

**PENGARUH PRESENTASE PENAMBAHAN Al_2O_3 TERHADAP
DENSITAS, POROSITAS, *HARDNESS*, STRUKTUR KRISTAL,
DAN MORFOLOGI KOMPOSIT Al- Al_2O_3**

SKRIPSI

BIDANG STUDI FISIKA



OLEH:

JIHAN MARIANA

08021381722086

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

INDRALAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PRESENTASE PENAMBAHAN Al_2O_3 TERHADAP DENSITAS,
POROSITAS, *HARDNESS*, STRUKTUR KRISTAL, DAN MORFOLOGI
KOMPOSIT Al- Al_2O_3**

SKRIPSI

Oleh:
JIHAN MARIANA
08021381722086

Pembimbing I



Dr. Supardi, S.Pd, M.Si
NIP. 197112112002121002

Indralaya, 4 Mei 2021
Pembimbing II



Anggito P. Tetuko, Ph.D.
NIP. 198111022006041003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Sriwijaya



Dr. Prinsvati Virgo, S.Si, M.T.
NIP. 197009101994121001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua. Khususnya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Presentase Penambahan Al_2O_3 Terhadap Densitas, Porositas, *Hardness*, Struktur Kristal, dan Morfologi Komposit *Al-Al_2O_3*”. Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan. Laporan Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Dikeempatan kali ini terdapat banyak masukan dan bantuan yang saya terima untuk menuliskan Laporan Tugas Akhir ini. Saya mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung, membantu, serta bimbingannya dalam terlaksananya Tugas Akhir ini. Ucapan terimakasih ini saya ucapkan kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis.
2. Orang tua penulis, Ayah dan Ibu yang senantiasa selalu memberikan Doa dan dukungannya kepada penulis.
3. Adik kandung penulis, Ilham Amman Fadhli dan Fikran Hafidz Marwan yang menghibur penulis ketika sedang menulis Laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Friansyah Virgo, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Sriwijaya.
7. Kepada Dosen Pembimbing penulis selama Penelitian Tugas Akhir, Bapak Dr. Supardi, S.Pd, M.Si., Ir. Muljadi, M.Si. dan Anggito P. Tetuko, Ph.D.,

yang selalu membimbing penulis selama proses Penelitian Tugas Akhir berlangsung.

8. Seluruh Dosen Jurusan Fisika yang telah memberikan ilmu dan waktunya untuk memberi masukan serta nasehat yang memotivasi penulis.
9. Ibu Dr. Rike Yudianti, selaku Kepala Pusat Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
10. Seluruh pegawai administrasi di Jurusan Fisika MIPA, Universitas Sriwijaya, khususnya Pak Nabair (Babe), dan Ka David.
11. Seluruh staff Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan (LIPI) yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, khususnya Ibu Ani, Pak Lukman, Pak Ibnu, dan Mbak Jihan.
12. Sahabat seperjuangan penulis, Cici Rumata Sinambela, Dinda Siti Nurnalia, Nur Rahmah, dan Almayda Atishobyta yang membuat dunia perkuliahan penulis lebih berwarna dan menarik.
13. Teman-teman Fisika angkatan 2017, khususnya kepada teman-teman yang bersama dalam Tugas Akhir (Cici, Rahmah, Nanang, Juki, Diani, Luh, Siti, Jannah, Suci, Milen, Endah, Cindi) yang membuat penelitian tugas akhir ini lebih terasa ringan.
14. Rekan-rekan SMA (Hanif, Dina, Annisa, Mutiara, Intan, Lia, Mia) yang membantu memberikan saran dan masukan.
15. Serta seluruh pihak terkait yang telah membantu penulis dalam proses tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu per-satu.

Saya menyadari bahwa dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekeliruan dan sangat jauh dari kata sempurna. Karena itu saya mohon maaf dan sangat menerima segala kritik dan saran yang bersifat membantu dan membangun dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata saya ucapkan terimakasih atas izin dan kesempatan yang akan diberikan kepada penulis.

Indralaya, Mei 2021

Jihan Mariana
08021381722086

PENGARUH KOMPOSISI Al_2O_3 TERHADAP DENSITAS, POROSITAS, *HARDNESS*, STRUKTUR KRISTAL, DAN MORFOLOGI KOMPOSIT $Al-Al_2O_3$

Jihan Mariana

Jurusan Fisika Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir

*corresponding author: jihanmariana2@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan serbuk Alumina terhadap sifat fisis pada bahan utama serbuk Aluminium. Dengan menggunakan dua bahan, Aluminium (Al) dan Alumina (Al_2O_3). Penelitian ini dimulai dengan pencampuran kedua bahan dengan variasi 90% Al+10% Al_2O_3 , 15% Al+85% Al_2O_3 , 80% Al+20% Al_2O_3 , 100% Al murni. Kemudian kedua serbuk yang telah dicampurkan dilakukan proses *milling* dan dicetak dengan tekanan 8tonf. Selanjutnya proses *sintering*, dengan variasi suhu *sintering* 600°C dan 650°C untuk setiap masing-masing pellet. Didapatkan nilai densitas tertinggi sebesar 2,95 gr/cm³ pada variasi komposisi 10% disuhu 600°C sedangkan nilai porositas terendah sebesar 1,32% pada variasi komposisi penambahan 10% alumina disuhu 600°C. Fasa yang teridentifikasi pada variasi komposisi 0%, 10%, 15%, 20% disuhu 600°C menghasilkan *single phase*, hanya fasa aluminium saja yang terdeteksi dan bentuk struktur kristalnya cubic. Untuk variasi komposisi 0%, 10%, 15% pada suhu 650°C juga menghasilkan *single phase*, yaitu fasa aluminium dengan bentuk struktur kristalnya berupa cubic. Sedangkan pada variasi komposisi 20% disuhu 650°C teridentifikasi *double phase*, yaitu fasa aluminium dan fasa θ -Alumina dengan bentuk struktur kristal heksagonal. Digunakan variasi sampel 15% pada suhu 600°C, menghasilkan partikel di dalam sampel berkisar antara 4 μm -16 μm dan rongga berkisar antara 1,5 μm -8 μm .

Kata kunci: Aluminium, Alumina, Sintering, Densitas, Porositas, XRD, SEM.

***THE EFFECT OF Al_2O_3 COMPOSITION ON DENSITY, POROSITY,
HARDNESS, CRYSTAL STRUCTURE, AND MORPHOLOGY OF
Al- Al_2O_3 COMPOSITE***

Jihan Mariana

*Jurusan Fisika Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya*

Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir

**corresponding author: jihanmariana2@gmail.com*

Abstract

Research has been conducted on the effect of adding Alumina powder on the physical properties of the main ingredient of Aluminum powder. By using two materials, namely Aluminum (Al) and Alumina (Al_2O_3). This research begins with mixing the two ingredients with variations of 90% Al + 10% Al_2O_3 , 15% Al+85% Al_2O_3 , 80% Al + 20% Al_2O_3 , 100% pure Al. Then the two powders that have been mixed are carried out the milling process and then the powder that has been milled with a pressure of 8 tonf. Furthermore, the sintering process, with sintering temperature variations of 600°C and 650°C for each pellet. It has the highest density value of 2.95 gr/cm³ while the lowest porosity value is 1.32% at the composition variation adding 10% alumina at 600°C. The phases identified at the variation of the composition of 0%, 10%, 15%, 20% at 600°C resulted in a single phase, only the aluminum phase was detected and the crystal structure was cubic. For variations in the composition of 0%, 10%, 15% at 650°C, it also produces a single phase, which is the aluminum phase with a cubic crystal structure. Whereas at the variation of the composition of 20% at 650°C, double phases were identified, namely the aluminum phase and the θ -Alumina phase with a hexagonal crystal structure. The sample variation of 15% at 600°C was used, resulting in particles in the sample ranging from 4 μm -16 μm and cavities ranging from 1.5 μm – 8 μm .

Keywords: Aluminum, Alumina, Sintering, Density, Porosity, XRD, SEM.

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| Abstrak | v |
| <i>Abstract</i> | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | x |
| BAB I | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Manfaat penelitian..... | 3 |
| BAB II | 4 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Komposit..... | 4 |
| 2.1.1. Jenis-Jenis Komposit..... | 4 |
| 2.2 Aluminium | 5 |
| 2.3 Keramik Alumina..... | 6 |
| 2.4 Metalurgi Serbuk..... | 7 |
| 2.5 Sintering | 9 |
| 2.6 Densitas | 10 |
| 2.7 Porositas | 11 |
| 2.8 Kekerasan..... | 11 |
| 2.9 HEM (High Energy Milling)..... | 11 |
| 2.10 X-RAY Diffraction (XRD)..... | 12 |
| 2.11 SEM | 15 |
| BAB III | 17 |
| METODE PENELITIAN | 17 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 17 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.1. Alat Penelitian | 17 |
| 3.2.2. Bahan penelitian | 17 |
| 3.3 Variabel, Parameter dan Data | 18 |
| 3.3.1. Variabel | 18 |
| 3.3.2 Parameter | 18 |
| 3.3.3 Data | 18 |
| 3.4 Tahap penelitian | 18 |
| 3.4.1 Proses Preparasi Sampel | 18 |
| 3.4.2 Proses penimbangan dan Pencampuran | 18 |
| 3.4.3 Proses <i>Shake mill</i> | 19 |
| 3.4.4 Proses Pencetakan Sampel | 19 |
| 3.4.5 Proses Pemanasan/ <i>Sintering</i> Pellet | 19 |
| 3.4.6 Karakterisasi sampel | 19 |
| 3.5 Alur penelitian | 19 |
| BAB IV | 21 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | 21 |
| 4.1 Pengukuran Densitas dan Porositas Sampel | 22 |
| 4.2 Pengukuran Kekerasan | 25 |
| 4.3 Hasil Uji XRD (X-Ray Diffraction) | 27 |
| BAB V | 33 |
| PENUTUP | 33 |
| 5.1. Kesimpulan | 33 |
| 5.2. Saran | 34 |
| DAFTAR PUSTAKA | 35 |
| LAMPIRAN | 38 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Grafik pengaruh suhu sinter terhadap densitas relative dengan variasi komposisi alumina | 10 |
| Gambar 2.2 Difraksi sinar X..... | 13 |
| Gambar 2.3 Kurva 2θ terhadap intensitas..... | 13 |
| Gambar 2.4 Pola difraksi sinar X untuk serbuk-serbuk alumina pada berbagai <i>temperature</i> kalsinasi | 14 |
| Gambar 2.5 Blok diagram SEM | 15 |
| Gambar 2.6 <i>Micrographs</i> SEM dari serbuk (a) Al murni dan (b) Al_2O_3 | 15 |
| Gambar 3.1 Diagram alur pembuatan komposit Al- Al_2O_3 | 19 |
| Gambar 4.1 Proses pembuatan pellet: (a) Serbuk Al ditambahkan dengan aditif Al_2O_3 , (b) kedua serbuk yang telah <i>dimilling</i> , (c) Pencetakan pellet dengan <i>hydraulic press</i> , (d) pellet setelah melalui proses pembakaran..... | 20 |
| Gambar 4.2 Grafik hubungan densitas dan porositas terhadap komposisi alumina pada suhu <i>sintering</i> $600^\circ C$ | 22 |
| Gambar 4.3 Grafik hubungan densitas dan porositas terhadap komposisi alumina pada suhu <i>sintering</i> $650^\circ C$ | 23 |
| Gambar 4.4 Grafik pengukuran kekerasan terhadap suhu $600^\circ C$ dan $650^\circ C$ | 25 |
| Gambar 4.5 Grafik hasil uji XRD komposit Al- Al_2O_3 pada suhu <i>sintering</i> $600^\circ C$ | 27 |
| Gambar 4.6 Grafik hasil uji XRD komposit Al- Al_2O_3 pada suhu <i>sintering</i> $650^\circ C$ | 29 |
| Gambar 4.7 Hasil uji SEM dengan perbesaran SEM 1000 kali | 31 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Sifat-sifat aluminium murni | 6 |
| Tabel 4.1. Hasil perhitungan nilai densitas dan porositas pada komposit aluminium dengan perekat alumina..... | 21 |
| Tabel 4.2 Hasil pengukuran kekerasan pada komposit aluminium dengan perekat alumina..... | 25 |
| Tabel 4.3 Ukuran kristal Al dengan aditif Al ₂ O ₃ pada suhu 600°C..... | 27 |
| Tabel 4.4 Ukuran kristal Al dengan aditif Al ₂ O ₃ pada suhu 650°C..... | 29 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mengakibatkan kebutuhan akan suatu produk material permesinan otomotif juga semakin meningkat. Tetapi adanya ketidakstabilan perekonomian Indonesia yang tidak sebanding dengan meningkatnya permintaan pasar maka terdapat dorongan untuk membuat produk material otomotif yang berkualitas dengan harga yang ekonomis, kuat, ringan, dan tahan terhadap suhu tinggi. Pada akhirnya, beberapa sektor mulai menggunakan material komposit untuk menjadi alternatif mereka (Wahyudi, 2010). Teknologi ini terus diaplikasikan untuk memenuhi tuntutan efisiensi produk industri (Fahmi dan Arifin, 2010).

Komposit yang berarti menggabungkan atau mencampurkan dua atau lebih bahan yang berbeda secara makroskopis menjadi suatu bahan yang lebih berguna (Fahmi dan Arifin, 2010). Bahan komposit telah banyak digunakan dalam beberapa industri seperti otomotif, kedirgantaraan, kelautan, dan infrastruktur (Mardiyati, 2018). Komposit terdiri dari dua bahan, yang pertama matriks yang berfungsi sebagai perekat atau bahan dominan yang digunakan dan *filler* berfungsi sebagai penguat atau bahan aditif yang ditambahkan (Sriwita dan Astuti, 2014). Komposit terbagi menjadi 3 jenis, yaitu *Ceramic Matrix Composite* (CMC), *Metal Matrix Composite* (MMC), *Polymer Matrix Composite* (PMC) (Koli dkk, 2013). Dalam penelitian ini, menggunakan komposit jenis MMC. Pencampuran serbuk logam dengan partikel keramik untuk membuat MMC perlu adanya variabel yang jelas. Variabel yang digunakan berupa serbuk aluminium (Al) sebagai matriksnya dan dicampurkan dengan serbuk alumina (Al_2O_3) yang berfungsi sebagai *filler* (Suarsana dan Suprpto, 2017).

Aluminium memiliki hantaran listrik sebesar $35 \text{ m}/\text{ohm}\cdot\text{mm}^2$ yang tergolong dapat menghantarkan listrik dengan baik. Aluminium mempunyai kekerasan yang rendah, dengan densitas sebesar $2,7 \text{ g}/\text{cm}^3$. Mempunyai titik lebur 658°C dan susunan atom *face centered cubic* Untuk menguatkan sifat mekaniknya. Kelebihan dari aluminium ini sangat sukar untuk teroksidasi atau tidak mudah berkarat. Tetapi dibalik

kelebihan, pasti ada kekurangannya. Aluminium mempunyai sifat mampu cor dan mekanik yang kurang baik oleh sebabnya aluminium murni jarang digunakan untuk kebutuhan Teknik yang memerlukan ketelitian dan kekuatan bahan yang tinggi (Shifi, 2013). Untuk meningkatkan sifat fisis dan sifat mekanik aluminium dipadukan dengan menambahkan alumina sebagai zat aditif (Caing, 2009).

Alumina dengan rumus kimia Al_2O_3 merupakan material yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi karena mempunyai sifat fisis yang tinggi, seperti densitas yang tinggi sebesar $3,95 \text{ gr/cm}^3$, ketahanan panas yang tinggi sebesar 2072°C (Johan, 2009). Bahkan untuk beberapa tahun terakhir peminatan alumina dengan kemurnian tinggi berkembang pesat diberbagai sektor seiring dengan meningkatnya pertumbuhan komputer, semikonduktor, mobil, dan berbagai sektor lainnya. Alumina bagi industri keramik sama halnya dengan baja bagi industri logam dan termasuk salah satu jenis keramik yang paling sering digunakan. Penambahan bahan aditif ini bertugas melindungi dan mengikat agar dapat bekerja dengan baik (Fahmi dan Arifin, 2014).

Ada peluang menarik untuk menghasilkan matriks logam yang sangat kuat, ringan, dan tahan aus komposit dengan keuletan yang dapat diterima dengan proses solidifikasi dan metalurgi serbuk. Nano komposit matriks logam dapat menyebabkan penghematan material dan energi yang signifikan serta mengurangi polusi melalui penggunaan material ultra-kuat itu menunjukkan koefisien gesekan rendah, ketahanan aus yang tinggi, koefisien muai panas yang rendah, dan bobot yang ringan (Koli et al, 2013).

Beberapa tahapan yang panjang melibatkan proses pencampuran (*mixing*), dan pembakaran (*sintering*). Pada penelitian ini pemaduan aluminium dengan bahan aditif alumina, dengan menggunakan beberapa variasi komposisi. Preparasi sampel menggunakan metode metalurgi serbuk. Metode metalurgi serbuk akan bekerja dengan baik apabila bahan yang digunakan berukuran nano partikel. Pada proses metalurgi serbuk terdapat proses *sintering* yang bertujuan untuk mendapatkan bahan yang padat dan kompak. Aluminium dan alumina yang telah *dimixing* kemudian *disintering* dengan masing-masing suhu 650°C dan 600°C . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi dan variasi suhu *sintering* terhadap karakteristik aluminium yang dihasilkan yaitu meliputi sifat fisis, kekerasan, struktur kristal, dan morfologi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan Al_2O_3 terhadap densitas, porositas, kekerasan, dan struktur kristal komposit Al- Al_2O_3 .
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu sintering terhadap densitas, porositas, kekerasan, dan struktur kristal komposit Al- Al_2O_3 .
3. Bagaimana Analisa morfologi SEM pada sampel komposit Al- Al_2O_3 .

1.3 Tujuan

1. Menganalisa bagaimana pengaruh variasi penambahan Al_2O_3 terhadap sifat densitas, porositas, kekerasan, dan struktur kristal komposit Al- Al_2O_3 .
2. Menganalisa pengaruh variasi suhu *sintering* terhadap densitas, porositas, kekerasan, dan struktur kristal komposit Al- Al_2O_3 .
3. Menganalisa morfologi SEM pada sampel komposit Al- Al_2O_3 .

1.4 Batasan Masalah

1. Bahan yang digunakan berupa serbuk Al dan serbuk Al_2O_3 .
2. Variasi komposisi serbuk alumina 0%, 15%, 10% dan 20%.
3. Preparasi sampel dilakukan dengan metode metalurgi serbuk.
4. Menggunakan suhu *sintering* 600°C dan suhu 650°C pada masing-masing sampel yang digunakan.
5. Karakterisasi yang dilakukan berupa Densitas, Porositas, *Hardness*, Struktur Kristal, dan Morfologi.

1.5 Manfaat penelitian

1. Dapat memahami pembuatan komposit Al- Al_2O_3 dengan aluminium sebagai matriks dan alumina sebagai *filler* atau penguat.
2. Dapat mengetahui cara pengujian densitas, porositas, kekerasan, struktur kristal, serta morfologi pada komposit Al- Al_2O_3 .

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., 2018. *Pengantar Nanosains*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Adjiantoro, B. dan Sriyono, B., 2014. Pembuatan Material Komposit Matriks Paduan Al–6,2% Mg/Al₂O₃ (P) Dengan Proses *Stirr-Casting*. *Jurnal Metalurgi*, 1(29): 63 - 66.
- Al Dairy, A. R., Al-Hmoud, L. A. and Khatatbeh, H. A. 2019. Magnetic and structural properties of Barium Hexaferrite nanoparticles doped with Titanium, *Symmetry*, 11(6):1–11.
- Alfarisa, S, *et al.*, 2018 Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO) *X-Ray Diffraction Study on ZnO Nanostructures*. *Risalah Fisika*, 2(2): 53-57.
- Caing., 2009. Pengaruh Titanium Pada Panduan Aluminium AA3104 Terhadap Mampu Bentuk dan Kekuatan kemas Kaleng dengan Proses *Drown Wall Ironing*. Universitas Indonesia: Depok.
- Cullity, B. D., dan S. R. Stock., 2014. *Elements of X-Ray Diffraction Third Edition*. *Pearson Education limited*.
- Djuhana., et al. 2018. Efek Aditif SiO Terhadap Suhu Sintering Keramik Alumina dan Karakteristiknya. *Journal of Technical Engineering: Piston*. 1(2):22-26.
- Fahmi, H. dan Arifin, N., 2014. Pengaruh Variasi Komposisi Komposit *Resin Epoxy/Serat Glass Dan Serat Daun Nanas Terhadap Ketangguhan*. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(4): 84 - 89.
- Handoyono, H., 2009. *Pembuatan Keramik dengan Metode Metalurgi Serbuk*. Yogyakarta.
- Hadiati, S., et al. 2013. Kajian Variasi Temperatur Annealing dan holding time Metode SolGel. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 10(1)37–43.
- Iriani, Y, *et al.*, 2012. Analisis Pengaruh Variasi Dopan Lantanum Terhadap Struktur Kristal dan Morfologi Lapisan Tipis Barium Strontium Titanat. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 2(2): 170 – 75.

- Johan, A., 2009. Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Refraktori α -Al₂O₃ Pengaruh Penambahan TiO₂. *Jurnal Penelitian Sains*. 2(12): 1 - 5.
- Koli, D. K. Agnihotri, G. dan Purohit, R., 2013. *Properties and Characterization of Al-Al₂O₃ Composite Processed by Casting and Powder Metallurgy Routes*. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*. 2(4): 486 - 496.
- Mardiyati, 2018. Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik. *Jurnal Inovasi Pertahanan dan Keamanan*. 1(1):20-23.
- Mawardani, P., 2014. Pengaruh Kemurnian Bahan Baku Alumina Terhadap *Temperature Sintering* dan Karakteristik Keramik Alumina. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Monshi, A, *et al.* 2012. *Modified Scherrer Equation to Estimate More Accurately Nano - Crystallite Size Using XRD*. *World Journal of Nano Science and Engineering*. 2(3): 60.
- Mulyadi., 2019. Analisis Sifat Mekanik, Sifat Fisis dan Magnet Komposit Magnet Permanen NdFeB Dengan Perekat Polyvynil Alcohol (pva). *Jurnal Teknik Mesin: Cakram*. 1(2): 31.
- Nukman, dan Poertadji, S., 2006. Pengukuran Kadar Abu dan Sulfur pada Batubara Sub Bituminus dengan Metode Aglomerasi Air-Minyak Sawit. *Jurnal Sains Material Indonesia*. 3(7): 1 - 6.
- Rais, M., 2007. Studi Analisa Simulasi Tentang Korelasi Suhu Sintering dan Presentase Aditif Mulit dengan Sifat Mekanik Keramik Alami.
- Ridha, M. and Darminto, D. 2016. Analisis Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok dengan Variasi Lokasi Menggunakan Metode Archimedes dan Software Image-J. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(3):124–130.
- Rusianto, T., 2005. Studi pengaruh penambahan Al₂O₃ dan suhu sinter terhadap Kekerasan dan berat jenis relatif pada aluminium serbuk (Al MMC). *Jurnal Teknologi ACADEMIA ISTA*. 1(10):90 - 96.

- Rahimian, M, et al. 2009. The Effect of Sintering Temperature and The Amount of Reinforcement on the Properties of Al-Al₂O₃ Composite. *Journal of Material and Design*. 30(10):3334.
- Sagala, M., 1997. Status Penelitian dan Pengembangan Bahan Keramik Dalam Industri Nasional Menghadapi Era Globalisasi. *Jurnal Prosidang Pertemuan Ilmiah Sains Material 1997*. 1(1): 47 - 48.
- Sijabat, K., 2008. Pembuatan Keramik Paduan Cordierit-Alumona Sebagai Bahan Refraktori dan Karakterisasinya. USU: Medan.
- Subekti, D., 2011. Analisa Sifat Fisik, Sifat Mekanik, Struktur Produk Proses *Indirect Pressureless Sintering* Berbahan Serbuk Ni dan Sifat Termal Berbahan Serbuk C4 dengan *Supporting Powder* Besi Cor. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Sujatno, A., et al. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 2(9):44-46.
- Suarsana, K. dan S, I.W.L., 2017. Pengaruh Komposisi dan Sintering Pada Komposit Al/(SiC_w+Al₂O₃) Terhadap Densitas, Porositas dan Keausan. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*. 2(6):243-245.
- Svehla, G. 1985. *Analisis Kuantitatif Anorganik Makro dan Semi Mikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Ristek., 2010. Buku Putih Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan IPTEK 2005 - 2025. Jakarta: Kementrian Riset dan Teknologi.
- Wahyudi, T., 2010. Pembuatan dan Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Kampas Rem dengan Bahan Dasar Serbuk Al, Arang Tempurung Kelapa dengan Matriks *Epoxy*. Diploma Thesis. Universitas Muhamadiyah Surakarta: Surakarta.
- Wardani, D. dan Pratapa, S., 2014. Identifikasi Fasa Sintesis Al₂O₃ dengan Metode Logam-Terlarut Asam. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 2(3):2.

