

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN *FLYWHEEL* PADA SISTEM PENGGERAK MESIN LAS GESEK ROTARI TERHADAP HASIL PENGELASAN MATERIAL *MILD STEEL* DENGAN *STAINLESS STEEL 201*

Devid Vio Sandri¹, Yohanes²

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

¹devidviosandri27@yahoo.com, ²yohanes_tmesin@yahoo.com

Abstract

Friction welding including solid state welding type, Which the welding process is done in solid phase. Based on observation and research, The biggest cause of damage to the motor is overheating. To minimize overheating on the electric motor needs to be in added flywheel. The purpose of this research is to know the effect of adding flywheel to welding result and to know the optimal flywheel of three variations flywheel used with the diameter of 250 mm and thickness of 10 mm, 20 mm and 30 mm. Tests were performed on stainless steel type 201 material. To calculate ultimate tensile strength on the rotary swipe weld joint To calculate the ultimate tensile strength of the friction welding connection, a tensile test using Universal Testing Machine. Tests on welding specimens with three variations of flywheel obtained the highest average maximum tensile strength value using flywheel 3 with a value of 438.12 Mpa and the lowest average maximum tensile strength value was obtained on the welding specimens using flywheel 1 with a value of 418.12 Mpa. Flywheel 3 with a mass of 11.017 kg has better shock load holding capability than flywheel 1 with mass 3,8836 kg and flywheel 2 with mass of 7,4502 kg.

Keywords : *Friction Welding, Flywheel, Tensile Test.*

1. Pendahuluan

Las gesek termasuk jenis pengelasan *solid state welding* dimana proses pengelasan dilakukan pada fasa padat. Panas pengelasan diperoleh dari konversi langsung energi mekanik menjadi energi termal melalui gesekan. Benda tidak memerlukan sumber panas dari listrik atau pembakaran.

Panas yang dihasilkan dari proses gesekan antar permukaan akan menaikkan temperatur benda dalam arah aksial dengan jarak yang relatif sangat pendek. Penyambungan terjadi ketika permukaan permukaan mencapai temperatur dibawah temperatur cair.

Pengelasan terjadi akibat pengaruh tekanan pada pencampuran logam plastis dan mekanisme difusi. Fenomena proses pengelasan gesek dari pembangkit panas melalui gesekan dan abrasi. Selanjutnya panas yang timbul disimpan dalam material yang disambung hingga menaikkan temperaturnya.

Pada temperatur tertentu material berada pada sifat plastis sempurna dan adanya tekan akan mudah terdeformasi. Dengan adanya peristiwa difusi secara kimiawi maka akan terjadi proses

penyambungan pada permukaan logam yang disambung (Tiwan, dan Ardian, 2005).

Keberhasilan las gesek dipengaruhi oleh lima faktor, yang berhubungan dengan sifat material dan kondisi kerja. Adapun kelima faktor tersebut yaitu ;

- a) Kecepatan relatif antar permukaan.
- b) Tekanan yang dikenakan.
- c) Temperatur yang terbentuk pada permukaan.
- d) Sifat bulk dari material.
- e) Kondisi permukaan dan kehadiran lapisan tipis pada permukaan.

Beberapa kelebihan dari *friction welding* ini adalah

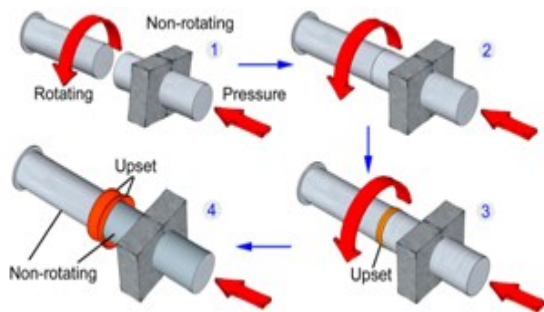
- a) penghematan material,
- b) waktu yang cepat untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda.
- c) *Friction welding* dapat menyambung material yang silindris.

Parameter proses pengelasan yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar (Yohanes, dkk 2016).

Las gesek terbagi atas tiga proses yaitu:

1) *Rotary friction welding* (RFW)

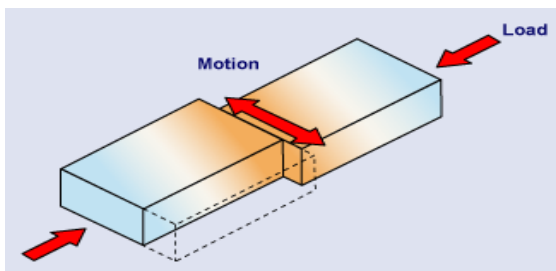
Pada las gesek ini spesimen pengelasan berbentuk silinder, salah satu spesimen bergerak rotasi dan lainnya diam, kemudian dikenakan beban aksial, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



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

2) *Linear friction welding* (LFW)

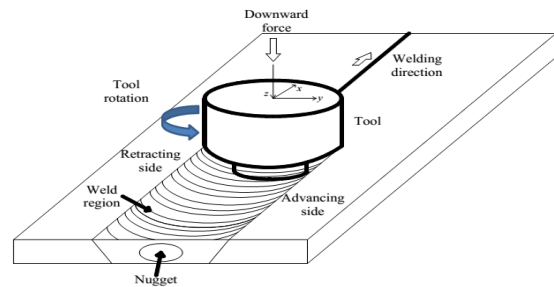
Perbedaan pengelasan ini dengan pengelasan *rotary friction welding* adalah, pada pengelasan ini panas dihasilkan dari gerakan linear dari salah satu benda kerja terhadap benda kerja lain, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Proses *linear friction welding*, (Ahmed, Syed Hameeduddin, dkk 2014)

3) *Friction stir welding* (FSW)

Pada pengelasan ini panas yang digunakan untuk mencairkan logam kerja dihasilkan dari gesekan antara benda yang berputar (*Pin*) dengan benda yang diam (benda kerja), benda kerja berbentuk lembaran (*plate*). *Pin* berputar dengan kecepatan konstan disentuh ke *plate* yang telah dicekam, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

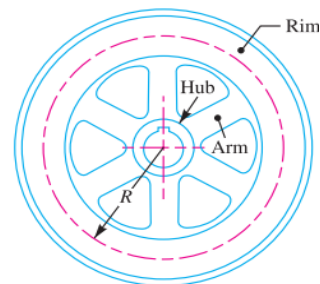


Gambar 3 Proses *Friction Stir Welding* (Gabor & Santos 2013)

1.1 Flywheel

Flywheel atau yang biasa disebut roda gila merupakan komponen dari mesin yang mampu menyimpan energi kinetik dari gerak rotasi poros engkol dan bertujuan untuk menghasilkan putaran mesin yang stabil. *Flywheel* berfungsi sebagai suatu lumbung penyimpanan energi.

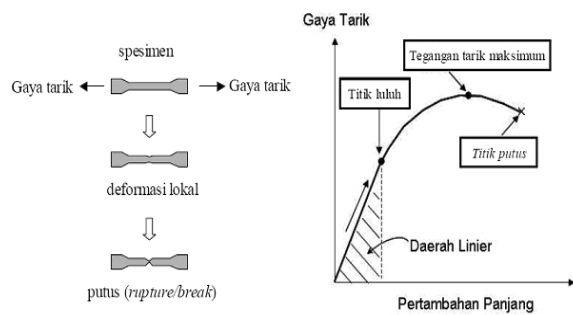
Dimana menyimpan energi saat suplai melebihi kebutuhan dan melepaskannya saat suplai lebih kecil dari kebutuhan juga berfungsi sebagai kontrol dari terjadinya suatu fluktuasi kecepatan dan mampu membuat *crankshaft* berputar secara kontinyu dan terus menerus dan mengakibatkan mesin beroperasi dengan lembut (Adin Putra Rachmawan dkk, 2014).



Gambar 4 *Flywheel* (R.S. Khurmi dan J.K. Gupta)

1.2 Uji Tarik

Uji Tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan bisa diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat. menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Kurva Hubungan Gaya Tarik Dengan Perubahan Panjang (Rahayu, 2012)

Pengujian tarik yang dilakukan pada suatu material dapat memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material tersebut terhadap pembebanan mekanis. Informasi yang didapat adalah pada pengujian tarik gaya tarik yang diberikan secara kontiniu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Kemudian dapat dihasilkan kurva tegangan dan regangan.

Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum σ_{uts} ditentukan dari beban maksimum F_{maks} dibagi luas penampang awal A_o . Seperti persamaan 1 (sudrajat, 2012).

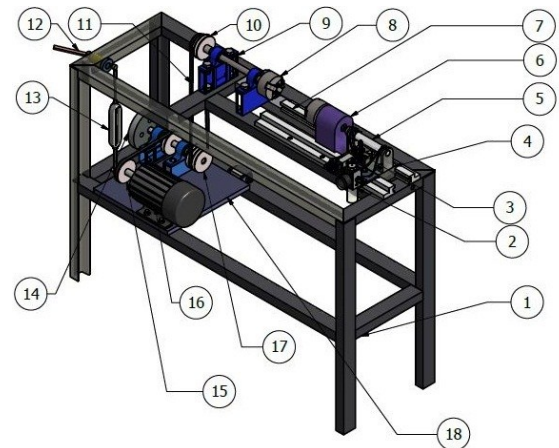
$$\sigma_{uts} = \frac{F_{maks}}{A_o} \quad (1)$$

Keterangan :

- σ_{uts} = tegangan maksimum (N/mm²)
- F_{maks} = Gaya maksimum (N)
- A_o = Luas penampang (mm²)

2. Metodologi

Studi eksperimental pengaruh penambahan *flywheel* pada sistem penggerak mesin las gesek rotari terhadap hasil pengelasan material *mild steel* dengan *stainless steel* 201 dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau. *Design* dari mesin las gesek rotari dapat dilihat pada Gambar 6.



Keterangan:

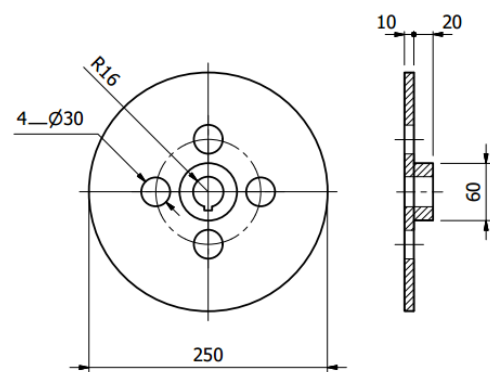
No	Part name	No	Part name
1	Table	10	Upper Pulley
2	Pneumatic screen	11	V-Belt
3	Pneumatic position lock	12	Holder Belt
4	Pneumatic position	13	Iron holder Belt
5	Pneumatics	14	Flywheel
6	Tail Stock with Chuck	15	Pulley
7	Rail Tail Stock	16	Motors
8	Chuck and transmission shaft	17	Big Pulley
9	Bearing stances and Bearing	18	Position of drive Motor

Gambar 6 *Design* mesin las gesek rotari (Yohanes, dkk, 2018)

Adapun variasi *flywheel* yang digunakan pada pengujian mesin las gesek rotari dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.

1) Flywheel 1

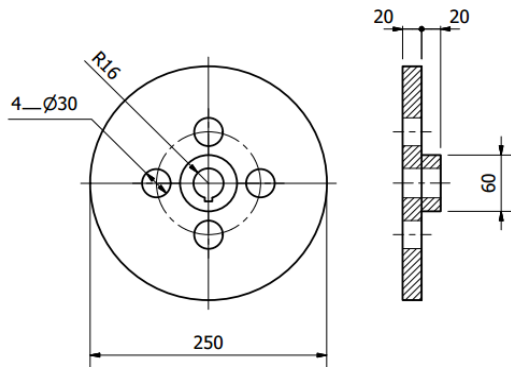
Diameter: 250 mm, Thickness: 10 mm



Gambar 7 Flywheel 1 (Yohanes, dkk, 2018)

2) Flywheel 2

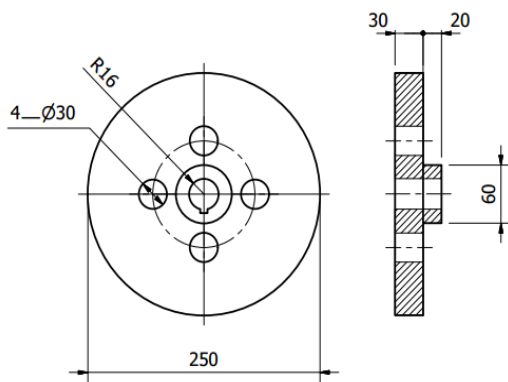
Flywheel 2: Diameter: 250 mm, Thickness: 20 mm



Gambar 8 Flywheel 2 (Yohanes, dkk, 2018)

3) Flywheel 3

Flywheel 3: Diameter: 250 mm, Thickness: 30 mm



Gambar 9 Flywheel 3 (Yohanes, dkk, 2018)

3. Hasil

3.1 Data Pengujian

Pengujian dilakukan, dengan menetapkan tekanan gesek 6 bar dan tekanan *forging* 7 bar dengan data putaran awal, waktu putaran awal, putaran gesek, waktu putaran gesek, putaran *forging*, waktu putaran *forging*, waktu *flywheel* berhenti, waktu penurunan panas spesimen setelah pengelasan, perubahan panjang spesimen setelah pengelasan, dan total waktu pengelasan.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *flywheel* 1, *flywheel* 2 dan *flywheel* 3, Masing-masing dilakukan lima pengujian data dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3

Tabel 1 Data Pengujian Menggunakan *Flywheel* 1

Pengelasan <i>Mild Steel</i> 8 mm dengan <i>Stainless Steel</i> 201 8 mm Menggunakan <i>Flywheel</i> 1										
Spesimen	Putaran Awal		p Gesek (6 bar)		p <i>Forging</i> (7 bar)		Waktu <i>Flywheel</i> Berhenti	Panjang Spesimen		Total Waktu
	n (rpm)	t (s)	n (rpm)	t (s)	N (rpm)	t (s)	t (s)	Awal (mm)	Akhir (mm)	T (s)
1	2899	12	2892	77	2884	5	3	180	168	149
2	2889	14	2884	93	2878	5	3	180	167	161
3	2895	14	2880	90	2870	5	3	180	165	151
4	2895	14	2880	93	2875	5	3	180	162	176
5	2898	14	2890	91	2885	5	3	180	165	153

Tabel 2 Data Pengujian Menggunakan *Flywheel* 2

Pengelasan <i>Mild Steel</i> 8 mm dengan <i>Stainless Steel</i> 201 8 mm Menggunakan <i>Flywheel</i> 2										
Spesimen	Putaran Awal		p Gesek (6 bar)		p <i>Forging</i> (7 bar)		Waktu <i>Flywheel</i> Berhenti	Panjang Spesimen		Total Waktu
	n (rpm)	t (s)	n (rpm)	t (s)	N (rpm)	t (s)	t (s)	Awal (mm)	Akhir (mm)	T (s)
1	2910	12	2900	87	2890	5	4	180	162	108

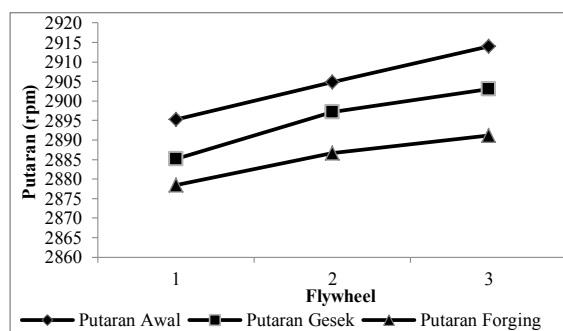
2	2908	11	2898	87	2874	5	5	180	166	108
3	2910	12	2907	85	2900	5	4	180	162	106
4	2904	14	2893	89	2887	5	4	180	166	112
5	2892	13	2888	89	2882	5	4	180	163	111

Tabel 3 Data Pengujian Menggunakan *Flywheel 3*

Pengelasan <i>Mild Steel 8 mm</i> dengan <i>Stainless Steel 201 8 mm</i> Menggunakan <i>Flywheel 3</i>										
Spesimen	Putaran Awal		p Gesek (6 bar)		p Forging (7 bar)		Waktu <i>Flywheel</i> Berhenti	Panjang Spesimen		Total Waktu
	n (rpm)	t (s)	n (rpm)	t (s)	N (rpm)	t (s)	t (s)	Awal (mm)	Akhir (mm)	t (s)
1	2918	10	2902	79	2887	5	6	180	160	100
2	2914	13	2900	71	2889	5	6	180	153	95
3	2913	13	2905	70	2890	5	6	180	161	94
4	2910	13	2903	75	2898	5	6	180	157	99
5	2915	12	2905	69	2892	5	6	180	155	92

3.2 Putaran Motor Listrik Saat pengelasan

Grafik rata-rata putaran motor listrik saat pengujian dengan menggunakan *flywheel 1*, *flywheel 2*, dan *flywheel 3* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik rata-rata putaran motor

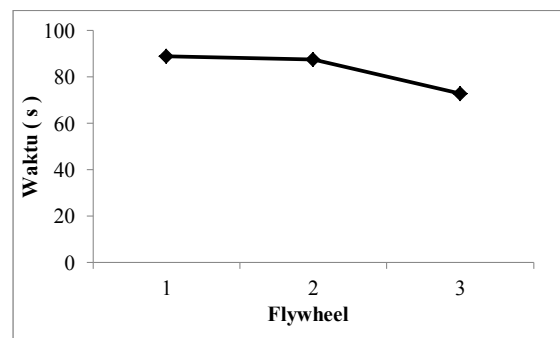
Dari grafik diatas diperoleh nilai putaran awal motor listrik pada saat pengujian dengan nilai rata-rata putaran awal tertinggi pada *flywheel 3* yaitu 2914 rpm dan terendah pada *flywheel 1* yaitu 2895,2 rpm. Untuk nilai rata-rata putaran saat gesekan tertinggi diperoleh pada *flywheel 3* dengan nilai 2903 rpm dan terendah pada *flywheel 1* yaitu 2885,2 rpm.

Sedangkan untuk nilai rata-rata putaran motor saat proses forging diperoleh nilai putaran rata-rata tertinggi pada *flywheel 3* yaitu 2891,2 rpm dan terendah pada *flywheel 1* yaitu 2878,4 rpm. Dari data tersebut diketahui bahwa pada *flywheel 3* memiliki kecepatan putaran yang lebih tinggi pada

putaran awal, gesek, dan *forging* saat pengelasan dibandingkan dengan *flywheel 1* dan *flywheel 2*.

3.3 Waktu Gesek

Grafik waktu gesek (*friction time*) pada tekanan pneumatik 6 bar saat pengujian dapat dilihat Gambar 11.



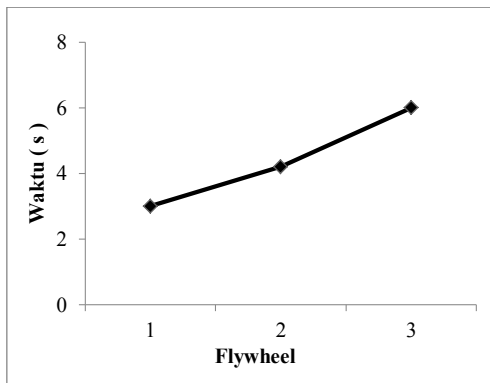
Gambar 11 Grafik rata-rata friction time

Dari grafik diatas diperoleh rata-rata waktu gesekan tercepat pada *flywheel 3* dengan lama gesekan 72,8 detik dan rata-rata waktu gesekan terlama pada *flywheel 1* 88,8 detik. Dari data tersebut diketahui bahwa pada *flywheel 1* membutuhkan waktu gesek yang lebih lama untuk mencapai titik leleh material.

Pada *flywheel 2* memiliki waktu gesek rata-rata 87,4 detik sedangkan pada *flywheel 3* waktu gesek yang diperlukan untuk mencapai titik leleh material relatif lebih singkat dibandingkan pada *flywheel 1* dan *flywheel 2*.

3.4 Waktu Flywheel Berhenti

Waktu *flywheel* berhenti merupakan waktu yang dibutuhkan *flywheel* untuk berhenti berputar setelah motor listrik di *off* kan. Data waktu diperoleh melalui pengamatan menggunakan *stopwatch* yang dapat dilihat pada Gambar 12.



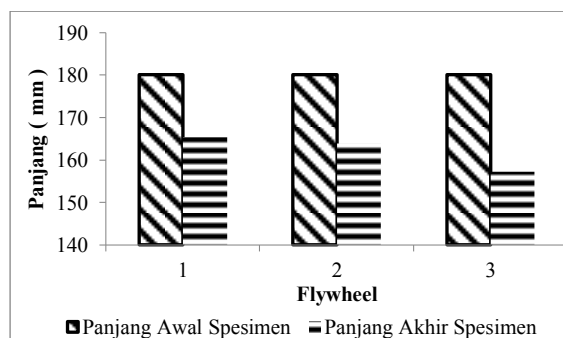
Gambar 12 Grafik Rata-rata Stop Time Flywheel

Dari grafik rata-rata waktu *flywheel* berhenti diperoleh *flywheel* 3 memiliki waktu berhenti yang lebih lama yaitu 6 detik sedangkan *flywheel* 1 merupakan *flywheel* yang paling cepat berhenti dengan waktu 3 detik.

Dari data waktu *flywheel* berhenti tersebut diketahui *flywheel* 3 merupakan *flywheel* yang berhenti paling lama daripada *flywheel* 1 dan *flywheel* 2, maka *flywheel* 3 merupakan *flywheel* yang mampu menghemat energi pengelasan lebih baik dibandingkan *flywheel* 1 dan *flywheel* 2.

3.5 Perubahan Panjang Spesimen

Perubahan panjang spesimen merupakan perubahan panjang dari spesimen sebelum pengelasan dan sesudah pengelasan. Material spesimen sebelum dilakukan pengelasan memiliki dimensi panjang 180 mm dengan diameter 8 mm. perubahan panjang spesimen dapat dilihat pada Gambar 13.

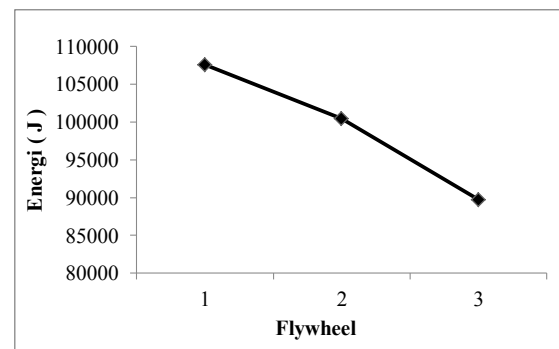


Gambar 13 Grafik perubahan panjang spesimen

Grafik diatas merupakan grafik rata-rata dari masing-masing *flywheel* dengan lima spesimen pengujian. Dari grafik diatas diperoleh spesimen awal masing-masing *flywheel* adalah 180 mm dan ketika dilakukan pengelasan masing-masing spesimen mengalami perubahan panjang yang mana *flywheel* 3 mengalami pengurangan panjang terbanyak yaitu 22,8 mm sedangkan *flywheel* 1 dengan pengurangan panjang terendah yaitu 14,6 mm.

3.6 Energi Motor Listrik Saat Pengelasan

Energi motor listrik saat pengelasan diperoleh dari data program arduino pada saat pengelasan yang dihubungkan ke laptop sehingga data arus listrik saat pengelasan terekam dan kemudian disimpan ke dalam *file microsoft excel*. Energi total rata-rata saat pengelasan dapat dilihat pada Gambar 14.



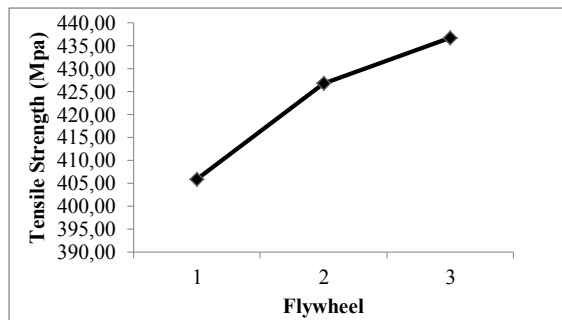
Gambar 14 Energi total rata-rata saat pengelasan

Dari grafik energi total saat pengelasan diatas diperoleh pengujian menggunakan *flywheel* 1 memiliki energi total rata-rata dari lima spesimen yaitu 107594 J, Pengujian menggunakan *flywheel* 2 memiliki energi total rata-rata saat pengelasan 100430 J dan pengujian menggunakan *flywheel* 3 memiliki energi total rata-rata saat pengelasan yaitu 89710,6 J.

Dari data tersebut diketahui bahwa pengelasan menggunakan *flywheel* 3 lebih hemat energi dalam melakukan pengelasan dibandingkan dengan menggunakan *flywheel* 1 dan *flywheel* 2.

3.7 Kekuatan Tarik Maksimum Hasil Pengelasan Spesimen

Grafik kekuatan tarik maksimum dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik Kekuatan Tarik Maksimum Rata-rata Spesimen Pengelasan

Dari grafik rata-rata *tensile strength* diatas diketahui nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata pada *flywheel* 1 dengan nilai 418,12 Mpa, kekuatan tarik maksimum rata-rata Pada *flywheel* 2 dengan nilai 429,22 Mpa dan nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata pada *flywheel* 3 dengan nilai 438,12 Mpa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil studi eksperimental pengaruh penambahan *flywheel* pada sistem penggerak mesin las gesek rotari terhadap hasil pengelasan material *mild steel* dengan *stainless steel* 201, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata tertinggi diperoleh pada spesimen hasil pengelasan menggunakan *flywheel* 3 dengan nilai 438,12 Mpa.
- 2) Nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata terendah diperoleh pada spesimen hasil pengelasan menggunakan *flywheel* 1 dengan nilai 418,12 Mpa.
- 4) Dari grafik daya motor listrik *flywheel* 1 mengalami kenaikan daya yang lebih tinggi yaitu sebesar 107594 J saat diberikan tekanan gesek dan *forging*.
- 5) Dari grafik daya motor listrik *flywheel* 3 mengalami kenaikan daya terendah sebesar 10,6 J saat diberikan tekanan gesek dan *forging*.
- 6) Dari pengujian yang dilakukan, massa dari *flywheel* mempengaruhi proses dan hasil pengelasan.

5. Saran

Dari proses penelitian dan kesimpulan yang didapatkan maka terdapat saran yang dapat

diberikan untuk proses penelitian lanjutan, penelitian ini dapat dilakukan dengan menggunakan sudut champer pada spesimen.

6. Daftar Pustaka

Ahmed, Syed Hameeduddin, dkk. 2014. *A Comparative Study on Linear Friction Welding For Dissimilar Metals. International Journal of Modern Engineering Research. Student at Muffakham Jah College of Engineering & Technology*

Gabor, Ramona.dan Santos. 2013. *Friction Stir Welding Development Of Aluminium Alloys For Structural Connections. Universitas Of Timisoara.*

Khan, M.A. dan. R. Alhadi.2014.Perancangan Dan Pembuatan Mesin Las Gesek Rotari.Skripsi.Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.

Khurmi, R.S. and J.K. Gupta. 2005. *A Textbook of Machine Design. Ed. 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 Environtment .Journal Of Engineering Science And Technology. 5 (3):10-19.*

Rahayu, D.2012.Analisis Proses *Friction Stir Welding (Fsw)* Pada Plat Tipis Aluminium.Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok

Ricky, Yohanes, M. Badri 2016. Redesign Alat Las Gesek Rotari Dengan Pendekatan Fault Tree Analysis (FTA) dan Design or Manufacture and Assembly (DFMA). JOM Fteknik Universitas Riau Volume 3 No.2.

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.

Tiwan dan A. Ardian. 2005. Penyambungan Baja AISI 1040 Batang Silinder Pejal dengan Friction Welding. Laporan Penelitian. Universitas Negeri Yogyakarta

Yohanes, E. Siregar, A. Susilawati, M. Badri. 2018.
Performance Analysis of Flywheel Addition on
Drive System of Rotary Friction Welding Machine.
Journal of Ocean, Mechanical, and Aerospace.
Science and Engineering. Vol.53

Yohanes, P. Partomuan dan Sunaryo. 2016.
Pengaruh Bentuk Permukaan Forging Sambungan
Las Gesek Rotary Terhadap Kekuatan Tarik Baja
Mild steel. Jurnal Simposium Nasional Teknologi
Terapan. 4:509-517.