



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGGUNAAN KOMPOSIT EPOKSI  
BERPENGUAT SERAT KEVLAR SEBAGAI BAHAN  
ALTERNATIF MENGATASI KEBOCORAN PIPA**

**TESIS**

Oleh :

**RIMBUN TURNIP  
0806422990**

**FAKULTAS TEKNIK  
TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
KEKHUSUSAN REKAYASA MATERIAL  
DEPOK  
JULI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGGUNAAN KOMPOSIT EPOKSI  
BERPENGUAT SERAT KEVLAR SEBAGAI BAHAN  
ALTERNATIF MENGATASI KEBOCORAN PIPA**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
magister teknik**

**RIMBUN TURNIP  
0806422990**

**FAKULTAS TEKNIK  
TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
KEKHUSUSAN REKAYASA MATERIAL  
DEPOK  
JULI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

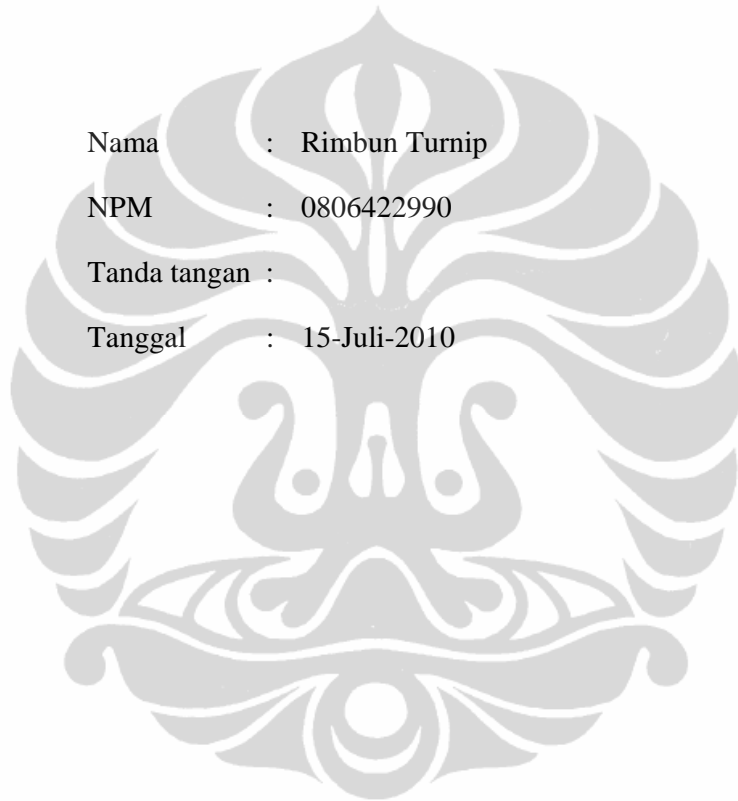
Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rimbun Turnip

NPM : 0806422990

Tanda tangan :

Tanggal : 15-Juli-2010



## HALAMAN PENGESAHAN TESIS

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Rimbun Turnip  
NPM : 0806422990  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Program Studi : Rekayasa Material  
Judul Tesis : **Penggunaan Komposit Epoksi Berpenguat Serat Kevlar  
Sebagai Bahan Alternatif Mengatasi Kebocoran Pipa**

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahril, M.Sc. (.....)

Penguji :

Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahril, M.Sc. (Ketua) (.....)

Dr. Ir. Winarto, M.Sc. (Anggota) (.....)

Dr. Ir. Sutopo, M.Sc. (Anggota) (.....)

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

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Juli 2010

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan oleh penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat Nya dan kemudahan yang telah diterima penulis dalam menyelesaikan penelitian dan seluruh aktivitas di Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik, Program Studi Teknik Metalurgi dan Material guna memperoleh gelar Magister Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan seluruh penyelesaian penelitian dan aktivitas perkuliahan ini, yaitu :

1. Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahrial, M.Sc., sebagai Pembimbing
2. Para Dosen Tim Penguji pada saat sidang seminar dan sidang tesis, Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M.Soedarsono, DEA, Dr. Ir. Winarto, M.Sc., Dr. Ir. Sutopo, M.Sc. dan Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono, M.Phil.Eng.
3. Seluruh Staf Pengajar Departemen Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia dan Staf Pendukung yang telah banyak membantu.
4. Kepala Laboratorium CMPFA Departemen Metalurgi & Material, Universitas Indonesia untuk perizinan, penggunaan alat dan pengujian.
5. Kepala Pusat Penelitian Fisika LIPI, Laboratorium Uji Polimer Bandung untuk perizinan, penggunaan alat dan pengujian.
6. Kepala Pusat Balai Pengkajian Teknologi Polimer BPPT, Labotarium Sentra Teknologi Polimer Serpong untuk perizinan, penggunaan alat dan pengujian.
7. Kepala Pusat UPTD-BLKI Balikpapan, Labotarium Pengujian untuk perizinan, penggunaan alat dan pengujian.
8. Teman-teman di program Magister Pascasarjana Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
9. Atasan, pembimbing lapangan, teman dan sahabat saat saya masih bekerja di Total E&P Indonesia Balikpapan.
10. Teman-temanku yang ada di Balikpapan dan Jakarta atas semua dukungan semangat dan bantuan tenaga serta materi selama saya menjalani perkuliahan.

Keluargaku tercinta atas segala dukungan dan doanya, khususnya buat istriku Martina Reti Septriani, anak-anakku Callysta Michiko Teningsio Turnip dan Ursula Keiko Atingleno Turnip.

Besar harapan penulis agar karya dan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu material, terutama ilmu polimer, dan bermanfaat dalam perpipaan di produksi & eksplorasi migas di Indonesia.

Depok, 15 Juli 2010

Penulis

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

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

Nama : Rimbun Turnip  
NPM : 0806422990  
Program Studi : Rekayasa Material  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tesis

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 :

**”Penggunaan Komposit Epoksi Berpenguat Serat Kevlar Sebagai Bahan Alternatif Mengatasi Kebocoran Pipa”**

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 : 15 Juli 2010  
Yang menyatakan

(Rimbun Turnip)

## ABSTRAK

Nama : Rimbun Turnip  
NPM : 0806422990  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Program Studi : Rekayasa Material  
Judul Tesis : **Penggunaan Komposit Epoksi Berpenguat Serat Kevlar  
Sebagai Bahan Alternatif Mengatasi Kebocoran Pipa**

Pemeliharaan fasilitas kilang minyak merupakan faktor penting dalam mencapai target produksi. Biaya yang dibutuhkan akan terus meningkat seiring umur fasilitas yang semakin bertambah. Ditemukannya penipisan ketebalan atau adanya titik-titik korosi pada pipa baja karbon yang berfungsi sebagai jalur pengiriman minyak atau gas akan dilakukan perbaikan dengan metode pemotongan dan penggantian dengan cara pengelasan. Metode konvensional ini dapat digantikan dengan penggunaan epoksi berpenguat serat kevlar (N<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>(OH)) atau Komposit Matriks Polimer (KMP) yang lebih mudah, singkat dan biaya murah. Epoksi resin liquid polimer dengan variasi volume sebagai matriks dengan pencampuran fiber Kevlar dan lapisan fiber glass menjadi suatu material komposit baru yang dapat menambah kekuatan pipa dengan metode pelapisan. Review terhadap variasi pencampuran akan mendapatkan komposisi yang sesuai dengan propertis yang diharapkan. Pemakaian epoksi berpenguat serat kevlar sebagai penguat pipa mampu menghemat biaya hingga 50% dibandingkan dengan metode pemotongan dan pengelasan.

Kata kunci : komposit matriks polimer, serat Kevlar, kebocoran pipa

## ABSTRACT

Name : Rimbun Turnip  
NPM : 0806422990  
Department : Metallurgy and Materials Engineering  
Study Program : Materials Engineering  
Title : **The use of Epoxy Kevlar Reinforced Composite as the Alternative Material for Solving Problem of Pipe Leaking**

Maintenance of refinery facility is an important factor in achieving production targets. Cost will increase as a long life of facility. The discovery of the depletion thickness pipe or the existence of points of corrosion on carbon steel pipe which serves as an oil or gas transmission lines will be repaired by the method of cutting and replacement by way of welding. This conventional method can be replaced with the use of epoxy with Kevlar fiber reinforcement or Polymer Matrix Composite (PMC), an easier, shorter and cheaper costs. Epoxy resin liquid polymer with a variation of volume as a mixing matrix with Kevlar ( $N_2H_3O_2(OH)$ ) and glass fibers layers into a new composite material that can improve strength to the pipe with coating method. Review of the variations of mixing will get a suitable composition with the expected properties. The use of epoxy Kevlar reinforced composite as a reinforcement pipe is able to save costs by 50% compared with the method of cutting and welding.

Keyword : polymer matrix composite, Kevlar, leaking pipe



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Waktu dan Tempat Penelitian.....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Material Komposit .....	5
2.1.1. Definisi dan klasifikasi komposit .....	5
2.2. Material Penyusun Komposit .....	7
2.2.1. Matrik .....	7
2.2.2. Fiber .....	7
2.3. Mekanisme Adesifitas.....	9
2.4. Kekakuan Komposit.....	12
2.5. Kekuatan Komposit.....	14
2.6. Obyektif pemeliharaan fasilitas kilang.....	14
2.7. Kualifikasi Produk Komposit.....	15
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	16

3.2. Prosedur Penelitian.....	17
3.3. Bahan Penelitian.....	17
3.4. Penetapan Kode Sampel.....	20
3.5. Pengujian Sampel.....	22
3.5.1. Uji Tarik Logam .....	22
3.5.2. Uji Tarik Komposit.....	23
3.5.3. Uji Flexural Komposit.....	25
3.5.4. Uji Impak Komposit.....	26
3.5.5. Uji Tarik Laminat Komposit.....	27
3.5.6. Uji <i>Bonding</i> (interface matriks-fiber).....	29
3.5.7. Pengamatan Metalografi.....	30
<b>4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1. Sifat Mekanik.....	31
4.1.1. Kekuatan Logam.....	31
4.1.2. Kekuatan Komposit.....	32
4.1.3. Sifat Lentur Komposit.....	35
4.1.4. Sifat Ketangguhan Komposit.....	36
4.1.5. Kekuatan Laminat Komposit.....	39
4.1.6. Analisa Ikatan (Interface Matriks – Fiber).....	42
4.2. Pengamatan metalografi.....	44
4.2.1. Analisa SEM pada Campuran Komposit.....	44
4.2.2. Analisa SEM pada Perpatahan Matriks dan Fiber.....	47
4.3. Perbandingan Nilai Ekonomis dan Aplikasi Produk.....	49
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>51</b>
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	52
DAFTAR REFERENSI.....	53
LAMPIRAN .....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Propertis fiber dan matriks yang umum di gunakan .....	8
Tabel 3.1.	Bahan-bahan penelitian yang digunakan.....	17
Tabel 3.2.	Karakteristik produk Strongback.....	18
Tabel 3.3.	Kode bahan utama dan teoritis propertis.....	20
Tabel 3.4.	Kode sampel.....	21
Tabel 3.5.	Sampel uji tarik komposit.....	24
Tabel 3.6.	Sampel uji flexural komposit.....	26
Tabel 3.7.	Sampel uji dampak komposit.....	27
Tabel 3.8.	Sampel uji tarik laminat komposit.....	28
Tabel 4.1.	Perbandingan propertis sampel uji tarik logam.....	31
Tabel 4.2.	Rangkuman hasil uji tarik komposit.....	32
Tabel 4.3.	Rangkuman hasil uji flexural komposit.....	35
Tabel 4.4.	Rangkuman hasil uji dampak komposit.....	37
Tabel 4.5.	Rangkuman hasil uji tarik pada logam berpelapis komposit.....	39
Tabel 4.6.	Perbandingan uji tarik laminat komposit dengan logam tanpa pelapisan.....	40
Tabel 4.7.	Hasil uji rekatan ( <i>bonding</i> ).....	42
Tabel 4.8.	Perbandingan biaya antara pekerjaan <i>cut &amp; reweld</i> dan pemakaian komposit.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Bagian pipa terkorosi & metode penggantian pipa .....	3
Gambar 1.2.	Metode perbaikan dengan penguatan komposit polimer.....	3
Gambar 2.1.	Ilustrasi material penyusun komposit.....	5
Gambar 2.2.	Klasifikasi material komposit.....	6
Gambar 2.3.	Nilai kekuatan material terhadap densitas.....	6
Gambar 2.4.	Nilai kekuatan fiber terhadap modulus.....	9
Gambar 2.5.	Pengujian sederhana kemampuan perekatan ( <i>wetting</i> ).....	11
Gambar 2.6.	Contoh foto SEM daerah perekatan antar layer.....	12
Gambar 2.7.	Contoh foto SEM kegagalan perekatan di daerah interface.....	12
Gambar 2.8.	Contoh foto SEM tidak terbentuknya perekatan.....	12
Gambar 2.9.	Orientasi fiber dan penyebarannya.....	13
Gambar 2.10.	Beban paralel terhadap fiber.....	13
Gambar 3.1.	Tahapan proses penelitian.....	16
Gambar 3.2.	Teori pencampuran warna.....	19
Gambar 3.3.	StrongBack GS-561 dan pencampurannya.....	19
Gambar 3.4.	Serat Aramid Kevlar berbentuk bubuk.....	19
Gambar 3.5.	StrongBack GS-154 dan pencampurannya.....	19
Gambar 3.6.	StrongBack Composite Tape BSB-330.....	20
Gambar 3.7.	Mesin Uji Tarik GOTECH Cap. 30 Ton.....	22
Gambar 3.8.	Preparasi sampel logam L1.....	23
Gambar 3.9.	Sampel logam L1 dan saat pengujian.....	23
Gambar 3.10.	Mesin Uji Tarik & Flexural, Orientec Co., UCT-5T.....	25
Gambar 3.11.	Mesin Uji Impact CEAST Resil.....	26
Gambar 3.12.	Persiapan sampel dan pengujian.....	28
Gambar 3.13.	Sampel uji <i>bonding</i> .....	29
Gambar 3.14.	Mesin Uji SEM Merk LEO type 420i.....	30
Gambar 4.1.	Grafik hasil uji tarik sampel L1.....	32
Gambar 4.2.	Grafik hasil uji tarik komposit.....	33
Gambar 4.3.	Bentuk patahan pada uji tarik komposit.....	34
Gambar 4.4.	Grafik modulus elastisitas pada uji flexural komposit.....	35

Gambar 4.5.	Sampel setelah uji flexural komposit.....	36
Gambar 4.6.	Grafik uji impak komposit.....	37
Gambar 4.7.	Bentuk patahan uji impak komposit.....	38
Gambar 4.8.	Grafik uji tarik laminat komposit.....	39
Gambar 4.9.	Grafik perbandingan uji tarik laminat komposit dengan logam tanpa pelapisan.....	40
Gambar 4.10.	Bentuk patahan ujian tarik pada laminat komposit.....	41
Gambar 4.11.	Grafik uji <i>bonding</i> epoksi vs logam dan epoksi vs lapisan fiber.....	42
Gambar 4.12.	Patahan sampel pada pengujian <i>bonding</i> .....	43
Gambar 4.13.	SEM Epoksi 60A40B pembesaran 50x.....	44
Gambar 4.14.	SEM Epoksi 80A20B pembesaran 500x.....	45
Gambar 4.15.	SEM Epoksi 80A20B pembesaran 100x dan 500x.....	45
Gambar 4.16.	SEM Epoksi 60A40B pembesaran 100x dan 500x.....	46
Gambar 4.17.	SEM permukaan perpatahan epoksi pembesaran 100x.....	47
Gambar 4.18.	SEM permukaan perpatahan epoksi 200x dan 500x.....	47
Gambar 4.19.	SEM permukaan perpatahan fiber 100x dan 250x.....	48
Gambar 4.20.	Tahapan aplikasi pelapisan produk StrongBack yang berfungsi sebagai penguat pada pipa yang mengalami cacat.....	50