

STUDI PERFORMANSI LAS GESEK ROTARY PADA PENYAMBUNGAN MILD STEEL DENGAN STAINLESS STEEL 201

Kurniawan Rasyid¹, Yohanes²

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293
Kurniawan.rasyid0685@student.unri.ac.id, Yohanes@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Friction welding is a type of solid state welding with high quality results from two components that are similar or different so that it attracts a lot of attention. With phenomena that occur during welding, the finite element method becomes a very appropriate method to be developed in this welding process. In appropriate and easily simplified settings, this method is simulated in Finite Element Method based applications. Based on previous observations and research, the right time to provide forging loads on welding is very difficult to determine. For that we need to do a simulation before doing welding so that we can get a picture to do welding with good results, and with this simulation it is also expected to be able to know the temperature propagation in the specimen against the welding time.

Keywords : Friction Welding, Simulasi, Finite Element, Dissimilar Material, Timing of Diffusion.

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 *axial* dengan jarak yang *relatif* sangat pendek. Penyambungan terjadi ketika permukaan permukaan mencapai temperatur di bawah temperatur cair. Pengelasan terjadi akibat pengaruh tekanan pada pencampuran logam *plastis* dan *mekanisme difusi*.

Yohanes dan Erikson (2018) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan *flywheel* pada sistem penggerak las gesek *rotary* terhadap kekuatan baja *mild steel*, selanjutnya Yohanes dan M. Efriansyah (2018) melakukan penelitian penambahan *flywheel* pada sistem penggerak las gesek *rotary* dan variasi sudut *chamfer forging* terhadap kekuatan pengelasan dengan tujuan untuk mengoptimalkan hasil pengelasan pada las gesek *rotary* tersebut.

Menurut Tiwan, keberhasilan las gesek dipengaruhi oleh lima faktor, yang berhubungan dengan sifat material dan kondisi kerja. Adapun kelima faktor tersebut yaitu (Tiwan dan A. Ardian, 2005).

- 1) Kecepatan relatif antar permukaan.
- 2) Tekanan yang dikenakan.
- 3) Temperatur yang terbentuk pada permukaan.
- 4) Sifat bulk dari material.
- 5) Kondisi permukaan dan kehadiran lapisan tipis pada permukaan.

Beberapa kelebihan dari *friction welding* ini adalah penghematan material, menggunakan waktu yang cepat untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda. Sedangkan parameter proses yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar (Imawan, B. 2003).

2. Metodologi

Pada pengujian ini, simulasi seharusnya dilakukan pada tool *static structure* dan *transient thermal*. Keterbatasan pada aplikasi ini mengakibatkan simulasi dengan menggunakan tool *static structure* tidak bisa dijalankan dengan baik, untuk itu harus digunakan metode perhitungan untuk mengatasinya.

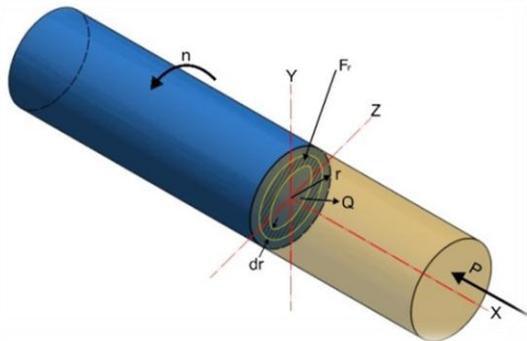
Adanya data *publish* yang didapat pada penelitian Devid Vio Sandri, maka digunakanlah metode perhitungan untuk mengatasi simulasi *static structure* yang tidak dapat digunakan. Dengan metode perhitungan ini maka didapat nilai *heat generation* yang akan digunakan selanjutnya pada tool *transient thermal*.

Untuk setiap siklus termodinamika, hukum pertama termodinamika menunjukkan bahwa integral siklik (*cyclic integral*) dari kerja adalah sama dengan integral siklik panas, atau

$$\oint \delta W = \oint \delta Q$$

Ini berarti bahwa kerja *netto* yang ditransfer dari siklus (ditandai sebagai kerja positif) adalah sama dengan panas total yang diberikan ke siklus (ditandai sebagai aliran panas positif) (Culp, A.W. 1996).

Pada penelitian ini, panas ditimbulkan oleh adanya kerja yang terjadi akibat gesekan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Gaya yang bekerja pada pengelasan gesek *rotary*

Dari Gambar 1 dijelaskan bahwa adanya satu material yang berputar dan material yang lain diam dan diberikan ditekan secara *axial* (*p*) dari sumbu *x* yang mengakibatkan gesekan dipermukaan kedua material tersebut.

Gesekan yang terjadi mengakibatkan timbulnya panas yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu luas permukaan gesek, koefisien gesek *kinetic*, kecepatan sudut, dan tekanan yang diberikan saat kedua material bergesekan.

Perpindahan panas yang digambarkan secara matematik ke dalam sebuah persamaan dari Gambar 1 maka dapat ditarik sebuah persamaan yang menunjukkan nilai *heat generation differential* terhadap luas permukaan yang bekerja pada pengelasan ini.

$$dW = dF_r(v_r) = 2\mu \cdot \pi \cdot p \cdot \omega \cdot R^2 dR \quad (1)$$

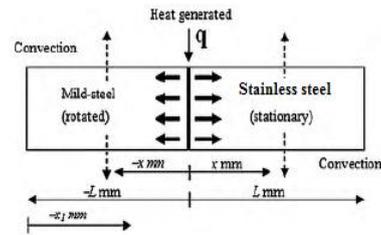
dengan mengintegrasikan persamaan (1) terhadap jarak yang bekerja pada permukaan model yang bergesekan maka didapat persamaan berikut.

$$W = \int_0^R 2\mu \cdot \pi \cdot p \cdot \omega \cdot R^2 dR = 2/3 \mu \cdot \pi \cdot R^3 \cdot p \cdot \omega \quad (2)$$

Keterangan:

- W = Heat generation (watt)
- F_r = Gaya gesek (N)
- v_r = Kecepatan linier (m/s)
- μ = Koefisien *kinetic*
- p = Tekanan (Pa)
- ω = Kecepatan sudut (rad/s)
- R = Diameter (m)

Dari *heat generation* yang bekerja pada model pada saat pengelasan maka perpindahan panasnya dapat diskemakan dalam perpindahan panas sepanjang jarak model yaitu sumbu *x* yang disketsakan pada Gambar 2.



Gambar 2 Sketsa aliran panas (Seli, H 2010)

$$\frac{dT}{dt} + u \frac{dT}{dx} = \alpha \frac{1}{\rho C_p} \frac{dT}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) - \frac{hP}{\rho C_p A} (T - T_o) + \dot{q}$$

$$\frac{dT}{dt} + u \frac{dT}{dx} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} - \beta (T - T_o) + \dot{q}$$

Dimana :

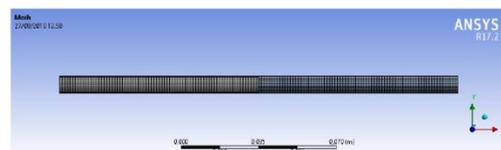
$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} \text{ dan } \beta = \frac{hP}{\rho C_p A}$$

Keterangan:

- T = Temperatur (°C)
- X = jarak pengelasan dari permukaan (m)
- T_o = Suhu sekitar pada batang (°C)
- C_p = Kapsitas panas spesifik (J/g °C)
- k = Konduktifitas thermal (W/mK)
- h = Koefisien konveksi
- t = Waktu (s)

Alur penelitian disampaikan dalam ini penjelasan secara rinci untuk menjelaskan tahap-tahap pada pelaksanaan simulasi :

- 1) Input yang dimasukkan kedalam aplikasi ini adalah propertis dari material yang digunakan pada pengelasan. Tahap input ini menunjukkan variabel apa saja yang dimasukkan dan menunjukkan angka yang diberikan adalah bilangan bulat (*real*) atau desimal (*integer*).
- 2) Bentuk dari model dibuat dulu dalam permodelan dalam aplikasi perancangan yang akan disimpan dengan format STAP14. Lalu *eksport* ke *Software CFD* pada *geometry*.



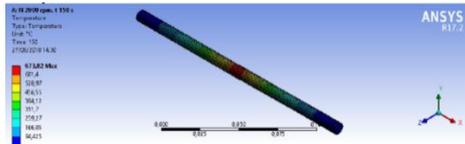
Gambar 3 Permodelan

- 3) Lalu buka *Software CFD* dan pilih perangkat *transient thermal*. Tahap awal adalah pilih spesimen lalu masukkan temperatur awal dari spesimen dan juga *heat flow* yang bekerja



Gambar 4 Input kondisi batas

- 4) Lalu kita lakukan literasi dari data dan kondisi batas yang telah dimasukkan pada tahap sebelumnya.
- 5) Hasil dari literasi ini didapatkan berupa tabel dan juga gambaran perambatan temperatur terhadap waktu.



Gambar 5 Output dari simulasi

3. Hasil

Hasil data dari pengujian ini didapatkan dengan penggunaan secara langsung pada saat pengujian eksperimental Devid Vio Sandri, perhitungan dan juga simulasi.

3.1 Data Proses Pengujian

Setelah pengujian yang telah dilakukan pada pengelasan sebelumnya dengan tekanan gesek 6 bar yang dilakukan pada model *mild steel* dan *stainless steel 201* diperoleh data sekunder (Sandri, Devid Vio 2018).

Tabel 1 Data pengujian eksperimental

No	Tekanan(Pa)	Putaran (rpm)	Kecepatan sudut (rad/s)	Durasi gesek Eksperimental(s)	Heat Generate (W)
1	600.000	2.892	302,696	77	110,95
2	600.000	2.884	301,859	93	110,64
3	600.000	2.880	301,44	90	110,49
4	600.000	2.880	301,44	93	110,49
5	600.000	2.890	302,487	91	110,87
6	600.000	2.900	303,533	87	111,26
7	600.000	2.898	303,324	87	111,18
8	600.000	2.907	304,266	85	111,52
9	600.000	2.893	302,801	89	110,99
10	600.000	2.888	302,277	89	110,8

Data yang didapat pada Tabel 1 adalah data dari hasil pengujian eksperimental yang didapat melalui pengukuran, pemberian perlakuan, dan juga hasil perhitungan.

mengetahui lamanya gesekan hingga mencapai temperatur *difusi* kedua material, pada material *mild steel* dan *stainless steel* titik difusinya terjadi pada 858°C yang merupakan titik yang tepat untuk penyambungan material ini yang dijelaskan pada Tabel 2.

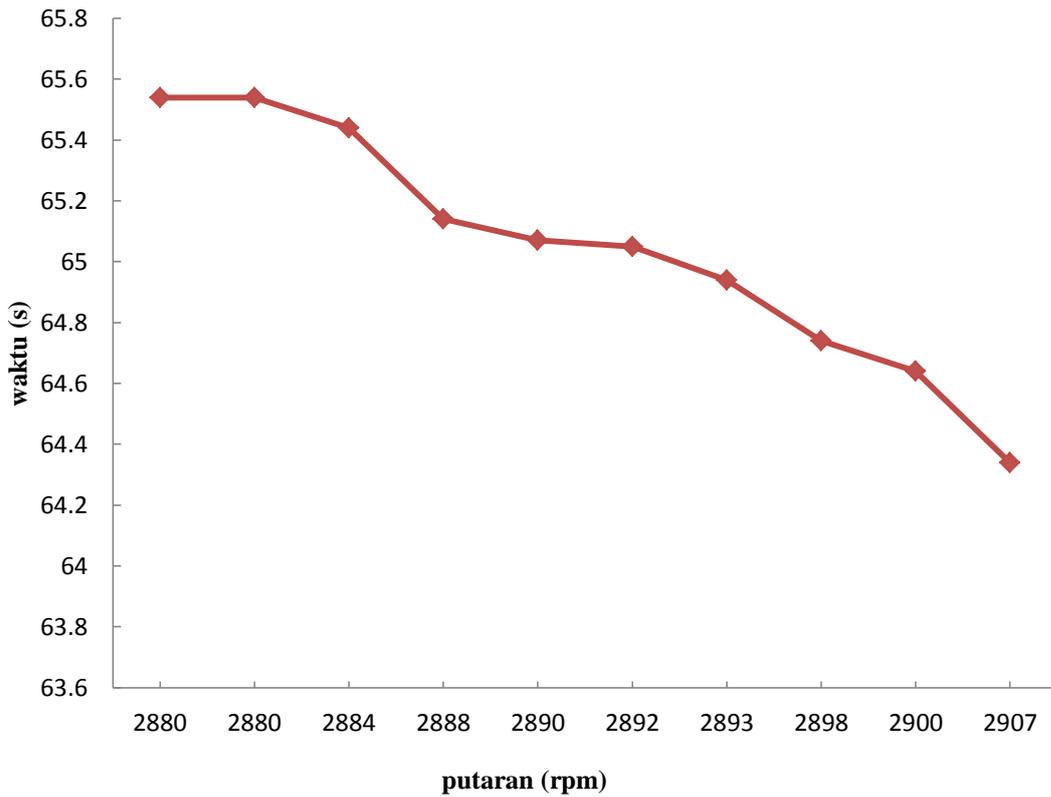
3.2 Durasi Gesek Melalui Simulasi

Dari parameter pengelasan maka didapat nilai *heat generate*, pada simulasi ini dimaksudkan untuk

Tabel 2 Waktu gesek eksperimental dan simulasi

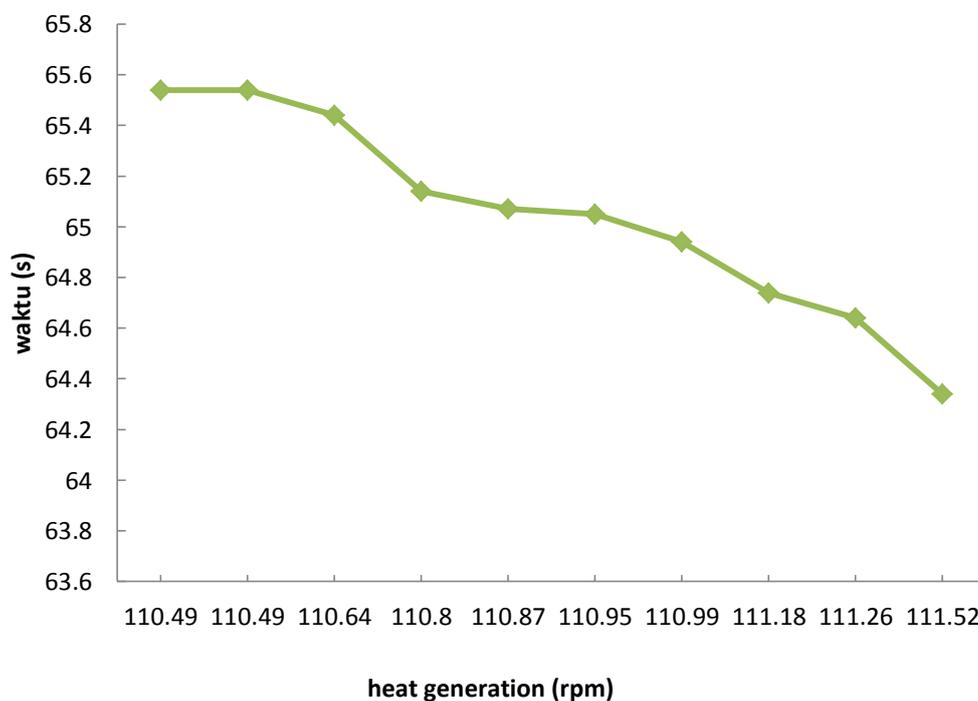
No	Tekanan(Pa)	Putaran (rpm)	Heat Generate (W)	Waktu		Δ Waktu
				Eksperimental	Simulasi	
1	600.000	2.892	110,95	77	65,07	11,93
2	600.000	2.884	110,64	93	65,44	27,56
3	600.000	2.880	110,49	90	65,54	24,46
4	600.000	2.880	110,49	93	65,54	27,46
5	600.000	2.890	110,87	91	65,05	25,95
6	600.000	2.900	111,26	87	64,64	22,36
7	600.000	2.898	111,18	87	64,74	22,26
8	600.000	2.907	111,52	85	64,34	20,66
9	600.000	2.893	110,99	89	64,94	24,06
10	600.000	2.888	110,8	89	65,14	23,86

Dari simulasi ini didapat durasi fase gesek pada simulasi terhadap nilai *heat generation* dan banyak putaran yang dijelaskan pada Gambar 6.



Gambar 6 Durasi gesek terhadap jumlah putaran

Kecepatan putaran mempengaruhi lamanya pengelasan yang terjadi melalui simulasi, Gambar 6 menunjukkan, semakin besar nilai putaran maka akan semakin sedikit waktu yang diperlukan untuk pengelasan begitu pula sebaliknya.



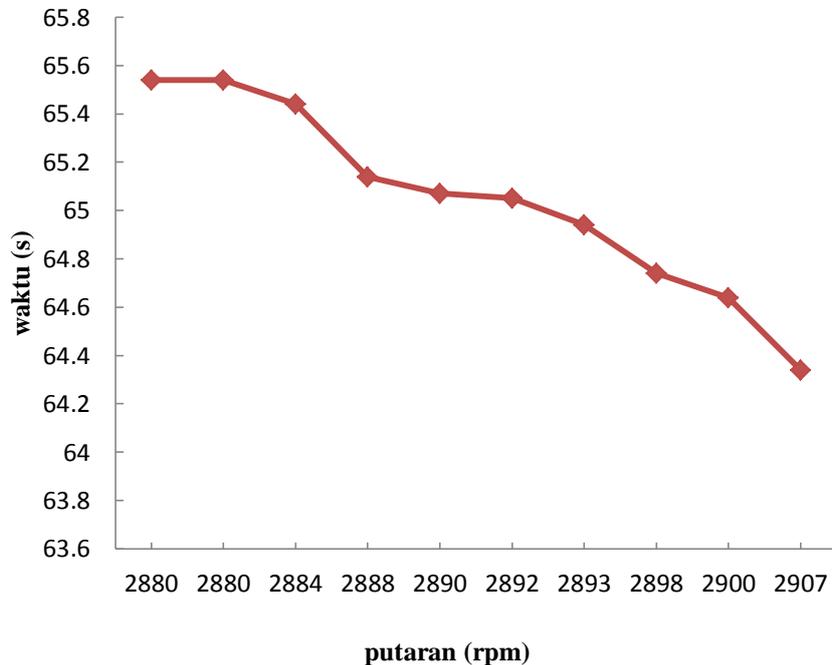
Gambar 7 Durasi fase gesek terhadap nilai *heat generation*

Heat generation mempengaruhi lamanya pengelasan yang terjadi melalui simulasi, Gambar 7 menunjukkan, semakin besar nilai *Heat generaion* maka akan semakin sedikit waktu yang perlukan untuk pengelasan begitu pula sebaliknya.

3.3 Data Hasil Simulasi

Data hasil perhitungan yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah *heat generate*, simulasi ini akan menunjukkan durasi yang terjadi untuk

mendapatkan temperatur difusi dari untuk disambungkan yakni sebesar 858 °C. Dari perhitungan yang dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa yang membedakan nilai *heat generate* pengujian satu dengan yang lain adalah jumlah putarannya karena hanya nilai putaran saja yang berbeda dari setiap percobaan yang dilakukan. Grafik berikut ini akan menunjukkan pengaruh kecepatan putaran terhadap durasi fase gesek terhadap pengujian.



Gambar 8 Durasi fase gesek terhadap putaran.

Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa besarnya nilai putaran berbanding terbalik, dengan besarnya nilai durasi fase gesek. Semakin besar nilai putaran maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan, begitu pula dengan sebaliknya.

3.4 Analisa Data

Dari simulasi yang dilakukan didapatkan durasi yang seharusnya digunakan pada saat melakukan

eksperimental, tetapi waktu tersebut terdapat perbedaan seperti yang digambarkan pada Gambar 8.

Perbedaan antara waktu dari pengujian diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu data berupa temperatur awal material dinyatakan dalam bentuk asumsi disaat melakukan simulasi, dan juga beberapa properties thermal material yang berbeda, karena kejelasan tentang tipe material juga tidak pasti. Untuk itu perbedaan tersebut dinyatakan dalam persentase *error* pengujian dan simulasi seperti pada Tabel 3.

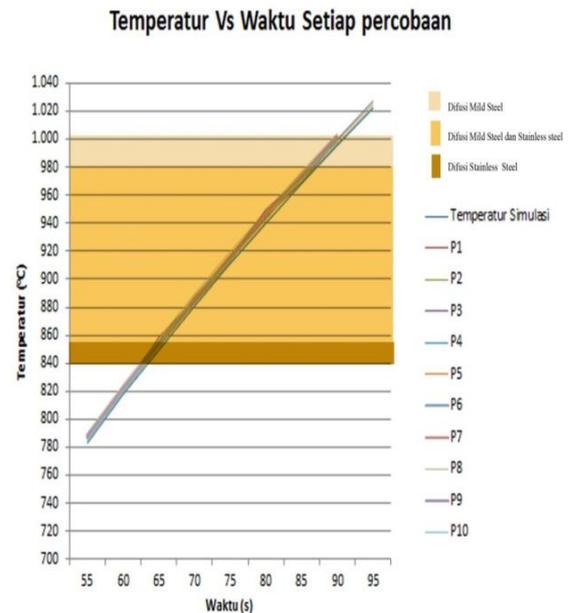
Tabel 3 Persentase error waktu *eksperimental* dan simulasi.

waktu pengujian	waktu simulasi	%error
77	65,07	15,5
93	65,44	29,6
90	65,54	27,2
93	65,54	29,5
91	65,05	28,5
87	64,64	25,7
87	64,74	25,6
85	64,34	24,3
89	64,94	27,0
89	65,14	26,8

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa perbedaan waktu yang didapat adalah sebesar 15,5% - 29,6% . persentase *error* dari percobaan tersebut tidak seragam dikarenakan temperatur yang terjadi saat pengelasan tidak dikehui sehingga, timbulnya percikan saat pengelasan dianggap sebagai titik *difusi* yang tepat untuk melakukan pembebanan *forging*, sehingga perbandingan yang dilakukan berupa perbandingan antara data *numeric* dengan data *asumsi*.

Maka dari penelitian yang dilaksanakan ini, dapat dikehui bahwa nilai *persentase error* yang paling mendekati keadaan *ideal* adalah percobaan 1 yaitu 15%, dengan kecepatan putaran 2.892 rpm, dan durasi fase gesek yang dapat digunakan untuk pengelasan berdasarkan penelitian ini adalah 65,07.

Percobaan eksperimental yang telah dilakukan termasuk kategori pengelasan yang cukup baik juga, karena masih berada pada situasi pembebanan dan tidak ada dari material yang telah mencapai temperatur leburnya.



Gambar 9 Temperatur Vs Percobaan

Gambar 9 menunjukkan bahwa beberapa pengelasan eksperimental yang telah dilakukan oleh Devid Vio Sandri, penempatan *forging* yang diberikan masih berada pada temperatur ideal pengelasan yaitu pada percobaan 1 dan 7, seperti yang dijelaskan pada tabel 4 ini.

Tabel 4 Temperatur pada waktu percobaan

No percobaan	Waktu	Temperatur
1	77	926
2	93	1.012
3	90	995,92
4	93	1.011,5
5	91	1.004,3
6	87	985,89
7	87	985,2
8	85	977,02
9	89	994,5
10	89	993,3

Temperatur ideal pengelasan berada pada temperatur 858 °C – 980 °C, pada percobaan eksperimental yang telah dilakukan oleh Devid Vio Sandri percobaan 1 dan 7 masih berada pada temperatur ideal pengelasan, sedangkan percobaan yang lainnya masih dikategorikan pengelasan yang baik tapi tidak ideal, karena pengelasan dilakukan diatas temperatur ideal tpi tidak melebihi titik lebur material.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan seperti berikut.

- 1) Penelitian ini menunjukkan bahwa persentase *error* antara durasi fase gesek simulasi dan eksperimental adalah 15%
- 2) Fase gesek pada penyambungan logam *mild steel* dan *stainless steel* adalah 65,05 detik.

- 3) Temperatur untuk pembebanan *forging* pada penyambungan logam *mild steel* dan *stainless steel* adalah 858 °C.

5. Daftar Pustaka

- Archie W. Culp Jc dan Darwin Sitompul. 1991. *Prinsip - prinsip Konversi Energi*. Jakarta:Erlangga.
- Imawan, B. Irawawan, Y. S dan Soenoko, R, 2003. "Pengaruh Sudut *Chamfer* Dan Kekasaran Permukaan Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Gesek Al-Mg-Si". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Jurnal Mahasiswa Mesin. Volume V No: 021.8.1.04

Sandri, Devid Vio, dan Yohanes. 2018. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan *Flywheel* pada Sistem Penggerak Mesin Las Gesek *Rotary* Terhadap Hasil Pengelasan Material *Mild Steel* dengan *Stainless Steel* 201. *Journal Online Mahasiswa FTEKNIK* (5) 2018

Seli, Hazman., M. Zaky, A. Izani, E. Rachman. 2010. Characterization and thermal modelling of friction welded alumina–mild steel with the use of Al 1100 interlayer. *Journal of Alloys and Compounds* 506 703–709

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