

## PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK PADA SAMBUNGAN SILINDER PEJAL *STAINLESS STEEL* 304 DAN BAJA KARBON RENDAH ST 42 DENGAN METODE PENYAMBUNGAN *CONTINOUS DRIVE FRICTION WELDING* (CDFW)

Ridwan Adi Prasetyo <sup>a</sup>, Aris Widyo Nugroho <sup>b</sup>, Totok Suwanda <sup>c</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
 Jl. Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

Email: [ridwankips@gmail.com](mailto:ridwankips@gmail.com)

### Intisari

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metode dari pengelasan tekan. Las gesek menggunakan metode penyambungan dua material yang memanfaatkan panas dari gesekan antara dua permukaan material. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro, nilai kekerasan dan kekuatan tarik dari sambungan material. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder pejal *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder pejal *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi waktu gesek 3 detik, 6 detik, 9 detik dan 12 detik. Putaran mesin las gesek yang digunakan sebesar 1000 rpm. Tekanan gesek yang digunakan sebesar 30 MPa dan tekanan *upset* sebesar 60 MPa. Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian struktur mikro, pengujian nilai kekerasan dan pengujian kekuatan tarik.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, semakin meningkatnya waktu gesek yang diberikan maka butiran stuktur mikro semakin rapat sehingga nilai kekerasannya pun bertambah, sedangkan semakin lama waktu gesek maka nilai kekuatan tarik semakin menurun. Hasil nilai kekerasan tertinggi terdapat pada sambungan variasi waktu gesek 12 detik sebesar 302.8 VHN, nilai kekerasan terendah terdapat pada sambungan variasi waktu gesek 3 detik sebesar 167.9 VHN. Hasil kekuatan tarik tertinggi terdapat pada sambungan variasi waktu gesek 3 detik sebesar 566.235 MPa, nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada sambungan variasi waktu 9 detik sebesar 289.394 MPa.

**Kata kunci:** Pengelasan gesek, *stainless steel* 304, baja karbon rendah ST 42, struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik.

### 1. Pendahuluan

*Stainless steel* atau biasa juga disebut baja tahan karat adalah logam yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari hari. Material ini dapat digunakan dalam berbagai bidang industri, material ini merupakan jenis logam baja yang sudah mengalami rangkaian proses sehingga memiliki sifat tahan karat. Pengelasan fusi biasanya digunakan untuk mengelas material jenis *stainless steel*. Pengelasan *stainless steel* juga dapat dilakukan dengan metode pengelasan *friction welding* yang mampu menyambungkan dua material dengan hasil pengelasan pada permukaan material dengan hasil yang rata dan juga menghasilkan HAZ yang pendek.

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan metode penyambungan dua material dengan cara salah satu material berputar dan yang lainnya diam, lalu pada material yang tidak berputar diberikan gaya aksial sehingga terjadi gesekan dengan material yang berputar. Penggunaan teknologi las gesek sudah banyak dilakukan karena cara melakukannya yang relatif lebih mudah

dibandingkan metode pengelasan yang lainnya. Keuntungan pengelasan gesek yaitu tidak membutuhkan logam pengisi, sambungan kuat dan waktu yang dibutuhkan singkat.

Sathya dkk (2005), melakukan penelitian tentang pengelasan gesek dua buah material *stainless steel* 304. Parameter yang digunakan tekanan gesek (1,5 dan 2,0 MPa), waktu gesek (3,5,8 detik), tekanan upset (4,0 dan 4,5 MPa) dan waktu upset (3,5,7 detik). Sampel diuji dengan uji tarik dan kekerasan. Hasil penelitian menjelaskan hasil kekuatan tarik menurun dengan semakin lama waktu gesek, sedangkan nilai kekerasan semakin naik dengan semakin lama waktu gesek yang diberikan.

Husodo dkk (2013), melakukan penelitian tentang pengelasan gesek dua buah logam baja karbon ST 41 pada produk *back spring*. Parameter yang digunakan yaitu variasi waktu (35,45,55,66 detik) dengan putaran mesin 4215 rpm dan tekanan gesek 127,27 kg/cm<sup>2</sup>. Sampel diuji dengan uji tarik dan kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan hasil kekuatan tarik meningkat dan kemudian turun setelah mencapai nilai maksimum dengan semakin lama waktu gesek yang diberikan.

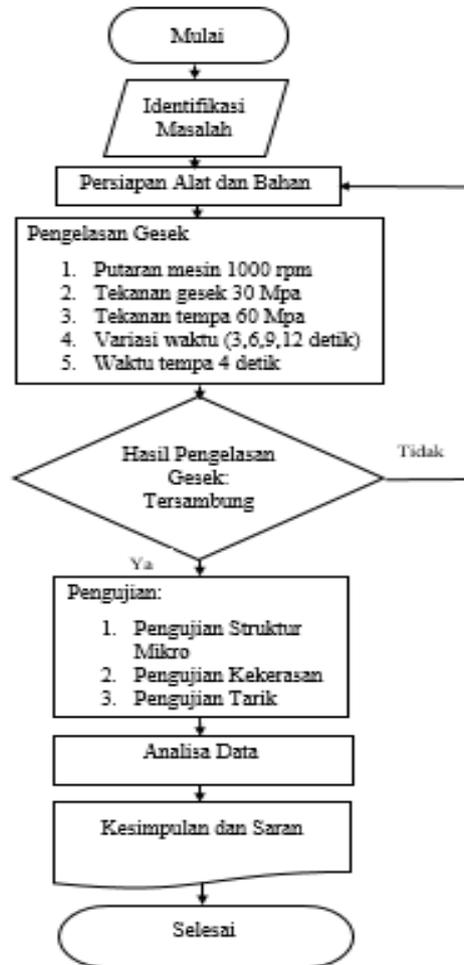
Laksono dan Sugiyanto (2014), melakukan penelitian tentang pengelasan gesek *disimilar* antara baja ST 60 dengan *stainless steel* 201. Parameter yang digunakan tekanan gesek (400-500 Psi), waktu gesek (10-15 detik), tekanan upset (600 Psi) dan waktu *upset* (2-3 detik) dengan putaran mesin 3350 rpm. Sampel diuji dengan uji tarik dan kekerasan. Hasil penelitian menjelaskan hasil kekuatan tarik dengan nilai terbaik pada parameter waktu gesek 10 detik.

Dari penelitian yang telah dilakukan, informasi tentang sifat mekanis pada pengelasan *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42 jarang dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik struktur mikro dan sifat mekanis pada sambungan silinder pejal *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42 dengan metode penyambungan pengelasan gesek.

## 2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder pejal *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42 dengan diameter awal 22 mm dan panjang 80 mm, kemudian di bubut menjadi diameter 20 mm dengan panjang 35 mm dan diameter 14 mm dengan panjang 30 mm. Parameter yang digunakan untuk acuan dalam penelitian pada pengelasan gesek (*friction welding*) dengan menggunakan variasi waktu gesek yaitu 3 detik, 6 detik, 9 detik dan 12 detik, sedangkan parameter lain yang digunakan bersifat konstan yaitu putaran mesin 1000 rpm, tekanan gesek 30 MPa dan tekanan *upset* 60 MPa.

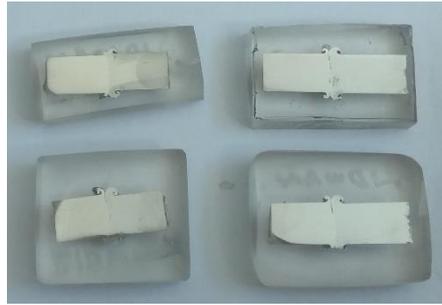
Proses pengelasan gesek dilakukan dengan memasang spesimen pada cekam diam dan cekam putar. Mesin pada cekam putar berputar dengan kecepatan 1000 rpm, tekanan gesek dan tekanan *upset* di atur dengan menggunakan *load cell* dan laptop dan diatur sebesar 30 MPa untuk tekanan gesek, 60 MPa untuk tekanan *upset*. Cekam diam diarahkan ke arah cekam putar dengan tekanan gesek yang telah di atur kemudian terjadi gesekan yang menimbulkan panas sehingga kedua material menyatu. Selanjutnya mengulangi proses tersebut dengan variasi 3 detik, 6 detik, 9 detik, 12 detik, setiap variasi waktu gesek dilakukan 4 kali penyambungan. Setelah proses pengelasan telah berhasil tersambung, maka spesimen dilakukan pengujian struktur mikro, nilai kekerasan dan kekuatan tarik setiap variasi waktu gesek.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### A. Pengujian Metallografi

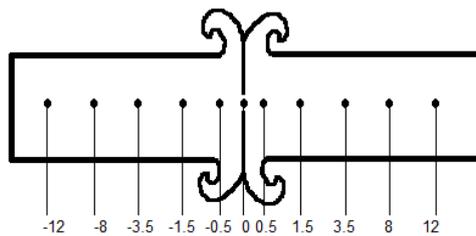
Pengujian metallografi dilakukan untuk mengetahui struktur mikro hasil penyambungan yang telah dilakukan dengan metode pengelasan gesek. Hasil dari pengujian metallografi kemudian dapat diteliti lebih lanjut mengenai struktur mikro logam yang telah disambungkan. Untuk membuat spesimen pengujian metallografi terdapat beberapa tahap, yaitu bahan yang sudah tersambung di potong menggunakan gergaji besi, kemudian hasil spesimen yang sudah dipotong dicetak dengan menggunakan resin dan katalis, setelah dicetak spesimen kemudian di amplas dengan menggunakan amplas seri 120,320,600,800,1000,2000 secara berurutan agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Proses pengamplasan dibantu dengan menggunakan air agar tidak terjadi panas yang berlebih sehingga struktur mikro spesimen tidak rusak. Setelah melewati proses pengamplasan spesimen dipoles menggunakan autosol dan dietsa menggunakan larutan kimia aquaregia dan HNO<sub>3</sub>,selanjutnya spesimen dilakukan pengujian metallografi dengan perbesaran 200x. Pengujian struktur mikro dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik D3 Teknik Mesin UGM dengan spesifikasi mesin merk Olympus dengan tipe mesin PME3-PU.



Gambar 2 Spesimen pengujian metallografi dan kekerasan

**A. Pengujian Kekerasan**

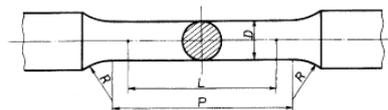
Spesimen pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 2, pengujian kekerasan ini menggunakan jenis kekerasan *vickers* (VHN). pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik D3 Teknik Mesin UGM dengan spesifikasi mesin merk Shimadzu dengan tipe mesin HMV-M3. Ada beberapa posisi titik pengujian *vickers* (VHN) yang dilakukan seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Posisi titik pengujian kekerasan (mm)

**B. Pengujian Tarik**

Hasil dari penyambungan dua buah material menyebabkan munculnya *flash* pada sambungan. *Flash* tersebut kemudian dihilangkan dengan melakukan proses pembubutan untuk membuat spesimen pengujian tarik sesuai dengan standar JIS Z 2201:1998. Pengujian tarik dilaksanakan di Laboratorium S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan spesifikasi mesin merk GOTECH dengan tipe mesin GT-7001-LC50, dan mesin uji tarik ini mempunyai kapasitas 5010 N/S/30380 V/50 HZ.



Unit : mm

Diameter <i>D</i>	Gauge length <i>L</i>	Parallel length <i>P</i>	Radius of fillet <i>R</i>
11.5	50	60 approx.	15 min.

Gambar 4. Standar ukuran pengujian tarik (*Modified: JIS Z 2201:1998*)



Gambar 5. Spesimen pengujian tarik sesuai standar JIS Z 2201:1998

### 3. Hasil dan Pembahasan

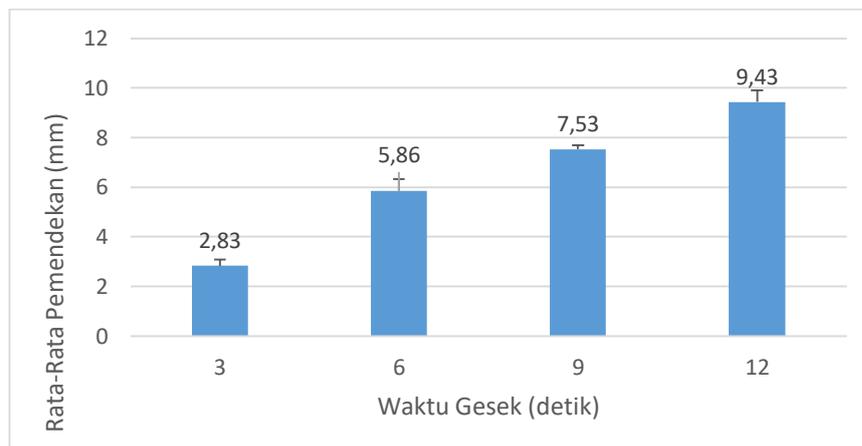
#### A. Hasil Pengelasan Gesek

Proses penyambungan dua buah material antara silinder pejal *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42 telah berhasil dilakukan. Hasil pengelasan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengelasan gesek silinder pejal *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42

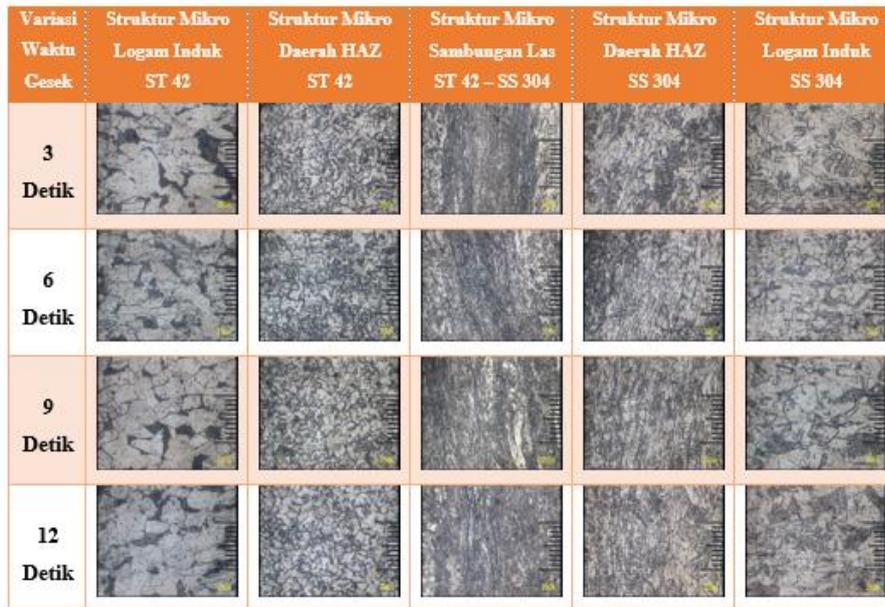
Pengelasan gesek ini menggunakan putaran mesin 1000 rpm, tekanan gesek 30 MPa, tekanan *upset* 60 MPa dan variasi waktu gesek 3 detik, 6 detik, 9 detik, 12 detik. Pada hasil penyambungan kedua bahan material menghasilkan *flash* pada sambungannya.



Gambar 7. Diagram Pemendekan Spesimen Hasil Pengelasan

#### B. Hasil Pengujian Metallografi

Pengujian metallografi bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat pada sambungan dua buah material. Pengujian ini menggunakan perbesaran 200x. Hasil pengujian metallografi dapat dilihat pada gambar 8.

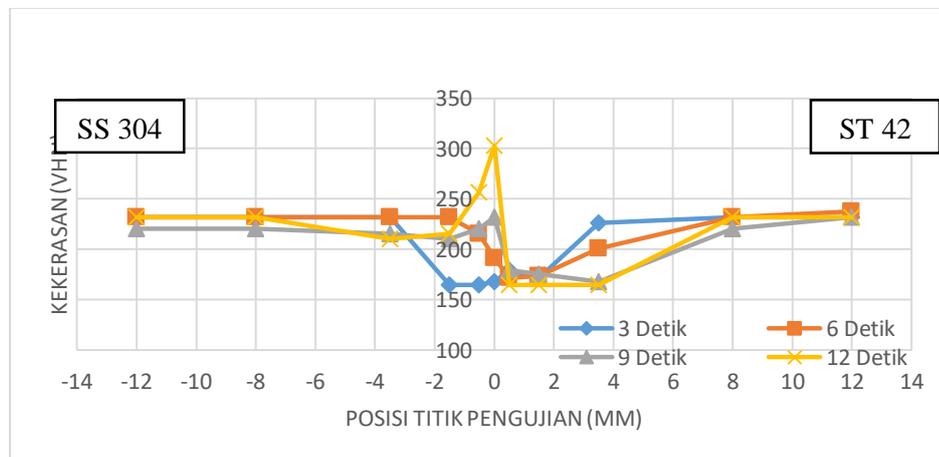


Gambar 8. Hasil pengujian struktur mikro pada pengelasan SS 304 dengan ST 42

Dari gambar 8 dapat dilihat, butiran struktur mikro pada sambungan di semua variasi waktu gesek terlihat lebih kecil dan lebih rapat di dibandingkan di bagian HAZ dan logam induk. Pada variasi waktu gesek 3 detik masih terlihat garis sambungan sehingga kedua material terlihat belum menyatu, sedangkan pada variasi waktu gesek 12 detik garis sambungan sudah tidak terlihat karena struktur mikro kedua material sudah menyatu satu dengan yang lainnya. Hal ini dapat disimpulkan semakin lama waktu gesek yang di berikan maka panas yang dihasilkan juga semakin tinggi sehingga butiran struktur mikro kedua material dapat menyatu. Nugroho dkk (2014), struktur mikro daerah las berfasa austenit berbutir kecil, daerah HAZ berfasa austenit lebih besar dan daerah *base metal* berbutir besar dengan fasa austenit.

**C. Hasil Pengujian Kekerasan**

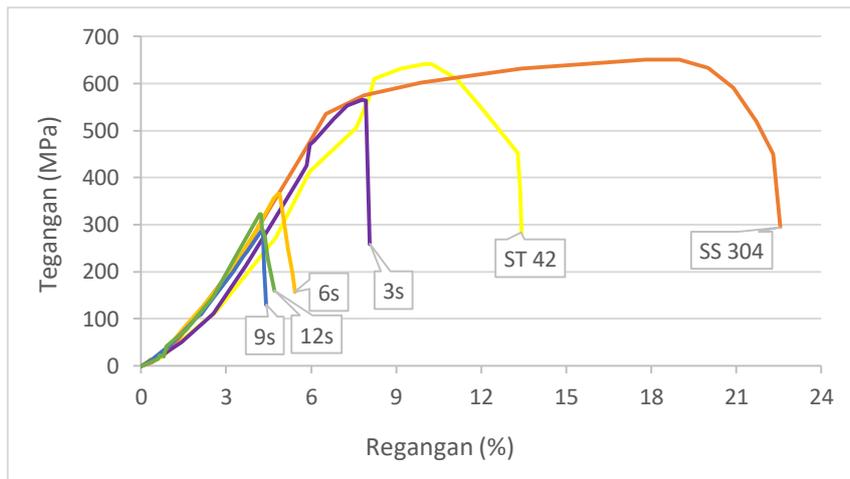
Pengujian ini menggunakan uji kekerasan *vickers*. Dalam pengujian kekerasan ini menggunakan beban sebesar 200 gf selama 5 detik. Hasil dari pengujian kekerasan vickers sambungan *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah dapat dilihat pada gambar 8. Agar mempermudah pembahasannya.



Gambar 9. Grafik hasil pengujian kekerasan *vickers*.

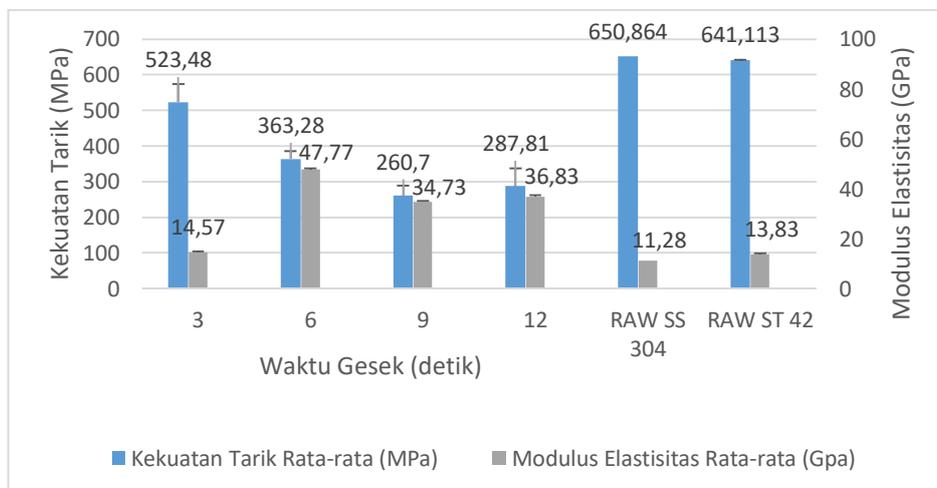
Dari gambar 9 dapat diamati bahwa hasil pengujian kekerasan pada daerah sambungan terus mengalami kenaikan semakin lamanya waktu gesek yang diberikan. Nilai kekerasan pada variasi waktu gesek 3 detik, 6 detik, 9 detik, 12 detik yaitu sebesar 167,9 VHN, 191,6 VHN, 231,8 VHN, 302,8 VHN. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu gesek maka tingkat panas yang dihasilkan juga semakin tinggi sehingga membuat struktur mikro menjadi lebih rapat dan juga meningkatkan nilai kegetasan pada sambungan las. Sathiya dkk (2005), hasil penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa semakin rendah waktu gesek yang diberikan maka semakin rendah juga nilai dari suatu kekerasan pada sambungannya.

**D. Hasil Pengujian Tarik**

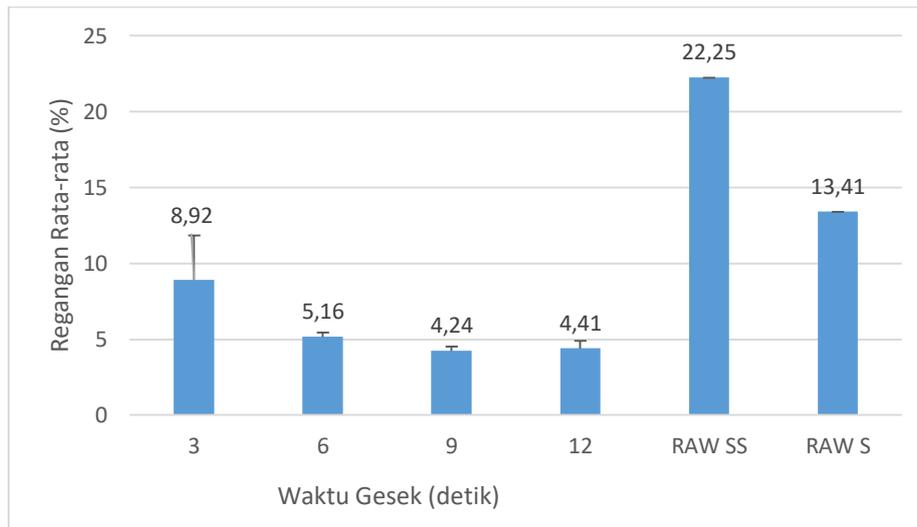


Gambar 10. Grafik Tegangan terhadap regangan hasil pengujian tarik

Dari gambar 10 dapat dilihat spesimen sambungan dengan waktu gesek 3 detik memiliki regangan yang paling tinggi dan spesimen sambungan dengan waktu gesek 9 detik memiliki regangan yang paling sedikit. Namun, regangan yang paling tinggi pada spesimen sambungan masih dibawah nilai regangan dari RAW material karena pada spesimen sambungan semuanya mengalami patahan tepat di daerah sambungan



Gambar 11. Diagram hasil kekuatan tarik dan modulus elastisitas

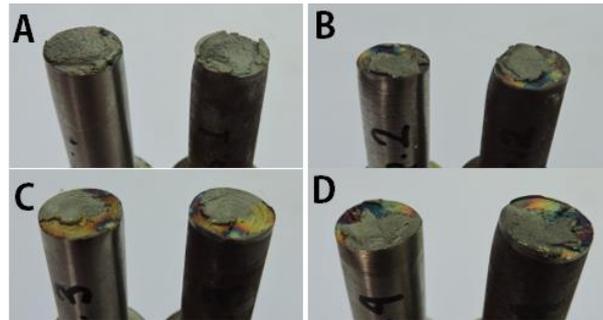


Gambar 12. Diagram hasil regangan terhadap waktu gesek.

Variasi waktu gesek 3 detik kekuatan tarik sebesar 503 MPa, variasi waktu gesek 6 detik kekuatan tarik sebesar 363 MPa, variasi waktu gesek 9 detik kekuatan tarik sebesar 260 MPa dan variasi waktu gesek 12 detik kekuatan tarik sebesar 288 MPa. Pada penelitian ini kekuatan tarik maksimum sambungan terdapat pada variasi waktu gesek 3 detik, semakin lama waktu gesek yang diberikan kekuatan tariknya semakin menurun. Namun kekuatan tarik maksimum pada sambungan masih dibawah nilai kekuatan tarik pada kedua bahan RAW material yaitu sebesar 651 MPa pada RAW material *stainless 304* dan 641 MPa pada RAW baja karbon rendah ST 42. Pada gambar 12 hasil regangan terhadap waktu gesek berbanding lurus dengan hasil kekuatan tarik yang di dapatkan. Hasil uji tarik ini berhubungan dengan hasil nilai kekerasan, hasil kekuatan tarik tertinggi memiliki nilai kekerasan yang paling rendah, artinya spesimen bersifat ulet, sedangkan spesimen dengan kekuatan tarik terendah memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi, artinya spesimen lebih getas dibandingkan dengan waktu gesek yang lainnya. Sathiya dkk (2007), hasil penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh parameter variasi waktu gesek material *stainless steel* (8,7,6,5,4 detik), menyatakan bahwa semakin lama waktu gesek yang diberikan maka nilai kekuatan tarik yang didapatkan semakin menurun. Hasil penelitian ini mempunyai kemiripan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, semakin lama waktu gesek yang diberikan maka nilai kekuatan tarik akan semakin rendah.



Gambar 13. Hasil patahan spesimen setelah proses pengujian tarik



Gambar 14. Permukaan patahan spesimen, A) Waktu gesek 3s, B) Waktu gesek 6s, C) Waktu gesek 9s, D) Waktu gesek 12s.

Dari gambar 13 dan gambar 14 dapat dilihat, permukaan patahan seluruhnya kasar pada kedua material yang disebabkan adanya proses deformasi pada saat pengujian uji tarik. pada sambungan waktu gesek 3 detik tidak terjadi proses oksidasi, sedangkan pada variasi waktu gesek yang lain terjadi proses oksidasi yang ditandai adanya warna pelangi pada permukaan patahan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh waktu gesek terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik pada sambungan silinder pejal *stainless steel* 304 dan baja karbon rendah ST 42 dengan metode penyambungan pengelasan gesek (*friction welding*) yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Daerah sambungan pada semua variasi waktu gesek memiliki butiran struktur mikro yang lebih kecil dan lebih rapat daripada daerah HAZ dan logam induk. Semakin lama waktu gesek yang diberikan maka ukuran butiran struktur mikro semakin kecil dan rapat sehingga nilai kekerasan menjadi semakin besar.
2. Nilai kekerasan tertinggi sambungan terdapat pada variasi waktu gesek 12 detik sebesar 302,8 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi waktu gesek 3 detik sebesar 167,9 VHN.
3. Nilai kekuatan tarik tertinggi sambungan terdapat pada variasi waktu gesek 3 detik sebesar 566,235 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah sambungan terdapat pada variasi waktu gesek 9 detik sebesar 289,394 MPa. Namun nilai kekuatan tarik tertinggi sambungan masih dibawah nilai kekuatan tarik RAW material *stainless steel* 304 sebesar 650,864 MPa.
4. Variasi waktu gesek yang direkomendasikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah 3 detik karena nilai kekuatan tarik sudah melebihi 50% dari nilai kekuatan tarik RAW material dan dilihat pada permukaan patahan sambungan waktu gesek 3 detik tidak terjadi proses oksidasi saat proses penyambungan.

## Daftar Pustaka

- Husodo, N., Bangun, S., Luwar, B., Mursid M. 2013. Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) Dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon ST 41 Pada Produk Back Spring. Surabaya: Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.6 No.1.
- Japanese Industrial Standarts Association, 1980, Standard Book of JIS: JIS Z 2201. Japanese Industrial Standard Association. Tokyo.
- Laksono, H. dan Sugiyanto. 2014. Analisa Hasil Pengelasan Gesek Pada Sambungan Sama Jenis Baja ST 60, Sama Jenis AISI 201, Dan Beda Jenis Baja ST 60 Dengan AISI 201. Semarang: Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol 2, No.1.
- Nugroho, A., Suwanda, T., Irwanto, F. 2014. Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pengelasan Gesek Baja Tahan Karat Austenitik AISI 304. Indonesia: Semesta Teknika, Vol. 17, No. 1, Hal 83-90.
- Sathiya, P., Aravindan, S., Noorul, H. 2005. Mechanical and Metallurgical Properties of Friction Welded AISI 304 Austenitic Stainless Steel. India: Int J Adv Manuf Technol 26: 505-511.
- Sathiya, P., Aravindan, S., Noorul, H. 2007. Effect of Friction Welding Parameters on Mechanical and Metallurgical Properties of Ferritic Stainless Steel. India: Int J Adv Manuf Technol 31: 1076-1082.