



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN KOMPOSIT PELAT BIPOLAR
DENGAN Matriks POLIPROPILENA (PP) DENGAN
PENGUAT KARBON DAN ADITIF POLIVINYLIDENE
FLORIDE (PVDF)**

SKRIPSI

**NUR HIMAWAN ABDILLAH
0405040538**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN KOMPOSIT PELAT BIPOLAR
DENGAN Matriks POLIPROPILENA (PP) DENGAN
PENGUAT KARBON DAN ADITIF POLIVINYLIDENE
FLORIDE (PVDF)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik (ST.)**

**NUR HIMAWAN ABDILLAH
0405040538**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
KEKHUSUSAN POLIMER
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Nur Himawan Abdillah

NPM : 0405040538

Tanda Tangan :

Tanggal : 24 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Nur Himawan Abdillah

NPM : 0405040538

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Pembuatan Komposit Pelat Bipolar dengan Matriks Polipropilena (PP) dengan Penguat Karbon dan Aditif Polivinylidene Fluoride (PVDF)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahrial, M.Sc ()

Penguji : Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono, M.Phil.Eng. ()

Penguji : Dr. Ir. Sotya Astutiningsih, M.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Desember 2008

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahrial, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Verina dari P3TKEBT Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia yang telah banyak membantu dalam penyediaan bahan baku dan biaya pengujian;
3. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang telah memberikan bantuan baik dukungan moral dan material;
4. Teman-teman kelompok studi yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini; dan
5. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 24 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Himawan Abdillah
NPM : 0405040538
Program Studi : Teknik Metalurgi & Material
Departemen : Teknik Metalurgi & Material
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pembuatan Komposit Pelat Bipolar dengan Matriks Polipropilena (PP)
dengan Penguat Karbon dan Aditif Polivinylidene Fluoride (PVDF)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 24 Desember 2008
Yang menyatakan

(Nur Himawan Abdillah)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup & Batasan Masalah	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Sel Tunam Berbahan Dasar Polimer (PMFC)	4
2.1.1 Struktur PMFC	4
2.1.2 Sifat Elektrokimia PMFC	6
2.2 Pelat Bipolar (<i>Bipolar Plates</i>)	7
2.3 Komposit	9
2.3.1 Sifat Komposit	10
2.3.2 Komposit Polimer-Karbon untuk Pelat Bipolar	13
2.4 Polipropilena (PP)	14
2.5 <i>Polyvinylidene Fluoride</i> (PVDF)	16
2.6 Penguat Karbon	18
2.6.1 <i>Carbon Fiber</i>	19
2.6.2 <i>Carbon Black</i>	20

2.6.3 Grafit	21
2.7 Anti-Oksidan	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Diagram Alir Penelitian	24
3.2 Alat & Bahan	25
3.2.1 Peralatan Penelitian	25
3.2.2 Bahan	27
3.2.2.1 Polipropilena (PP)	28
3.2.2.2 <i>Polyvinylidene Fluoride</i> (PVDF)	29
3.2.2.3 <i>Carbon Black</i>	29
3.2.2.4 <i>Carbon Fiber</i>	30
3.2.2.5 Grafit	31
3.2.2.6 Anti-Oksidan	32
3.3 Prosedur Penelitian	33
3.3.1 Pembuatan <i>Masterbatch</i>	33
3.3.2 Preparasi Sampel Uji	35
3.3.3 Karakterisasi <i>Masterbatch</i>	37
3.3.3.1 Pengujian Tarik	37
3.3.3.2 Pengujian Kelenturan	40
3.3.3.3 Pengujian Konduktivitas	42
3.3.3.4 Pengujian <i>Melt Flow Index</i> (MFI)	44
3.3.3.5 Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil Preparasi Sampel	47
4.2 Hasil Pengujian Tarik	50
4.2.1 Perbandingan Kekuatan Tarik	52
4.2.2 Perbandingan Modulus Elastisitas & Regangan	54
4.3 Hasil Pengujian Kelenturan	56
4.3.1 Perbandingan Kekuatan Lentur	58

4.3.2 Perbandingan Modulus Kelenturan	60
4.4 Hasil Pengujian Konduktivitas	61
4.5 Hasil Pengujian <i>Melt Flow Index</i> (MFI)	63
4.6 Perbandingan Sifat Komposit	65
BAB V KESIMPULAN	67
DAFTAR ACUAN	68
LAMPIRAN	70



DAFTAR GAMBAR

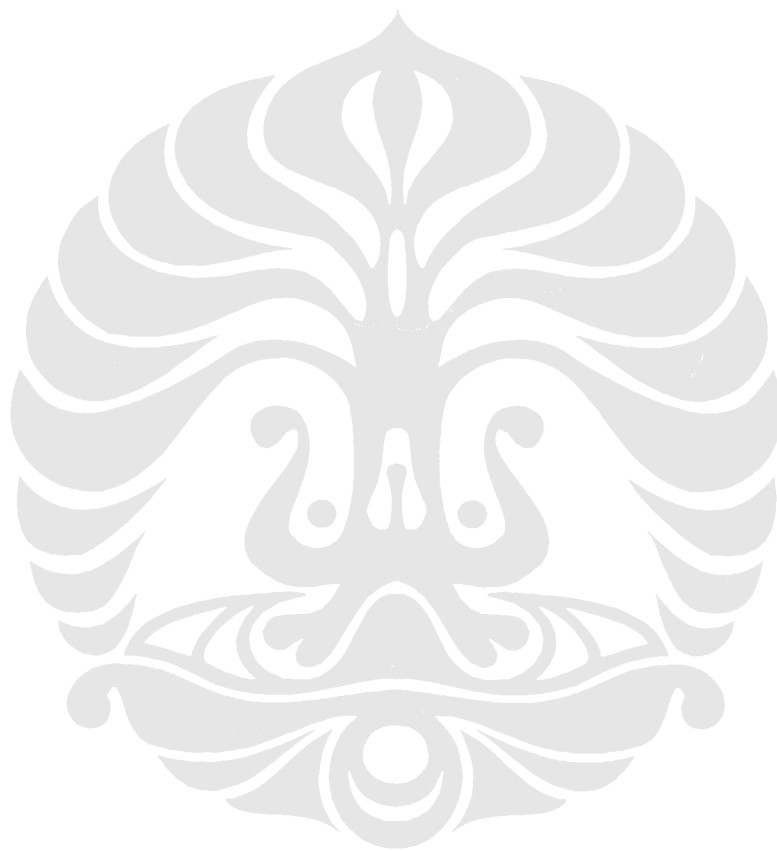
	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Struktur PMFC	6
Gambar 2.2 Skema PMFC	7
Gambar 2.3 Pelat Bipolar Dengan <i>Gas Flow Channels</i>	9
Gambar 2.4 Mikrostruktur Material Komposit	10
Gambar 2.5 Arah Orientasi Penguat (a) <i>Random</i> , (b) <i>Unidirectional</i> , (c) <i>Orthogonal</i>	11
Gambar 2.6 Skema Fenomena Antarmuka	11
Gambar 2.7 Sudut Kontak. (a) $>90^\circ$, (b) $<90^\circ$	12
Gambar 2.8 Skema Fenomena Interfasa	13
Gambar 2.9 Struktur Kimia Polipropilena	15
Gambar 2.10 Struktur Kimia PVDF	16
Gambar 2.11 Ikatan Antar Atom Grafit	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Cetakan Spesimen (<i>Puncher</i>)	37
Gambar 3.3 Bentuk Spesimen Uji Tarik	38
Gambar 3.4 Skema Metode <i>Three-Point Bending</i>	40
Gambar 3.5 <i>Head</i> Pengujian Kelenturan	41
Gambar 3.6 Prinsip Dasar Pengukuran dengan Alat LCR-Meter	42
Gambar 3.7 Tempat Penyimpan Cuplikan	43
Gambar 4.1 Tampak Visual Hasil Rheomix Formula : (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4	47
Gambar 4.2 Foto <i>Slab</i> Hasil <i>Hot Press</i> Formula : (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4	48
Gambar 4.3 Poros Pada Spesimen Pengujian Tarik	49
Gambar 4.4 Hasil Foto <i>Micrograph</i> (a) Formula 1, dan (b) Formula 2 yang Menunjukkan Poros Mikro	49
Gambar 4.5 Keretakan Pada Spesimen 4 Pengujian Tarik Formula 3	51
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik	52
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Terhadap	

	Persentase Penguat Karbon	53
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas	54
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Modulus Elastisitas Terhadap Persentase Penguat Karbon	54
Gambar 4.10	Perbandingan Nilai Regangan	55
Gambar 4.11	Perbandingan Nilai Regangan Formula 1-4	56
Gambar 4.12	Perbandingan Kekuatan Lentur	58
Gambar 4.13	Perbandingan Kekuatan Lentur Terhadap Persentase Penguat Karbon	59
Gambar 4.14	Perbandingan Modulus Kelenturan	60
Gambar 4.15	Perbandingan Modulus Kelenturan Terhadap Persentase Penguat Karbon	60
Gambar 4.16	Grafik Perbandingan Nilai Konduktivitas	61
Gambar 4.17	Grafik Logaritmik Performa Konduktivitas Pada Variasi Frekuensi	62
Gambar 4.18	Foto SEM Pada Permukaan Patahan Sampel	63
Gambar 4.19	Foto Hasil Pengujian MFI Formula : (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d) 4	65

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Komponen Utama PMFC	5
Tabel 2.2	Material Pelat Bipolar Pada Umumnya	8
Tabel 2.3	Standar DOE untuk Pelat Bipolar	13
Tabel 2.4	Sifat-sifat Umum Polipropilena	16
Tabel 2.5	Sifat Umum <i>Polyvinylidene Fluoride</i>	17
Tabel 2.6	Sifat Umum Karbon	18
Tabel 2.7	Sifat Umum dari <i>Carbon Fiber</i>	20
Tabel 3.1	Spesifikasi Alat Preparasi	25
Tabel 3.2	Spesifikasi Alat Karakterisasi	27
Tabel 3.3	Sifat <i>Cosmoplene Polypropylene Block Copolymer</i> Grade AH561	28
Tabel 3.4	Jumlah Massa PP yang Digunakan	28
Tabel 3.5	Sifat <i>PVDF Homopolymer SOLEF[®] 1015/1001</i>	29
Tabel 3.6	Jumlah Massa PVDF yang Digunakan	29
Tabel 3.7	Sifat <i>Cabot Vulcan XC72 Carbon Black</i>	30
Tabel 3.8	Jumlah Massa <i>Carbon Black</i> yang Digunakan	30
Tabel 3.9	Sifat dari <i>Chopped Carbon Fiber Fortafil 243</i>	31
Tabel 3.10	Jumlah Massa <i>Carbon Fiber</i> yang Digunakan	31
Tabel 3.11	Jumlah Massa Grafit yang Digunakan	32
Tabel 3.12	Sifat CN-CAT B215/B225 <i>Antioxidant</i>	32
Tabel 3.13	Jumlah Massa Anti-Oksidan yang Digunakan	33
Tabel 3.14	Formulasi <i>Masterbatch</i>	33
Tabel 3.15	Kondisi Operasi <i>Hot Press</i> Untuk Formula 1 & 2	35
Tabel 3.16	Kondisi Operasi <i>Hot Press</i> Untuk Formula 3 & 4	35
Tabel 3.17	Dimensi Spesimen Uji Tarik	38
Tabel 3.18	Parameter Pengujian Tarik	39
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Tarik Formula 1	50
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Tarik Formula 2	50
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Tarik Formula 3	51

Tabel 4.4	Hasil Pengujian Tarik Formula 4	52
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Kelenturan Formula 1	56
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Kelenturan Formula 2	57
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Kelenturan Formula 3	57
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Kelenturan Formula 4	57
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Konduktivitas	61
Tabel 4.10	Hasil Pengujian <i>Melt Flow Index</i>	64
Tabel 4.11	Perbandingan Sifat Komposit	65



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Pengujian Tarik Formula 1	70
Lampiran 2 Hasil Pengujian Tarik Formula 2	71
Lampiran 3 Hasil Pengujian Tarik Formula 3	72
Lampiran 4 Hasil Pengujian Tarik Formula 4	73
Lampiran 5 Hasil Pengujian Tarik PP Murni	74
Lampiran 6 Hasil Pengujian Kelenturan Formula 1	75
Lampiran 7 Hasil Pengujian Kelenturan Formula 2	76
Lampiran 8 Hasil Pengujian Kelenturan Formula 3	77
Lampiran 9 Hasil Pengujian Kelenturan Formula 4	78
Lampiran 10 Hasil Pengujian Kelenturan PP Murni	79
Lampiran 11 Hasil Pengujian Konduktivitas	80
Lampiran 12 Hasil Pengujian <i>Melt Flow Index</i>	81
Lampiran 13 Hasil Foto SEM Formula 1	82
Lampiran 14 Hasil Foto SEM Formula 2	83
Lampiran 15 Hasil Foto SEM Formula 3	84
Lampiran 16 Hasil Foto SEM Formula 4	85