

Sistem Pengukuran Daya Mekanik Penggerak *Rotary Friction Welding* Menggunakan *Sensor Strain Gauge* Pada *Iron Holder Belt*

Hambra Hidayatullah^[1], Yohanes^[2],

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

^[1]hambra.hidayatullah@student.unri.ac.id, ^[2]yohanes_tmesin@yahoo.com

Abstract

Rotary friction welding is a type of welding that belongs to the solid state type where welding does not require filling material to perform welding. This study aimed to measure the mechanical power of the rotary friction welding machine drive engine, before welding, during welding, and after welding using a strain gauge sensor attached to the stretch rod, for motor speed measured using an optocoupler sensor, the measurement process. This mechanical power included the design process, design, calibration settings, and testing of stretch rods. The stretch rod was installed as a substitute for the iron holder belt with the dimensions of the stretch rod 200 mm x 30 mm x 25 mm, for the thickness of the stretch rod where the strain gauge sensor is attached was 5 mm. The sensor used for reading the magnitude of the stretch on the stretch rod was the 120 ohm strain gauge, the speed read on the optocoupler was directly proportional to the amount of strain read on the strain gauge. In the welding process, a pressure of 2 bar to 4 bar is applied which will result in heat on the objects that rub against the object until it reaches the forging temperature of the object and a pressure of 6 bar is given as the forging pressure for welding the amount of mechanical power will be obtained by converting the torque, strain, and engine speed data obtained.

Keywords: Friction Welding, Mechanical Power, Strain Gauge Sensor.

1. Pendahuluan

Proses pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam dengan memanfaatkan energi panas sebagai proses utama dalam proses penyambungan logam. Untuk energi panas yang dibutuhkan selain dengan menggunakan listrik dan juga *carbide* ada cara lain yang dapat digunakan untuk melakukan pengelasan salah satunya yaitu gesekan, dimana pada saat terjadinya gesekan antara dua buah material akan menghasilkan energi panas, Las gesek adalah teknik pengelasan dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan akibat gesekan. Permukaan dari dua bahan yang akan disambung, salah satu berputar sedang yang lainnya diam dan diberi gaya tekan secara perlahan hingga mencapai temperatur leleh (*melting temperature*) maka terjadilah proses pengelasan [1].

Mesin las gesek *rotary friction welding* merupakan hasil rancangan Khan, M. A dan Alhadi, R. (2014), mahasiswa Program Studi Diploma (D3) yang di buat di laboratorium teknologi poses produksi jurusan teknik mesin Universitas Riau [2]. Kemudian penelitian di lanjutkan Ricky dan Yohanes. (2015) dengan topik mengoptimalkan lagi las gesek tersebut di beberapa komponen dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) dan *design for manufacture and assembly* (DFMA) [3]. Penelitian di lanjutkan lagi oleh Yohanes dan P, Partomuan. (2016) yaitu dengan memvariasikan bentuk permukaan *forging* Sambungan las gesek *rotary* terhadap kekuatan baja *mild steel*, maka didapatkan beberapa hasil pengelasan yang gagal

pada proses pengelasan, semua itu terjadi dikarenakan pada saat melakukan pengelasan gesek penelitian menggunakan motor listrik sering terjadi beban kejut pada motor listrik yang merupakan penggerak utama, sehingga mengakibatkan tidak optimalnya kinerja sistem penggerak [4]. Maka untuk mendapat putaran mesin yang stabil pada saat mengakukan pengelasan dan motor tidak mengalami beban kejut pada motor listrik Yohanes dan E.Siregar. (2017) melakukan penelitian studi experimental pengaruh penambahan *flywheel* pada sistem penggerak mesin las gesek *rotary* terhadap hasil pengelasan yang bertujuan untuk mendapatkan putaran mesin yang stabil pada saat mealkukan pengelasan [5].

Selanjutnya Sandri, D. E. dan Yohanes (2018) melakukan penelitian studi eksperimental pengaruh penambahan *flywheel* pada sistem penggerak mesin las gesek *rotary* terhadap hasil pengelasan material *mild steel* dengan *stainless steel* 201 [6]. Yang kemudian penelitian dilanjutkan oleh Yohanes dan M. Efriansyah. (2018) dengan memvariasikan sudut *champer forging* terhadap kekuatan pengelasan pada material *mild steel*. Pada penelitian ini di dapatlah berapa daya elektrik yang terjadi pada saat pengelasan berlangsung baik itu pada fase awal hingga fase tempa yang dapat di baca pada *arduinouno* yang di hubungkan pada komputer. Tapi pada penelitan ini hanya di dapatkan daya elektrik [7]. Pada tahun 2019 penelitian di lanjutkan pada tugas akhir M.Rahdiyati Alqobli dengan topik pengembangan dinamometer berbasis *strain gauge tipe four stalk*

untuk mengukur daya penggerak mesin *rotary friction welding* [1], untuk melanjutkan penelitian mengukur daya mekanik yang terjadi pada sebelum pengelasan, saat pengelasan dan sesudah proses pengelasan dengan menggunakan batang regang yang di pasang sensor *strain gauge* kemudian di pasang sebagai dudukan motor hasil pembacaan di tampilkan pada computer atau *LCD*.

Akan tetapi dari penelitian yang telah dilakukan masih perlu pengembangan untuk metode pengukuran daya mekanik pada mesin *rotary friction welding*, dimana penelitian sebelumnya hanya melakukan pengukuran yang terkhusus pada motor yang merupakan penggerak dari *rotary friction welding*, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengukur daya mekanik yang melibatkan semua sistem yang terkait baik itu motor, dudukan, dan *fly wheel*, sensor dipasang pada *iron holder belt* yang berfungsi sebagai batang regang yang mana besar regangan yang terbaca pada sensor *strain gauge* akan di tampilkan pada *computer* atau *LCD*, yang kemudian membandingkan hasil pengukuran dari daya mekanik yang telah di dapat dengan daya elektrik dari motor, untuk dapat di ketahui berapa daya yang sebenarnya di hasil oleh motor penggerak mesin las *rotary*.

2. Metodologi

Dalam penelitian ini pengukuran daya mekanik dilakukan dengan menggunakan alat *Rotary friction welding*. Proses pengukuran daya mekanik menggunakan program untuk pembacaan daya pada saat proses pengelasan berlangsung.

2.1 Rotary Friction Welding

Pengelasan gesek atau *rotary friction welding* adalah pengelasan *solid-state* tanpa menggunakan logam pengisi dengan menggunakan metode tekanan dimana dua benda kerja yang akan disambung ditempatkan dalam kontak dan diatur gerakan relatif dalam tekanan, maka gesekan akan membangkitkan panas disekitar permukaan kontak, ketika sudah mencapai temperatur tempa maka diberikan tekanan tempa [8]. Mesin *rotary friction welding* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Rotary friction welding*

2.2 Pengukuran Parameter Gaya

Pengukuran parameter gaya yang bekerja pada saat proses pengelasan, dalam hal ini di hitung semua parameter yang mempengaruhi gaya yang bekerja pada saat pengelasan berupa torsi, beban, kecepatan, gaya tarik sabuk (*V-belt*) untuk di dapatkan data yang akan di masukkan pada tahap simulasi, untuk mengetahui pemilihan desain yang pas digunakan sebagai batang regang. Jumlah tenaga yang ditransmisikan tergantung dari beberapa factor, kecepatan pada sabuk, kekencangan sabuk pada puli, hubungan antara sabuk dan puli kecil, dan kondisi pemakaian sabuk [9]. Penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut.

Daya motor yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan berikut [9].

$$P = T \cdot \omega \quad (1)$$

Dengan menghitung torsi dengan persamaan berikut[9].

$$T = \frac{P}{n} \quad (2)$$

Sedangkan untuk menghitung kecepatan sudut menggunakan substitusi persamaan berikut [9].

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (3)$$

Keliling sabuk merupakan panjang total dari sabuk, dimana untuk menentukan harganya dapat di hitung dengan persamaan berikut [9].

$$L = 2c + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4c}(D_p + d_p)^2 \quad (4)$$

Untuk jarak poros (*c*) dapat di nyatakan dengan persamaan berikut [9].

$$c = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \quad (5)$$

$$b = 2L - 3,14(D_p - d_p) \quad (6)$$

Untuk mendapatkan sudut kontak puli dapat dihitng dengan menggunakan persamaan [9].

$$F_c = \frac{Wx v^2}{g} \quad (7)$$

Untuk gaya tarik sabuk pada sisi kembang (F_a) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [9].

$$F_a = \sigma x A_{sabuk} - F_c \quad (8)$$

Gaya tarikan sisi kendor dari sabuk (F_b) dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut [9].

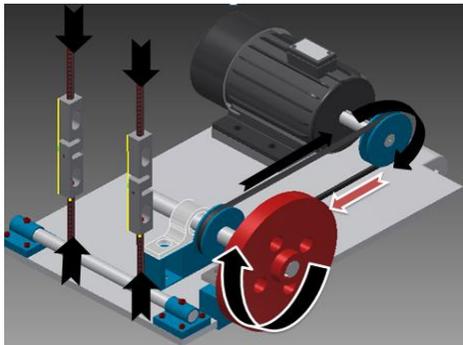
$$F_b = \frac{F_a}{c \pi \theta} \quad (9)$$

Besarnya gaya tarikan efektif dari sabuk F_c [9].

$$F_c = F_a + F_b \quad (10)$$

2.3 Konsep Pembebanan

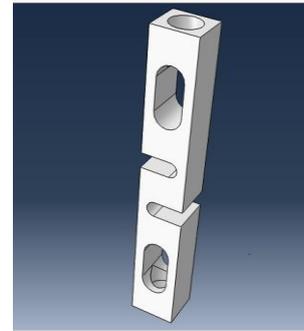
Pada tahap pembebanan *strain gauge* ini, batang regang di pasang sebagai batang pengungkit, pada saat motor listrik berputar, maka akan terjadi tarikan pada *V-belt* maka pada batang pengungkit yang menghubungkan kedudukan penggerak dengan penjepit spesimen (*chuck*) akan mengalami tekan tarik, maka *strain gauge* sebagai batang sensor harus mampu membaca gaya yang terjadi pada *iron holder belt* akibat gaya tarik *v-belt*, konsep pembebanan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsep pembebanan

2.4 Desain dan Pemilihan material

Adapun desain batang regang berdasarkan bentuk dari batang regang yang mampu membaca regangan yang terjadi pada saat pengelasan dan mampu menahan berat dari kedudukan penggerak *mesin las rotary*. Dengan dimensi batang regang *strain gauge* yaitu panjang batang 200 mm, lebar 30 mm, tebal 26mm, untuk area pembebanan batang *strain gauge* memiliki ketebalan 5 mm, diameter baut penghubung dengan ulir 17,5 mm. Desain batang regang dapat dilihat pada Gambar 3. berikut.

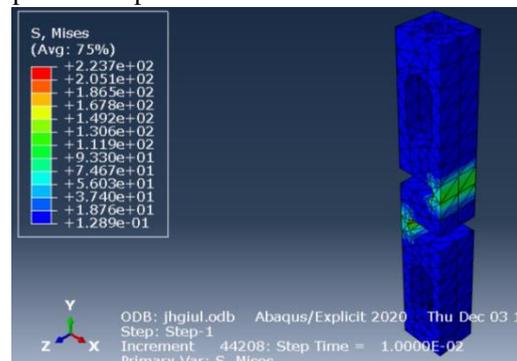


Gambar 3. Desain batang regang

Pemilihan material adalah suatu komponen yang penting dalam penelitian ini. Pemilihan material ini berdasarkan kebutuhan dinamometer yang akan dibuat. Batang regang yang akan dibuat harus memiliki sifat tidak terlalu kaku dan juga tidak terlalu lentur. Dalam pemilihan material digunakan suatu metode tabel *digital logic*, *digital logic* adalah metode yang memberikan penilaian, keputusan dan kandidat material yang akan dipilih, setelah dilakukan pemilihan material yang digunakan untuk batang regang yaitu *Aluminium 6061*.

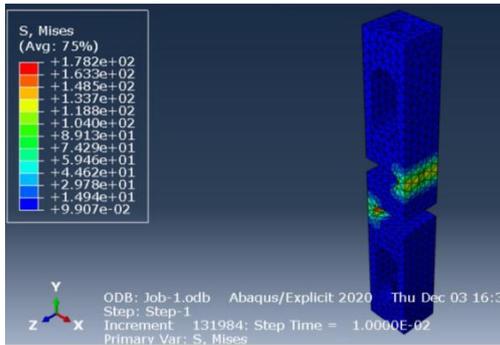
2.5 Simulasi

Simulasi untuk batang regang *strain gauge* dengan menggunakan aplikasi *software abaqus*, Setelah ditentukan beberapa bentuk desain dari batang regang *strain gauge* dan di dapat parameter-parameter gaya yang mempengaruhi terjadinya gaya pada saat proses pengelasan, maka di lakukan simulasi atau ujicoba dengan menggunakan *software* untuk untuk melihat pengaruh gaya pada batang regang [10]. Hasil simulasi batang regang dapat di lihat pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4. Simulasi tanpa strain gauge

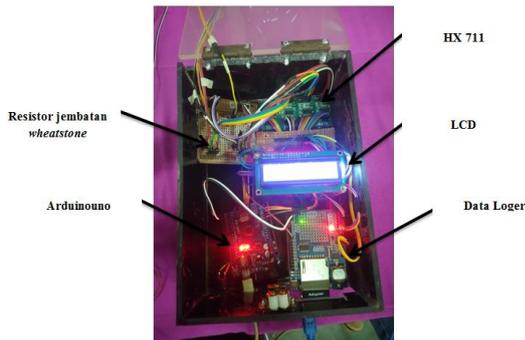
Untuk hasil simulasi pada batang regangan dengan tambahan *strain gauge* dapat dilihat pada gambar 5. berikut.



Gambar 5. Simulasi dengan *strain gauge*

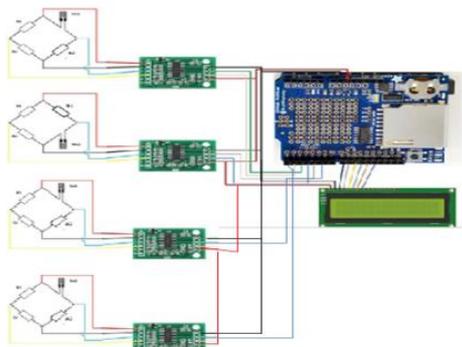
2.6 Pembuatan rangkaian elektrik

Rangkaian elektrik merupakan jalur komunikasi dari nilai perubahan tahanan sensor *strain gauge* menjadi angka digital pada komputer, dapat di lihat pada Gambar 6. sebagai berikut.



Gambar 6. Rangkaian elektrik

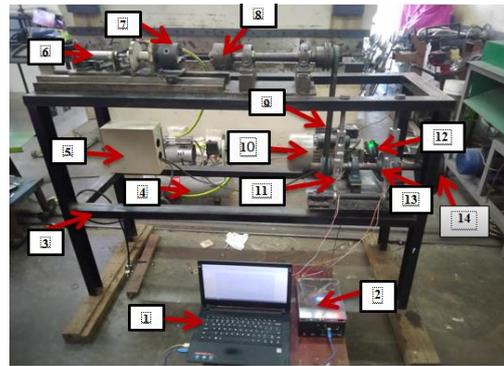
Untuk Jembatan *wheatstone* yang digunakan Pada penelitian ini menggunakan 4 sensor *strain gauge* jadi menggunakan 4 buah jembatan *wheatstone*, karena setiap jembatan *wheatstone* digunakan untuk 1 sensor, seperti pada Gambar 7. berikut.



Gambar 7. Jembatan *wheatstone*

2.7 Set Up pengujian

Untuk set up pengujian dapat di lihat dalam Gambar 8. berikut.



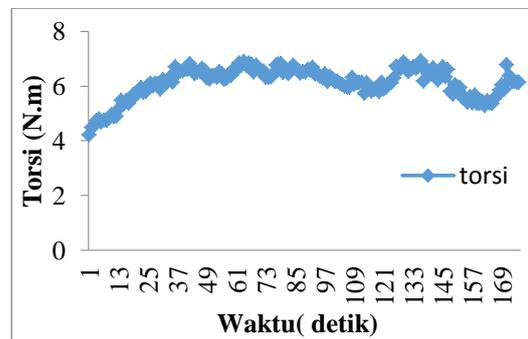
Keterangan:

- 1) Laptop
- 2) Komponen Elektrik
- 3) Rangka *rotary friction welding*
- 4) Kompresor
- 5) *Control Unit*
- 6) *Pneumatic System*
- 7) *Chuck* diam
- 8) *Chuck* berputar
- 9) *V-belt vertical*
- 10) Motor listrik
- 11) batang regang
- 12) sensor *optocoupler*
- 13) *v-belt horizontal*
- 14) *fly wheel*

Gambar 8. *Set up* Pengujian

3. Hasil

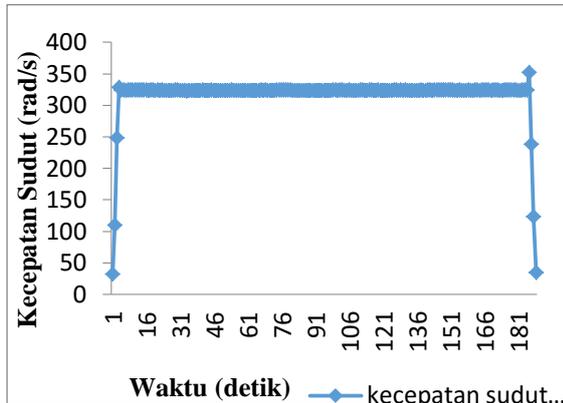
Hasil akhir yang di peroleh dari penelitian ini yaitu dengan mengetahui daya mekanik motor maka di dapat daya efektif dari motor sehingga dapat menentukan kelayakan dari motor penggerak yang di gunakan, Setelah dilakukan pengambilan data, maka didapatkan hasil pengukuran seperti Gambar 9. bawah ini.



Gambar 9. Grafik torsi vs waktu

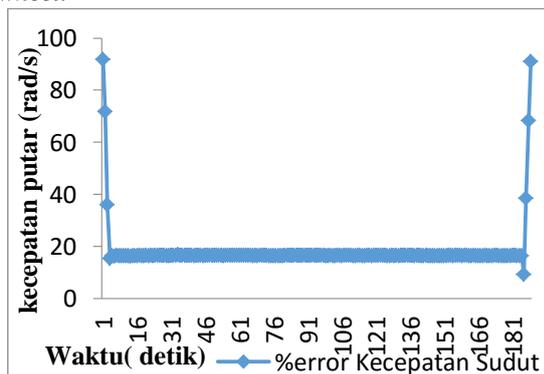
Dapat dilihat pada Gambar 9. grafik torsi vs waktu bahwa nilai torsi motor dari putaran awal motor dihidupkan selama 7 detik sampai proses pengelasan sampai detik terakhir yaitu tahap pengelasan mengalami peningkatan. Pada tahap pengambilan data telah disebutkan bahwa dilakukan 4 tahap pengelasan yaitu 8 detik putaran awal motor, 8 detik putaran konstan pengelasan dengan pemberian tekanan *pneumatic* 2 bar, serta

tahap gesek dengan pemberian tekanan *pneumatic* 4 bar, dan tahap akhir yaitu tahap *forging* dengan pemberian tekanan *pneumatic* 6 bar. Jadi semakin besar tekanan *pneumatic* yang diberikan pada pengelasan *rotary*, maka motor penggerak mesin las *rotary* akan memiliki nilai torsi yang besar.



Gambar 10. Grafik kecepatan sudut vs waktu

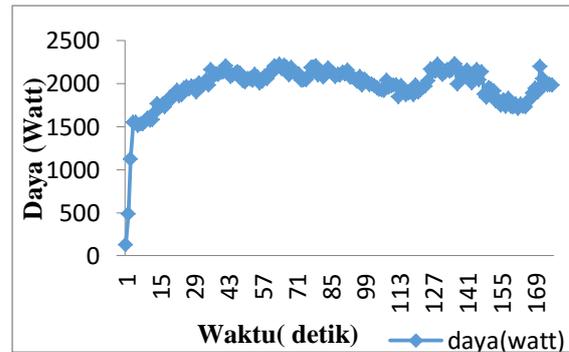
Sedangkan untuk kecepatan sudut motor, dapat dilihat pada Gambar 10. ditampilkan grafik dari perhitungan kecepatan sudut banding waktu. Kecepatan motor bertambah pada detik pertama menandakan motor hidup sampai keadaan stabil 324.31 rad/s, ketika di beri tekanan kecepatan motor menurun menjadi 323.13 rad/s, selama pengelasan kecepatan motor terbilang konstan, pada saat *forging* 351.4 rad/s terjadi pada saat motor akan dimatikan dan putaran di pengaruhi oleh *fly wheel*.



Gambar 11. Grafik error kecepatan sudut vs waktu

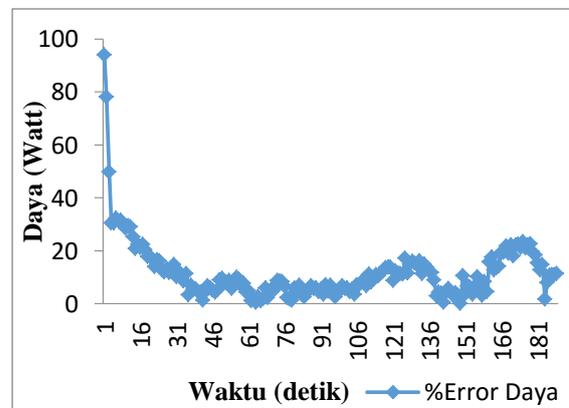
Dalam menghitung perbandingan error kecepatan terhadap waktu seperti pada Gambar 11. Grafik kecepatan sudut motor diukur dengan bantuan roda cacah dan sensor *optocoupler*. Jika kecepatan putar efektif motor yang digunakan yaitu 3770.1 rpm atau 394,72 rad/s, maka diperlukan penentuan perbedaan nilai atau *%Error* nilai kecepatan sudut terukur selama pengelasan dengan nilai kecepatan sudut efektif motor yang digunakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\%Error \omega = \left[\frac{\omega_{efektif} - \omega_{terukur}}{\omega_{efektif}} \right] \times 100\% \quad (11)$$



Gambar 12. Grafik daya vs waktu

Pada Gambar 12. ditampilkan grafik perhitungan daya banding waktu. sama halnya dengan kondisi torsi, bahwa daya saat putaran awal sampai tahap akhir pengelasan nilainya meningkat. Dapat diartikan bahwa semakin besar tekanan *pneumatic* yang diberikan saat pengelasan maka daya yang terukur juga semakin besar. Nilai daya terbesar yang terukur yaitu sebesar 2223.5 Watt pada proses *forging*, dan nilai daya terkecil yang terukur yaitu sebesar 132.2 Watt di detik pertama putaran awal motor.



Gambar 13. Grafik error daya vs waktu

Untuk pengukuran error daya vs waktu pada gambar 13. maka didapat daya efektif motor yang digunakan yaitu 3 Hp atau 2237.1 Watt, maka diperlukan penentuan perbedaan nilai atau *%Error* daya terukur selama pengelasan dengan daya efektif motor yang digunakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\%Error P = \left[\frac{P_{efektif} - P_{terukur}}{P_{efektif}} \right] \times 100\% \quad (12)$$

Nilai *%Error P* terbesar yang terukur terjadi pada putaran awal di detik pertama sebesar 94.09%. *%Error P* pada detik pertama putaran awal dikarenakan putaran belum stabil dan *%Error P* dikarenakan lainnya yaitu saat *forging* sebesar 23.49%, karena pada fase ini tekanan pada benda yang tinggi.

4 Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapat beberapa simpulan.

- 1) Untuk pengukuran daya mekanik rotary friction welding, di dapatkan dari pembacaan regangan olen *strain gauge*, dan pengukuran kecepatan putar oleh sensor *optocoupler*.
- 2) Dimensi batang regang yang digunakan untuk menempelkan *strain gauge* adalah dengan dimensi panjang 200 mm, lebar 30 mm, tebal 27 mm, tebal area regangan 5 mm.
- 3) Untuk pemilihan *strain gauge* yang sesuai dengan batatang regang dilakukan simulasi untuk mengetahui regangan batang dengan memasukkan berat dudukan, *fly wheel*, dan motor di dapat hasil simulasi antara 118.8 μm dan 133.7 μm maka sensor *strain gauge* yang digunakan adalah *strain gauge* 120 ohm.
- 4) Semakin besar tekanan *pneumatic* yang diberikan saat pengelasan maka daya yang terukur juga semakin besar, Nilai daya terbesar yang terukur yaitu sebesar 2223.5 Watt pada proses *forging*, dan nilai daya terkecil yang terukur yaitu sebesar 132.2 Watt di detik pertama putaran awal motor.

5. Daftar Pustaka

- [1] Yohanes, Muhammad Rahdiyati Alqolbi, and Anita Susilawati. 2019. Pengembangan Dinamometer Berbasis *Strain Gauge* Dengan Batang Sensor Tipe *Four Square Stalk* Untuk Mengukur Daya Penggerak Mesin *Rotary Friction Welding*. Vol.15 No.1.
- [2] Khan, M.A dan Alhadi, R. 2013. Perancangan Dan Pembuatan Mesin Las Gesek Rotari. *Skripsi*. Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin Universitas Riau.
- [3] Ricky dan Yohanes. 2015. Redesign Alat Las Gesek Rotari dengan Pendekatan Fault Tree Analysis (FTA) dan Design for Manufacture and Assembly (DFMA). *Jom F-TEKNIK*. Vol 3.
- [4] 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.
- [5] Yohanes dan Erikson Siregar. 2018. *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Flywheel Pada Sistem Penggerak Mesin Las Gesek Rotari Terhadap Hasil Pengelasan*. *Journal of ocean, mechanical and aerospace-science and engineering*-vol.1.
- [6] Yohanes, dan D.E. Novianto. 2017. Pengembangan Dinamometer Menggunakan Sensor *Strain Gauge* Dengan Tipe Batang Regang Single bar Untuk Mengukur Gaya Pemotongan Pada Mesin Bubut. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering*. Vol 1:1-3.
- [7] Yohanes, dan M. Efriansyah. 2018. Influence of Flywheel for Drive System of Rotary Friction Welding and Chamfer Angle Variations Forging to Welding Strength. *Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering*-.Vol5. No1.
- [8] Prasetyono, S dan Subiyanto. H. 2012. Pengaruh Durasi Gesek, Tekanan Gesek Dan Tekanan Tempa Terhadap *Impact Strength* Sambungan Lasan Gesek Langsung Pada Baja Karbon Aisi 1045. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. Vol. 1, No. 1, 1-5.
- [9] Sularso, dan Suga, K. 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT.Pradnya Paramita.
- [10] Li, Wenya., 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.