

**PENGARUH PENAMBAHAN GRAFIT TERHADAP LIMBAH INDUSTRI
MILL SCALE UNTUK APLIKASI MATERIAL PELAT BIPOLAR *PROTON*
*EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL***

SKRIPSI



Disusun Oleh:

ASRIADI

(08021181419072)

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN GRAFIT TERHADAP LIMBAH INDUSTRI
MILL SCALE UNTUK APLIKASI MATERIAL PELAT BIPOLAR *PROTON*
*EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL***

SKRIPSI



Oleh:

ASRIADI

08021181419072

Indralaya, Agustus 2018

Mengetahui,

Pembimbing I

Drs. Hadir Kaban, M.T.
NIP: 196301141994021001

Pembimbing II

Dr. Deni Shidqi Khaerudini
NIP: 198006142005021002

Diketahui Oleh:

**Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Sriwijaya**

Dr. Frinsyah Virgo, S.Si, M.T.
NIP: 197009101994121001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Motto

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

"Allah akan mengangkat orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang di'beri ilmu beberapa derajat"

(Al-Mujadila:11)

"Selalu ada harapan bagi mereka yang sering berdo'a dan Selalu ada jalan bagi mereka yang sering berusaha"

(Asriadi)

"Ada sebuah rumus yang menginspirasi bagi saya. Dimana Gaya dalam ilmu fisika dapat diartikan sebagai sesuatu yang menyebabkan perubahan keadaan benda. Sama dengan manusia, jika manusia menginginkan perubahan dalam hidupnya maka ia harus mempunyai tekad dan kemauan yang tinggi agar dapat meraih mimpi, harapan, dan cita-citanya."

(Asriadi)

Alhamdulillahirabbil 'alamín...

Segala puji bagi Allah yang telah memberi nikmat dan karunia-Nya sehingga karya ku ini dapat diselesaikan dan semoga dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Ku Persembahkan karyaku ini untuk:

- ❖ *Ayah dan Ibundah tercinta*
- ❖ *Adik-adik ku tersayang*
- ❖ *Sahabat dan teman ku seperjuangan*
- ❖ *Almamaterku*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Grafit Terhadap Limbah Industri *Mill Scale* Untuk Aplikasi Material Pelat Bipolar *Proton Exchange Membrane Fuel Cell*”**.

Shalawat dan salam tak lupa kita curahkan kepada baginda tercinta Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya. Semoga kelak di hari akhir kita mendapatkan syafaatnya.

Penulisan skripsi ini bertujuan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana Sains Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya di Jurusan Fisika. Penelitian ini difokuskan pada bidang ilmu material yang penelitiannya dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan.

Dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada: Dosen Pembimbing I Bapak Drs. Hadir Kaban, M.T. dan Pembimbing II dari LIPI Bapak Dr. Deni Shidqi Khaerudini. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, kritik serta saran, diantaranya:

1. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Sapuan dan Ibu Asiah yang selalu berjuang tanpa kenal lelah memberikan motivasi, semangat dan do'a.
2. Bapak Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si, M.T. Selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Akmal Johan, S.Si., M.Si. dan Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, M.Si, serta Ibu Dr. Menik Ariani, S.Si., M.Si. Selaku Penguji yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
5. Ibu Erni, S.Si., M.Si. Selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan saran dan motivasi kepada penulis.
6. Seluruh Dosen Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Ibu Dr.Rike Yudianti selaku Kepala Pusat Penelitian Fisika (P2F) yang telah memberikan izin kepada penulis.
8. Pak Nabair atau sering dipanggil Babe beserta Staf TU yang telah memberikan pelayanan yang baik untuk setiap administrasi akademik.
9. Teman-teman seperjuangan di LIPI Ade Saputra, dan Balada Soerya, terima kasih telah menjadi teman yang saling mendukung dan saling mengingatkan satu sama lain serta saling menyemangati.
10. Teman-teman seperjuangan Fisika angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan serta do'a kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan serta jauh dari kesempurnaan yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun agar penulisan Tugas akhir ini lebih baik lagi serta penulis berharap agar Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca, terima kasih.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Indralaya, Agustus 2018

Penulis

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN GRAFIT TERHADAP LIMBAH INDUSTRI *MILL SCALE* UNTUK APLIKASI MATERIAL PELAT BIPOLAR *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL*

Oleh:

Asriadi

08021181419072

Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) merupakan sumber energi alternatif yang menjanjikan dengan menggunakan H₂ dan O₂ sebagai bahan bakar. Pelat bipolar adalah komponen PEMFC yang berkontribusi terhadap 80% volume, 70% berat, dan 60% biaya produksi. Limbah yang dihasilkan oleh industri baja yang berupa limbah *mill scale* apabila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan masalah lingkungan. Hal ini tentu tidak diharapkan baik oleh perusahaan maupun oleh masyarakat umum sehingga limbah *mill scale* yang dihasilkan oleh PT. Krakatau Steel tersebut perlu diteliti apakah dapat digunakan sebagai bahan yang bisa dimanfaatkan untuk pembuatan pelat bipolar atau tidak, maka seberapa besar pengaruh penambahan grafit pada *mill scale* untuk diterapkan sebagai pembuatan pelat bipolar. Variasi penambahan grafit pada *mill scale* sebesar 3, 4 dan 5%wt. Penambahan grafit dilakukan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik pelat bipolar. Dalam penelitian ini, dilakukan proses *mixing*, *milling*, dan pencetakan atau penekanan dengan menggunakan tekanan sebesar 300 MPa selama 2 menit dan *sintering* dengan temperatur 1000°C selama 1 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel pelat bipolar dengan penambahan grafit 5 %wt memiliki sifat fisik terbaik untuk digunakan sebagai bahan pelat bipolar dengan nilai kerapatan sebesar 1,21 gr/cm³, nilai porositas sebesar 0,43 % dan nilai konduktivitas listrik sebesar 3,89 S/cm, serta nilai kekerasannya sebesar 308,97 VHN.

Kata kunci: PEMFC, pelat bipolar, *mill scale*, grafit, densitas, porositas, konduktivitas listrik dan kekerasan sampel.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF GRAPHITE ADDITION ON INDUSTRIAL WASTE MILL SCALE FOR BIPOLAR PLATE MATERIAL APPLICATION OF PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL

By:

Asriadi

08021181419072

Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) is a promising alternative energy source using H₂ and O₂ as fuel. Bipolar plate is a PEMFC component that contributes to 80% volume, 70% weight, and 60% production costs. The waste produced by the steel industry in the form of mill scale waste if not managed properly can cause environmental problems. This is certainly not expected by both the company and the general public so that the mill scale waste that generated by PT. Krakatau Steel needs to be investigated whether it can be used as an raw material that can be used to be applied as bipolar plates or not, then how much the influence of graphite addition on mill scale to be applied as bipolar plate materials. The variations of graphite addition on mill scale were 3, 4 and 5 wt.%. The graphite addition was carried out in order to enhance its physical and mechanical properties. In this study, the process of mixing, milling, and printing or pressing was carried out using a pressure of 300 MPa for 2 minutes and sintering with a temperature of 1000 ° C for 1 hour. The results showed that bipolar plate samples with the addition of 5% wt graphite showed the best physical properties to be used as bipolar plate material with a density value of 1.21 gr / cm³, porosity value of 0.43% and an electrical conductivity value of 3.89 S / cm, and its hardness is 308.97 VHN.

Keywords: PEMFC, bipolar plate, mill scale, graphite, density, porosity, conductivity electricity and hardness of the sample.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>Fuel Cell</i> (Sel Bahan Bakar).....	4
2.1.1 Jenis-jenis <i>Fuel Cell</i>	4
2.2 <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i> (PEMFC).....	5
2.2.1 Prinsip Dasar (PEMFC).....	6
2.2.2 Struktur (PEMFC).....	7
2.3 Pelat Bipolar.....	7
2.4 Limbah.....	8
2.4.1 Limbah <i>Mill Scale</i>	8
2.4.2 Grafit.....	9
2.5 Proses <i>Pretreatment</i>	11
2.6 Pencampuran (<i>Mixing</i>).....	11

2.7 Milling.....	11
2.7.1 Prinsip Kerja Mesin <i>Milling</i>	11
2.8 Penekanan (Kompaksi)	12
2.9 Proses Pemanasan (<i>Sintering</i>)	12
2.10 Pengujian Sifat Fisis Sampel.....	12
2.10.1 Pengujian Densitas	12
2.10.2 Pengujian Porositas	13
2.10.3 Pengujian Konduktivitas.....	13
2.10.4 Pengujian Kekerasan	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	15
3.2.1 Alat Penelitian.....	15
3.2.2 Bahan Penelitian	16
3.3 Variabel, Parameter dan Data.....	16
3.3.1 Variabel	16
3.3.2 Parameter	16
3.3.3 Data	17
3.4 Tahapan Penelitian.....	17
3.4.1 <i>Pretreatment</i>	17
3.4.2 Pencampuran (<i>Mixing</i>)	17
3.4.3 <i>Milling</i>	17
3.4.4 Pembuatan sampel uji.....	18
3.4.5 Proses <i>sintering</i> dan pengamplasan sampel.....	18
3.5 Karakterisasi.....	18
3.5.1 Pengujian Densitas	18
3.5.2 Pengujian Porositas	19
3.5.3 Pengujian Konduktivitas	20
3.5.4 Pengujian Kekerasan	21
3.6 Diagram Alir Penelitian	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Analisis Hasil Densitas	24
4.2 Analisis Hasil Porositas	25
4.3 Analisis Hasil Konduktivitas.....	27
4.4 Analisis Hasil Kekerasan Sampel.....	28
BAB V PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN	34

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Struktur rangkaian PEMFC	7
2. Gambar 2.2. Limbah <i>mill scale</i>	9
3. Gambar 2.3. Struktur grafit.....	10
4. Gambar 3.1. Penimbangan sampel di dalam air.....	18
5. Gambar 3.2. Sampel dipanaskan di dalam air pada temperatur 100°C	19
6. Gambar 3.3. Skema uji konduktivitas	20
7. Gambar 3.4. Mesin veeco FPP 5000 - <i>four point probe test</i>	21
8. Gambar 3.5. Skema uji kekerasan dengan menggunakan <i>vickers hardness</i>	22
9. Gambar 3.6. Diagram alir pembuatan sampel	23
10. Gambar 4.1. Pengaruh grafit pada <i>mill scale</i> terhadap densitas	25
11. Gambar 4.2. Pengaruh penambahan grafit terhadap porositas	26
12. Gambar 4.3. Pengaruh penambahan grafit terhadap konduktivitas	28
13. Gambar 4.4. Pengaruh penambahan grafit terhadap kekerasan.....	29

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1 Spesifikasi material untuk pelat bipolar ideal	8
2. Tabel 2.2 Sifat fisik grafit.....	10
3. Tabel 4.1 Hasil pengujian densitas	25
4. Tabel 4.2 Hasil pengujian porositas.....	26
5. Tabel 4.3 Hasil pengujian konduktivitas listrik.....	27
6. Tabel 4.4 Hasil uji kekerasan	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar alat dan bahan	34
Lampiran 2. Data dan perhitungan densitas	38
Lampiran 3. Data dan perhitungan porositas.....	42
Lampiran 4. Data dan perhitungan konduktivitas	46
Lampiran 5. Gambar hasil uji kekerasan.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam rangka memasuki era industrialisasi maka kebutuhan energi terus meningkat dan untuk mengatasi hal ini perlu dipikirkan penambahan energi melalui pemilihan energi alternatif yang ramah terhadap lingkungan. Sel Bahan Bakar (*Fuel Cell*) merupakan sumber energi terbarukan sebagai penopang energi di masa depan yang bersih dan ramah lingkungan. Penelitian-penelitian yang dilakukan tentang *fuel cell* sistem sudah berlangsung kurang lebih 20 tahun. *Fuel cell* merupakan energi masa depan, yang bekerja dengan menggunakan *hydrogen* sebagai bahan bakar (*fuel*)-nya dari sumber daya yang dapat diperbaharui dan tidak akan mengeluarkan apapun selain gas yang dapat menghasilkan uap air dan panas. *Fuel Cell* beroperasi menggunakan bahan bakar dari tangki, yang dengan mudah dapat diisi kembali selama *fuel cell* ini tersedia, sehingga sistem dapat bekerja secara terus menerus.

Perkembangan PEMFC saat ini mengarah pada rekayasa material penyusun komponen utamanya, yaitu pelat bipolar. Pelat bipolar merupakan komponen utama dalam unit *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) dengan berbagai macam fungsi dan karakterisasinya. Pelat bipolar dibuat dari material yang mampu mengalirkan listrik dan sangat rapat sehingga tidak dapat ditembus oleh gas. Fungsi pelat bipolar sebagai penyimpan arus dan sekaligus sebagai struktur penguat rangkaian *fuel cell*. Pelat ini biasa dibuat dari grafit, logam, (titanium, nikel dan *stainless steel*), atau dapat juga dibuat dari komposit.

Oleh karena itu untuk menghasilkan material tersebut maka pemanfaatan *mill scale* dan grafit yang ada harus benar-benar dapat dioptimalkan. Sehingga penggunaan limbah *mill scale* dan grafit, material *by product* pada proses peleburan baja, diharapkan akan membantu tercapainya pemanfaatan limbah industri di Indonesia. Maka dari itu, pada penelitian ini bertujuan agar dapat mengetahui sifat fisis dari *mill scale* dan grafit serta dapat mengetahui cara pembuatan sampel dengan menggunakan material *mill scale* dan grafit pada variasi komposisi antara: 95:5, 96:4, 97:3 (% wt). Sehingga nantinya material *mill scale* dengan penambahan grafit ini diharapkan berpotensi dijadikan material dasar untuk membuat komponen PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah sebelumnya, maka penulis merumuskan beberapa hal yang menjadi masalah dalam penelitian diantaranya:

1. Bagaimana teknik pembuatan pelat bipolar dengan bahan *mill scale* dan grafit?
2. Bagaimana menentukan sifat fisika material pelat bipolar terbaik dengan menggunakan bahan *mill scale* dan grafit berdasarkan variasi komposisi antara: 95:5 ; 96:4 ; 97:3 (% wt)?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian dari permasalahan, maka perlu batasan masalah. Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalahnya adalah:

1. Tugas akhir ini mengacu pada pembuatan pelat bipolar dengan menggunakan bahan *mill scale* dan grafit.
2. Variasi komposisi *mill scale* dan grafit: 95:5 ; 96:4 ; 97:3 (% wt).
3. Masing-masing waktu *milling* 6 jam dan suhu *sintering* mencapai 1000°C.
4. Pengujian: Densitas, Porositas, Konduktivitas, dan Uji Kekerasan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat sampel dari bahan baku *mill scale* dan grafit untuk aplikasi material pelat bipolar dengan variasi komposisi *mill scale* dan grafit: 95:5, 96:4, dan 97:3 (% wt).
2. Menentukan sifat fisika material pelat bipolar terbaik berdasarkan variasi komposisi *mill scale* dan grafit: 95:5, 96:4, dan 97:3 (% wt).

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan ada manfaat yang dapat diambil diantaranya:

1. Dapat menambah wawasan tentang pembuatan pelat bipolar sebagai komponen dari *fuel cell* dengan menggunakan bahan limbah *mill scale*.
2. Mengurangi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan limbah *mill scale* untuk dijadikan pelat bipolar sebagai komponen PEMFC.
3. Menjadi referensi bagi peneliti yang lain.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri 5 BAB, dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan landasan teori yang menjadi acuan untuk pengambilan data, analisa data serta pembahasan.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini merupakan pembahasan tentang prosedur penelitian yaitu peralatan, bahan dan cara kerja.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan pengolahan hasil pengamatan dan analisa data penelitian.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizi, M.Z., 2009. *Evaluasi Pelat Bipolar Grafit Komposit Berbasis Limbah EAF (Electric ARC Furnace) Pada Polimer Elektrolit Membran Fuel Cell (PEMFC)*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Barsoum, M.W., 2003. *Fundamentals of Ceramics*. USA: Department of Materials Engineering, Drexel University.
- Ginting, D, 2014. *Efek Penambahan Boron Terhadap Mikrostruktur, Sifat Fisis dan Magnetik Barium Heksaferit*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Giorgi, L, dan Leccese, F, 2013. *Fuel Cells: Technologies and Applications. The Open Fuel Cells Journal*, 1 (6) :1-20.
- Hazirur, R, 2010. *Mixing (Pencampuran Bahan)*, (online) (<http://www.azierohman.co.cc/2010/06/mixing.html>), diakses pada tanggal 22 Desember 2017.
- Herlina, F., Firman, M., dan Fazri, E.Y., 2015. *Mengetahui Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro dari Bahan Baja Pegas Daun Akibat Perlakuan Panas Dengan Temperature dan Pendingin yang Bervariasi*. Info Teknik, 1 (16) : 75-84.
- Hidayat, M.R., 2013. *Teknologi pretreatment Bahan Lignoselulosa Dalam Proses Produksi Bioetanol*. Biopropal Industri 1 (4) : 33-48.
- Izuni, F, 2012. *Milling Machine Operations*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Khaerudini, D.S., dkk, 2017. *Pengaruh Temperatur Sintering Pada Mekanikal dan Sifat Fisik dari Mill Scale Berdasarkan Pelat Bipolar Untuk PEMFC*. Banten: Universitas Mercu Buana.
- Kharismayati, 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Permanen Barium Heksaferit Untuk Aplikasi Sensor Meteran Air*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Nayiroh, N, 2015. *Metalurgi Serbuk*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Putra, S., 2010. *Pengaruh Tekanan Compression Moulding Terhadap Performa Pelat Bipolar Komposit Karbon EAF/Resin Epoksi Dengan Komposisi 5% Carbon Black*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Simbolon, O., 2011. *Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Pelat Bipolar PEMFC Dengan Penambahan 0-0,87 % wt Aluminium Powder*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Taufantri, Y., dkk, 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn*. Jurnal penelitian dan pengembangan ilmu kimia, 2(1) : 18-19.

- Ulfah, S., Dessy, T., dan Meassa M.S., 2017. *Pemanfaatan Limbah Industri Mill Scale dan Sandblast Sebagai Campuran Agregat Halus Dalam Pencampuran Beton*. Serang: Universitas Serang Raya.
- Wardana, G.W., dan Hosta, A, 2014. *Pengaruh Penambahan Grafit terhadap Sifat Tarik, Stabilitas Termal dan Konduktivitas Listrik Komposit Vinil Ester/Grafit sebagai Pelat Bipolar Membran Penukar Proton Sel Bahan Bakar (PEMFC)*. Jurnal Teknik Pomits, 1 (2) : 2.
- Wibowo, T.N., dkk, 2016. *Pengaruh Variasi Waktu Shot Peening Terhadap Struktur Mikro dan kekerasan permukaan pada Material Implan AISI 304*. Jurnal Rotor, 2 (2) :1-2.