

PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN BAJA PEJAL KARBON RENDAH DENGAN BAJA PEJAL KARBON SEDANG MENGGUNAKAN METODE PENYAMBUNGAN *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING* (CDFW)

Achid Abdullah^a, Aris Widyo Nugroho^b, Totok Suwanda^c

^{a,b,c}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
^aachidabdullah@gmail.com, ^bnugrohoaris@gmail.com, ^csuwanda@umy.ac.id

INTISARI

Teknik pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan di dunia industri khususnya bidang manufaktur. Metode pengelasan dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu pengelasan tekan, pengelasan cair dan pematrian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu gesek terhadap struktur mikro dan sifat mekanis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder baja pejal karbon rendah S20C dan baja pejal karbon sedang S45C.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi waktu gesek 4 detik, 6 detik, dan 8 detik. Putaran mesin las gesek yang digunakan sebesar 1000 rpm. Tekanan gesek yang digunakan sebesar 30 MPa dan tekanan *upset* sebesar 70 Mpa. Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian struktur mikro, pengujian nilai kekerasan dan pengujian kekuatan tarik.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pada daerah sambungan las terjadi pemadatan butiran struktur mikro seiring dengan bertambahnya variasi waktu gesek yang digunakan sehingga butiran struktur mikro terlihat semakin menyatu. Hasil nilai kekerasan vickers tertinggi di peroleh pada variasi pengelasan kondisi I (baja karbon rendah putar dan baja karbon sedang diam) dengan variasi waktu 6 detik sebesar 278,4 VHN dan nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 231,8 VHN pada pengelasan kondisi I (baja karbon rendah putar dan baja karbon sedang diam) dengan variasi waktu 8 detik. Sedangkan pada Hasil pengujian tarik diperoleh nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 701,51 N/mm² pada kondisi II (baja karbon sedang putar dan baja karbon rendah diam) variasi waktu gesek 4 detik, dan nilai kekuatan tarik rata-rata terendah yaitu sebesar 622,22 N/mm² pada kondisi II dengan variasi waktu 8 detik sebesar.

Kata Kunci : Pengelasan gesek, baja karbon rendah S20C, baja karbon sedang S45C, struktur mikro, kekerasan vickers, kekuatan tarik.

1. Pendahuluan

Teknik pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan di dunia industri khususnya bidang manufaktur. Metode pengelasan dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu pengelasan tekan, pengelasan cair dan pematrian. Pengelasan tekan merupakan metode pengelasan dimana sebuah sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan sehingga kedua material tersebut tersambung menjadi satu, Pengelasan cair merupakan metode pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai cair dengan sumber panas dari busur listrik, sedangkan pematrian merupakan metode pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair yang lebih rendah.

Prasetyono (2012) pada penelitiannya menganalisis pengaruh durasi gesek, tekanan gesek, dan tekanan tempa terhadap kekuatan impact penyambungan logam sama jenis baja karbon AISI 1045. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa pengaruh tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap kekuatan impact saling berhubungan. Sambungan pengelasan material AISI 1045 memiliki kekuatan impact yang semakin meningkat dengan bertambahnya tekanan gesek dan tekanan tempa. Namun patahan material pada sambungan (weld metal) ketika diuji impact tersebut tidak mampu membuat

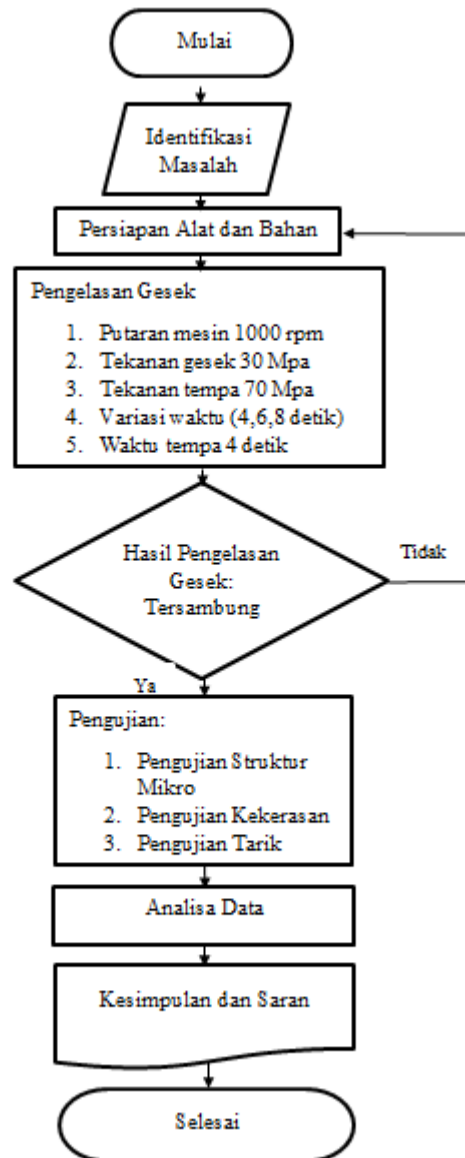
ikatan yang baik pada interface, karena disebabkan durasi gesek dan tekanan gesek yang diberikan belum mencapai ikatan yang bagus pada kedua permukaan material tersebut sehingga diberikan tekanan tempa.

Iswar, dkk, (2012) menganalisa pengaruh variasi parameter pengelasan (putaran dan temperatur) terhadap kekuatan sambungan las friction welding pada baja karbon rendah ST42. Penelitian tersebut menggunakan parameter variasi putaran yang berbeda dan pada temperatur berbeda. Dari analisa tersebut dihasilkan bahwa proses pengelasan yang berlangsung lama akan mengakibatkan daerah permukaan material yang dilas menjadi lebih rapuh karena terjadinya pemanasan yang berlebihan begitu juga dengan daerah HAZ akan semakin besar sehingga mempengaruhi pada sifat mekanis dari material tersebut. Semakin tinggi temperatur maka atom semakin padat dan seragam sehingga regangan yang terjadi semakin kecil hal ini menandakan material tersebut menjadi keras dan kuat.

Penelitian sambungan pada logam silinder pejal sangat banyak dilakukan sebelumnya dan parameter yang biasa digunakan yaitu variasi material, variasi tekanan gesek dan variasi waktu gesek. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Sathiya dkk (2005), mampu menyambungkan dua buah logam silinder stainless steel 304 dengan variasi waktu gesek (3,5,8 detik) dengan metode penyambungan CDFW (Continuous Drive Friction Welding). Penelitian dengan menggunakan parameter tekanan gesek (2,757 MPa dan 3,447 MPa) telah dilakukan untuk mengamati hasil struktur mikro, hasil dari kekuatan tarik dan nilai kekerasan pada sambungan dua buah logam silinder baja karbon sedang ST 60 (Laksono dkk, 2014). Penelitian menggunakan parameter variasi waktu gesek (2,7,10 detik) dilakukan untuk mengamati struktur mikro, kekuatan tarik dan nilai kekerasan pada sambungan beda jenis logam baja karbon sedang AISI 1040 dan logam stainless steel 304 (Sahin, 2004).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tersebut, belum banyak menemukan variasi bahan yang dilakukan peneliti sebelumnya dalam metode penyambungan CDFW. Untuk itu, penelitian ini difokuskan pada pengaruh variasi waktu gesek terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro pada bahan material baja karbon sedang JIS S45C dengan baja karbon rendah S20C.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi waktu gesek 4 detik, 6 detik, dan 8 detik. Putaran mesin las gesek yang digunakan sebesar 1000 rpm. Tekanan gesek yang digunakan sebesar 30 MPa dan tekanan *upset* sebesar 70 Mpa selama 4 detik. Penelitian ini dilakukan pada dua kondisi yaitu Kondisi I (baja karbon rendah putar dan baja karbon sedang diam) dan Kondisi II (baja karbon sedang putar dan baja karbon rendah diam). Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian struktur mikro, pengujian nilai kekerasan dan pengujian kekuatan tarik.

2.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro termasuk dalam pengamatan metalografi spesimen tiap variasi hasil sambungan las, dimana pengamatan dilakukan pada tiga daerah yaitu

daerah logam induk (*base metal*), HAZ (*heat affected zone*), dan bagian logam las (*weld metal*). Langkah yang dilakukan sebelum pengamatan dilakukan adalah dengan memotong spesimen secara melintang ditengah hasil lasan kemudian diampas, dipoles, lalu dietsa. Bahan Etsa yang digunakan yaitu HNO_3 dengan konsentrasi 2,5% Setelah pengestaaan spesimen kemudian dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mesin merek Olympus dengan tipe BX53MRF-S milik laboratorium material D3 Universitas Gadjah Mada.

2.2 Pengujian Kekerasan

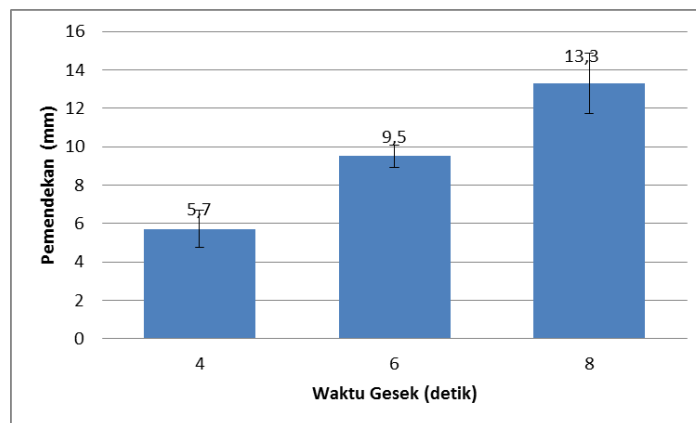
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada logam induk, HAZ dan *weld metal* hasil sambungan las. Pengujian kekerasan ini menggunakan spesimen yang sama dengan spesimen yang digunakan pada pengujian struktur mikro. Spesimen dilakukan penghalusan ulang untuk mendapatkan permukaan yang halus dan rata menggunakan ampas halus. Setelah diampas, kemudian dilakukan pengujian kekerasan menggunakan mesin merek shimadzu dengan tipe HMV-M3 pada laboratorium material D3 Universitas Gadjah Mada.

2.3 Pengujian Tarik

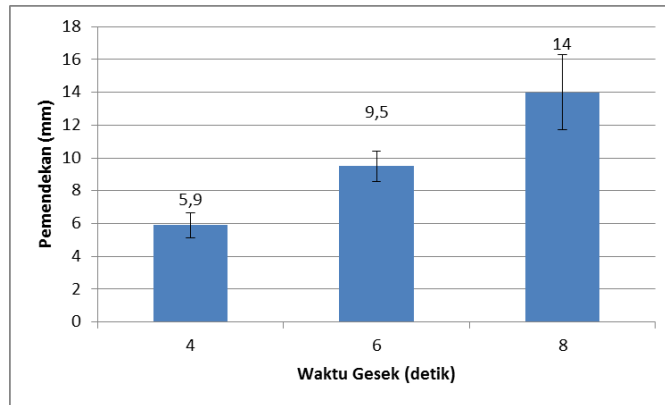
Pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik pada sambungan hasil pengelasan gesek yang telah dilakukan. Spesimen uji tarik ini diuji dengan menggunakan mesin bermerek HUNG TA HT-9501 yang berada pada Lab Pengujian Bahan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. Dari pengujian Tarik ini akan didapat kurva tegangan regangan atau bisa kurva beban perpanjangan yang menunjukkan nilai beban maksimal hasil sambungan las. Nilai beban maksimal ini kemudian digunakan untuk menghitung nilai kekuatan tarik maksimal sambungan dengan menggunakan rumus $T = \frac{P}{A}$ dimana T adalah kekuatan geser, P adalah gaya geser/beban dan A adalah luas penampang.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengelasan menunjukkan bahwa semakin lama waktu gesek maka semakin banyak pula pemendekan yang terjadi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Diagram pemendekan rata-rata spesimen tiap variasi waktu gesek pada kondisi I



Gambar 3. Diagram pemendekan rata-rata spesimen tiap variasi waktu gesek pada kondisi II

3.1 Hasil Pengujian Struktur Mikro

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 4 dan gambar 5.

Variasi Waktu Gesek	Struktur Mikro Logam Induk S20C	Struktur Mikro Daerah HAZ S20C	Struktur Mikro Sambungan Las S20C – S45C	Struktur Mikro Daerah HAZ S45C	Struktur Mikro Logam Induk S45C
4 Detik					
6 Detik					
8 Detik					

Gambar 4. Hasil pengamatan struktur mikro kondisi I variasi waktu gesek 4 detik, 6 detik, 8 detik.

Variasi Waktu Gesek	Struktur Mikro Logam Induk S45C	Struktur Mikro Daerah HAZ S45C	Struktur Mikro Sambungan Las S45C – S20C	Struktur Mikro Daerah HAZ S20C	Struktur Mikro Logam Induk S20C
4 Detik					
6 Detik					
8 Detik					

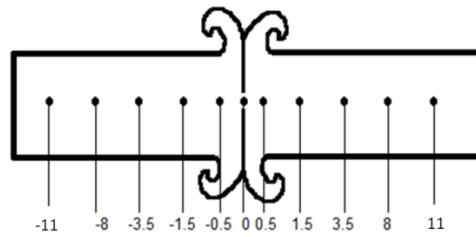
Gambar 5. Hasil pengamatan struktur mikro kondisi II variasi waktu gesek 4 detik, 6 detik, 8 detik.

Pengujian struktur mikro ini dilakukan pada daerah logam induk, HAZ dan daerah sambungan pada masing masing logam. Pengujian dilakukan pada seluruh hasil pengujian sambungan baja pejal karbon rendah ST 42 dengan baja pejal karbon sedang S45C dengan variasi waktu gesek 4 detik, 6 detik, dan 8 detik. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi pada daerah sambungan las, daerah HAZ dan daerah logam induk.

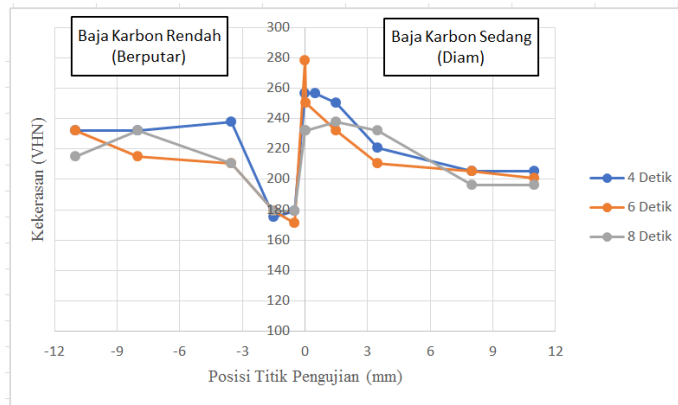
Hasil pengujian kondisi I menunjukkan, pada daerah HAZ masing masing logam mempunyai struktur mikro yang lebih padat dari pada daerah logam induk, dimana tingkat kepadatan butiran Pada daerah HAZ dengan variasi waktu gesek 4 detik memiliki butiran yang lebih padat dibandingkan dengan waktu gesek 6 dan 8 detik seperti yang terlihat pada tabel 4.3. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin lama variasi waktu gesek semakin renggang butiran struktur mikro yang terdapat pada daerah HAZ. Sedangkan pada daerah las, butiran struktur mikro lebih menyatu dibandingkan dengan daerah HAZ pada masing-masing logam. Dimana pada daerah las semakin tinggi variasi waktu gesek yang diberikan maka butiran struktur mikro akan semakin menyatu. Hasil tersebut juga terbentuk pada pengujian struktur mikro kondisi II seperti yang terlihat pada tabel 4.4 hasil pengamatan struktur mikro variasi waktu gesek 4,6,dan 8 detik pada daerah logam induk, daerah HAZ dan daerah sambungan las.

3.2 Pengujian Kekerasan

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 6.

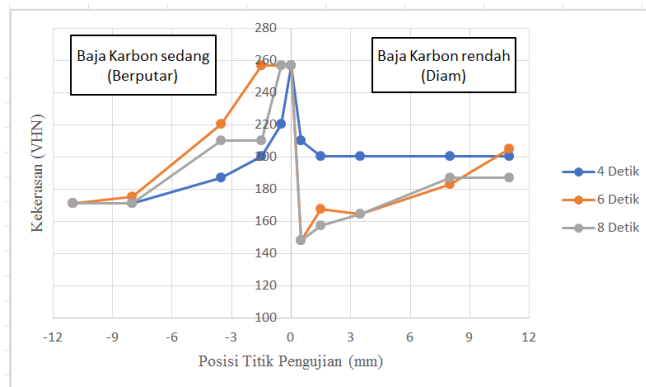


Gambar 6. Jarak posisi penitikan pengujian kekerasan (mm)



Gambar 7. Grafik pengujian nilai kekerasan kondisi I

Dari grafik nilai kekerasan tersebut dapat diketahui nilai kekerasan sambungan setiap variasi waktu gesek yang digunakan, yaitu pada waktu gesek 4 detik nilai kekerasan sambungan sebesar 256,8 VHN, pada waktu gesek 6 detik nilai kekerasan sambungan sebesar 278,4 VHN, pada waktu gesek 8 detik nilai kekerasan sambungan sebesar 231,8 VHN.



Gambar 8. Grafik pengujian nilai kekerasan kondisi II

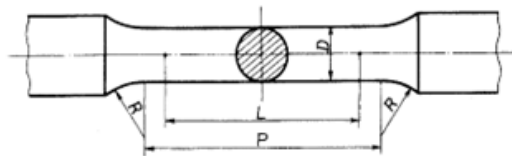
Pada gambar 8. menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada daerah lasan dengan waktu gesek 4 detik, 6 detik dan 8 detik memiliki nilai kekerasan yang konstan sebesar 256,8 VHN. Nilai kekerasan tersebut memiliki nilai kekerasan yang lebih besar jika dibandingkan dengan daerah HAZ dan daerah logam induk..

3.3 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 Lab Pengujian Bahan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta



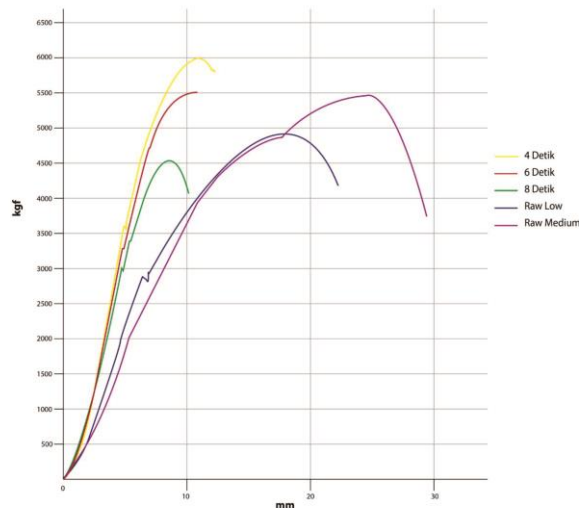
Gambar 9 Contoh spesimen pengujian kekuatan tarik kondisi I dan kondisi II



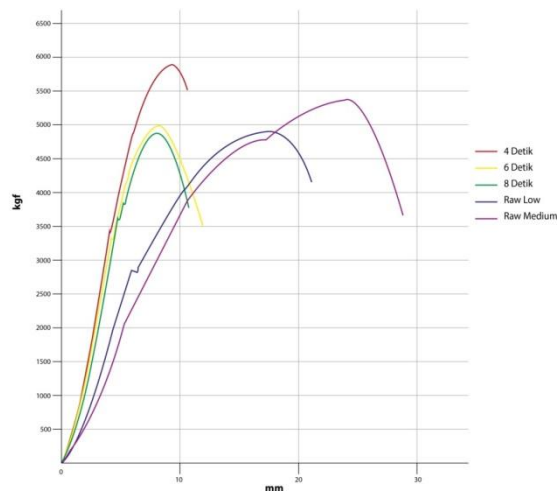
Unit : mm

Diameter <i>D</i>	Gauge length <i>L</i>	Parallel length <i>P</i>	Radius of fillet <i>R</i>
10	50	60 approx.	15 min.

Gambar 10 Ukuran spesimen pengujian kekuatan tarik (*Modified:JZZ2201:1998*)



Gambar 11. Grafik perbandingan hasil pengujian Tarik tiap variasi waktu kondisi I dengan Raw material



Gambar 12. Grafik perbandingan hasil pengujian Tarik tiap variasi waktu kondisi II dengan Raw material

Tabel 1 Nilai kapasitas beban tarik dan kekuatan tarik spesimen kondisi I

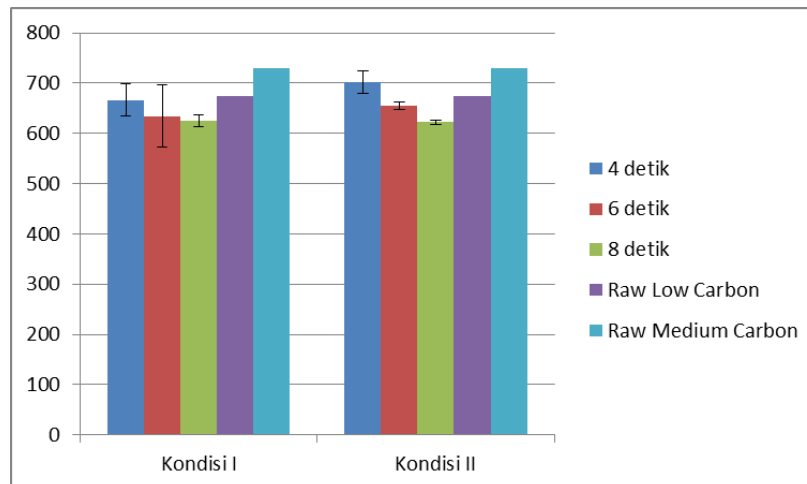
NO.	Variasi Waktu								
	4 Detik			6 Detik			8 Detik		
	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	84,13	59281,20	704,64	84,95	47905,49	563,93	70,88	45149,82	636,99
2	83,32	54250,39	651,11	79,33	53887,54	679,28	86,59	54064,06	624,37
3	80,12	51651,63	644,68	80,91	53426,63	660,32	84,13	51612,40	613,48
	Rata-rata		666,81	Rata-rata		634,51	Rata-rata		624,95
	StDev		32,92	StDev		61,86	StDev		11,76

Tabel 2 Nilai kapasitas beban tarik dan kekuatan tarik spesimen kondisi II

NO.	Variasi waktu								
	4 Detik			6 Detik			8 Detik		
	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	81,71	55387,96	677,86	74,66	49553	663,72	75,43	46846,37	621,06
2	80,91	56917,8	703,47	81,71	53495,28	654,7	74,66	46777,72	626,54
3	78,54	56800,12	723,2	80,12	51837,95	647	67,93	42052,02	619,05
	Rata-rata		701,51	Rata-rata		655,14	Rata-rata		622,22
	StDev		22,73	StDev		8,36	StDev		3,88

Tabel 3. Nilai kekuatan tarik RAW material

NO.	Variasi waktu					
	Low karbon S20C			Medium karbon S45C		
	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	70,88	47797,61	674,35	70,88	51769,31	730,38



Gambar 13. Grafik perbandingan nilai kekuatan tarik kondisi I dan kondisi II

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik tiap spesimen mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya waktu gesek baik pada spesimen kondisi I dan kondisi II. Dimana nilai kekuatan tarik tertinggi yang diperoleh pada spesimen kondisi I sebesar 666,81 N/mm², dan pada spesimen kondisi II sebesar 701,51 N/mm². Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan kondisi II memiliki nilai kekuatan tarik lebih baik daripada pengelasan kondisi I.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengelasan terhadap pengujian struktur mikro, pengujian nilai kekerasan dan pengujian kekuatan tarik menggunakan material logam baja pejal karbon rendah S20C dengan baja pejal karbon sedang S45C dengan parameter waktu gesek 4,6,8, detik (kondisi I) dan (kondisi II) menggunakan metode pengelasan *Continuous Drive Friction Welding* (CDFW), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan, pada daerah HAZ masing masing logam mempunyai struktur mikro yang lebih padat dari pada daerah logam induk baik pada pengelasan (kondisi I) dan (kondisi II). Sedangkan pada daerah sambungan las terjadi pepadatan butiran struktur mikro seiring dengan bertambahnya variasi waktu gesek yang digunakan sehingga butiran struktur mikro terlihat semakin menyatu.
- Hasil pengujian nilai kekerasan tertinggi di peroleh pada variasi pengelasan (kondisi I) dengan variasi waktu 6 detik sebesar 278,4 VHN dan nilai kekerasan terendah yang diperoleh yaitu sebesar 231,8 VHN pada pengelasan (kondisi I) dengan variasi waktu 8 detik.
- Hasil pengujian tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yang diperoleh terdapat pada pengelasan (kondisi II) dengan variasi waktu gesek 4 detik yaitu sebesar 701,51 N/mm², dan nilai kekuatan tarik rata-rata terendah juga diperoleh pada pengelasan (kondisi II) dengan variasi waktu 8 detik sebesar 622,22 N/mm².

Daftar Pustaka

Journal:

- [1] Prasetyono S., Hari S., 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, (2012) 1-5.
- [2] Iswar M., Syam R., 2012. "Pengaruh Variasi Parameter Pengelasan (Putaran dan Temperatur) Terhadap Kekuatan Sambungan Las Hasil *Friction Welding* pada Baja Karbon Rendah". *Jurnal Mekanikal*, Vol. X No. X: 254-260.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Sahin M., Misirli C., 2013. "*Mechanical & metalurgical properties of friction welded aluminium joints*". *Intech* Vol 11, Halm.278-300.