom Mn yang terdeposisi pada permukaan substrat segera berdifusi ke dalam substrat. Kandungan Mn dalam daerah yang berdekatan dengan antarmuka substrat-ruah *pack* akan meningkat terus sehingga apabila kandungan Mn dalam daerah tersebut telah mencapai komposisi FeMn, maka terbentuk senyawa FeMn. Seiring dengan berjalannya waktu proses, karena fluks Mn yang berpindah dari lapisan FeMn ke arah substrat melalui antarmuka lapisan FeMn-substrat lebih kecil dibandingkan fluks Mn yang masuk pada antarmuka lapisan FeMn-ruah *pack* mengakibatkan kandungan Mn pada daerah yang berdekatan dengan antarmuka *coating*-ruah *pack* didalam fasa meningkat. Ini dapat dilihat pada hasil uji XRD yang memberikan hasil bahwa unsur lapisan yang terbentuk adalah FeMn.



Gambar 16 Mekanisme proses manganisasi.

### Pengujian Kekerasan Terhadap Variasi Waktu

Pada pembahasan sifat mekanik ini dilakukan pengujian kekerasan. Dari data yang didapat, ternyata hasil uji kekerasan yang lebih keras yaitu pada bagian antara substrat dengan antarmuka lapisan. Namun disini ada peningkatan kekerasan antara material awal dan setelah material diproses. Namun peningkatan signifikan yang terjadi

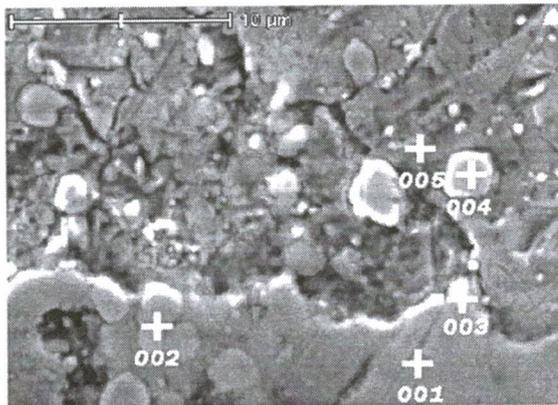
adalah pada bagian antarmuka substrat-ruah pack, itu dikarenakan pada saat atom-atom Mn yang terdeposisi pada permukaan substrat segera berdifusi ke dalam substrat. Kandungan Mn dalam daerah yang berdekatan dengan antarmuka substrat-ruah pack akan meningkat terus. Seiring dengan berjalannya waktu proses, karena fluks Mn yang berpindah dari lapisan FeMn ke arah substrat melalui antarmuka lapisan FeMn-substrat lebih kecil dibandingkan fluks Mn

yang masuk pada antarmuka lapisan FeMn-ruah *pack* mengakibatkan kandungan Mn pada daerah yang berdekatan dengan antarmuka *coating-ruah pack* didalam fasa meningkat. Yang intinya Atom-atom Mn sebagian ada yang masuk ke substrat sehingga pada bagian antarmuka substrat-ruah *pack* menjadi lebih keras dibandingkan pada lapisan yang kaya Mn. Adapun dibagian antarmuka substrat-ruah *pack* lebih keras pada bagian lapisan Mn dikarenakan pada bagian substrat terkandung unsur C, Fe, dan Cr. Dimana kandungan unsur C

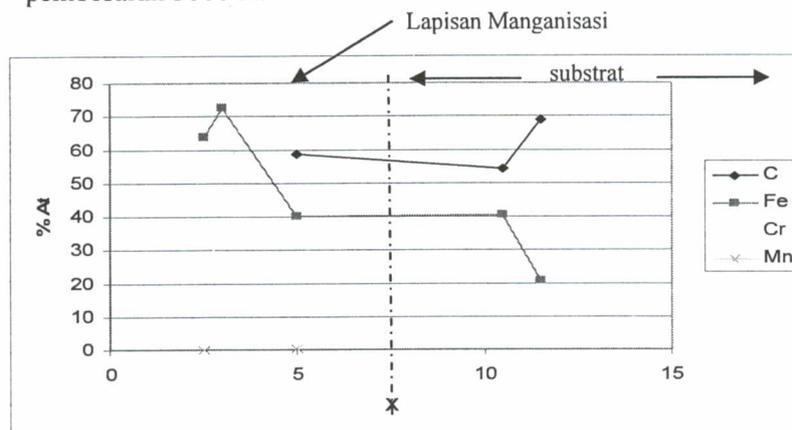
pada bagian substrat lebih besar dari pada kandungan Fe (dapat dilihat pada gambar 5.3) dan juga dapat dilihat pada hasil pengujian SEM-EDX (lihat gambar 5.2). Adapun sifat dari C dan Cr adalah unsur paduan yang dapat mengeraskan baja/dapat membentuk karbida yang keras. Disini didapat bahwa jika waktu penahanan yang digunakan saat proses berlangsung lebih lama, maka waktu mangan untuk berdifusi akan lebih banyak sehingga kekerasan yang didapat pada bagian substrat-ruah *pack* akan lebih keras lagi.

JED-2200 Series

JEOL



Gambar 17 5 spot pada proses manganisasi dengan waktu penahanan 12 jam dengan pembesaran 5000 X.



Gambar 18 Grafik Profil konsentrasi lapisan Mn hasil proses manganisasi pada temperatur 900<sup>0</sup>C selama 12 jam.

**Uji Kekerasan**

Dari pengujian dapat dilihat hasil dari proses *Manganisasi* pada temp 900<sup>0</sup>C waktu penahanan 12 jam pada permukaan

dihasilkan rata-rata kekerasan tertinggi sebesar 213,33 HV, sedangkan pada proses *Manganisasi* pada temp 900<sup>0</sup>C waktu penahanan 4 jam dihasilkan rata-rata kekerasan terendah sebesar 203,16 HV yang dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.6.

Dari hasil pengujian proses *Manganisasi* dapat dilihat bahwa pengaruh variasi waktu penahanan terhadap baja AISI D2, pada waktu penahanan pada proses *Manganisasi* yang lebih lama akan menghasilkan kekerasan yang tinggi, dikarenakan waktu penahanan yang lama akan memudahkan Mangan untuk lebih banyak berdifusi terhadap material Baja AISI D2, sehingga Baja AISI D2 mempunyai kekuatan yang lebih bagus.

Adapun sifat mangan adalah :

- Meningkatkan kekerasan

#### Analisa Struktur Mikro

Pemeriksaan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan optik merk “ Nikon “ dan kamera jenis yang sama, setelah sampel dipoles dan dietsa dengan nital 2 %.

Terjadi perubahan butir disebabkan dari proses *Manganisasi*. Pada saat panas diserap oleh material dari awal pemanasan sampai mencapai diatas temperatur 900<sup>0</sup>C dan ditahan pada temperatur tersebut dan kemudian di tahan pada waktu 4, 8, 12 jam pada saat material di *holding time*.

Dari hasil pemeriksaan struktur mikro, pada material Baja AISI D2 yang diproses manganisasi dengan temperatur 900<sup>0</sup> C dan penahanan waktu 12 jam ketebalan lapisan mangan lebih dominan dibandingkan dengan penahanan waktu yang lainnya. Pengaruh penahanan waktu terhadap ketebalan lapisan difusi mangan pada permukaan sangat berpengaruh. Semakin lama waktu penahanannya maka difusi mangan pada permukaan semakin banyak. Proses manganisasi dengan penahanan waktu dalam tungku yang dimatikan tidak merubah struktur mikro logam dasar. Dengan demikian struktur akhir dari material yang diproses manganisasi ini yaitu keras pada permukaan. Pada proses

manganisasi dengan menggunakan waktu penahanan waktu yang lebih rendah maka kelarutan difusi mangan pada permukaan semakin sedikit. Begitupun dengan temperatur yang digunakan dalam proses manganisasi, semakin rendah temperaturnya kelarutan difusi mangan semakin kecil.

Hasil yang didapat dari proses manganisasi ini adalah selain memperkeras pada permukaan juga dapat meningkatkan umur lelah dari material yang diproses manganisasi ini.

Proses difusi mangan terhadap Baja AISI D2 ini terjadi akibat larut secara substitusi (menggantikan) karena diameter dari atom mangan (Mn) relatif sama dengan diameter atom Baja. Sehingga kedudukan atom-atom baja dapat digantikan kedudukannya oleh atom-atom mangan (Mn).

- Pada waktu penahanan 4 jam tebal lapisan yang didapat : 0,015 micron, Lapisan yang terbentuk : FeMn
  - Pada waktu penahanan 8 jam tebal lapisan yang didapat : 0,03 micron Lapisan yang terbentuk : FeMn
  - Pada waktu penahanan 12 jam tebal lapisan yang didapat : 0,35 micron. Lapisan yang terbentuk : FeMn
- Untuk data yang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.1.

**Tabel 10 Hasil kedalaman lapisan pada temperatur 900<sup>0</sup> C**

Waktu (Jam)	Tebal Lapisan ( μ )
4	0,015
8	0,03
12	0,35

Dari hasil proses manganisasi yang didapat terlihat bahwa semakin lama proses manganisasi maka ketebalan lapisan yang diperoleh semakin tebal.

## Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian SEM EDX yang didapat maka semakin lama waktu penahanan pada proses manganisasi dilakukan, maka difusi mangan (Mn) ke dalam permukaan Baja AISI D2 semakin banyak, ini dapat dilihat dari hasil pengujian SEM EDX.
2. Semakin lama waktu penahanan pada proses manganisasi dilakukan, maka lapisan yang terbentuk akan semakin tebal dengan ketebalan yang didapat sebesar  $0,35 \mu$  dengan waktu penahanan 12 jam.
3. Semakin lama waktu penahanan pada proses manganisasi dilakukan, maka hasil kekerasan yang didapat akan semakin keras. Adapun rata – rata kekerasan yang tertinggi adalah sebesar 213,33 HV. Hasil kekerasan yang lebih baik terdapat pada bagian antarmuka substrat-ruah pack.

## Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada proses manganisasi dengan variasi temperatur.
2. Pada pengujian Sem – EDX sebaiknya dilakukan pada semua spesimen yaitu pada 4, 8, dan 12 jam, tidak hanya pada 12 jam. Disini agar kita dapat melihat perbedaan yang lebih mendetail antara ketiga perbedaan waktu penahanan proses manganisasi yang kita lakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Gunawan, “Physical Metallurgy”, Laboratorium Metalurgi Unjani, Bandung.
2. Achmad Gunawan, “Karakteristik Permukaan Manganisasi Pada Besi Cor Nodular Untuk Komponen Automotive” , Laboratorium Metalurgi Unjani, Bandung, 1994.
3. Goward, G. W., “Recent Development in High Temperature Coatings for gas Turbine Airfoils.
4. Kusharjanto, “Perlakuan Panas Dan Metalografi”, laboraturium Metalurgi Jurusan Metalurgi UNJANI , Bandung.1998.
5. Mevrel, M., Duret, C. dan Pichoir, R., “Pack Cementation Processes”, The Institute of Metals, Chaltillon, France, 1986.
6. Rochim Suratman “Diktat Paduan Proses Perlakuan Panas” Lembaga penelitian, ITB, 1994.
7. Rhys-Jones, T. N., “Coating for Blade and Vane Applications in Gas Turbin”.
8. Siegel, L.L., “Thermodynamic and Kinetic of Pack Cementation Processes”.
9. Sriati Djaprie, “Metalurgi Mekanik”, Erlangga, 1996.
10. Streiff, R., “Protection of Materials by Advanced High Temperature Coatings”, Colloque C9, Suplement au Journal de Physique II, Vol. 3, 1993.
11. Tata Surdia, “Pengetahuan Bahan Teknik”, Bandung, 1999.
12. Universitas Jenderal Achmad Yani, Fakultas Teknik, Jurnal Teknik dalam Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik, Vol.2, No.2, Bandung, November, 2003.

\* *Dosen Teknik Mesin*

\*\* *Dosen Teknik Metalurgi*

\*\*\* *Mahasiswa Teknik Mesin*