SKRIPSI

PENGARUH HOLDING TIME ARTIFICIAL AGING TERHADAP KINETIKA REAKSI OKSIDASI ALUMINIUM 6061 PADA TEMPERATUR TINGGI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

FEBBY ARHANSYAH
03051181621110

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH HOLDING TIME ARTIFICIAL AGING TERHADAP KINETIKA REAKSI OKSIDASI ALUMINIUM 6061 PADA TEMPERATUR TINGGI

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

FEBBY ARHANSYAH
03051181621110

Indralaya, Juli 2020

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Diperiksa dan Disetujui Oleh:
Pembimbing Skripsi

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 19590321 198703 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Pengaruh *Holding Time Artificial Aging* Terhadap Kinetika Oksidasi Aluminium 6061 Pada Temperatur Tinggi" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Juni 2020.

Indralaya, Juni 2020
Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Ir. H. Zainal Abidin, M.T. ( )
   NIP. 195809101986021001

Anggota :

2. Amir Arifin, S.T., M.Eng, Ph.D. ( )
   NIP. 197909272003121004

3. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D. ( )
   NIP. 197901052003121002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 19590321 198703 1 001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Febby Arhasyah

NIM : 03051181621110

Judul : Pengaruh *Holding Time Artificial Aging* Iterhadap Kinetika ReaksiOksidasi Aluminium 6061 Pada Temperatur Tinggi.

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juni 2020

Febby Arhansyah

NIM. 03051181621110

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI xv

DAFTAR GAMBAR xvii

DAFTAR TABEL xix

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Tujuan Penelitian 3

1.5 Metode Penelitian 4

1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Aluminium 7

2.2 Klasifikasi Aluminium 10

2.2.1 Aluminium Murni 10

2.2.2 Aluminium Paduan 11

2.3 Aluminium Seri 6061 14

2.4 Perlakuan Panas 15

2.5 *Thermogravimetry Analyzer* (TGA) 18

2.6 Oksidasi Aluminium 23

2.7 Kajian Pustaka 25

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 27

3.1 Diagram Alir Penelitian 27

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian 28
3.3 Alat dan bahan penelitian. 28
3.4 Thermogravimetry Analyzer (TGA) 29
3.4.1 Thermal Advantage Instrument Controller 30
3.4.2 Komponen TGA 30
3.5 Metode Penelitian 30
3.5.1 Preparasi Bahan 31
3.5.2 Preparasi Alat 32
3.5.3 Pengujian TGA 32
3.6 Analisa dan Pengolahan Data 33
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Komposisi Material 35
4.2 Analisa Hasil Pengujian 36
4.2.1 Sampel *Non – Heat Treatment* 37
4.2.2 Sampel Aging 1 Jam 40
4.2.3 Sampel Aging 3 Jam 43
4.2.4 Sampel Aging 5 Jam 46
4.3 Pembahasan 49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 53
5.1 Kesimpulan 53
5.2 Saran 54
DAFTAR RUJUKAN i
DAFTAR LAMPIRAN i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2–1 Aluminium 7
Gambar 2–2 Kelarutan Kesetimbangan Sebagai Fungsi Temperatur 17
Gambar 2–3 Kurva TG dan DTG 18
Gambar 2–4 Tipe-Tipe Kurva TG 19
Gambar 2–5 Hubungan ln K dan 1/T 22
Gambar 2–6 Grafik Hasil Pengujian TGA 24
Gambar 2–7 Hubungan ln K dan 1/T Pada Saat Oksidasi 25
Gambar 3–1 Diagram Alir Penelitian 27
Gambar 3–2 Industrial Furnace 29
Gambar 3–3 DTA/TGA Exstar SII 7300 29
Gambar 3–4 Grafik Prosedur Heat-Treatment 31
Gambar 3–5 Panjang Al 6061 31
Gambar 3–6 Diameter Al 6061 31
Gambar 3–7 Serpihan Aluminium 32
Gambar 4–1 Grafik Hasil Pengujian TGA Terhadap Semua Sampel 36
Gambar 4–2 Grafik TG/DTA Al 6061 NQA 37
Gambar 4–3 Grafik Hubungan Antara ln k VS 1/T NQA 38
Gambar 4–4 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial NQA 39
Gambar 4–5 Grafik TGA Al 6061 Aging 1 Jam 40
Gambar 4–6 Grafik Hubungan Antara ln k VS 1/T QA1 41
Gambar 4–7 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial QA1 42
Gambar 4–8 Grafik TGA Al 6061 Aging 3 Jam 43
Gambar 4–9 Grafik Hubungan Antara ln k VS 1/T QA3 44
Gambar 4–10 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial QA3 45
Gambar 4–11 Grafik TGA Al 6061 Aging 5 Jam 46
Gambar 4–12 Grafik Hubungan Antara ln k VS 1/T QA5 47
Gambar 4–13 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial QA5 49
Gambar 4–14 Pengaruh Waktu Aging Terhadap Energi Aktivasi 50
Gambar 4–15 Pengaruh Waktu Aging Terhadap Faktor Pre-Eksponensial ... 51

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Sifat - Sifat Fisik Aluminium 10
Tabel 2-2 Sifat - Sifat Mekanik Aluminium 11
Tabel 2-3 Klasifikasi Paduan Aluminium Tempaan 12
Tabel 2-4 Komposisi Aluminium Seri 6061 15
Tabel 3-1 Data Hasil Pengujian TGA 33
Tabel 4-1 Persamaan gradien NQA 39
Tabel 4-2 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial NQA 39
Tabel 4-3 Persamaan gradien QA1 42
Tabel 4-4 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial QA1 42
Tabel 4-5 Persamaan gradien QA3 45
Tabel 4-6 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial QA3 45
Tabel 4-7 Persamaan gradien QA5 48
Tabel 4-8 Nilai energi aktivasi dan pre-eksponensial QA5 48

Pengaruh Holding Time Artificial Aging Terhadap Kinetika Reaksi Oksidasi Aluminium 6061 Pada Temperatur Tinggi

Febby Arhansyah[(1)], Prof. Dr. Ir. Nukman. M.T.[(1)]
[(1)]Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih KM 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.
Email: febbyarhansyah@gmail.com nukman@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Aluminium 6061 merupakan paduan aluminium dengan Mg_2Si yang dapat mengalami peningkatan kekerasan setelah dilakukan heat treatment. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh peningkatan kekerasan setelah heat treatment dengan waktu aging 1 jam, 3 jam, dan 5 jam terhadap kinetika reaksi oksidasi serbuk aluminium 6061 pada temperatur tinggi. investigasi dilakukan menggunakan TG/DTA Exstar SII 7300, laju pemanasan konstan (Ramp) 10°C/min hingga mencapai temperatur 900°C dengan menggunakan atmosfer gas oksigen (O_2). Diketahui dari penelitian oksidasi aluminium serbuk pada suhu tinggi terjadi melalui beberapa fase, yaitu fase pertumbuhan lapisan amorphous, fase transisi dari lapisan amorphous menjadi γ-alumina, fase pertumbuhan γ-alumina, fase transisi γ-alumina (θ-alumina dan δ-alumina) sebelum akhirnya menjadi lapisan oksida yang lebih stabil (α-alumina). Pada fase 1-3 memerlukan energi aktivasi yang cukup rendah jika dibandingkan dengan energi aktivasi yang diperlukan pada fase 4, yaitu fase transisi γ-alumina menjadi θ-alumina. Sampel QA5 mengalami penurunan massa setelah menyentuh titik leburnya, hal ini dimungkinkan karena terjadi crack pada lapisan alumina sehingga akhirnya pecah dan menyebabkan aluminium cair menyembur keluar.

Kata Kunci: Thermogravimetry Analysis, Oksidasi Aluminium, Energi Aktivasi.

Indralaya, Juli 2020

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Diperiksa dan Disetujui Oleh:
Pembimbing Skripsi

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 19590321 198703 1 001

THE EFFECT OF HOLDING TIME ARTIFICIAL AGING ON OXIDATION REACTIONS ALUMINIUM 6061 IN HIGH TEMPERATURE

Febby Arhansyah[(1)], Prof. Dr. Ir. Nukman. M.T.[(1)]
[(1)]Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih KM 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.
Email: febbyarhansyah@gmail.com nukman@ft.unsri.ac.id

Abstract

Aluminium 6061 is an aluminium alloy with Mg_2Si that can undergo increased hardness after the heat treatment. This study was conducted to see the influence of increased hardness after heat treatment with 1 hour, 3 hours, and 5 hours aging reaction kinetics of aluminium powder oxidation 6061 at high temperatures. Investigation carried out using TG/DTA Exstar SII 7300, constant heating rate (Ramp) 10°C/min to reach 900°C temperature by using atmospheric oxygen gas (O_2). Known from the research of oxidation aluminium powder at high temperature occurs through several phases, namely the growth phase of amorphous coating, the transition phase of the amorphous layer into Y-alumina, Y-alumina growth phase, Y-alumina transition phase (θ-alumina and δ-alumina) before finally becoming a more stable oxide layer (α-alumina). In the 1-3 phase requires a fairly low activation energy compared to the required activation energy in phase 4, which is the Y-alumina transition phase to θ-alumina. The QA5 sample experienced a decrease in mass after touching its melting point, it was possible due to a crack in the alumina lining so that it eventually broke and caused liquid aluminum to spray out.

Keywords: Thermogravimetry Analysis, Aluminum Oxidation, Energy Activation.

Indralaya, Juli 2020

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Diperiksa dan Disetujui Oleh:
Pembimbing Skripsi

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 19590321 198703 1 001

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan unsur ketiga paling banyak digunakan didunia setelah oksigen dan silikon, tapi sampai akhir tahun 1800-an masih sangat mahal dan sangat susah dibuat. Namun aluminium sekarang telah banyak diproduksi, pemanfaatannya sekarang 25% untuk kebutuhan industri transportasi, 25% pembuatan kaleng minuman ataupun bentuk kemasan lainnya, 15% dimanfaatkan di bidang konstruksi, 15 % lagi dibidang industri listrik, serta 20% dimanfaatkan di bidang lainnya (Askeland et al, 2011). Untuk menciptakan aluminium dengan sifat sesuai aplikasi yang diinginkan, maka kita dapat memadukan aluminium dan unsur-unsur lainnya.

Aluminium seri 6061 adalah salah satu jenis paduan antara aluminium dengan Mg-Si. Sebagai bahan tempaan paduan ini memiliki kekuatan yang kurang dibandingkan dengan paduan lainnya, tetapi paduan ini memiliki sifat yang sangat liat dan sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi, dsb. Serta memiliki kemampuan bentuk yang tinggi pada temperatur biasa. Mempunyai mampu bentuk yang baik pada ekstrusi dan tahan korosi, dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaannya (Surdia & Saito, 1999).

Perlakuan panas dalam arti luas mengacu pada proses pemanasan dan pendinginan yang dilakukan dengan tujuan mengubah sifat mekanik, struktur mikro, atau menghilangkan tegangan sisa pada material (ASM-Handbook, 1991). Ketika hal ini dilakukan pada paduan aluminium biasanya hanya dilakukan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari paduan tempa dan cor yang mengalami percepatan pengerasan. Perlakuan panas yang dilakukan untuk meningkatkan kekuatan paduan aluminium memiliki 3 tahapan proses, yaitu: *solution heat treatment, quenching,* dan *age hardening.*

Ketika proses perlakuan panas berlangsung, terjadi pemberian energi kepada material. Menurut (Askeland et al, 2011) sebuah atom akan menyebar ke daerah sekitarnya agar terbentuk atom yang baru, hal itu terjadi agar energi yang diberikan membentuk atom ditempat yang baru. Atom berawal dari energi yang rendah dan tempat yang relatif stabil, untuk pindah ketempat yang baru, atom harus menghambat energi yang diberikan. Hambatan yang diberikan itu adalah energi aktivasi.

Kebanyakan material yang beroperasi pada temperatur tinggi akan mengalami dekomposisi atau pengurangan massa seiring berjalannya waktu. Berbeda halnya dengan aluminium, aluminium yang beroperasi pada temperatur tinggi akan bereaksi dengan oksigen sehingga terjadi reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi pada aluminium ini mengakibatkan terbentuknya lapisan tipis (alumina) pada permukaan aluminium sehingga massa aluminium jadi bertambah.

Thermogravimetric analyzer (TGA) adalah metode analitis yang digunakan untuk menentukan stabilitas termal dari suatu material dan komponen pecahannya dengan menghitung perubahan massa terhadap perubahan temperaturnya. Metode ini memberikan hasil yang baik saat digunakan menganalisis secara kuantitatif, adanya reaksi yang terjadi saat perubahan temperatur panas dan secara signifikan terjadi variasi yang lebih besar pada perubahan massa (Nukman et al., 2018).

Dari beberapa hal di atas maka dipilihlah "Pengaruh *Holding Time Artificial Aging* Terhadap Kinetika Reaksi Oksidasi Aluminium 6061 Pada Temperatur Tinggi" sebagai judul penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan menjadi pokok pembahasan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh *holding time* (waktu penahanan) pada proses perlakuan panas *artificial aging* terhadap nilai energi aktivasi dan waktu terjadinya oksidasi aluminium 6061.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat dilakukan sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan utamanya dan juga agar pembahasan yang dilakukan tidak meluas, maka diperlukan batasan-batasan yang harus diamati. Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang diteliti adalah aluminium 6061 yang didapat dipasaran dan diperkuat dengan adanya sertifikat pembelian.
2. Dilakukan Heat treatment pada sampel selama 2 jam dengan temperatur 540°C. Metode pendinginan yang digunakan yaitu quenching.
3. Media pendingin yang digunakan adalah air.
4. Dilakukan aging pada temperatur 180°C dan *holding time* masing masing selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam.
5. digunakan juga Al 6061 Non-Heat Treatment sebagai pembanding.
6. Pengujian yang digunakan adalah *Thermogravimetric Analyzer*.
7. Perubahan fasa aluminium saat proses perlakuan panas tidak dibahas.
8. Reaksi kimia yang terjadi tidak dibahas.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun hal-hal yang ingin diperoleh dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menganalisa perbandingan perubahan massa pada temperatur dan waktu tertentu dari material yang terdekomposisi dengan sampel uji adalah aluminium alloy 6061 yang telah diberikan perlakuan panas *artificial aging* dengan *holding time* yang berbeda.
2. Menghitung besarnya energi aktivasi untuk terjadinya proses oksidasi pada temperatur tinggi setiap sampel yang diuji.
3. Menganalisa pengaruh waktu penahanan artificial aging terhadap mekanisme oksidasi yang terjadi dan juga besar nilai energi aktivasinya.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental, maka untuk mendukung penelitian ini, maka penulis menggunakan beberapa sumber yang digunakan dalam proses pembuatan skripsi ini, yaitu:

1. Literatur

   Mempelajari dan mengambil data dari berbagai literatur, jurnal, referensi dan media elektronik.

2. Studi Lapangan

   Metode ini digunakan untuk mendapatkan data-data dilapangan seperti melakukan heat treatment di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Sriwijaya dan *Thermogravimetri Analyzer* di Laboratorium Biomassa Universitas Lampung.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan skripsi ini, sistematika penulisan terdiri dari bab-bab yang berkaitan satu sama lain dimana tiap babnya terdapat uraian dan gambaran yang mencakup pembahasan skripsi ini secara keseluruhan. Adapun bab-bab tersebut meliputi:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang dasar teori yang melandasi pembahasan skripsi dan data yang akan mendukung dalam melakukan penelitian berdasarkan literatur.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Membahas tentang diagram alir penelitian, literatur, alat dan bahan yang digunakan, dan metode penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab yang terdiri dari data hasil yang didapat selama penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab yang mencakup kesimpulan dan saran yang secara umum merupakan rangkuman dari hasil penelitian yang dilakukan.

DAFTAR RUJUKAN

ASM-Handbook. (1990). Introduction to Aluminum and Aluminum Alloys. In *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*: *Vol. Vol. 2* (10th ed.). United States of America: ASM International Handbook Committee.

ASM-Handbook. (1991). Heat Treating of Aluminum Alloys. In *ASM Handbook, Volume 4: Heat Treating*. United States of America: ASM International Handbook Committee.

Brown, M. E. (2001). *Introduction to Thermal Analysis Techniques and Applications*. United States of America: ©2004 Kluwer Academic Publishers.

Capral. (2015). *Capral's little green book* (Vol. 6). Australia: Capral Aluminium Centre.

Dahlan, M. (2018). *Analisa Perbandingan Energi Aktivasi Dan Oksidasi Hasil Pengecoran Aluminium Kaleng Bekas Sebelum Dan Sesudah Di Heat Treatment Dengan Alat Pengujian Thermogravimetry Analyzer (Tga)*.

Demir, H., & Gündüz, S. (2017). The effects of aging on machinability of 6061 aluminium alloy. *Materials and Design*, *30*(5), 1480–1483. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.08.007

Dewi, W. U. (2017). Evaluasi Kinetika Dekomposisi Termal Propelan Komposit AP/HTPB dengan Metode Kissinger, Flynn Wall Ozawa dan Coats-Redfren. *Teknologi Dirgantara*, *15*(2), 35.

Donald R. Askeland, P., & P. Fulay, W. J. W. (2011). *The Science and Engineering of Material* (Sixth). Stamford, CT 06902: Global Engineering.

Hasani, S., Panjepour, M., & Shamanian, M. (2012). *Oxidation and Kinetic Analysis of Pure Aluminum Powder under Non-*. *1*(8), 1–7. https://doi.org/10.4172/scientificreports.

Mackenzie, D. S., & Totten, G. E. (2003). *Handbook of Aluminum* (1 (satu)). UNITED STATES OF AMERICA: Marcel Dekker, Inc.

Mori, H., Yoshihara, H., Justino, L. G., Kumagawa, M., & Nguyen, V. (2017). *Oxidation mechanism of micron-sized aluminum particles in Al-CO 2 gradually heating system*. https://doi.org/10.1088/1757-899X/248/1/012002

Naimah, K., & Fatmala, C. (n.d.). *Persamaan arrhenius dan energi aktivasi*.

Nukman, Yani, I., Arifin, A., MS, F., & Roberto. (2018). Oxidation Of Beverage Cans In The Temperature. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *13*(24), 9741–9745.

Setiawan, Y. (2012). *Karakteristik pembakaran briket arang berbahan baku sampah kota dengan analisa termogravimetry*. *1*(04), 86–94.

Surdia, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta 13140: PT. Pradnya Paramita.

Surono, B., & Nofri, M. (n.d.). *Perubahan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Al-Mg-Si Akibat Variasi Temperatur Pemanasan*.

Taylor, P., Trunov, M. A., Schoenitz, M., & Dreizin, E. L. (2007). *Combustion Theory and Modelling Effect of polymorphic phase transformations in alumina layer on ignition of aluminium particles*. (December 2013), 37–41. https://doi.org/10.1080/13647830600578506