

TUGAS AKHIR

EFEK PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP STRUKTURMIKRO DAN TEGANGAN TERMAL KOMPOSIT ALUMINIUM DENGAN PENGUAT ABU DASAR BATUBARA



Disusun oleh:
MISBAHUL MUNIR
1421504830

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2019**

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : MISBAHUL MUNIR
NBI : 1421504830
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : EFEK PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP
STRUKTURMIKRO DAN TEGANGAN TERMAL
KOMPOSIT ALUMINIUM DENGAN PENGUAT
ABU DASAR BATUBARA

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing

MaulaNafi, S.T.,M.T
NPP. 20420.16.0717

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

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

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

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan Judul:
**EFEK PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP STRUKTURMIKRO DAN
TEGANGAN TERMAL KOMPOSIT ALUMINIUM DENGAN PENGUAT
ABU DASAR BATUBARA**

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

Surabaya, 09 Juli 2019

Misbahul Munir
1421504830

MOTTO

**“BERFIKIR, BERDO'A, BERUSAHA, BERTINDAK
APAPUN HASILNYA ALLAH YANG MAHA MENENTUKAN”**

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah saya persembahkan karya penelitian saya untuk orang-orang yang saya kasihi dan saya sayangi serta yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini :

1. Kedua orang tua saya Bapak Mulyono dan Ibu Nama yang selalu memberikan bantuan materiil maupun non materiil, mendoakan, memberi semangat dan dorongan sampai detik ini..
2. Bapak Maula Nafi.,ST,MT, selaku dosen pembimbing yang senantiasa sabar dan ikhlas dalam memberikan bimbingan serta arahan selama penelitian berlangsung.
3. Kakak yang tercinta yang selalu memberikan semangat dan dukungan sampai saat ini.
4. Mufarikhatin Nisa' yang selalu memberi semangat sampai detik ini.
5. Teman-teman grup TA Nekat Tok yang senantiasa saling membantu, saling bekerja sama sehingga terselesaikannya penelitian ini.
6. Seluruh warga Teknik Mesin UNTAG baik dosen maupun teman-teman Teknik Mesin.

ABSTRAK

EFEK PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP STRUKTURMIKRO DAN TEGANGAN TERMAL KOMPOSIT ALUMINIUM DENGAN PENGUAT ABU DASAR BATUBARA

Tegangan termal adalah tegangan yang diakibatkan oleh adanya perbedaan temperatur antara bagian permukaan dan bagian dalam material akibat dari temperatur kerja atau pendinginan cepat saat proses perlakuan panas T6. Pada penelitian ini menentukan efek dari variasi media pendingin dan temperatur media pendingin terhadap tegangan termal dan strukturmikro komposit aluminium, bahan dasar material yang digunakan adalah piston bekas dengan penguat abu dasar batubara. Pada variasi media pendingin menggunakan oli SAE 40, larutan garam, air sumur dengan temperatur media pendingin 60°C, 80°C, dan 100°C. Untuk pengambilan data penelitian ini menggunakan pengujian Thermomechanical Analysis (TMA). Dari hasil penelitian didapatkan nilai tegangan termal pada setiap jenis media pendingin dimana tegangan termal terbesar ada pada pemilihan media larutan garam dengan temperatur media pendingin 60°C sebesar 0,154 MPa dan nilai tegangan termal terendah terdapat pada pemilihan media quenching larutan garam dengan temperatur media pendingin 100 °C sebesar 0,127 MPa. Dan juga efek terhadap strukturmikro dengan variasi media pendingin dan temperatur media pendingin, didapatkan ukuran diameter butir dari sampel uji dimana diameter ukuran butir terkecil terdapat pada pemilihan jenis media quenching larutan garam dengan temperatur media quenching 80°C dengan rata-rata ukuran butir sebesar 48,47µm dan ukuran butir terbesar terletak pada pemilihan media quenching air sumur dengan temperatur media quenching 100°C dengan rata-rata ukuran butir sebesar 146,2µm. penentuan jenis media pendingin dan temperatur media pendingin dapat berpengaruh pada ukuran butir mikrostruktur dan nilai tegangan termal.

Kata kunci : tegangan termal, variasi media pendingin, analisis termomekanik (TMA)

ABSTRACT

THE EFFECT OF T6 HEAT TREATMENT ON MICROSTRUCTURE AND THERMAL STRESS OF ALUMINIUM COMPOSITES WITH REINFORCEMENT OF COAL BOTTOM ASH

Thermal stress is the stress caused by the temperature difference between the outside and the inside of the material due to working temperature or rapid cooling during the T6 heat treatment process. In this study determine the effect of variations in cooling media and temperature of the cooling media on the thermal stress and microstructures of aluminum composites, the basic material of the material used is used piston waste with reinforcement of botton ash. In a variety of cooling media using SAE 40 oil, salt solution, well water with a temperature of cooling media 60°C, 80°C, and 100°C. for data collection this study uses thermomechanical analysis (TMA) testing. From the results of the study, the thermal stress values in each type of cooling media where the highest thermal stress is in the selection of salt solution media with a temperature of 60°C as coolant media as 0.154 MPa and the lowest thermal stress value in the selection of salt solution quenching media with 100°C of 0.127 MPa. And also the effect on the microstructure with variations in cooling media and temperature of the cooling media, obtained the size of grain diameter of the test sample where the smallest grain size diameter was found in the selection of quenching media type salt solution with quenching media temperature 80°C with an average grain size of 48, 47 µm and the largest grain size was located in the selection of quenching well water media with the temperature of quenching media 100°C with an average grain size of 146.2 µm. Determining the type of cooling media and the temperature of the cooling media can affect the microstructure grain size and the thermal stress value.

Keyword : *thermal stress, media cooling variation, thermomechanical analysis (TMA)*

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur ke hadirat Tuhan Yang maha Esa, yang telah mengkaruniakan kasih dan anugrahnya, sehingga penulisan Tugas Akhir dengan judul “EFEK PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP STRUKTURMIKRO DAN TEGANGAN TERMAL KOMPOSIT ALUMINIUM DENGAN PENGUAT ABU DASAR BATUBARA”, yang merupakan persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, dapat sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Diakui bahwa sejak tahap awal hingga proses saat ini seminar tugas akhir ini secara langsung maupun tidak langsung terlibat, penulis menerima banyak sekali bantuan dari pihak mulai dari materi, ide, data, moril sampai kepada spiritual. Oleh karena itu dalam kesempatan yang baik ini rasanya menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya dan setulus – tulusnya pada yang terhormat :

1. Orang tua saya yang tercinta bapak Mulyono dan ibu saya Nama serta kakak tercinta Bahrul Rohman yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, pendidikan dan semangatnya kepada saya hingga saat ini.
2. Bapak Maula Nafi, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan petunjuk dalam penyusunan Tugas Akhir ini dengan sangat perhatian, baik, sabar dan ramah.
3. Bapak Harjo Seputro ST. MT selaku dosen pembimbing dan konsultan. yang juga telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan petunjuk dalam penyusunan Tugas Akhir ini dengan sangat perhatian, baik, sabar dan ramah.
4. Bapak Ir.Ichlas Wahid, MT selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama mengikuti kegiatan kuliah.
7. Teman-teman sekelompok NEKAT-TOK Ari Ardian Madjid, Umar Faruq, Bambang Kumbino (Bembeng), Ardi Nurrahman (Capcin), dan Wanu Nugroho Dkk. Terimakasih banyak telah bekerjasama membantu, memberi saran, memberi motivasi dan memberi dukungan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini semoga persaudaraan kita selamanya.

8. Yang terkasih Mufarikhatin Nisa' yang selalu memberikan semangat dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman geng Dolor Ngopi yang memberikan banyak dukungan dan mendoakan serta candaan yang selalu mewarnai dalam perjalanan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah mendukung dan mendoakan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya,09 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak.....	vi
Abstract.....	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel	xiv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Pengertian komposit matrik logam (MMC).....	5
2.2.Gravity Casting	6
2.2. Perlakuan panas T6 (<i>heat treatment</i>).....	6
2.3.Tegangan , Regangan dan Modulus Elastisitas Sederhana	11
2.4.Koefisien Muai Linier Material	13
2.5.Tegangan Termal.....	13
2.4.Struktur mikro	15
2.5.Pengujian TMA (<i>Thermomechanical Analysis</i>).....	19

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

1.1. Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2. Rencana Penelitian	24
3.3. Penjelasan Diagram Alir penelitian	26

BAB 4 DATA DAN ANALISA

4.1. Data hasil pengujian <i>thermomechanical analysis</i> (TMA).....	38
4.2. Analisa Data Hasil Uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA).....	75
4.3. Uji Struktur mikro	80
4.4. Analisa Hasil Pengamatan Struktur mikro.....	89

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	100

DAFTAR GAMBAR

2.1. Siklus perlakuan panas T6.....	8
2.2. Diagram fasa perlakuan panas Al-Cu.....	9
2.3. Tiga tahap pendinginan.....	10
2.4. Spesimen, Ukuran dan Bentuk Obyek Pembesaran.....	15
2.5. Pengaruh <i>Etsa</i> Terhadap Permukaan Spesimen.....	16
2.6. Pengukuran besar butir ASTM E112.....	18
2.7. Alat Mikroskop Merk <i>Axiolab</i>	18
2.8. Skema instrument dan spesimen uji TMA.....	20
2.9. Jenis-jenis probe TMA.....	21
4.1. uji TMA untuk specimen A1(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,53$ mm).....	38
4.2. Hasil uji TMA untuk spesimen B1(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,29$ mm).....	39
4.3. Hasil uji TMA untuk spesimen C1(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,19$ mm).....	40
4.4. Hasil uji TMA untuk spesimen A2(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,36$ mm).....	41
4.5. Hasil uji TMA untuk specimen A3(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,26$ mm).....	42
4.6. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen A1(a).....	49
4.7. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen B1(a).....	56
4.8. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen C1(a).....	63
4.9. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen A2(a).....	69
4.10. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen A3(a).....	75
4.11. Hubungan antara jenis media quenching terhadap nilai tegangan termal pada variabel temperatur media quenching 100°C.....	76
4.12. Hubungan antara jenis media quenching terhadap nilai tegangan termal pada variabel temperatur media quenching 80°C.....	77

4.13. Hubungan antara jenis media quenching terhadap nilai tegangan termal pada variabel temperatur media quenching 60°C.	78
4.14. Hubungan antara pemilihan jenis media quenching dan temperatur media quenching terhadap tegangan termal (<i>thermal stress</i>).....	79
4.15. media pendingin air sumur dengan temperature media 100°C A1(a).....	80
4.16. media pendingin air sumur dengan temperature media 80°C B1(a).....	81
4.17. media pendingin air sumur dengan temperatur media 60°C sampel C1(a)	82
4.18. media pendingin larutan garam dengan temperatur media 100°C sampel A2(a).....	83
4.19. media pendingin larutan garam dengan temperatur media 80°C sampel B2(a)	84
4.20. media pendingin larutan garam dengan temperatur media 60°C sampel C2(a)	85
4.21. media pendingin oli SAE 40 dengan temperatur media 100°C sampel A3(a).	86
4.22. media pendingin oli SAE 40 dengan temperatur media 80°C sampel B3(a)...	87
4.23. media pendingin oli SAE 40 dengan temperatur media 60°C sampel C3(a)...	88
4.24. Hubungan antara jenis media pendingin terhadap strukturmikro pada pemilihan temperatur media 100°C	90
4.25. Hubungan antara jenis media pendingin terhadap strukturmikro pada pemilihan temperatur media 80°C	91
4.26. Hubungan antara jenis media pendingin terhadap strukturmikro pada pemilihan temperatur media 60°C	92
4.27. Pengaruh media pendingin dan temperatur media pendingin terhadap ukuran butir aluminium komposit paduan abu dasar batubara.....	93

DAFTAR TABEL

2.1. Pengali Jefferies	17
3.1 Alat-alat yang digunakan dalam proses <i>electroles plating</i>	26
3.2 Bahan yang digunakan dalam proses <i>electroles plating</i>	27
3.3 Alat proses pengecoran membuat spesimen dengan metode <i>gravity casting</i>	28
3.4 Bahan pengecoran membuat spesimen dengan metode <i>gravity casting</i>	29
3.5 Alat prose permesinan membuat spesimen uji.....	30
3.6 Bahan proses permesinan membuat spesimen uji.....	31
3.7 Alat untuk proses perlakuan panas T6	31
3.8 Bahan yang untuk proses perlakuan panas T6	32
4.1. Kodefikasi spesimen	37
4.2. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel A1(a).....	43
4.3. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel A1(a)	49
4.4. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel B1(a).....	50
4.5. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel B1(a)	56
4.6. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel C1(a).....	57
4.7. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel C1(a)	63
4.8. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel A2(a).....	64
4.9. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel A2(a)	69
4.10. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel A3(a).....	69
4.11. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel A3(a)	74
4.12. Nilai rata-rata koefisien ekspansi termal dan tegangan termal hasil perhitungan.....	75
4.13. Nilai rata-rata ukuran butir hasil perhitungan.....	89

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak.....	vi
Abstract.....	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel	xiv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Pengertian komposit matrik logam (MMC).....	5
2.2.Gravity Casting	6
2.2. Perlakuan panas T6 (<i>heat treatment</i>).....	6
2.3.Tegangan , Regangan dan Modulus Elastisitas Sederhana	11
2.4.Koefisien Muai Linier Material	13
2.5.Tegangan Termal.....	13
2.4.Struktur mikro	15
2.5.Pengujian TMA (<i>Thermomechanical Analysis</i>).....	19

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

1.1. Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2. Rencana Penelitian	24
3.3. Penjelasan Diagram Alir penelitian	26

BAB 4 DATA DAN ANALISA

4.1. Data hasil pengujian <i>thermomechanical analysis</i> (TMA).....	38
4.2. Analisa Data Hasil Uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA).....	75
4.3. Uji Struktur mikro	80
4.4. Analisa Hasil Pengamatan Struktur mikro.....	89

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	100

DAFTAR GAMBAR

2.1. Siklus perlakuan panas T6.....	8
2.2. Diagram fasa perlakuan panas Al-Cu.	9
2.3. Tiga tahap pendinginan.	10
2.4. Spesimen, Ukuran dan Bentuk Obyek Pembesaran	15
2.5. Pengaruh <i>Etsa</i> Terhadap Permukaan Spesimen.....	16
2.6. Pengukuran besar butir ASTM E112.....	18
2.7. Alat Mikroskop Merk <i>Axiolab</i>	18
2.8. Skema instrument dan spesimen uji TMA.....	20
2.9. Jenis-jenis probe TMA	21
4.1. uji TMA untuk specimen A1(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,53$ mm).	38
4.2. Hasil uji TMA untuk spesimen B1(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,29$ mm).	39
4.3. Hasil uji TMA untuk spesimen C1(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,19$ mm).	40
4.4. Hasil uji TMA untuk spesimen A2(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,36$ mm).	41
4.5. Hasil uji TMA untuk specimen A3(a) aluminium komposit dengan perlakuan panas T6 dengan panjang mula-mula ($L_0 = 4,26$ mm).	42
4.6. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen A1(a).....	49
4.7. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen B1(a).....	56
4.8. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen C1(a).....	63
4.9. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen A2(a).....	69
4.10. Grafik tegangan termal per-kenaikan temperatur spesimen A3(a).....	75
4.11. Hubungan antara jenis media quenching terhadap nilai tegangan termal pada variabel temperatur media quenching 100°C	76

4.12. Hubungan antara jenis media quenching terhadap nilai tegangan termal pada variabel temperatur media quenching 80°C.	77
4.13. Hubungan antara jenis media quenching terhadap nilai tegangan termal pada variabel temperatur media quenching 60°C.	78
4.14. Hubungan antara pemilihan jenis media quenching dan temperatur media quenching terhadap tegangan termal (<i>thermal stress</i>).	79
4.15. media pendingin air sumur dengan temperature media 100°C A1(a).....	80
4.16. media pendingin air sumur dengan temperature media 80°C B1(a).....	81
4.17. media pendingin air sumur dengan temperatur media 60°C sampel C1(a)	82
4.18. media pendingin larutan garam dengan temperatur media 100°C sampel A2(a).....	83
4.19. media pendingin larutan garam dengan temperatur media 80°C sampel B2(a)	84
4.20. media pendingin larutan garam dengan temperatur media 60°C sampel C2(a)	85
4.21. media pendingin oli SAE 40 dengan temperatur media 100°C sampel A3(a).	86
4.22. media pendingin oli SAE 40 dengan temperatur media 80°C sampel B3(a)...	87
4.23. media pendingin oli SAE 40 dengan temperatur media 60°C sampel C3(a)...	88
4.24. Hubungan antara jenis media pendingin terhadap strukturmikro pada pemilihan temperatur media 100°C	90
4.25. Hubungan antara jenis media pendingin terhadap strukturmikro pada pemilihan temperatur media 80°C	91
4.26. Hubungan antara jenis media pendingin terhadap strukturmikro pada pemilihan temperatur media 60°C	92
4.27. Pengaruh media pendingin dan temperatur media pendingin terhadap ukuran butir aluminium komposit paduan abu dasar batubara.....	93

DAFTAR TABEL

2.1. Pengali Jefferies	17
3.1 Alat-alat yang digunakan dalam proses <i>electroles plating</i>	26
3.2 Bahan yang digunakan dalam proses <i>electroles plating</i>	27
3.3 Alat proses pengecoran membuat spesimen dengan metode <i>gravity casting</i>	28
3.4 Bahan pengecoran membuat spesimen dengan metode <i>gravity casting</i>	29
3.5 Alat prose permesinan membuat spesimen uji.....	30
3.6 Bahan proses permesinan membuat spesimen uji.....	31
3.7 Alat untuk proses perlakuan panas T6	31
3.8 Bahan yang untuk proses perlakuan panas T6	32
4.1. Kodefikasi spesimen	37
4.2. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel A1(a).....	43
4.3. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel A1(a)	49
4.4. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel B1(a).....	50
4.5. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel B1(a)	56
4.6. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel C1(a).....	57
4.7. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel C1(a)	63
4.8. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel A2(a).....	64
4.9. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel A2(a)	69
4.10. Data perubahan dimensi terhadap temperatur hasil uji <i>Thermomechanical Analysis</i> (TMA) sampel A3(a).....	69
4.11. Nilai koefisien ekspansi termal dan tegangan termal pada sampel A3(a)	74
4.12. Nilai rata-rata koefisien ekspansi termal dan tegangan termal hasil perhitungan.....	75
4.13. Nilai rata-rata ukuran butir hasil perhitungan.....	89



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
JL. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TLP. 031 593 1800 (EX 311)
EMAIL: PERPUS@UNTAG-SBY.AC.ID.

**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 : MISBAHUL MUNIR
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi/Laporan Penelitian/Makalah

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:

EFEK PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP STRUKTURMIKRO DAN TEGANGAN TERMAL KOMPOSIT ALUMINIUM DENGAN PENGUAT ABU DASAR BATUBARA

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 : 30 Juli 2019

Yang Menyatakan

METERAI
TAMPEL
TGL. 31
D6A7AFF919602415
6000
ENAM RIBURUPIAH
(MISBAHUL MUNIR)