

**PROSES PELAPISAN SERBUK Fe-50at.%Al
PADA BAJA KARBON DENGAN PENAMBAHAN Cr
MELALUI METODA PEMADUAN MEKANIK**

SKRIPSI

Oleh

**ARI MAULANA
04 04 04 010 Y**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI dan MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

GENAP 2007/2008

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**PROSES PELAPISAN SERBUK Fe-50at.%Al
PADA BAJA KARBON DENGAN PENAMBAHAN Cr
MELALUI METODA PEMADUAN MEKANIK**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 27 Juni 2008

Ari Maulana

NPM 04 04 04 010 Y

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**PROSES PELAPISAN SERBUK Fe-50at.%Al
PADA BAJA KARBON DENGAN PENAMBAHAN Cr
MELALUI METODA PEMADUAN MEKANIK**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 14 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 27 Juni 2008
Dosen Pembimbing

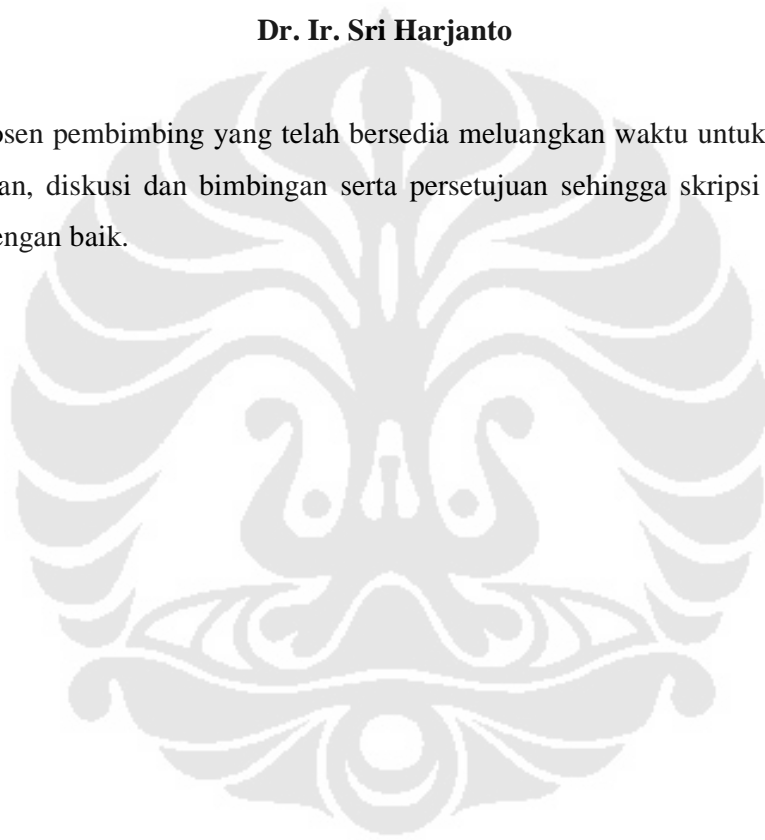
Dr. Ir. Sri Harjanto
NIP 132 089 974

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Dr. Ir. Sri Harjanto

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. TUJUAN PENELITIAN	2
1.3. RUANG LINGKUP	2
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. INTERMETALIK Fe-Al	4
2.2. PEMADUAN MEKANIK	5
2.2.1. Komponen Pemaduan Mekanik	5
2.2.1.1. <i>Bahan baku</i>	5
2.2.1.2. <i>Bola giling</i>	6
2.2.1.3. <i>Wadah penggilingan</i>	6
2.2.1.4. <i>Alat penggiling bola</i>	7
2.2.1.4.1. <i>HEM-E3D</i>	8
2.2.1.4.2. <i>prinsip kerja HEM-E3D</i>	8
2.2.2. Parameter Proses Pemaduan Mekanik	9
2.2.2.1. <i>Kecepatan dan waktu penggilingan</i>	9
2.2.2.2. <i>Perbandingan berat bola terhadap berat serbuk</i>	10

2.2.2.3. <i>Volume pengisian wadah penggilingan</i>	10
2.2.2.4. <i>Atmosfer penggilingan</i>	11
2.2.2.5. <i>Process control agent</i>	11
2.2.2.6. <i>Temperatur penggilingan</i>	11
2.2.3. Mekanisme Pelapisan Melalui Pemaduan Mekanik	12
2.2.3.1. <i>Pengelasan dan penghancuran serbuk</i>	12
2.2.3.2. <i>Difusi</i>	13
2.2.4. Karakteristik Serbuk dan Lapisan Hasil Proses Pemaduan Mekanik	14
2.2.4.1. <i>Campuran antara serbuk ulet dengan serbuk ulet</i>	15
2.2.4.2. <i>Campuran antara serbuk ulet dengan serbuk getas</i>	16
2.2.4.3. <i>Campuran antara serbuk getas dengan serbuk getas</i>	17
2.3. PERHITUNGAN UKURAN KRISTALIT PARTIKEL SERBUK	18
2.3.1. Perhitungan Ukuran Kristalit Berdasarkan Pola Difraksi Sinar-X	19
2.3.2. Faktor Kesalahan Penghitungan Ukuran Kristalit	21
2.3.2.1. <i>Pengaruh regangan</i>	21
2.3.2.2. <i>Pengaruh ukuran kristal</i>	22
2.3.2.3. <i>Pengaruh alat</i>	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN	24
3.2. <i>VARIABEL</i> PENELITIAN	25
3.3. TAHAPAN PENELITIAN	25
3.3.1. Kalibrasi Alat Ukur	25
3.3.2. Persiapan Bahan Baku	26
3.3.3. Proses Penggilingan	27
3.3.3.1. <i>Conditioning</i>	28
3.3.3.2. <i>Penggilingan dan pengambilan sampel</i>	28
3.3.4. Karakterisasi Sampel	29
BAB IV HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN	32
4.1. KARAKTERISTIK SERBUK	32
4.1.1. Serbuk Fe-50at.%Al	32

4.1.2. Serbuk Fe-50at.%Al-1at.%Cr	34
4.1.3. Serbuk Fe-50at.%Al-3at.%Cr	35
4.2. KARAKTERISTIK LAPISAN	39
4.3. MEKANISME PELAPISAN	54
KESIMPULAN	56
DAFTAR ACUAN	57
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram fasa Fe-Al	4
Gambar 2.2. Bola giling dan wadah penggilingan	7
Gambar 2.3. HEM-E3D	8
Gambar 2.4. Prinsip kerja HEM-E3D	9
Gambar 2.5. Hubungan antara perbandingan berat bola giling terhadap berat serbuk terhadap waktu penggilingan dan ukuran partikel	10
Gambar 2.6. Hubungan antara temperatur penggilingan terhadap waktu pepaduan dan ukuran partikel	12
Gambar 2.7. Mekanisme benturan antara bola-bola giling dan campuran serbuk dalam proses pepaduan mekanik	13
Gambar 2.8. Mekanisme difusi <i>vacancy</i> (atas) dan difusi <i>interstitial</i> (bawah)	14
Gambar 2.9. Partikel berstruktur <i>lamellar</i> hasil pengelasan dingin antara serbuk ulet dengan serbuk ulet	15
Gambar 2.10. Mekanisme penghancuran partikel antara serbuk ulet (logam) dengan serbuk getas (intermetalik)	16
Gambar 2.11. Partikel berstruktur <i>lamellar</i> hasil pengelasan dingin antara serbuk ulet dengan serbuk getas	17
Gambar 2.12. Partikel-partikel serbuk getas yang tidak larut di dalam matriks partikel-partikel serbuk ulet	17
Gambar 2.13. Proses pepaduan mekanik pada campuran serbuk getas dengan serbuk getas	18
Gambar 2.14. Ilustrasi kristalit penyusun partikel serbuk	18
Gambar 2.15. <i>Full Width at Half Maximum</i> (FWHM)	19
Gambar 2.16. Pelebaran pola difraksi akibat pengaruh alat dan material uji	20

Gambar 2.17. Pelebaran grafik pola difraksi akibat regangan pada struktur kristal	21
Gambar 2.18. Pelebaran grafik pola difraksi akibat cacat struktur kristal	22
Gambar 2.19. Hubungan ukuran kristal terhadap pelebaran pola difraksi hasil pengujian <i>X-ray diffraction</i> (XRD)	22
Gambar 2.20. Karakteristik radiasi $K\alpha_1$, $K\alpha_2$ dan $K\beta$	23
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	24
Gambar 3.2. Serbuk besi, aluminium dan kromium	26
Gambar 3.3. alat uji kekerasan <i>vickers</i>	26
Gambar 3.4. <i>Substrate</i> baja karbon AISI 1045	27
Gambar 3.5. HEM-E3D	27
Gambar 3.6. Wadah penggilingan	28
Gambar 3.7. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) dan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	29
Gambar 3.8. <i>Low speed diamond saw</i>	30
Gambar 3.9. Sampel yang telah di- <i>mounting</i>	30
Gambar 3.10. Titik-titik uji kekerasan pada sampel	31
Gambar 4.1. Hasil Uji XRD serbuk Fe-50at.%Al	32
Gambar 4.2. Evolusi serbuk Fe-50at.%Al setelah penggilingan selama 8 jam (kiri) dan 32 jam (kanan)	33
Gambar 4.3. Hasil Uji XRD serbuk Fe-50at.%Al-1at.%Cr	34
Gambar 4.4. Evolusi serbuk Fe-50at.%Al-1at.%Cr setelah penggilingan selama 8 jam (kiri) dan 32 jam (kanan)	35
Gambar 4.5. Hasil Uji XRD serbuk Fe-50at.%Al-3at.%Cr	35
Gambar 4.6. Evolusi serbuk Fe-50at.%Al-3at.%Cr setelah penggilingan selama 8 jam (kiri) dan 32 jam (kanan)	36
Gambar 4.7. Perbandingan ukuran kristal serbuk rata-rata	37
Gambar 4.8. Hasil Uji XRD <i>substrate</i> Fe-50at.%Al	39
Gambar 4.9. Hasil Uji XRD <i>substrate</i> Fe-50at.%Al-1at.%Cr	39
Gambar 4.10. Hasil Uji XRD <i>substrate</i> Fe-50at.%Al-3at.%Cr	40

Gambar 4.11. Hasil pengujian SEM <i>substrate</i> Fe-50at.%Al setelah penggilingan selama 4 jam (kiri atas), 8 jam (kanan atas), 16 jam (kiri bawah) dan 32 jam (kanan bawah)	42
Gambar 4.12. Distribusi lapisan Fe-50at.%Al setelah penggilingan selama 4 jam (kiri atas), 8 jam (kanan atas), 16 jam (kiri bawah) dan 32 jam (kanan bawah)	43
Gambar 4.13. Hasil pengujian SEM <i>substrate</i> Fe-50at.%Al-1at.%Cr setelah penggilingan selama 4 jam (kiri atas), 8 jam (kanan atas), 16 jam (kiri bawah) dan 32 jam (kanan bawah)	44
Gambar 4.14. Distribusi lapisan Fe-50at.%Al-1at.%Cr setelah penggilingan selama 4 jam (kiri atas), 8 jam (kanan atas), 16 jam (kiri bawah) dan 32 jam (kanan bawah)	45
Gambar 4.15. Hasil pengujian SEM <i>substrate</i> Fe-50at.%Al-3at.%Cr setelah penggilingan selama 4 jam (kiri atas), 8 jam (kanan atas), 16 jam (kiri bawah) dan 32 jam (kanan bawah)	46
Gambar 4.16. Distribusi lapisan Fe-50at.%Al-3at.%Cr setelah penggilingan selama 4 jam (kiri atas), 8 jam (kanan atas), 16 jam (kiri bawah) dan 32 jam (kanan bawah)	47
Gambar 4.17. Pengaruh Cr terhadap ketebalan lapisan <i>substrate</i>	48
Gambar 4.18. Mekanisme pepaduan mekanik	49
Gambar 4.19. Mekanisme difusi pada batas butir	50
Gambar 4.20. Lapisan terang dan gelap pada permukaan <i>substrate</i>	51
Gambar 4.21. Pengaruh Cr terhadap nilai kekerasan rata-rata lapisan	52
Gambar 4.22. Penyelipan dan penggantian posisi atom serta arah tegangan	53
Gambar 4.23. Permukaan <i>substrate</i> sebelum penggilingan	54
Gambar 4.24. Mekanisme pelapisan <i>substrate</i>	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Senyawa intermetalik Fe-Al dan karakteristiknya	5
Tabel 2.2. Spesifikasi HEM-E3D	8
Tabel 3.1. <i>Variabel</i> komposisi campuran serbuk	25



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Uji Kekerasan Vickers	63
Lampiran 2 Data Pengukuran Kristal	64
Lampiran 2.1 Williamson-Hall plot Fe-50at.%Al	65
Lampiran 2.2 Williamson-Hall plot Fe-50at.%Al -1at.%Al	66
Lampiran 2.3 Williamson-Hall plot Fe-50at.%Al -3at.%Al	67
Lampiran 3 Hasil Uji XRD <i>Substrate</i> sebelum penggilingan	68
Lampiran 4 Hasil Uji XRD <i>Substrate</i> Fe-50at.%Al	69
Lampiran 5 Hasil Uji XRD <i>Substrate</i> Fe-50at.%Al-1at.%Cr	71
Lampiran 6 Hasil Uji XRD <i>Substrate</i> Fe-50at.%Al-3at.%Cr	73
Lampiran 7 Hasil Uji XRD Serbuk Fe-50at.%Al	75
Lampiran 8 Hasil Uji XRD Serbuk Fe-50at.%Al-1at.%Cr	77
Lampiran 9 Hasil Uji XRD Serbuk Fe-50at.%Al-3at.%Cr	79