

# EKSPERIMENTAL PENAMBAHAN *FLYWHEEL* SISTEM PENGGERAK MESIN LAS GESEK ROTARI DENGAN VARIASI DIMENSI PERMUKAAN GESEK PADA PENGELASAN GESEK ROTARI.

Ichsan Rahmadani Syawal<sup>a)</sup>, and Yohanes<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup>Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Indonesia

<sup>b)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Indonesia

Email: ichsanrahmadanis@gmail.com

## ABSTRACT

*Rotary friction welding is one of mechanical welding by utilizing the friction of the two joint surfaces to cause heat which is used for the welding connection process. The friction surface affect the rate of heat flow generated from the torque and rotation an axial force (forging) to suppress the friction surface. The occurrence of pulses (shock power) at each stage of the friction welding process results in excessive load on the driving motor. In this study the shape and dimensions of the surface, namely the length of the constant chamfer, 4 mm with angular variations of 15°, 30°, 45° as well as varying the addition of the flywheel to the drive system. Optimal welding results from specimen 45, specimens using type II flywheel with tensile strength of 480.44 MPa.*

**Keywords:** *flywheel, friction surface, rotary friction welding, pulse rate, forging*

## 1. Pendahuluan

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dua buah logam dengan memanfaatkan energi panas sebagai proses utama dalam proses penyambungan logam dan sumber panas dalam proses pengelasan berasal dari perubahan energi lain. Beberapa jenis energi yang dapat diubah menjadi energi panas adalah energi mekanik, seperti energi gesekan, energi impuls, dan lain-lain (Yohanes dan Muhammad Efriyansyah, 2018).

Sumber energi panas dari energi mekanik yang digunakan untuk pengelasan dinamakan Pengelasan mekanik, dikelompokkan menjadi tiga yaitu las gesek linier, las gesek rotari dan las gesek umpan (stir). Proses las gesek merupakan proses solid-state panas gesekan mekanis antara benda kerja dalam gerakan *relative* satu sama lainnya, dengan menambahkan gaya tekan pada specimen. Las gesek rotari, proses timbulnya panas pada pengelasan dengan menggunakan putaran pada specimen dengan beberapa parameter yaitu permukaan gesek, *phase* waktu gesek dan *forging*. Permukaan gesek akan mempengaruhi penjalaran perpindahan panas gesekan searah sumbu putar. Ketika temperatur pengelasan sudah diperoleh *phase* tekanan tempa (*forging*) akan diberikan, dari setiap *phase* ini akan mempengaruhi daya motor berupa torsi dan putaran motor. Dan diindikasikan bahwa setiap denyut (*shock*) akan mempengaruhi umur (*live time*) motor penggerak dan kualitas pengelasan.

Dari pemaparan diatas maka penelitian ini dilakukan dengan bentuk dan dimensi permukaan yaitu panjang chamfer konstan. 4 mm dengan variasi sudut *chamfer* 15°, 30°, dan 45°.

## 2. Teori Dasar

Proses penyambungan dua buah logam secara ikatan atom didefinisikan sebagai ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair.

Friction welding atau las gesek, bekerja dengan mengandalkan panas dari gesekan akibat putaran logam yang satu terhadap lainnya. Konsep kerjanya, benda dijepit kemudian digesekan dengan kecepatan tertentu sehingga menimbulkan panas. Karena panas akibat gesekan, material logam tersebut akan meleleh dan menyatu setelah melalui proses pendinginan. Saat proses pencairan logam dengan gesekan terjadi tekanan arah aksial diberikan. Sehingga nantinya logam tersebut akan tersambung.

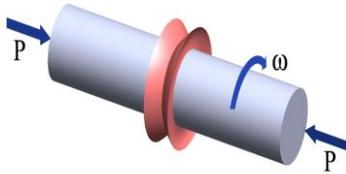
Pada penelitian yang dilakukan oleh Yohanes, dkk. 2015 dapat dinyatakan Kondisi permukaan benda kerja (pemberian sudut *chamfer* dengan variasi diameter *forging* dan panjang sudut *chamfer*) mempengaruhi nilai kekuatan tarik dari baja *mild steel*. Hal ini terlihat dengan diameter *forging* yang sama (panjang sudut *chamfer* bervariasi) untuk semua sudut *chamfer* menyebabkan nilai kekuatan tarik dari baja *mild steel* semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut *chamfer* yang diberikan dan juga dengan panjang sudut *forging* yang sama (diameter *forging* bervariasi) untuk semua sudut *chamfer* menyebabkan nilai kekuatan tarik dari baja *mild steel* semakin meningkat dengan semakin kecilnya sudut *chamfer* yang diberikan.

### 2.1. Jenis-jenis Pengelasan Mekanik

Pengelasan Mekanik terbagi atas tiga jenis proses yaitu :

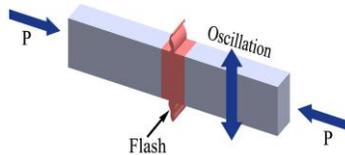
1. *Rotary friction welding* (RFW), pada pengelasan ini kontak gesek berupa putaran dan tekanan

aksial sebagai tekanan tempa (*forging*) (Gambar 1)



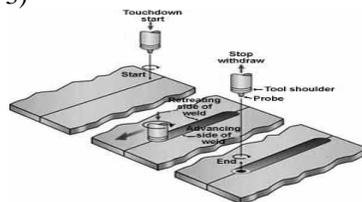
Gambar 1 *Rotary Friction welding* (RFW) , (Wenya Li, dkk, 2012)

2. *Linear friction welding* (LFW), panas dihasilkan dari gerakan linear dari salah satu benda kerja terhadap benda kerja lain, bidang gesek diberi tekanan tempa (*forging*) (Gambar 2)



Gambar 2 Proses *linear friction welding*, (Wenya Li, dkk, 2012)

3. *Friction stir welding* (FSW), panas yang dihasilkan dari gesekan antara benda yang berputar (*Pin*) dengan benda yang diam (*benda kerja*), benda kerja berbentuk lembaran (*plate*). *Pin* berputar dengan kecepatan konstan disentuhkan ke *plate* yang telah dicekam. (Gambar 3)



Gambar 3 Proses *Friction Stir Welding* (Wenya Li, dkk, 2012)

Ada beberapa factor yang mempengaruhi hasil dari proses las gesek tersebut.

- Properties material
- Kondisi permukaan benda kerja
- Kecepatan putaran
- Durasi pengelasan (gesek dan tempa)
- Tekanan aksial ( gesek dan tempa)
- 

## 2.2. *Inertia Drive Welding*

Penambahan *flywheel* pada penggerak berfungsi sebagai penyerapan dan penyimpanan energi saat sedang motor aktif dan memberikan daya pada saat motor mati, bisa juga sebagai penstabilkan pada saat beban denyut (*shock*).

Daya dan energi dari suatu motor listrik dapat lah kita hitung dengan menggunakan persamaan  $P = I V \cos \varphi$

Dimana :

$P$  =daya motor listrik (watt).

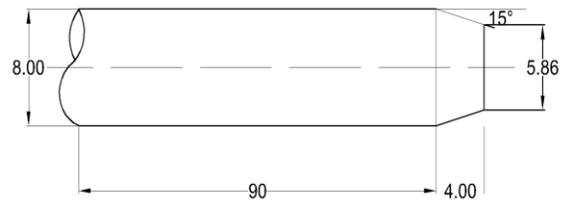
$I$  = arus (A)

$V$  = Tegangan (volt)

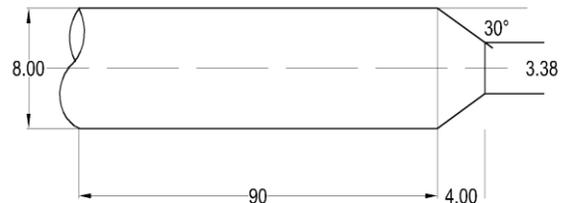
## 3. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan adalah baja mild steel dengan diameter 8 mm. baja mild steel dipotong dengan panjang 90 mm disetiap bagian. Salah satu badiannya dari baja mild steel yang akan dilas dibuat *champer* dengan sudut 15 derajat, 30 derajat dan 45 derajat.

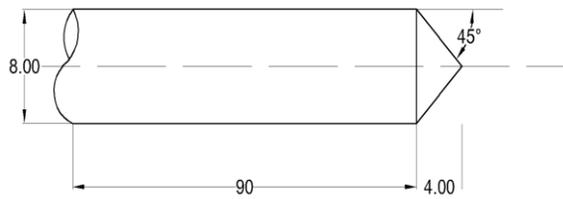
Pada setiap percobaan yang dilakukan akan menggunakan 3 buah jenis *flywheel* dengan masa yang berbeda. *Flywheel* yang digunakan memiliki diameter 250 mm, dengan tebal *flywheel* 10mm, 20mm, dan 30mm.



Gambar 4 Spesimen sudut 15 derajat



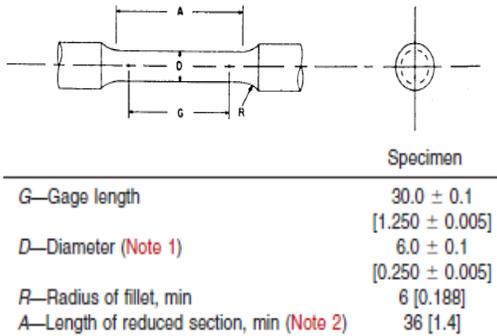
Gambar 5 Spesimen sudut 30 derajat



Gambar 6 Spesimen sudut 45 derajat

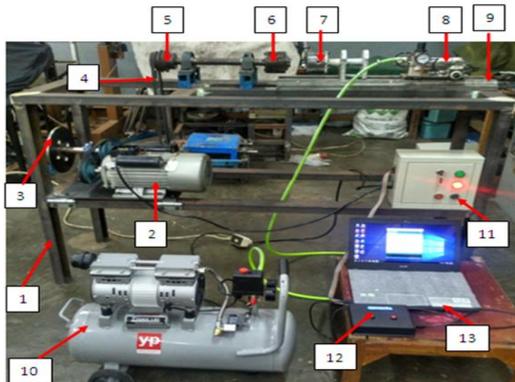
Tekanan gesek dan tekanan tempa berbeda yaitu 4 bar untuk tekanan gesek, 6 bar untuk tekanan tempa. Kecepatan motor sewaktu pengerjaan adalah sekitar 3000 rpm lebih. Setelah variasi tekanan diatur maka disiapkan mesin las gesek yang menyerupai fungsi dari mesin bubut yang sudah dimodifikasi. Baja *mild steel* yang diberi *champer* akan dicekam

pada pada bagian *cuck* yang diam dan baja *mild steel* yang tidak diberi champer akan di cekam pada bagian *cuck* yang berputar, kemudian diatur tekanan gesek yang akan diberikan pada proses pengelasan. Setelah seluruh bagian *champer* telah berubah menjadi merah maka dilakukan penambahan tekanan menjadi 6 bar untuk melakukan penempaan. Setelah specimen menyambung dengan bagus dan sudah tidak berwarna merah lagi maka specimen akan dilepas dari *cuck*. Setelah specimen dingin maka dibuatlah standar pengujian uji tarik untuk mengetahui kekuatan dari sambungan las tersebut (ASTM E-8).



Gambar 7 Standar Pengujian Uji Tarik  
(Mery Silviana. 2017.)

Untuk selanjutnya dilakukan pengujian kekuatan tarik pada specimen yang telah dilakukan pengelasan gesek tersebut dengan alat uji tarik bernama hung TA HT-8503.



Keterangan :

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1) Rangka Mesin Gesek Rotari | 8) <i>Pneumatic system dan pressure gauge</i> |
| 2) Elektro Motor             | 9) <i>Rail Tail Stock</i>                     |
| 3) <i>Flywheel</i>           | 10) Kompresor                                 |
| 4) <i>V-belt</i>             | 11) <i>Control unit</i>                       |
| 5) <i>Pulley Bertingkat</i>  | 12) <i>Display Data Loger</i>                 |
| 6) <i>Head stock</i>         | 13) <i>Laptop</i>                             |
| 7) <i>Tail Stock</i>         |   |

Gambar 8 Alat Las Gesek (Yohanes dkk. 2017).

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengelasan maka dapat kita lihat hasil pengelasan yang ditunjukkan pada Gambar 10. Selanjutnya bahan akan dilakukan pembuatan standar untuk pengujian tarik guna mengetahui kekuatan tarik dari sambungan las. Sebelum dilakukan uji tarik maka dilakukan pengamatan pada hasil sambungan dengan menggunakan pandangan normal manusia. Ada beberapa kemungkinan dari sambungan las tidak bagus hal ini di pengaruhi oleh getaran dari *cuck* penahan specimen. Dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 terdapat 3 spesimen dengan hasil pengelasan dengan menggunakan sudut *champer* yang berbeda yaitu 15°, 30° dan 45°.



Gambar 9 Hasil Pengelasan sudut 15



Gambar 10 Hasil Pengelasan sudut 30



Gambar 11 Hasil Pengelasan sudut 45

Daerah *interface* adalah daerah sambungan yang mendapatkan tekanan gesek pada saat proses pengelasan. Dengan melakukan *variasi* tekanan sewaktu proses penggesekan dan penempaan maka

kekeraan sambungan akan berubah dan mengubah semua struktur mikro pada sambungan las.



Gambar 12 Proses Pengelasan dengan Mesin Rotary Friction Welding

Variasi tekanan pada setiap proses akan mempengaruhi perubahan temperatur pada daerah *interface* tersebut. Semakin tinggi tekanan maka perubahan temperatur semakin tinggi tekanan yang diberikan maka perubahan temperatur pada *interface* spesimen akan semakin cepat. Bentuk flash dari masing perubahan tekanan juga berbeda. Semakin rendah tekanan maka keluaran dari flash akan semakin kecil dan semakin besar tekanan maka keluaran dari flash akan semakin banyak.

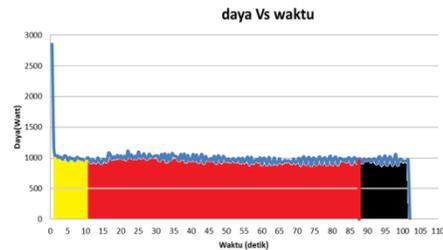
Tabel 1 Waktu Pengerjaan Las

| sudut flywheel    |               | 15       |          |          |
|-------------------|---------------|----------|----------|----------|
| kosong            | kecepatan/rpm | 3740     | 3746     | 3742     |
|                   | waktu         | 00.08.05 | 00.08.06 | 00.12.00 |
| gesek             | kecepatan/rpm | 3745     | 3740     | 3735     |
|                   | waktu         | 03.11.04 | 02.01.05 | 1.45.02  |
| tempa             | kecepatan/rpm | 3730     | 3722     | 3729     |
|                   | waktu         | 00.04.00 | 00.04.00 | 00.04.00 |
| flywheel berhenti | waktu         | 00.07.00 | 00.10.00 | 00.09.00 |
| sudut flywheel    |               | 30       |          |          |
| kosong            | kecepatan/rpm | 3773     | 3732     | 3726     |
|                   | waktu         | 15       | 14,6     | 14,6     |
| gesek             | kecepatan/rpm | 3724     | 3728     | 3728     |
|                   | waktu         | 02.10.07 | 01.36.01 | 01.36.20 |
| tempa             | kecepatan/rpm | 3715     | 3710     | 3707     |
|                   | waktu         | 4        | 4        | 4        |
| flywheel berhenti | waktu         | 6        | 8        | 12       |
| sudut flywheel    |               | 45       |          |          |
| kosong            | kecepatan/rpm | 3758     | 3745     | 3720     |
|                   | waktu         | 18,7     | 10,4     | 11       |
| gesek             | kecepatan/rpm | 3741     | 3740     | 3714     |
|                   | waktu         | 01.46.08 | 01.28.01 | 01.26.08 |
| tempa             | kecepatan/rpm | 3728     | 3735     | 3710     |
|                   | waktu         | 4        | 4        | 4        |
| flywheel berhenti | waktu         | 10       | 12       | 8        |

Dari Tabel 1, waktu pengerjaan dari setiap spesimen berbeda-beda tergantung dari berapa kecepatan yang dipakai dan berapa lama waktu

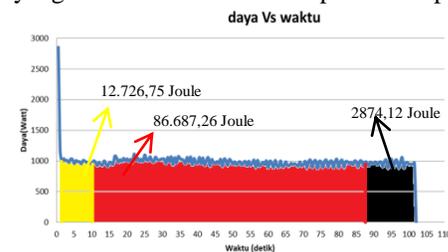
pergerjaannya. Dari waktu pengerjaan di atas kita dapat melihat perubahan daya dari setiap proses dari grafik pada Gambar 13.

Dari Gambar 13 dapat dilihat perubahan daya dari motor terjadi dalam setiap proses, setiap kali menaikan tekanan maka daya motor kan mengalami kenaikan.



Gambar 13 Daya Vs Waktu

Pada Gambar 14, dapat dilihat dari grafik waktu yang diperlukan dalam setiap pengerjaan satu spesimen. Pada arsiran warna orange itu adalah rentan waktu penstabilan motor, pada daerah arsiran warna kuning itu adalah proses *forging*, sedangkan yang berwarna hitam adalah proses tempa.



Gambar 14 Daya Vs Waktu

Pada Gambar 14, Energi yang di gunakan dalam setiap proses memiliki nilai yang berbeda. Pada proses penghidupan mesin sampai kondisi konstan energi yang digunakan adalah 12.726, 75 joule, pada proses gesek energi yang dipakai adalah 86.687,26 joule, sedangkan energi tempa yang digunakan adalah 2.874,12 joule.

Pada gambar 15 dapat kita lihat ada lonjakan daya pada awal motor dihidupkan hal ini dinamakan dengan guncangan rugi tegangan hal ini diakibatkan karena adanya arus asut yang besar dan sangat induktif yang masuk pada kumparan starter motor. Loncatan energi ini sangat merugikan pada motor karena tingkat torsi pada motor akan langsung melonjak akibat guncangan rugi tegangan tersebut.



Gambar 15 Daya Vs Waktu

Pada Gambar 15 dapat dilihat hasil spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik dengan ketentuan ASTM E-8.

Hasil dari pengelasan yang akan dilakukan uji tarik dapat dilihat pada Table 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Tarik

| Flywheel     | No | Sudut | max. Force ( N ) | Tensile Strength (Mpa) |
|--------------|----|-------|------------------|------------------------|
| Flywheel I   | 1  | 15    | 8796,9           | 400,08                 |
|              | 2  | 30    | 9559,1           | 338,08                 |
|              | 3  | 45    | 11132,2          | 407,18                 |
| Flywheel II  | 4  | 15    | 8544,5           | 401,75                 |
|              | 5  | 30    | 8980,8           | 302,33                 |
|              | 6  | 45    | 13135,2          | 480,44                 |
| Flywheel III | 7  | 15    | 10738,3          | 410,52                 |
|              | 8  | 30    | 12606,7          | 438,53                 |
|              | 9  | 45    | 11668,9          | 405,91                 |

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai dari kekuatan tarik dari setiap specimen memiliki nilai yang berbeda pada setiap sudut *champer* yang digunakan. Nilai dari kekuatan dari bahan las juga di pengaruhi oleh *flywheel* yang digunakan.



Gambar 16 kekuatan tarik

Dari grafik Gambar 16 dapat dilihat hasil kekuatan tarik paling tinggi ada pada uji tarik ke dua yaitu menggunakan *flywheel* jenis kedua dengan sudut *champer* 45 derajat. Hal ini juga dipengaruhi karna waktu berhenti dari *flywheel* dua lebih cepat dari pada *flywheel* 3, dengan begitu putaran akhir dari hasil pengelasan tidak terlalu lama.

## 5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

- 1) Nilai kekuatan tarik paling besar ada pada *flywheel* jenis ke dua dengan menggunakan sudut *champer* 45<sup>0</sup> derajat. Dengan nilai kekuatan tariknya 480,44 MPa. Kekuatan tarik dari suatu bahan hasil pengelasan dipengaruhi oleh struktur mikro dari spesimen tersebut. Perubahan struktur mikro dari bahan dipengaruhi oleh besar tekanan tempa yang diberikan kepada bahan sewaktu pengelasan.
- 2) Penggunaan *flywheel* dalam pengelasan berpengaruh untuk kondisi motor pada waktu perubahan *phase* tekanan gesek ke tekanan tempa dan pada saat motor berhenti (*off*). Motor yang dihentikan setelah dilakukan pengelasan akan berhenti secara paksa tetapi jika menggunakan *flywheel* maka daya yang dihentikan secara mendadak akan turun secara perlahan .
- 3) Pengaruh *flywheel* dalam energi yang digunakan dalam proses pengelasan sangatlah berpengaruh. Semakin besar daerah permukaan gesek benda kerja maka akan semakin besar energi yang digunakan untuk melakukan las gesek.

## 6. Saran

Pada saat melakukan proses pengelesan terjadi getaran yang diprediksi akan mempengaruhi kualitas sambungan lasan, maka dari itu perlu lagi kajian lagi tentang batas ambang getaran dan sumber penyebab getaran yang terjadi pada saat proses pengelasan tersebut yang untuk itu perlu penyelidikan penyebab getaran tersebut.

- 1) Perhatikan tingkat keselamatan kerja sewaktu melakukan sambungan karena hasil sambungan akan memercikan api panas sewaktu terjadi proses gesekan.
- 2) Perhatikan arus asut pada saat melakukan starting motor.
- 3) Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat perubahan frekuensi pada saat melakukan pengelasan. Hal ini perlu dilakukan penelitian karena semakin tinggi frekuensi pada grafik maka energi yang dipakai juga tinggi.

## Ucapan terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada DPRM RISTEK DIKTI tahun anggaran 2018 yang telah mendanai penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- D. Callister, William. 2007. *Materials Science And Engineering*. United States of America
- Khan, M.A. dan R. Alhadi. 2014. Perancangan Dan Pembuatan Mesin Las Gesek Rotari. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.

- Khurmi, R.S. dan. J.K. Gupta. 2005. *A Textbook Of Machine Design*. Edisi 2. Eurasia Publishing House (PVT) Ltd. Ram Nagar, New Delhi, India.
- Li, W., S. Shi, F. Wan, Z. Zhang, T. Ma. dan. J. Li. 2012. *Numerical Simulation Of Friction welding Processes Based on ABAQUS Environment*. *Journal Of Engineering Science And Technology*. 5 (3):10-19.
- Mery Silviana. 2017. Studi Kekuatan Sambungan Batang Tarik Pelat Baja Dengan Alat Sambung Baut. *Jurnal Inotera*, Vol 2, No. 2. ISSN 2581-1274. Juli-Desember 2017 Universitas alMuslim.
- Rachmawan, A.D, I.M. Ariana. dan. I. Gerianto. 2014. Analisa Pengaruh *Flywheel* dan *Firing Order* Terhadap Proses Kerja Mesin Diesel. *Jurnal Teknik Sistem Perkapalan* Vol.1, No.1, 1-6. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Rahayu, D. 2012. Analisis Proses *Friction Stir Welding (Fsw)* Pada Plat Tipis Aluminium. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Ricky. 2015. *Redesign* Alat Las Gesek Rotari Dengan Pendekatan *Fault Tree Analysis (FTA)* Dan *Design For Manufacture And Assembly (DFMA)*. *Skripsi*. Fakultas Teknik
- Ricky, Yohanes dan Muftil Badri. 2016. *Redesign* Alat Las Gesek Rotari dengan Pendekatan *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Design for Manufacture and Assembly (DFMA)*. *Jurnal JOM FT UNRI*, Vol 3, No 2 tahun 2016.
- Sigit. P.M. 2014. Pengaruh Variasi Putaran Gesek Terhadap Kualitas Sambungan Pada Pengelasan Gesek *Continous Drive Friction Welding* Bahan Pipa Kuningan Dan Tembaga. Maret 2014, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia.
- Sudirman, A., A. Saepuloh dan Teguh. 2009. Kajian Penyebab Kerusakan Motor Katup KLA23 AA01 Pada Sistem Ventilasi I RSG-GAS. *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir*, ISSN 1978-0176.5 November 2009, Yogyakarta, Indonesia.
- Tiwan dan A. Ardian. 2005. Penyambungan Baja AISI 1040 Batang Silinder Pejal Dengan *Friction Welding*. *Laporan Penelitian*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Yohanes and Muhammad Efriyansyah. 2018. Influence Of *Flywheel* For Drive System Of Rotary Friction Welding And Chamfer Angle Variations Forging To Welding Strength. *Proceedings 5th International Conference on Ocean, Mechanical & Aerospace -science & engineering*. Batam. October 2018
- Yohanes, Anita Susilawati dan Muftil Badri. 2017. Development of Rotary Friction Welding Machine Based Fault Tree Analysis (FTA) and Design For Manufacture Assembly (DFMA) Methods. *Proceedings International Conference on Earth Sciences and Engineering*. Padang. August 2017
- Yohanes, Putra Partomuan dan Sunaryo. 2016. Pengaruh Bentuk Permukaan *Forging* Sambungan Las Gesek *Rotary* Terhadap Kekuatan Tarik Baja *Mild Steel*. *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Terapan / SNTT IV*, Purwokerto, Nov 2016