

PENGUJIAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADASAMBUNGAN PENGELASAN GESEK SAMA JENIS BAJA ST 60, SAMA JENIS AISI 201, DAN BEDA JENIS BAJA ST 60 DENGAN AISI 201

*Hermawan Widi Laksono¹, Sugiyanto²

¹Mahasiswa Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: widilaksono@rocketmail.com

Abstrak

Direct friction welding is a welding material that is able to connect without the use of filler and have a good quality connection strength. This study was conducted to determine the friction welding process and the rotation to determine the quality of the connection with tensile testing, micro hardness and microstructure. The process is to do the similar of friction welding of steel ST 60 with 2.757 MPa friction pressure, upset pressure of 4.136 MPa with friction time 10 seconds and 3350 rpm rotational speed, friction welding similar AISI 201 with 3.447 MPa friction pressure, upset pressure of 4.136 MPa with friction time 10 seconds, rotational speed of 3350 rpm, and the dissimila of friction welding steel ST 60 and AISI 201 with a friction pressure of 3.447 MPa, upset pressure 4.136 MPa, friction time 10 seconds, and rotational speed of 3350 rpm. The results showed that when friction and compression force effect on the tensile strenght of friction welded joint. Highest tensile strenght at the similar steel ST 60 670.78 MPa, the similar friction welding of AISI 201 915.31 MPa and dissimilar of friction welding steel ST 60 with AISI 201 598.31 MPa. Micro hardness Vickers values in the weld area at the highest similar steel ST 60 243.8 HVN, the highest similar of weld area AISI 201 220.6 HVN, and on dissimilar of steel weld area ST 60 with AISI 201 593.4 HVN. While the grain boundary microstructure visible from the outside of the meeting to the center of the weld.

Kata kunci: steel ST 60, AISI 201, tensile strenght, micro hardness Vickers, microstructure

1. Pendahuluan

Kebutuhan peralatan manusia sangat meningkat, sehingga dibutuhkan mutu sambungan yang lebih baik. Salah satu proses dalam pembuatan komponen mekanik tersebut adalah proses pengelasan. Pengelasan merupakan penggabungan logam atau non logam dengan memanaskan bahan hingga temperatur leleh dengan atau tanpa tekanan, atau dengan tekanan sendiri, dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi [1]. Terdapat banyak jenis teknik pengelasan logam, salah satunya pengelasan gesek (*friction welding*).

Pengelasan gesek sering digunakan untuk penyambungan dua buah material yang sejenis atau berbeda jenis dan mempunyai sifat mekanik yang berbeda. Contoh produk yang dilas menggunakan las gesek yaitu: *Tie Rod End*, gardan mobil dan masih banyak lagi. Dua gambar dibawah ini menunjukkan contoh pemakaian las gesek.



Gambar 1. Tie rod end [2].



Gambar 2. Pengelasan gesek pada gardan mobil [3].

Pengelasan gesek mempunyai keuntungan cocok untuk logam yang tidak sejenis, siklus waktunya pendek, kebanyakan disesuaikan dengan penampang lingkaran, kokoh dan secara biaya lebih murah [4].

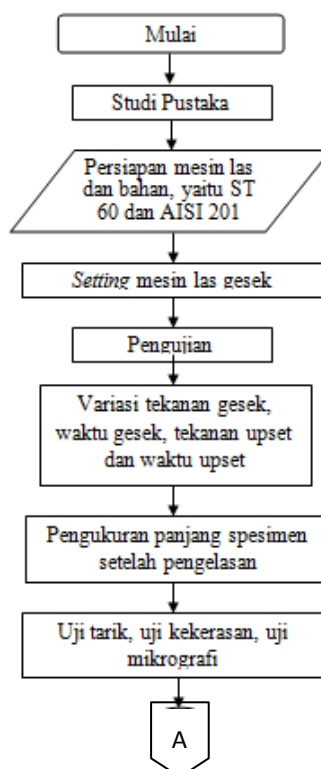
Pengelasan gesek juga dapat menghasilkan panas yang berlebihan dan dapat merusak material sehingga material mengalami cacat (*defect*). Material yang digunakan untuk pengelasan antara lain *stainless steel*, baja karbon, aluminium, dan keramik. Namun demikian, guna mengetahui hasil pengelasan gesek ini perlu penelitian lebih lanjut tentang sifat mekanik hasil pengelasan gesek.

Tujuan penelitian pengelasan gesek baja karbon ST 60 dan AISI 201 adalah (1) Mengetahui parameter optimum pengelasan gesek baja ST 60 hasil sambungan sejenis meliputi tekanan gesek, waktu gesek, tekanan upset, dan waktu upset melalui uji tarik, (2) Mengetahui parameter optimum pengelasan gesek AISI 201 hasil sambungan sejenis meliputi tekanan gesek, waktu gesek, tekanan upset, dan waktu upset melalui uji tarik, (3) Mengetahui parameter optimum pengelasan gesek beda jenis baja ST 60 dengan AISI 201 meliputi tekanan gesek, waktu gesek, tekanan upset, dan waktu upset melalui uji tarik, (4) Mengetahui nilai kekerasan sambungan *similar* baja ST 60, *similar* AISI 201, dan sambungan baja ST 60 dengan AISI 201 dan (5) Mengetahui struktur mikro *similar* baja ST 60, *similar* AISI 201, dan sambungan baja ST 60 dengan AISI 201.

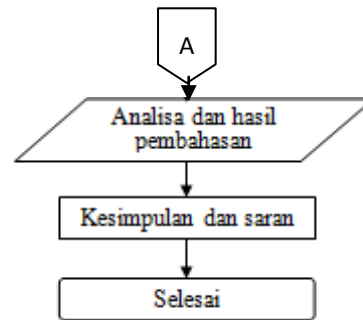
2. Metode penelitian

2.1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, langkah-langkah yang dilakukan mengacu pada diagram alir yang sesuai dengan Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

2.2. Bahan Uji

Bahan uji yang digunakan adalah baja ST 60 dan AISI 201 dengan diameter 12,5 mm dan panjang yang bervariasi dari 80 mm hingga 85 mm. Pada Gambar 4. ditunjukkan bahan uji untuk pengelasan gesek baja ST 60 dan AISI 201.



Gambar 4. Bahan uji las gesek (a) Baja ST 60 dan (b) AISI 201

2.3. Mesin Friction Welding

Mesin *friction welding* yang digunakan adalah mesin yang terdiri dari dua spindel, dimana kedua spindel tersebut mempunyai fungsi untuk mencekam spesimen namun mempunyai gerak yang berbeda. Spindel yang satu bergerak menekan dengan bantuan sistem hidrolik, sedangkan spindel yang satu lagi bergerak memutar dengan bantuan motor listrik, sedangkan untuk kecepatan putar terdapat lima kecepatan yaitu 1100, 1650, 2200, 2750, dan 3350 rpm. Tekanan hidrolik yang dihasilkan oleh sistem hidrolik yaitu hingga 2000 psi atau 13,789 MPa. Pada Gambar 5. menunjukkan mesin *friction welding*.



Gambar 5. Mesin *friction welding*

2.4. Parameter - Parameter Penelitian

Tabel 1. Parameter-parameter penelitian

No.	Parameter yang Digunakan	Nilai Parameter	Satuan
1.	P1 (tekanan gesek)	400 – 500	psi
2.	P2 (tekanan <i>upset</i>)	600	psi
3.	t1 (waktu gesek)	10 – 15	detik
4.	t2 (waktu <i>upset</i>)	2-3	detik
5.	Kecepatan motor	3350	rpm

6.	Material	Baja ST 60 dan AISI 201	-
7.	Temperatur saat pengelasan diketahui melalui <i>infrared termometer</i>	530 – 750	°C

2.5. Contoh Pengelasan Gesek

Contoh pengelasan gesek dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil sambungan las gesek baja ST 60 dengan AISI 201

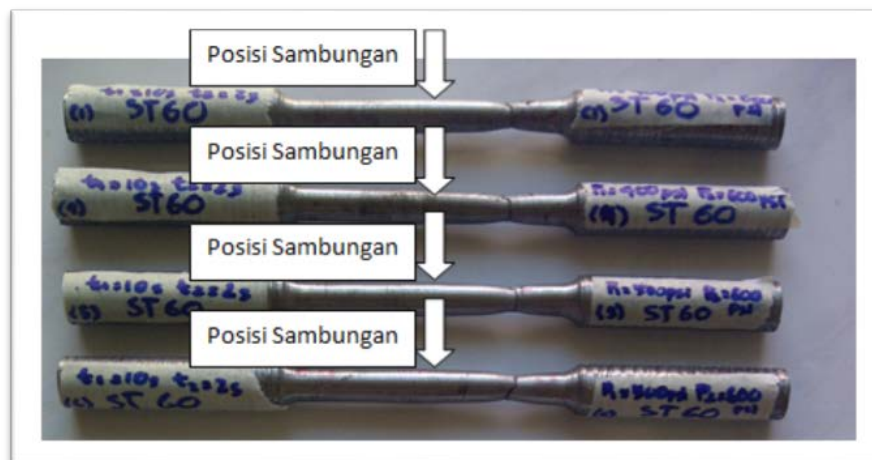
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil Uji Tarik Pengelasan Gesek Sama Jenis Baja ST 60

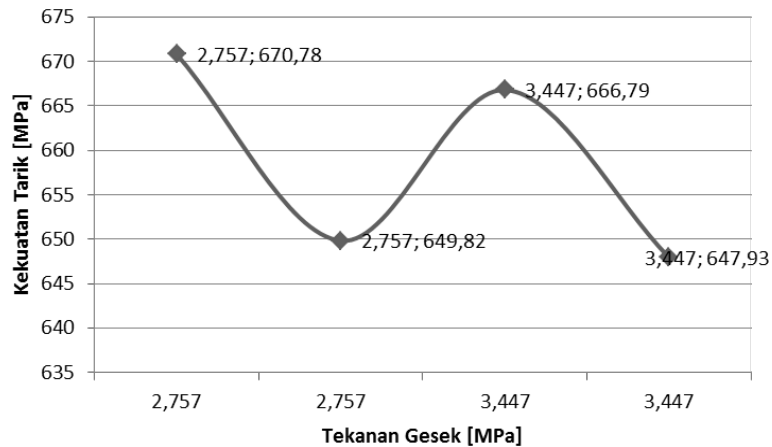
Tabel 2. Data pengujian variasi tekanan gesek (P_1) material sejenis baja ST 60 dengan standar SNI [4]

Kode Material	t_1 (s)	t_2 (s)	P_1 (MPa)	P_2 (MPa)	RPM	σ_{maks} (MPa)	Suhu (°C)
P1	10	2	2,757	4,136	3350	670,78	530,7
P4	10	2	2,757	4,136	3350	649,82	735,4
P5	10	2	3,447	4,136	3350	666,79	719
P6	10	2	3,447	4,136	3350	647,93	731,2

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa material dengan kode P1 mempunyai nilai kekuatan tarik maksimum paling tinggi yaitu 670,78 MPa. Pada Gambar 7. dapat dilihat patahan dari hasil uji tarik dan Gambar 8. menunjukkan grafik hubungan tekanan gesek dengan kekuatan tarik.



Gambar 7. Hasil uji tarik las gesek baja ST 60 – baja ST 60



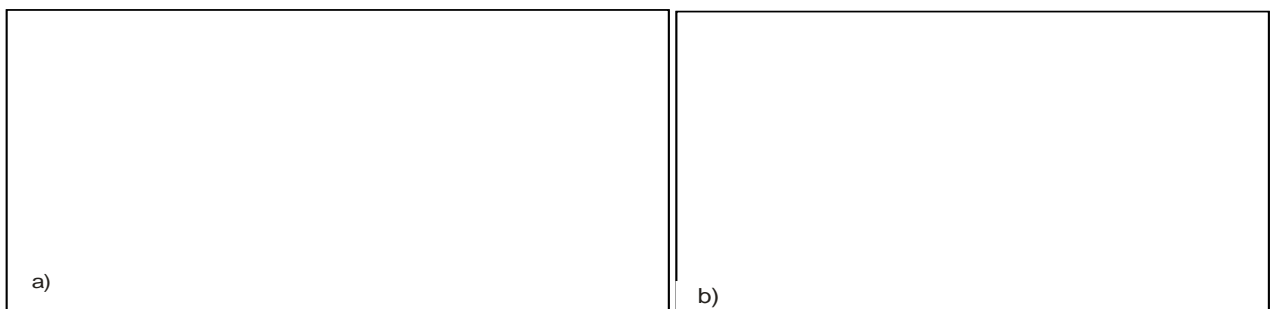
Gambar 8. Grafik hubungan tekanan gesek dengan kekuatan tarik pengelasan *similar* baja ST 60

3.2. Hasil Uji Tarik Pengelasan Gesek Sama Jenis AISI 201

Tabel 3. Data pengujian variasi tekanan gesek (P_1) material sejenis AISI 201 dengan standar SNI [4]

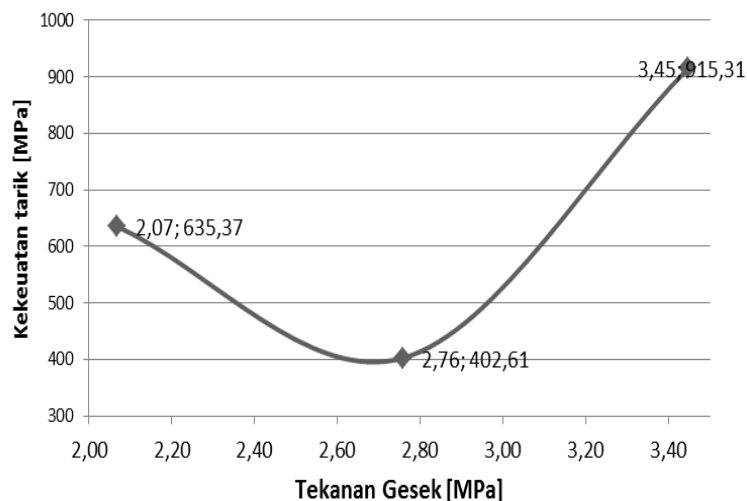
Kode Material	t_1 (s)	t_2 (s)	P_1 (MPa)	P_2 (MPa)	RPM	σ_{maks} (MPa)	Suhu ($^{\circ}$ C)
SS1	10	2	2,757	4,136	3350	402,61	702
SS2	10	2	3,447	4,136	3350	915,31	781
SS3	10	2	2,068	4,136	3350	635,37	649,9

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa material dengan kode SS2 mempunyai kekuatan tarik tertinggi yaitu 915,31 MPa. Pada Gambar 9. dan Gambar 10. akan ditunjukkan hasil uji tarik similar AISI 201 dan grafik hubungan tekanan gesek dengan kekuatan tarik.



(a) Logam induk AISI 201 (b) Sambungan AISI 201

Gambar 9. Foto hasil uji tarik AISI 201



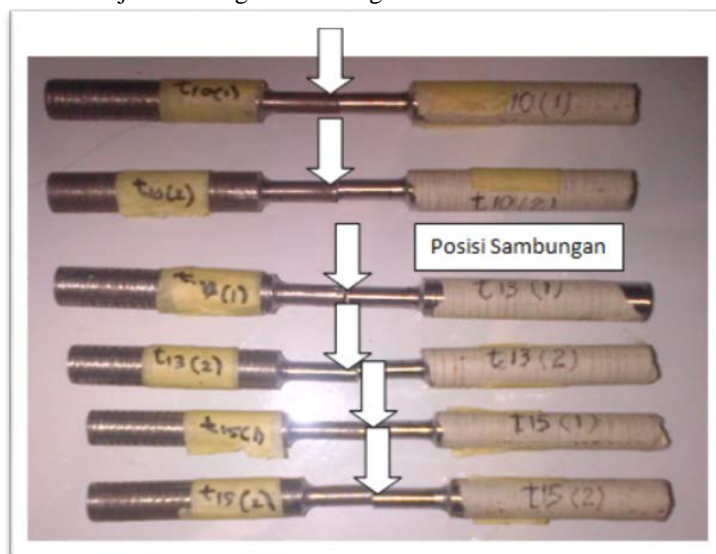
Gambar 10. Grafik hubungan tekanan gesek dengan kekuatan tarik pengelasan *similar* AISI 201

3.3. Hasil Uji Tarik Pengelasan Gesek Beda Jenis Baja ST 60 dengan AISI 201

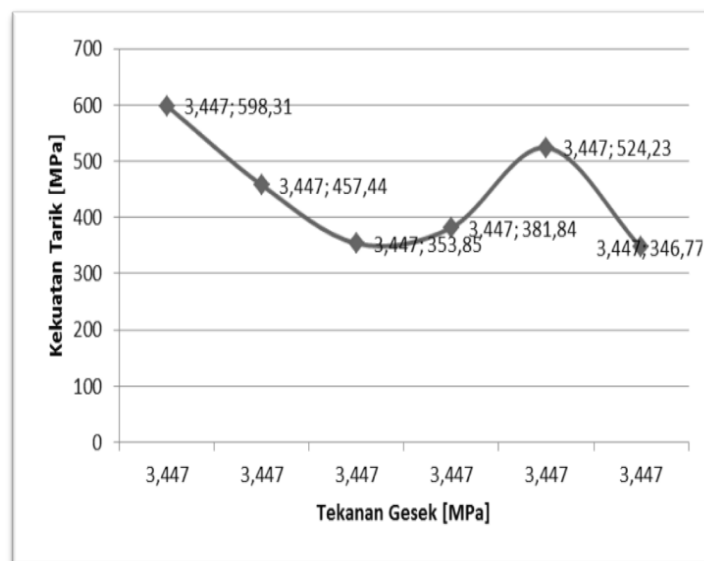
Tabel 4. Data pengujian variasi waktu gesek (t_1) material beda jenis baja ST 60 dan AISI 201 dengan standar SNI [4]

Kode Material	t_1 (s)	t_2 (s)	P_1 (MPa)	P_2 (MPa)	RPM	σ_{maks} (MPa)	Suhu ($^{\circ}$ C)
P11	10	3	3,447	4,136	3350	598,31	663
P12	10	3	3,447	4,136	3350	457,44	509,8
P16	13	3	3,447	4,136	3350	353,85	618,3
P24	13	3	3,447	4,136	3350	381,84	774,5
P21	15	3	3,447	4,136	3350	524,23	442,5
P22	15	3	3,447	4,136	3350	346,77	750,6

Dari Tabel 4 ditunjukkan bahwa hasil uji tarik pengelasan gesek beda jenis baja ST 60 dengan AISI 201 ditunjukkan pada material dengan kode P11, kemudian untuk material P16, P24, P21, dan P22 tidak mempunyai kekuatan luluh. Pada Gambar 11 ditunjukkan hasil uji tarik pengelasan gesek beda jenis baja ST60 dengan AISI 201 dan Gambar 12 menunjukkan hasil uji tarik dengan tekanan gesek.

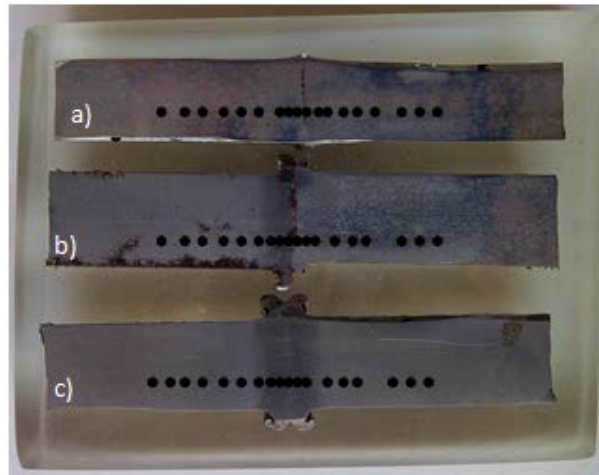


Gambar 11. Hasil uji tarik las gesek *dissimilar* dengan variasi waktu gesek



Gambar 12. Grafik hubungan tekanan gesek dengan kekuatan tarik pengelasan *dissimilar* baja ST 60 dan AISI 201 dengan variasi waktu gesek (t_1)

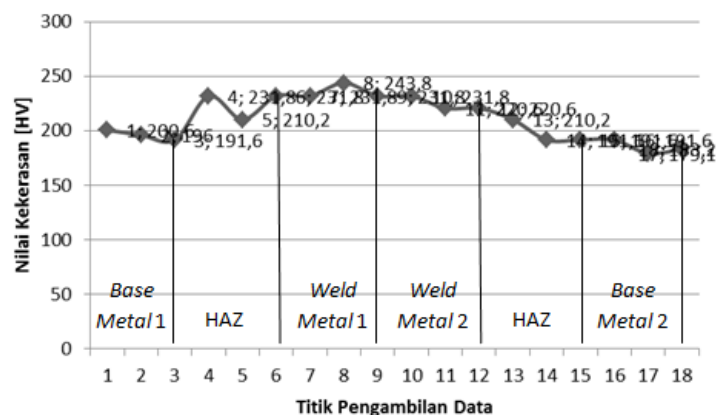
3.4. Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers



Gambar 13. Posisi pengujian kekerasan (a) *Similar* AISI 201 (b) Baja ST 60 dan AISI 201 (c) *Similar* Baja ST 60

Tabel 5. Hasil uji kekerasan mikro Vickers *similar* Baja ST 60 dengan pembebanan 200gf.

No	Jenis Material	Titik Pengambilan Data	Kekerasan (VHN)	
1	ST60	BM	1	200,6
2			2	196,0
3			3	191,6
4		HAZ	1	231,8
5			2	210,2
6			3	231,8
7		WM	1	231,8
8			2	243,8
9			3	231,8
10	ST60	WM	1	231,8
11			2	220,6
12			3	220,6
13		HAZ	1	210,2
14			2	191,6
15			3	191,6
16		BM	1	191,6
17			2	179,1
18			3	183,2

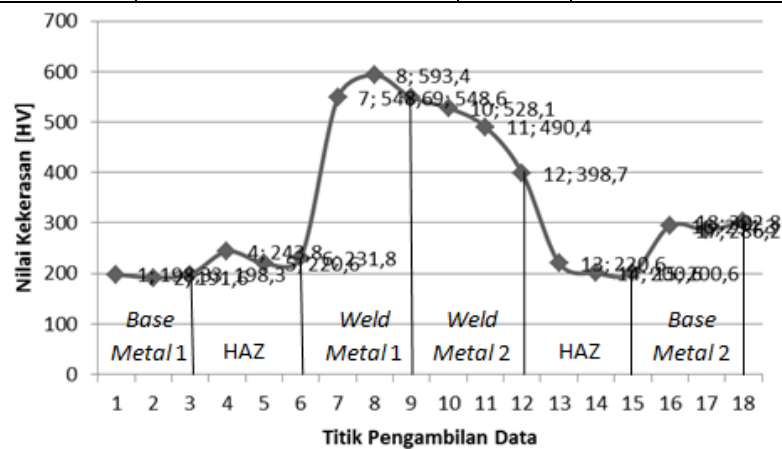


Gambar 14. Grafik uji kekerasan *similar* baja ST 60 dengan parameter $P1 = 2,757$ MPa dan $t1 = 10$ detik dengan putaran spindel 3350 rpm

Tabel 6. Hasil uji kekerasan mikro Vickers *dissimilar* Baja ST 60 dengan AISI 201, pembebanan 200gf.

No	Jenis Material	Titik Pengambilan Data	Kekerasan (VHN)	
1	ST60	BM	1	198,3
2			2	191,6

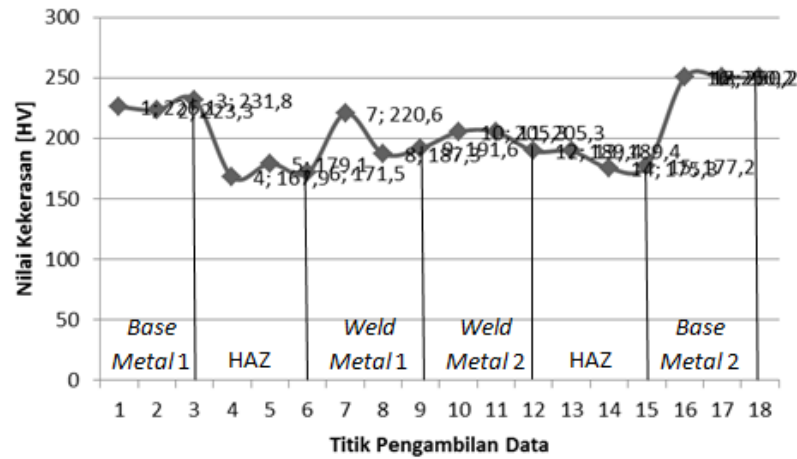
3	HAZ	3	198,3	
4		1	243,8	
5		2	220,6	
6		3	231,8	
7		WM	1	548,6
8			2	593,4
9			3	548,6
10		WM	1	528,1
11			2	490,4
12	3		398,7	
13	HAZ	1	220,6	
14		2	200,6	
15		3	200,6	
16	BM	1	294,3	
17		2	286,2	
18		3	302,8	



Gambar 15. Grafik uji kekerasan baja ST 60 dengan AISI 201 dengan parameter $P1 = 3,447$ MPa dan $t1 = 10$ detik dengan putaran spindel 3350 rpm

Tabel 7. Hasil uji kekerasan mikro Vickers *similar* AISI 201 dengan pembebanan 200gf.


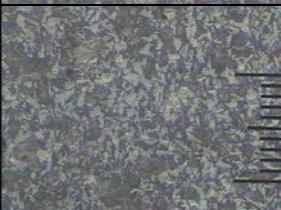


No	Jenis Material	Titik Pengambilan Data	Kekerasan (VHN)	
1	AISI 201	BM	1	226,1
2			2	223,3
3			3	231,8
4		HAZ	1	167,9
5			2	179,1
6			3	171,5
7		WM	1	220,6
8			2	187,3
9			3	191,6
10	AISI 201	WM	1	205,3
11			2	205,3
12			3	189,4
13		HAZ	1	189,4
14			2	175,3
15			3	177,2
16		BM	1	250,2
17			2	250,2
18			3	250,2



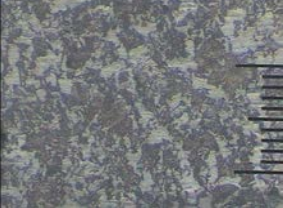
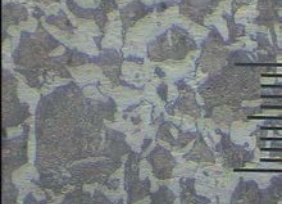


Gambar 16. Grafik uji kekerasan *similar* AISI 201 dengan parameter $P1 = 2,757$ MPa dan $t1 = 10$ detik dengan putaran spindel 3350 rpm





3.5. Hasil Struktur Mikro



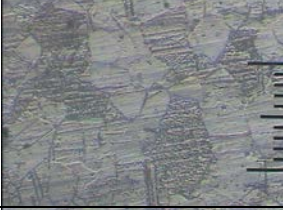
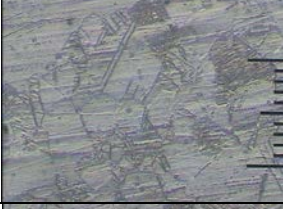

Tabel 8. Hasil uji struktur mikro *similar* baja ST 60

No.	Keterangan	Foto Perbesaran 200x
1	Base Metal 1	
2.	Base Metal – HAZ 1	
3.	HAZ 1	
4.	HAZ – Weld Metal 1	
5.	Weld Metal	


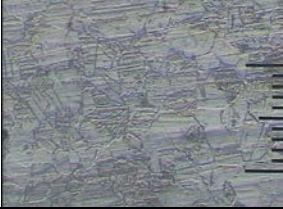
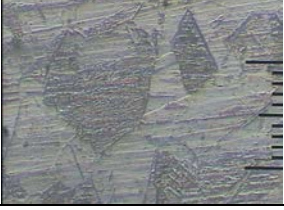
6.	<i>Weld Metal – HAZ 2</i>			
7.	HAZ 2			
8.	<i>HAZ – Base Metal 2</i>			
9.	<i>Base Metal 2</i>			

Tabel 9. Hasil uji struktur mikro baja ST 60 dan AISI 201

No.	Keterangan		Foto Perbesaran 200x	
1	<i>Base Metal</i> baja ST 60			
2.	<i>Base Metal – HAZ</i> baja ST 60			
3.	HAZ baja ST 60			
4.	HAZ – <i>Weld Metal</i> baja ST 60			

5.	<i>Weld Metal</i>			
6.	<i>Weld Metal – HAZ AISI 201</i>			
7.	HAZ AISI 201			
8.	<i>HAZ – Base Metal AISI 201</i>			
9.	<i>Base Metal AISI 201</i>			

Tabel 9. Hasil uji struktur mikro *similar* AISI 201

No.	Keterangan	Foto Perbesaran 200x
1	<i>Base Metal 1</i>	
2.	<i>Base Metal – HAZ 1</i>	
3.	HAZ 1	

4.	HAZ – <i>Weld Metal</i> 1			
5.	<i>Weld Metal</i>			
6.	<i>Weld Metal</i> – HAZ 2			
7.	HAZ 2			
8.	HAZ – <i>Base Metal</i> 2			
9.	<i>Base Metal</i> 2			

4. Kesimpulan dan saran

4.1. Kesimpulan

Penelitian tentang pengelasan gesek material baja ST 60 dengan AISI 201 dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Parameter optimum yang dicapai untuk pengelasan gesek sejenis baja ST 60 kecepatan putar 3350 rpm, waktu gesek (t_1) 10 detik, waktu tempa (t_2) 2 detik, tekanan gesek (P_1) 2,757 MPa tekanan tempa (P_2) 4,136 MPa, suhu 530,7 °C dihasilkan kekuatan tarik 670,78 MPa dan kekuatan luluh 417,99 MPa atau 102,97 % dari logam induk baja ST 60 sebesar 651,39 MPa.
- 2) Pengelasan sejenis AISI 201 dengan waktu gesek (t_1) 10 detik, waktu tempa (t_2) 2 detik, tekanan gesek (P_1) 3,447 tekanan tempa (P_2) 4,136 MPa, dengan kecepatan putar 3350 rpm, suhu 781 °C dihasilkan kekuatan tarik 915,31 MPa dan kekuatan luluh 581,89 MPa atau 97,91 % dari logam induk AISI 201 sebesar 934,81 MPa.
- 3) Pengelasan material yang berbeda jenis baja ST 60 dan AISI 201 didapatkan parameter optimum berdasarkan parameter waktu gesek (t_1) 10 detik, waktu tempa (t_2) 2 detik, tekanan gesek (P_1) 3,447 MPa, tekanan tempa (P_2) 4,136 MPa, suhu 663 °C pada putaran 3350 rpm dihasilkan kekuatan tarik 598,31 MPa kekuatan luluh 446,84 MPa atau 91,85 % dari logam induk ST 60 sebesar 651,39 MPa.
- 4) Kekerasan pada sambungan material sejenis baja ST 60 tertinggi 243,8 HVN, daerah HAZ pada masing-masing logam induk baja ST 60 231,8 HVN dan 210 HVN lebih tinggi dari logam induk yang nilai kekerasannya masing-masing 200,6 HVN dan 191,6 HVN. Kekerasan pada sambungan material sejenis AISI 201 tertinggi 593,4 HVN, daerah HAZ pada logam induk baja ST 60 243,8 HVN, daerah HAZ pada logam induk AISI 201

220,6 HVN lebih tinggi dari logam induk baja ST 60 yang nilai kekerasannya 198,3 HVN dan logam induk AISI 201 yang nilai kekerasannya 302,8 HVN. Kekerasan pada sambungan material sejenis AISI 201 tertinggi 220,6 HVN, daerah HAZ pada masing-masing logam induk AISI 201 179,1 HVN dan 189,4 HVN lebih rendah dari logam induk yang nilai kekerasannya masing-masing 231,8 HVN dan 250,2 HVN.

- 5) Berdasarkan pengujian struktur mikro daerah sambungan material sejenis baja ST 60, material beda jenis baja ST 60 dan AISI 201, dan material sejenis AISI 201 pada daerah sambungan menunjukkan adanya perubahan butir, dimana butir terlihat mengecil.

Berdasarkan suhu yang dicapai dari beberapa parameter pengelasan gesek tidak menunjukkan adanya hubungan yang signifikan atau kecenderungan suhu yang dicapai tidak sama meskipun parameter yang digunakan sama, dan juga dapat disebabkan karena bergesernya *infrared thermometer* akibat getaran dari mesin las gesek, sehingga suhu yang dihasilkan nampak jauh berbeda walaupun parameternya sama.

4.2. Saran

Untuk mendapatkan parameter yang optimum dari pengelasan gesek *similar* AISI 201 dan *dissimilar* baja ST 60 dengan AISI 201 supaya dapat diatas 93,67 % dan 91,85 % diperlukan penelitian lebih lanjut. Perlengkapan penunjang untuk peningkatan performa mesin las gesek yang digunakan selama pengambilan data penelitian antara lain (1) Pemasangan *infrared thermometer* pada mesin las gesek sehingga pengukuran suhu bisa lebih cepat karena tidak membutuhkan waktu untuk instalasi pada saat akan pengujian, (2) Pemasangan *tachometer* yang berfungsi untuk mengukur ada tidaknya perubahan kecepatan pada saat material sebelum dan saat gesekan. Desain mesin las gesek pada bagian *chuck* diberi lubang sehingga *chuck* dapat mencekam benda kerja dengan ukuran yang lebih panjang. Pengembangan penelitian yang dapat dilakukan antara lain spesimen pengelasan gesek dengan diameter yang lebih besar sekitar 1 inchi berbentuk pejal atau pipa.

Referensi

- [1] Norrish, John, 1992, “*Advanced Welding Processes*”, IOP Publishing Ltd Techno House, Redcliffe Way, Bristol BS1 6NX, UK.
- [2] <http://www.made-in-china.com/showroom/assparts/product-detailVbgQeMTHbGhd/China-Tie-Rod-End.html> diakses 25 April 2013.
- [3] <http://www.fpe.co.uk/applications/automotive-xles> diakses 25 April 2013.
- [4] Standar Nasional Indonesia, SNI 07-0371-1998, “*Batang Uji Tarik untuk Bahan Logam*”, Badan Standarisasi Nasional, Indonesia.