

TUGAS AKHIR

**ANALISA PERTUMBUHAN RETAK (*CRACK GROWTH*)
UJI *FATIGUE* KOMPOSIT AI PADUAN DENGAN PENGUAT
ABU DASAR BATUBARA HASIL PROSES PENEKANAN
(*PRESSING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR BENDA KERJA
DAN REDUKSI KETEBALAN**



Disusun Oleh :

MUHAJIR MAULANA

NBI : 1421600067

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2020

TUGAS AKHIR

**ANALISA PERTUMBUHAN RETAK (*CRACK GROWTH*)
UJI *FATIGUE* KOMPOSIT AI PADUAN DENGAN PENGUAT
ABU DASAR BATUBARA HASIL PROSES PENEKANAN
(*PRESSING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR BENDA KERJA
DAN REDUKSI KETEBALAN**



Disusun Oleh :

MUHAJIR MAULANA

NBI : 1421600067

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2020

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : MUHAJIR MAULANA
NBI : 1421600067
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : ANALISA PERTUMBUHAN RETAK
(*CRACK GROWTH*) UJI *FATIGUE* KOMPOSIT
AI PADUAN DENGAN PENGUAT ABU DASAR
BATUBARA HASIL PROSES PENEKANAN
(*PRESSING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR
BENDA KERJA DAN REDUKSI KETEBALAN

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing



Harjo Seputro, ST., MT.


NPP. 20420.96.0471

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes.
NPP. 20420900197

Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Ir. Ichlas Wahid, M.T.
NPP. 20420900207

LEMBAR PERSEMBAHAN

Saya berterima kasih kepada Allah SWT yang sudah memberikan kesempatan untuk berangkat sidang dalam keadaan sehat.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yang selalu mensupport saya selalu, dan mendoakan yang terbaik bagi saya

Untuk sodara dan teman-teman yang telah mengajari saya, memotivasi saya hingga menjadi seperti sekarang saya berterima kasih.

MOTTO

**“SEMUA MIMPI KITA DAPAT TERWUJUD, JIKA KITA BERANI UNTUK
MEWUJUDKANNYA DAN KESUKSESAN BUKANLAH TUJUAN AKHIR
KESUKSESAN ADALAH PERJALANAN”**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

**“ANALISA PERTUMBUHAN RETAK (*CRACK GROWTH*) UJI *FATIGUE* KOMPOSIT
AI PADUAN DENGAN PENGUAT ABU DASAR BATUBARA HASIL PROSES
PENEKANAN (*PRESSING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR BENDA KERJA DAN
REDUKSI KETEBALAN”**

Yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tugas Akhir (TA) yang sudah pernah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar Sarjana Teknik di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.





LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhajir Maulana
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya meyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), atas karya saya yang berjudul:

ANALISA PERTUMBUHAN RETAK (*CRACK GROWTH*) UJI *FATIGUE* KOMPOSIT AI PADUAN DENGAN PENGUAT ABUDASAR BATUBARA HASIL PROSES PENEKANAN (*PRESSING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR BENDA KERJA DAN REDUKSI KETEBALAN

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada Tanggal : Juli 2020

Yang Menyatakan



(MUHAJIR MAULANA)

ABSTRAK

ANALISA PERTUMBUHAN RETAK (*CRACK GROWTH*) UJI *FATIGUE* KOMPOSIT AL PADUAN DENGAN PENGUAT ABU DASAR BATUBARA HASIL PROSES PENEKANAN (*PRESSING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR BENDA KERJA DAN REDUKSI KETEBALAN

Baut adalah salah satu komponen pengikat, banyak digunakan dalam industri mekanik, listrik, kimia dan konstruksi. Bahan untuk membuat baut dan mur umumnya terbuat dari baja karbon dan bahan stainless steel yang memiliki density $7,8 \frac{g}{cm^3}$. Jika dibandingkan dengan density material komposit yang hanya $2,4 \frac{g}{cm^3}$. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur benda kerja dan reduksi ketebalan terhadap pertumbuhan retak fatik.

Bahan Aluminium paduan Dengan komposisi Al 86,44% ; Si 6,11% ; Fe 1,69% ; Cu 1,01% ; Zn 4,13%, Serbuk abu dasar batubara (bottom ash) ukuran 200 Mesh, Serbuk magnesium, Proses pembuatan komposit dengan menggunakan metode stir casting. Dengan pengujian fatik, Proses penekanan (pressing) dengan variasi temperatur (125°C, 135°C, dan 145°C) dan reduksi ketebalan (5%, 10%, 15%).

Dari hasil pengujian pertumbuhan retak fatik menunjukkan peningkatan laju pertumbuhan retak seiring dengan meningkatnya reduksi ketebalan. Pada reduksi 15% temperatur 125°C menunjukkan laju pertumbuhan retak tertinggi 0,02332645 mm/cycle, pada reduksi 10% temperatur 125°C menunjukkan laju pertumbuhan retak 0,00320745 mm/cycle dan pada reduksi 5% temperatur 125°C menunjukkan laju pertumbuhan retak 0,0010424 mm/cycle. Dan pengaruh temperatur benda kerja terhadap laju pertumbuhan retak menunjukkan penurunan laju pertumbuhan retak seiring dengan meningkatnya temperatur benda kerja, pada temperatur 125°C dengan reduksi 5% menunjukkan laju pertumbuhan retak 0,0010424 mm/cycle, pada temperatur 135°C reduksi 5% menunjukkan laju pertumbuhan retak 0,00028955 mm/cycle dan pada temperatur 145°C reduksi 5% menunjukkan laju pertumbuhan retak 0,00028085 mm/cycle dengan nilai laju pertumbuhan retak paling kecil.

Kata kunci : komposit Al paduan abu dasar batubara, stir casting, penekanan (pressing), pertumbuhan retak (crack growth), uji fatigue.

ABSTRACT

ANALYSIS OF CRACK GROWTH FATIGUE TEST OF Al ALLOY COMPOSITE WITH COAL BOTTOM BOOSTER RESULTS OF PRESSING PROCESSING WITH VARIATIONS OF TEMPERATURE OF WORK OBJECTS AND THICKNESS REDUCTION

Bolts are one of the binding components, widely used in the mechanical, electrical, chemical and construction industries. Material for making bolts and nuts are generally made of carbon steel and stainless steel which has a density $7,8 \frac{g}{cm^3}$. When compared with composite material density only $2,4 \frac{g}{cm^3}$. This study aims to determine the effect of workpiece temperature and thickness reduction on fatigue crack growth.

Aluminum alloy material with Al composition 86,44% ; Si 6,11% ; Fe 1,69% ; Cu 1,01% ; Zn 4,13%, Coal bottom ash size 200 Mesh, magnesium powder, the process of making composites using the stir casting method. With fatigue testing, the process of pressing with variations in temperature (125°C, 135°C and 145°C) and thickness reduction (5%, 10%, 15%).

From the results of fatigue crack growth test showed an increase in crack growth rate along with the increase in thickness reduction. At a 15% reduction in temperature 125 °C shows the highest crack growth rate of 0.02332645 mm/cycle, at a 10% reduction at 125 °C shows a crack growth rate of 0.00320745 mm/cycle and at a reduction of 5% a temperature of 125 °C indicates a crack growth rate of 0,0010424 mm/cycle. And the effect of workpiece temperature on crack growth rate shows a decrease in crack growth rate along with increasing workpiece temperature, at a temperature of 125 °C with a reduction of 5% showing a crack growth rate of 0.0010424 mm / cycle, at a temperature of 135 °C a reduction of 5% indicates a growth rate crack 0,00028955 mm / cycle and at a temperature of 145 °C a reduction of 5% shows the crack growth rate of 0,00028085 mm / cycle with the smallest crack growth rate.

Keywords: *Al alloy composite coal bottom ash, stir casting, pressing (pressing), crack growth (crack growth), fatigue test.*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISA PERTUMBUHAN RETAK (*CRACK GROWTH*) UJI *FATIGUE* KOMPOSIT AI PADUAN DENGAN PENGUAT ABU DASAR BATUBARA HASIL PROSES PENEKANAN (*PRESSING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR BENDA KERJA DAN REDUKSI KETEBALAN”**

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, arahan, dan motivasi dari semua pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa suka cita dan terima kasih kepada pihak-pihak yang terkait :

1. Kedua orang tua saya. bapak saya Wartijan dan Ibu Tarisih, beribu terima kasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan karena sudah merawat, menjaga, mendukung dan memotivasi serta bersabar dalam menghadapi saya dan terima kasih telah mendoakan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Harjo Seputro ST, MT selaku dosen pembimbing saya dengan segala kesabaran dan usaha memberikan bimbingan kepada saya sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Ichlas Wahid, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan izin untuk penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. H. Sajiyo M.Kes selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya beserta staf yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama mengikuti kegiatan kuliah.
6. Untuk pak mamat Universitas Indonesia saya ucapkan banyak terima kasih sudah membantu saya dan memberikan ijin untuk melakukan pengujian di Laboratorium Uji Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia
7. Untuk seluruh teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin Untag Surabaya yang telah banyak memberi support, semangat, bantuan, saran selama menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tetap kompak dan solid buat teman-teman Teknik Mesin Untag Surabaya.

8. Masih banyak pihak-pihak lainnya yang juga berperan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang belum bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih ada beberapa hal yang ditambahkan untuk menyempurnakan dan melengkapi Proposal Tugas Akhir ini, sehingga penulis mengharapkan tanggapan dan saran dari para pembaca.

Surabaya, Juli 2020

MUHAJIR MAULANA
1421600067

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Komposit.....	7
2.1.1 Matrik dan Penguat.....	7
2.1.1.1 Aluminium.....	7
2.1.1.2 Abu dasar batu bara.....	8
2.1.1.3 Magnesium (Mg).....	8
2.1.1.4 Aluminium Oxide (Al ₂ O ₃).....	9
2.2 <i>Electroless Plating</i>	9
2.3 Proses <i>Stir Casting</i>	10
2.4 <i>Homogenezing</i>	11
2.5 Penekanan (<i>Pressing</i>).....	11
2.5.1 Pengertian <i>Hot Working</i>	12

2.6 Pengaruh Temperatur Benda Kerja dan Reduksi Ketebalan Terhadap Sifat Mekanik.....	16
2.6.1 Pengaruh Temperatur Benda Kerja Terhadap Sifat Mekanik	16
2.6.2 Pengaruh Reduksi Ketebalan Terhadap Sifat Mekanik.....	17
2.7 Uji Tarik.....	17
2.8 Fatik (<i>fatigue</i>).....	19
2.9 Perambatan Retak Fatik	22
2.10 Mekanisme Perambatan Retak	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Rencana Penelitian	27
3.2 Diagram Alir Penelitian	29
3.3 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	31
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	31
3.3.1.1 Alat dan Bahan Proses <i>Electroless Plating</i>	31
3.3.1.2 Alat dan Bahan Proses Pengecoran Dengan Metode <i>Stir Casting</i>	36
3.3.1.3 Alat dan Bahan Proses Pemesinan Membuat Spesimen Uji	40
3.3.2 Proses <i>Electroless Plating</i>	42
3.3.3 Menimbang Bahan Komposit.....	43
3.3.4 Proses Pengecoran Komposit	43
3.3.5 <i>Homogenizing</i>	44
3.3.6 Proses Pemesinan Penekanan (<i>Pressing</i>)	44
3.3.7 Proses Pemesinan Membuat Spesimen Uji	44
3.3.8 Pengujian Fatik.....	45
3.3.9 Kodefikasi Spesimen.....	45
3.3.10 Data dan Analisa data.....	46
3.3.11 Kesimpulan.....	46
BAB IV DATA DAN ANALISA	47
4.1 Hasil Pengujian Tarik dan Pengujian Fatik.....	47
4.1.1 Hasil Pengujian Tarik.....	47

4.1.2 Hasil Pengujian Fatik	49
4.2 Analisa Data Pengujian Fatik	59
4.2.1 Pengaruh Variasi Temperatur Benda Kerja dan Reduksi Ketebalan Terhadap Siklus Kelelahan.....	59
4.2.2 Pengaruh Variasi Temperatur Benda Kerja dan Reduksi Ketebalan Terhadap Laju Pertumbuhan Retak.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1 Kesimpulan	77
5.1 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Fasa Al-Si	8
Gambar 2. 2 Tabel Sifat fisika magnesium	9
Gambar 2. 3 Skema electroless plating	10
Gambar 2. 4 Skema stir casting.....	11
Gambar 2. 5 Skema pressing.....	12
Gambar 2. 6 Hot working process.....	14
Gambar 2. 7 Mikrostruktur hot working process	14
Gambar 2. 8 Transformasi struktur mikro.....	15
Gambar 2. 9 Skema recrystallization	15
Gambar 2. 10 Kurva tegangan regangan.....	18
Gambar 2. 11 Skema perpatahan.....	20
Gambar 2. 12 Skema perpatahan.....	21
Gambar 2. 13 Skema kurva perambatan retak	22
Gambar 2. 14 Kurva tahapan perambatan retak	23
Gambar 2. 15 Makrostruktur perambatan retak	25
Gambar 2. 16 Makrostruktur Mekanisme retak	25
Gambar 4.1 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 1B tanpa perlakuan	49
Gambar 4. 3 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 2A temperatur benda kerja 145°C reduksi ketebalan 5%	50
Gambar 4. 4 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 2B temperatur benda kerja 145°C reduksi ketebalan 5%	50
Gambar 4. 5 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 3A temperatur benda kerja 145°C reduksi ketebalan 10%	51
Gambar 4. 6 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 3B temperatur benda kerja 145°C reduksi ketebalan 10%	51
Gambar 4. 7 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 4A temperatur benda kerja 145°C reduksi ketebalan 15%	52
Gambar 4. 8 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 4B temperatur benda kerja 145°C reduksi ketebalan 15%	52
Gambar 4. 9 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 5A temperatur benda kerja 135°C reduksi ketebalan 5%	53
Gambar 4. 10 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 5B temperatur benda kerja 135°C reduksi ketebalan 5%	53
Gambar 4. 11 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 6A temperatur benda kerja 135°C reduksi ketebalan 10%	54

Gambar 4. 12 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 6B temperatur benda kerja 135°C reduksi ketebalan 10%	54
Gambar 4. 13 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 7A temperatur benda kerja 135°C reduksi ketebalan 15%	55
Gambar 4. 14 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 7B temperatur benda kerja 135°C reduksi ketebalan 15%	55
Gambar 4. 15 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 8A temperatur benda kerja 125°C reduksi ketebalan 5%	56
Gambar 4. 16 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 8B temperatur benda kerja 125°C reduksi ketebalan 5%	56
Gambar 4. 17 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 9A temperatur benda kerja 125°C reduksi ketebalan 10%	57
Gambar 4. 18 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 9B temperatur benda kerja 125°C reduksi ketebalan 10%	57
Gambar 4. 19 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 10A temperatur benda kerja 125°C reduksi ketebalan 15%	58
Gambar 4. 20 Grafik data hasil pengujian fatik spesimen 10B temperatur benda kerja 125°C reduksi ketebalan 15%	58
Gambar 4.21 Grafik pengaruh variasi temperatur benda kerja dan reduksi ketebalan terhadap siklus kelelahan.....	66
Gambar 4. 22 Grafik pengaruh variasi temperatur benda kerja dan reduksi ketebalan terhadap laju pertumbuhan retak	73
Gambar 4. 23 Retakan pada spesimen	74
Gambar 4. 24 Makroskopis perambatan retak fatik	74
Gambar 4. 25 Mikrostruktur laju perambatan retak	75

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat-alat yang digunakan pada proses electroless plating.....	31
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan pada proses electroless plating.....	34
Tabel 3. 3 Alat proses pengecoran untuk membentuk spesimen dengan metode stir casting.	36
Tabel 3. 4 Bahan yang digunakan pada proses stir casting.	40
Tabel 3. 5 Alat proses pemesinan membuat spesimen uji.....	40
Tabel 3. 6 Bahan proses pemesinan membuat spesimen uji	42
Tabel 3. 7 Kodefikasi spesimen	45
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian tarik.....	47
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian Fatik.....	64
Tabel 4. 3 Laju pertumbuhan retak	72