

PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU *HEAT TREATMENT* PADA ALUMINIUM ALLOY 2024-T3 TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS DENGAN MEDIA PENDINGIN OLI

Bambang Junipitoyo, Mochammad Farid Anfasa , Linda Winiasri
Politeknik Penerbangan Surabaya
Jl. JemurAndayani I No. 73 Surabaya 60236
Email : afann1403@gmail.com

Abstrak: Aluminium merupakan salah satu material rekayasa yang banyak digunakan untuk kepentingan konstruksi karena sifatnya yang ringan dan kuat. Paduan aluminium tersebut membutuhkan serangkaian proses untuk meningkatkan kekuatan material sebelum dipergunakan sebagai bahan struktur pesawat terbang. Benda uji diberi perlakuan panas dengan suhu 300°C, 350°C & 400°C dan waktu tahan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Kemudian dilakukan proses *quenching* dengan media oli. Pengujian ini menggunakan pengujian tarik, pengujian kekerasan *brinell* dan foto struktur mikro. Dari hasil penelitian, nilai kekerasan tertinggi terjadi pada suhu *aging* 400°C selama 90 menit dengan nilai kekerasan sekitar 119,09. Sedangkan kekuatan tarik tertinggi terjadi pada suhu *aging* 400°C selama 120 menit dengan nilai *tensile stress* nilai sekitar 128,17 MPa.

Kata Kunci: “*Heat treatment*” “*Quenching*”

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan salah satu material rekayasa yang banyak digunakan untuk kepentingan konstruksi karena sifatnya yang ringan dan kuat. Kedua sifat tersebut merupakan syarat utama suatu material dapat dijadikan bahan dasar struktur pesawat terbang. Paduan aluminium tersebut membutuhkan serangkaian proses untuk meningkatkan kekuatan material sebelum dipergunakan sebagai bahan struktur pesawat terbang. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk meningkatkan kekuatan suatu paduan logam, yaitu melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*).

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh Gautama (2018) adalah melakukan penelitian mengenai Pengaruh *aging* 140, 160, 180, dan 200 derajat *celcius* selama 5 jam terhadap sifat mekanis aluminium paduan tembaga 2,5%. Menggunakan metode pengujian tarik dan pengujian kekerasan *brinell*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada pengujian kekerasan material aluminium dengan tambahan kandungan tembaga sebesar 2,5% dan mendapatkan perlakuan *aging* selama 5 jam dapat meningkatkan nilai kekerasan.

Kekerasan material tanpa *aging* sebesar 43,30 BHN dan nilai kekerasan maksimum yang diperoleh adalah 80,20 BHN pada suhu 200°C. Pada pengujian tarik, material yang diberi perlakuan *aging* juga mengalami peningkatan kekuatan tarik. Kekuatan tarik pada material spesimen tanpa perlakuan *aging* memiliki kekuatan tarik sebesar 108,36 MPa dan setelah diberi perlakuan *aging* kekuatan tarik maksimum ada di angka 136,33 MPa pada suhu 160°C.

Taufiq dan Korda (2010) melakukan penelitian mengenai Studi pengaruh *temperature aging* dan orientasi butiran terhadap sifat mekanik paduan Al 2014. Menggunakan metode pengujian kekerasan, tarik dan struktur mikro. Hasil uji kekerasan dan kekuatan paduan Aluminium 2014 semakin cepat mencapai harga optimum dengan peningkatan *temperature aging*. Nilai kekerasan yang setara dengan penuaan alamiah dicapai dengan waktu 12 jam pada *temperature* 100°C dengan efisiensi waktu sebesar 75% dari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi “*peak-aged*” pada *natural aging* (48 jam).

Berdasarkan hasil kajian dari beberapa penelitian tersebut muncul gagasan baru untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan waktu *heat treatment* pada *aluminium alloy* 2024-T3 terhadap sifat fisis dan mekanis dengan media pendingin oli. Dalam penelitian ini membandingkan hasil pengujian tarik, kekerasan dan mikro struktur pada *aluminium alloy* 2024-T3 sebelum diberi perlakuan panas dan setelah diberi perlakuan panas pada variasi suhu 300°C, 350°C dan 400°C dengan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan bahan uji *aluminium alloy* 2024-T3 berbentuk plat, perlakuan panas yang digunakan adalah proses *heat treatment* dengan dua variasi suhu yaitu 300°C, 350°C, dan 400°C selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Semua spesimen untuk uji tarik, uji kekerasan, dan uji struktur mikro diberi perlakuan panas dengan suhu 300°C, 350°C, dan 400°C. Setelah diperlakukan panas tersebut, spesimen diperlakukan *quenching* menggunakan oli selama 5 menit. Kemudian spesimen diperlakukan *natural aging*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh sifat fisis dan mekanis pada *aluminium alloy* 2024-T3 terhadap perlakuan panas (*heat treatment*)? Dan bagaimana perbandingan hasil dari variasi suhu dan waktu *heat treatment* pada *aluminium alloy* 2024-T3?

Pengujian Tarik adalah pengujian *metal* atau *non metal* dengan cara spesimen atau benda uji diberi beban tarik secara peralihan sampai pada beban yang di tentukan dan akhirnya spesimen tersebut patah. Beban Tarik yang bekerja pada spesimen akan menimbulkan pertambahan panjang disertai pengecilan diameter spesimen. Pengujian tarik dilakukan dengan

tujuan untuk menentukan sifat-sifat mekanis material antara lain kekuatan tarik dan regangan. Mesin uji tarik yang digunakan adalah “*Universal Testing Machine*” HD-B604-S. Cara pengujian *Brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis ke dalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti. Mesin uji kekerasan *Brinell Hardness Tester Model HB – 3000C*. Pengujian *microstructure* bertujuan untuk mengamati struktur mikro pada *aluminium alloy 2024*, terutama untuk mengamati perubahan struktur mikro material setelah dilakukan *heat treatment* dan *natural aging*. Sebelum melakukan pengujian struktur mikro spesimen di amplas terlebih dahulu menggunakan *sand paper* (amplas) berukuran 500, 800, 1000 mesh agar permukaan halus dan mempermudah pengamatan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang memudahkan pengamatan dan terkoneksi dengan komputer. Pengujian ini menggunakan Mikroskop dan kamera (*dino eye*).

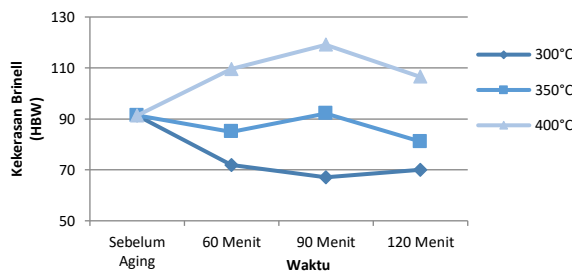
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil pengujian kekerasan *brinell*

Hasil pengujian kekerasan *Brinell* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Suhu (°C)	Waktu (Menit)	d (mm)	Kekerasan <i>Brinell</i> (HBW)
<i>Non Aging</i>		0,917	91,32
300	60	1,034	71,87
	90	1,055	67,09
	120	1,042	69,96
350	60	0,949	84,93
	90	1,063	92,12
	120	0,913	81,11
400	60	0,840	109,53
	90	0,806	119,09
	120	0,851	106,53



Gambar 1 Grafik hasil pengujian *hardness brinell*

Nilai kekerasan *aluminium alloy* 2024-T3 ditunjukkan pada tabel 1. nilai kekerasan *brinell* pada *aluminium alloy* sebelum di beri perlakuan *aging* adalah 91,32 HBW. Pada hasil pengujian kekerasan *Brinell*, bahan yang diberi perlakuan panas dengan suhu 300°C selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit mengalami penurunan nilai kekerasan menjadi 71,87 HBW, 67,09 HBW, dan 69,96 HBW. Pada suhu 350°C selama 60 menit dan 120 menit mengalami penurunan nilai kekerasan *brinell* menjadi 84,93 HBW dan 81,11 HBW, namun pada waktu tahan 90 menit mengalami peningkatan yang tidak signifikan menjadi 92,12 HBW. Pada suhu 400°C selama 60, 90, dan 120 menit mengalami peningkatan nilai kekerasan *brinell* menjadi 109,53 HBW, 119,09 HBW dan 106,53 HBW lebih besar dari spesimen uji dengan suhu 300°C dan 350°C. Hasil pengujian kekerasan *brinell* terbesar pada suhu 400°C dengan waktu tahan 90 menit yaitu 119,09 HBW. Sedangkan nilai kekerasan *brinell* terendah terjadi pada suhu 300°C dengan waktu tahan 90 menit yaitu 67,09 HBW.

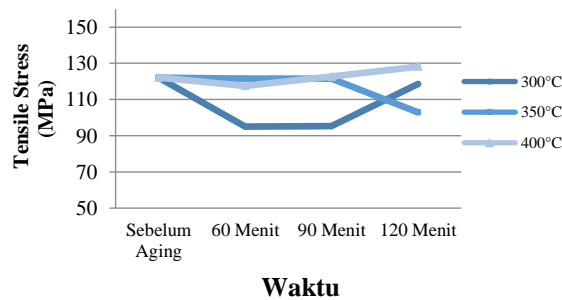
2. Hasil pengujian tensile stress

Hasil pengujian *tensile stress* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian *tensile stress*

Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Regangan (%)	Tensile Stress (MPA)
<i>Non Aging</i>		1,66	122,07
300	60	3,09	95,05
	90	2,73	95,32
	120	2,63	118,52
350	60	1,85	121,47
	90	2,05	121,43
	120	2,03	102,43
400	60	1,25	117,52

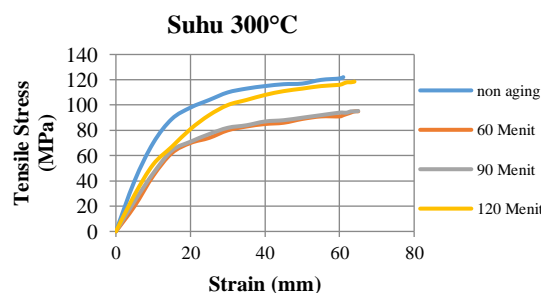
90	0,92	122,61
120	0,74	128,17



Gambar 2 Grafik hasil pengujian *tensile stress*

Hasil pengujian tarik pada spesimen yang diberi perlakuan panas dengan suhu 300°C selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit mengalami penurunan nilai *tensile stress* menjadi 95,05 MPa, 95,32 MPa dan 118 MPa. Pada suhu 350°C selama 60 menit, 90 menit dan 120 menit mengalami penurunan nilai *tensile stress* yang tidak signifikan menjadi 121,47 MPa, 121,43 MPa dan 102,93 Mpa. Sedangkan Pada suhu 400°C selama 60 menit mengalami penurunan nilai *tensile stress* menjadi 117,52 MPa, namun pada waktu tahan 90 menit, dan 120 menit mengalami peningkatan nilai *tensile stress* yang tidak signifikan menjadi 122,61 MPa dan 128,17 MPa lebih besar dari spesimen uji dengan suhu 300°C dan 350°C.

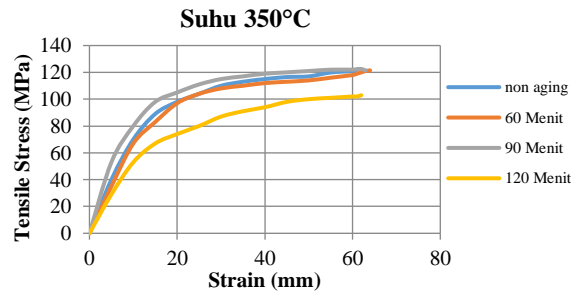
Hasil pengujian tarik terbesar pada suhu 400°C dengan waktu tahan 120 menit memiliki nilai *tensile stress* sebesar 128,17 MPa. Sedangkan nilai *tensile stress* terendah terjadi pada suhu 300°C dengan waktu tahan 60 menit yang memiliki nilai *tensile stress* sebesar 95,05 MPa.



Gambar 3 Kurva *stress – strain* pada suhu 300°C

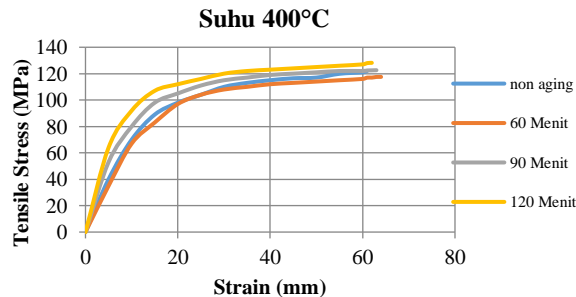
Pada gambar 3 merupakan grafik *stress-strain* perbandingan antara spesimen *non aging* dengan suhu *heat treatment* 300°C yang menggunakan variasi waktu tahan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Menunjukkan titik perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 102 MPa, 79 MPa, 81 MPa, dan 95 MPa. Sedangkan nilai *tensile stress*, yaitu merupakan titik akhir pengujian tarik yang ditandai dengan perpatahan berada pada nilai 122,07 MPa, 95,05 MPa, 95,32 MPa dan 118,52 MPa. Pada suhu 300°C nilai *tensile stress* tertinggi adalah

spesimen *non aging*. Pada suhu 300°C tidak meningkatkan nilai *tensile stress* pada *aluminium alloy* 2024–T3.



Gambar 4 Kurva *stress – strain* pada suhu 350°C

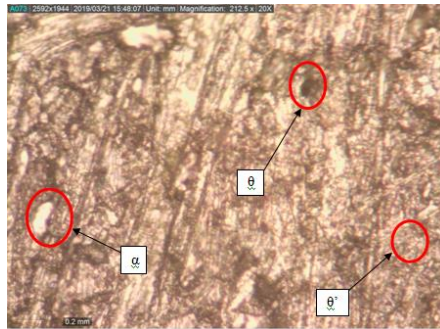
Pada gambar 4 merupakan grafik *stress-strain* perbandingan antara spesimen *non aging* dengan suhu *heat treatment* 350°C yang menggunakan variasi waktu tahan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Menunjukkan titik perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 102 MPa, 103 MPa, 109 MPa, dan 79 MPa. Sedangkan nilai *tensile stress*, yaitu merupakan titik akhir pengujian tarik yang ditandai dengan perpatahan berada pada nilai 122,07 MPa, 121,47 MPa, 121,43 MPa dan 102,93 MPa. Pada suhu 350°C nilai *tensile stress* tertinggi adalah spesimen *non aging*. Pada suhu 350°C tidak meningkatkan nilai *tensile stress* pada *aluminium alloy* 2024–T3.



Gambar 5 Kurva *stress – strain* pada suhu 400°C

Pada gambar 5 merupakan grafik *stress-strain* perbandingan antara spesimen *non aging* dengan suhu *heat treatment* 400°C yang menggunakan variasi waktu tahan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Menunjukkan titik perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 102 MPa, 93 MPa, 105 MPa, dan 111 MPa. Sedangkan nilai *tensile stress*, yaitu merupakan titik akhir pengujian tarik yang ditandai dengan perpatahan berada pada nilai 122,07 MPa, 117,52 MPa, 122,61 MPa dan 128,17 MPa. Pada suhu 400°C nilai *tensile stress* tertinggi adalah spesimen dengan perlakuan *aging* selama 120 menit. Pada suhu 400°C dengan perlakuan *aging* selama 90 menit dan 120 menit dapat meningkatkan nilai *tensile stress* pada *aluminium alloy* 2024–T3.

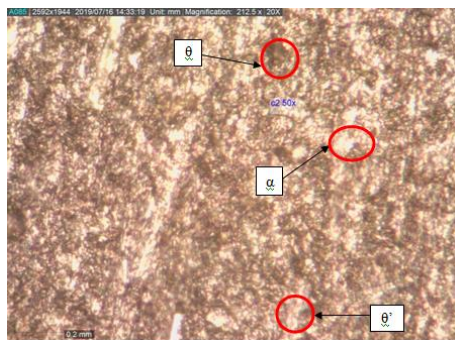
3. Hasil pengujian struktur mikro



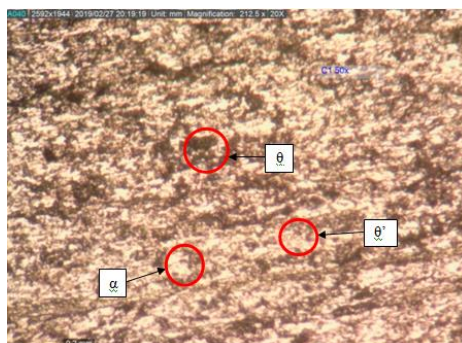
Gambar 6. Sebelum diberi perlakuan *aging*



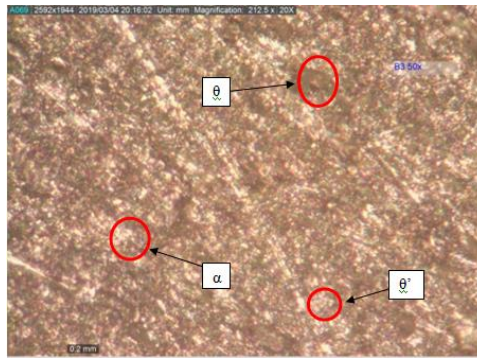
Gambar 7. Suhu 300°C selama 120 menit



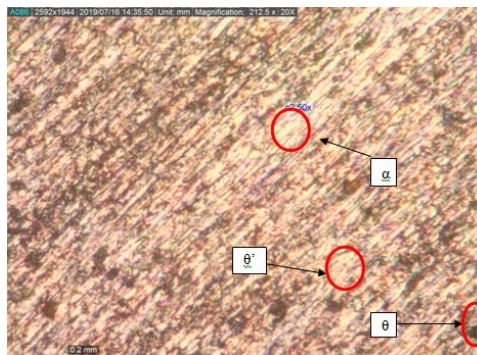
Gambar 8. Suhu 300°C selama 90 menit



Gambar 9. Suhu 300°C selama 60 menit



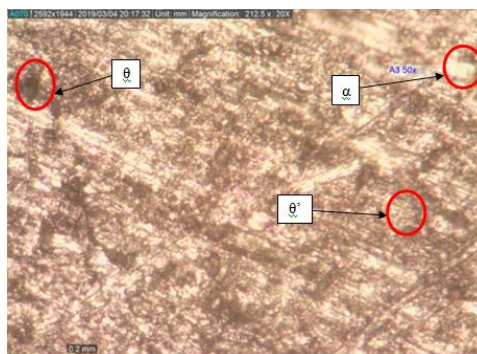
Gambar 10. Suhu 350°C selama 120 menit



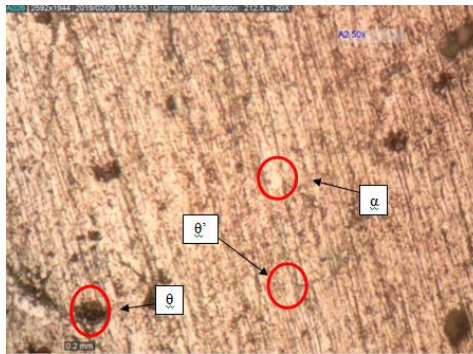
Gambar 11. Suhu 350°C selama 90 menit



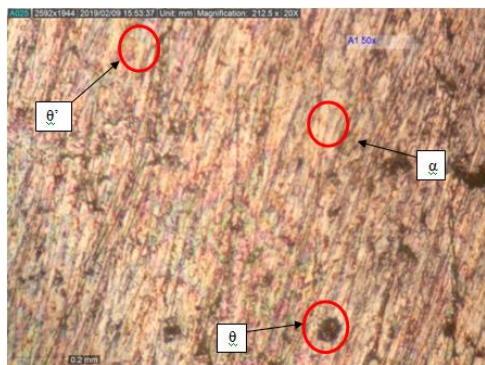
Gambar 12 Suhu 350°C selama 60 menit



Gambar 13 Suhu 400°C selama 120 menit



Gambar 14 Suhu 400°C selama 90 menit



Gambar 15 Suhu 400°C selama 60 menit

Dalam uji struktur mikro diperlihatkan bentuk dari permukaan benda uji yang sudah dietsa untuk mengikis batasan butir pada permukaan benda uji agar dapat melihat komponen-komponen tertentu pada benda uji tersebut. Dari pengamatan struktur mikro, baik pada spesimen sebelum diperlakukan *aging* maupun spesimen dengan berbagai variasi waktu *aging*, maka akan terlihat adanya daerah gelap, butiran berupa titik–titik hitam dan daerah terang. Menurut Zainul Huda (2008), daerah berwarna terang merupakan daerah fasa α , daerah berwarna gelap merupakan daerah fasa θ , sedangkan butiran berwarna gelap merupakan presipitat θ' . Pada struktur mikro pada spesimen sebelum dipanaskan terlihat fasa α lebih merata. Semakin banyak butiran presipitat fasa θ' , maka kekuatan tarik akan semakin tinggi, seperti yang terlihat pada spesimen dengan suhu 400 selama 120 menit, dimana memiliki struktur mikro berupa butiran presipitat θ' yang banyak dan menyebar merata.

PENUTUP

1. Nilai pengujian *tensile* tertinggi adalah 128,17 MPa didapat dari perlakuan *aging* pada suhu 400°C selama 120 menit, Mengalami peningkatan nilai *tensile stress* sebesar 4,99% dari nilai *tensile stress* pada spesimen uji sebelum diberi perlakuan *aging*.

2. Nilai pengujian *hardness brinell* tertinggi adalah 119,09 HBW didapat dari perlakuan *aging* pada suhu 400°C selama 90 menit, Mengalami peningkatan nilai *hardness brinell* sebesar 30,40% dari nilai *hardness brinell* pada spesimen uji sebelum diberi perlakuan *aging*.
3. Dari pengujian struktur mikro pada *aluminium alloy* 2024-T3 semakin rapat struktur mikro akan mempengaruhi hasil uji tarik dan uji kekerasan

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianto, Derry Dwi. 2018. Pengaruh aging 140°C, 160°C, 180°C dan 200°C selama 5 jam terhadap sifat mekanis aluminium paduan tembaga 3,5%. Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- ASM Handbook Volume 2, 1990. *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*
- Caesarti, Astri Widya. 2018. *Pengaruh Aging dan Cladding Pada Paduan Aluminium 2024 Terhadap Sifat Mekanik Konduktivitas Listrik dan Ketahanan Korosi Untuk Aplikasi Skin Pesawat*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut, Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- FAA, 2008. *Aviation Maintenance Technician General Handbook. Chapter 5. Aircraft Materials, Processes & Hardware*.
- Fadly, Huffal Azhar. 2012. *Pengaruh penambahan aluminium (Al) terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro paduan Fe-Mn-Al melalui proses pengecoran*. Surabaya: Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Gautama, Johannes. 2018. *Pengaruh aging 140, 160, 180, dan 200 derajat celcius selama 5 jam terhadap sifat mekanis aluminium paduan tembaga 2,5%*. Yogyakarta. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Ipran, Fransiskus. 2007. *Pengaruh Aging Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Paduan Aluminium*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Korda, Akhmad dan Taufiq Tania. 2010. *Studi Pengaruh Temperatur Aging dan Orientasi Butiran Terhadap Sifat Mekanik Paduan Al 2024*. Bandung: Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Bandung
- Sudrajat, Angger. 2012. *Analisis sifat mekanik hasil pengelasan aluminium AA 1100 dengan metode friction stir welding (FSW)*. Jember: Program Studi Strata 1 (S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Supriyanto, Adolf Asih. 2017. *Pengaruh Suhu dan Waktu Anil Terhadap Tekstur Paduan Al Tipe 2024*. Purwakarta: Prodi Teknik Mekatronika Politeknik Enjinerung Indorama.
- Utama, Hari. 2009. *Pengaruh penambahan Cu (1%, 3% dan 5%) pada aluminium dengan solution heat treatment dan natural aging terhadap sifat fisis dan mekanis*. Surakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta