

PENGARUH VARIASI BENTUK PERMUKAAN GESEK TERHADAP KEKUATAN TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6 DENGAN STAINLESS STEEL 304 MENGGUNAKAN METODE CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING

Totok Suwanda^a, Aris Widyo Nugroho^b, Nugroho Dwi Cahyo^c
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia,
suwanda@umy.ac.id, nugrohoaris@gmail.com, nugrohocahyo444@gmail.com

Intisari

Continuous drive friction welding (CDFW) merupakan suatu metode pengelasan *solid state* yang cocok diaplikasikan pada penyambungan logam silinder pejal beda jenis Aluminium 6061 T6 dan *Stainless steel* 304. Pada proses penyambungannya menggunakan beberapa parameter penting yang mampu mempengaruhi hasil kekuatan sambungannya. Salah satu parameter yang berpengaruh besar pada hasil sambungan adalah parameter bentuk permukaan gesek. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya bentuk permukaan gesek terhadap kekuatan tarik, struktur mikro dan kekerasan dari hasil sambungan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah logam silinder pejal aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304. Masing-masing bahan dipotong sepanjang 75 mm, dan dilanjutkan pembentukan dimensi spesimen menggunakan mesin bubut. Proses pengelasan menggunakan variasi parameter bentuk permukaan gesek *chamfer* luar, *chamfer* dalam dan tanpa *chamfer*. Sedangkan parameter yang lain dibuat konstan, yaitu tekanan gesek 40 MPa, waktu gesek 2 detik, tekanan upset 50 MPa, waktu upset 2 detik, dan putaran mesin 1000 rpm. Untuk mengetahui pengaruh dari parameter bentuk permukaan gesek terhadap hasil sambungan dilakukan pengamatan struktur mikro, pengujian kekerasan mikro vickers, dan pengujian tarik.

Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa bentuk permukaan gesek hanya berpengaruh pada perubahan struktur mikro daerah aluminium 6061 T6, dan tidak begitu berpengaruh pada daerah *stainless steel* 304. Pengaruh bentuk permukaan gesek pada hasil pengujian kekerasan spesimen menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah sambungan las *stainless steel* bentuk permukaan gesek SS *chamfer* dengan nilai kekerasan 320,8 VHN, sedangkan untuk nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ aluminium bentuk permukaan gesek SS *chamfer* dengan nilai kekerasan 41,5 VHN. Untuk pengujian tarik dari masing-masing sambungan menjelaskan bahwa nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yang dihasilkan terdapat pada pengelasan variasi tanpa *chamfer* yaitu sebesar 123,247 N/mm², sedangkan nilai kekuatan tarik rata-rata terendah diperoleh pada pengelasan dengan variasi SS *chamfer* yaitu sebesar 107,241 N/mm².

Kata Kunci: CDFW, Aluminium 6061 T6, Stainless Steel 304, Tekanan gesek, Struktur mikro, Kekerasan, Kekuatan tarik, *chamfer*

Abstract

Continuous drive friction welding (CDFW) is a solid state welding method which is suitable for application in the joining of solid metal cylinders of different types of Aluminum 6061 T6 and Stainless steel 304. In the joint process uses several important parameters that are able to influence the results of the strength of the joint. One of the parameters that has a big effect on the results of the joint is the shape parameter of the friction surface. This study aims to determine the effect of the magnitude of the friction surface shape on the tensile strength, microstructure and hardness of the joint results.

The material used in this research is solid metal cylinder 6061 T6 aluminum and stainless steel 304. Each material is cut along 75 mm, and continued the formation of specimen dimensions using a lathe. The welding process uses variations in the shape parameters of the outer *chamfer* friction surface, inner *chamfer* and without *chamfer*. While the other parameters are made constant, namely 40 MPa friction pressure, 2 seconds friction time, 50 MPa upset pressure, 2 seconds upset time, and 1000 rpm engine speed. To determine the effect of the friction surface shape parameters on the results of the joint, microstructure observations, vickers micro hardness testing, and tensile testing were performed.

The results of the microstructure test show that the shape of the friction surface only affects the microstructure changes in the aluminum area of 6061 T6, and does not significantly affect the stainless steel 304 area. Steel SS chamfer friction surface form with a hardness value of 320,8 VHN, while the lowest hardness value is found in the HAZ region aluminum SS chamfer friction surface shape with a hardness value of 41,5 VHN. For tensile testing of each connection explained that the highest average tensile strength value produced is in welding variations without chamfer that is equal to 123,247 N / mm², while the lowest average tensile strength value is obtained in welding with SS chamfer variation that is equal to 107,241 N/mm².

Keywords: CDFW, Aluminium 6061 T6, Stainless Steel 304, Friction Pressure, Micro Structure, Hardness, Tensile Strength, Chamfer.

1. Pendahuluan

Pada perkembangan teknologi di era globalisasi ini khususnya di bidang perindustrian manufaktur, penyambungan dua jenis material yang berbeda menjadi rumor yang sangat penting pada bidang pengelasan. Dikarenakan adanya perbedaan titik leleh, *konduktivitas thermal* dan koefisien muai antar material. Pada dasarnya dua jenis material yang berbeda sulit dilakukan penyambungan dengan metode las fusi (*fusion welding*). Dengan adanya permasalahan kesulitan penyambungan pada dua jenis material yang berbeda dengan menggunakan las fusi inilah bisa mendorong ditemukannya metode-metode baru untuk mengatasinya.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah metode *friction welding*. *Friction welding* adalah pengelasan solid state karena berlangsung sebelum logam induk meleleh, sedangkan pengelasan *fusi* berlangsung sesudah sebagian logam induk meleleh (Tyagita, dkk, 2014). Ada beberapa jenis metode *friction welding*, diantaranya *Continuous drive friction welding (CDFW)*, *Friction stir welding (FSW)*, dan *Linier friction welding (LFW)*. CDFW adalah penyambungan dua material dengan satu material berputar dan material yang lain diam. Pada material yang diam diberikan gaya aksial sehingga bergesekan dengan material yang berputar. FSW adalah proses pengelasan *solid state* di mana sebuah *tool* yang berputar dimakamkan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. Sedangkan LFW adalah proses penyambungan dimana satu bagian bergerak dalam gerakan linear dengan kecepatan tinggi dan menekan bagian lain yang stasioner.

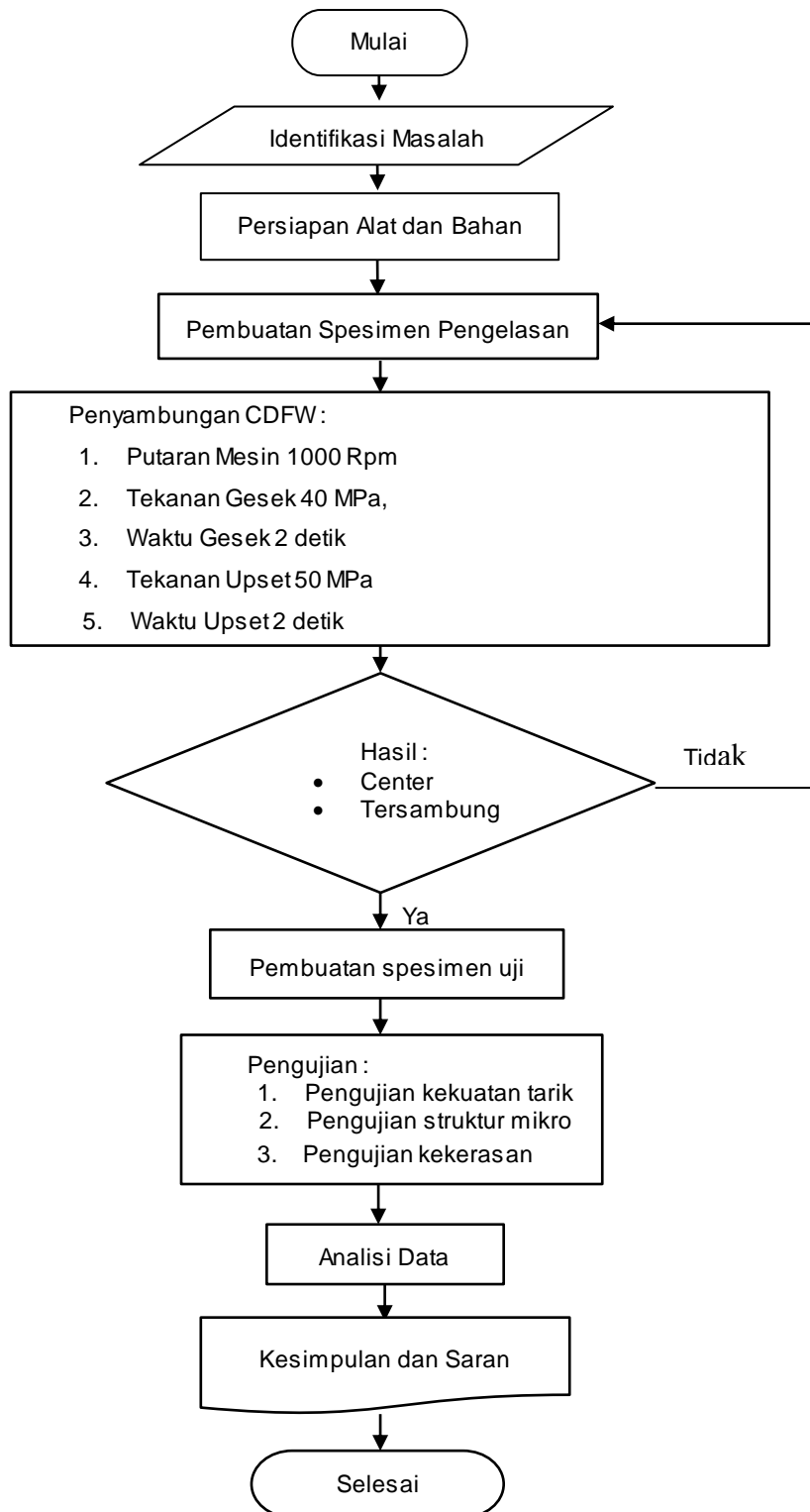
Metode *friction welding* memiliki beberapa keuntungan yaitu, penghematan material, memerlukan waktu yang cepat untuk penyambungan dua material yang sama maupun beda jenis apabila dibandingkan dengan metode *fusi welding* (Santoso, dkk, 2012). *Friction welding* hanya membutuhkan *input energy* yang rendah dan tidak menggunakan *filler metal*. Proses *friction welding* sangat ramah lingkungan, sebab tidak ada uap dan percikan api yang dapat mengganggu sistem pernafasan dan pengelihatannya. Tetapi, adapun kekurangan dari metode *friction welding* yaitu, mesin *friction welding* sangat sulit ditemukan, dan tidak fleksibel, karena mesin hanya dapat dipasang secara permanen.

Dalam proses pengelasan *friction welding*, ada beberapa parameter penting yang mempengaruhi hasil pengelasan yaitu : tekanan gesek, waktu gesek, lama pemberian tekanan tempa dan kecepatan putaran. Adapun factor lain yang dapat mempengaruhi hasil las gesek yaitu sudut *chamfer* (Tyagita, dkk, 2014). Sebuah penelitian dari Subhvardhan dan Surendran (2012) tentang penyambungan logam beda jenis Aluminium 6082 dan *Stainless steel* 304. Proses penyambungan menggunakan mesin *continuous drive friction welding (CDFW)* dengan variasi tekanan gesek dan waktu gesek. Hasil kekuatan tarik terbaik yang didapatkan adalah 188,40 MPa. Hasil tersebut masih jauh dari kekuatan tarik Aluminium 6082 yang besarnya 290 MPa.

Sugianto (2016) telah melakukan penelitian tentang penyambungan Aluminium 6061 dengan metode *friction welding* menggunakan variasi waktu gesek dan sudut *chamfer*. Hasil terbaik dari keseluruhan sifat mekanisme pengelasan Aluminium 6061 terjadi pada variasi 30^o/120 detik. Sedangkan hasil terendah diperoleh pada variasi 60^o/60 detik.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penyambungan logam beda jenis antara Aluminium-*Stainless steel* menjelaskan bahwa tekanan gesek, waktu gesek dan sudut *chamfer* merupakan parameter penting yang memiliki pengaruh besar terhadap hasil kekuatan sambungan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh dari penggunaan parameter tekanan gesek, waktu gesek dan sudut *chamfer*, sehingga dapat diperoleh kekuatan sambungan yang maksimal.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil sambungan *continuous drive friction welding* (CDFW) aluminium-*stainless steel* dipotong untuk membuat spesimen uji. Pengujian sambungan dilakukan untuk mengamati struktur mikro, kekerasan serta kekuatan tarik terhadap masing-masing benda uji. dari hasil pengujian dilakukan pembahasan seperti pada sub-sub bab berikut.

4.1. Hasil Penyambungan Aluminium 6061 T6 dan Stainless steel 304 dengan Metode CDFW



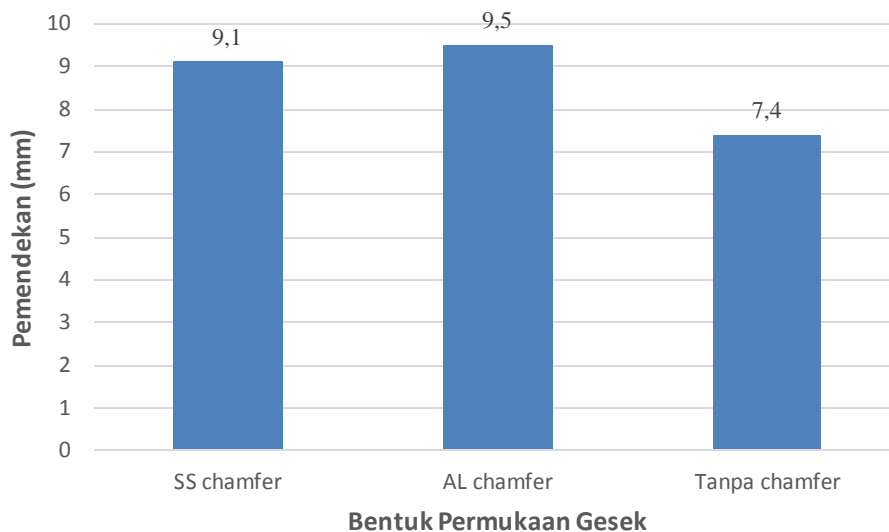
Gambar 4.1. Hasil Sambungan, (a) permukaan gesek AL *chamfer*, (b) permukaan gesek SS *chamfer*, (c) permukaan gesek tanpa *chamfer*.

Gambar 4.1 merupakan hasil dari penyambungan antara aluminium 6061 T6 dengan *stainless steel* 304 menggunakan metode *continuous drive friction welding*. Penyambungan tersebut dilakukan dengan parameter bentuk permukaan gesek yang bervariasi. Bentuk permukaan gesek yang digunakan yaitu permukaan gesek dengan *chamfer* dan permukaan gesek tanpa *chamfer*. Hasil penyambungan menunjukkan bahwa *flash* hanya terjadi pada material aluminium 6061 T6, hal ini disebabkan karena titik leleh aluminium 6061 T6 (660°C) lebih rendah dibanding titik leleh *stainless steel* 304 (1450°C). Pada gambar 4.1. terlihat jelas bahwa bentuk permukaan gesek yang digunakan menghasilkan bentuk *flash* yang dihasilkan berbeda bentuknya. Pembentukan *flash* menyebabkan terjadinya pemendekan material. Pemendekan material dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pemendekan hasil sambungan

No	Bentuk permukaan gesek	Panjang awal (mm)	Panjang akhir (mm)	Perpendekan	
				mm	%
1	SS <i>chamfer</i>	148	138,9	9,1	93,85
2	AL <i>chamfer</i>	148	138.5	9,5	93,58
3	Tanpa <i>chamfer</i>	150	142,6	7,4	95,06

Dari tabel 4.1. dapat dibuat grafik hubungan antara besarnya pemendekan yang terjadi karena bentuk permukaan gesek yang digunakan. Grafik tersebut ditampilkan pada Gambar 4.2.



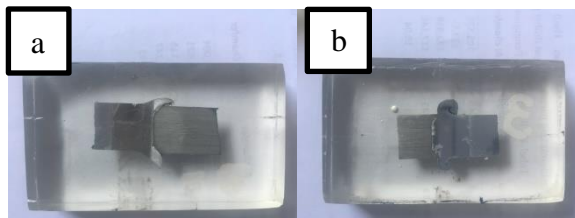
Gambar 4.2. Grafik hubungan bentuk permukaan gesek dan pemendekan spesimen

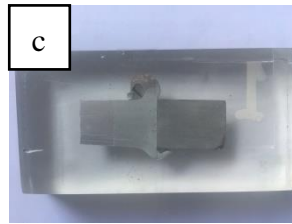
Dari grafik 4.2. dapat disimpulkan bahwa bentuk permukaan gesek sangat berpengaruh pada besarnya pemendekan yang terjadi khususnya pada spesimen aluminium.

4.2. Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro pada penelitian ini dilakukan pada beberapa titik yaitu sambungan las, HAZ, dan logam induk dengan parameter bentuk permukaan gesek. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi pada hasil sambungan aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304. Setelah mengetahui daerah yang terjadi perubahan, dan mengetahui jarak masing-masing dari sambungan, data tersebut digunakan untuk pengujian kekerasan.

Pada tahap persiapan setelah spesimen sudah tersambung, hasil sambungan dibelah kemudian dicetak menggunakan resin untuk digunakan sebagai spesimen pengujian foto mikro. Setelah itu permukaan yang akan diuji mikro diampas, dipoles, dan dilanjutkan dengan pengetsaan pada masing masing material sesuai standar ASTM yang ada agar terlihat butiran-butiran struktur mikro dari hasil sambungan *stainless steel* dan aluminium. Gambar 4.3. adalah spesimen yang digunakan pada pengujian struktur mikro.

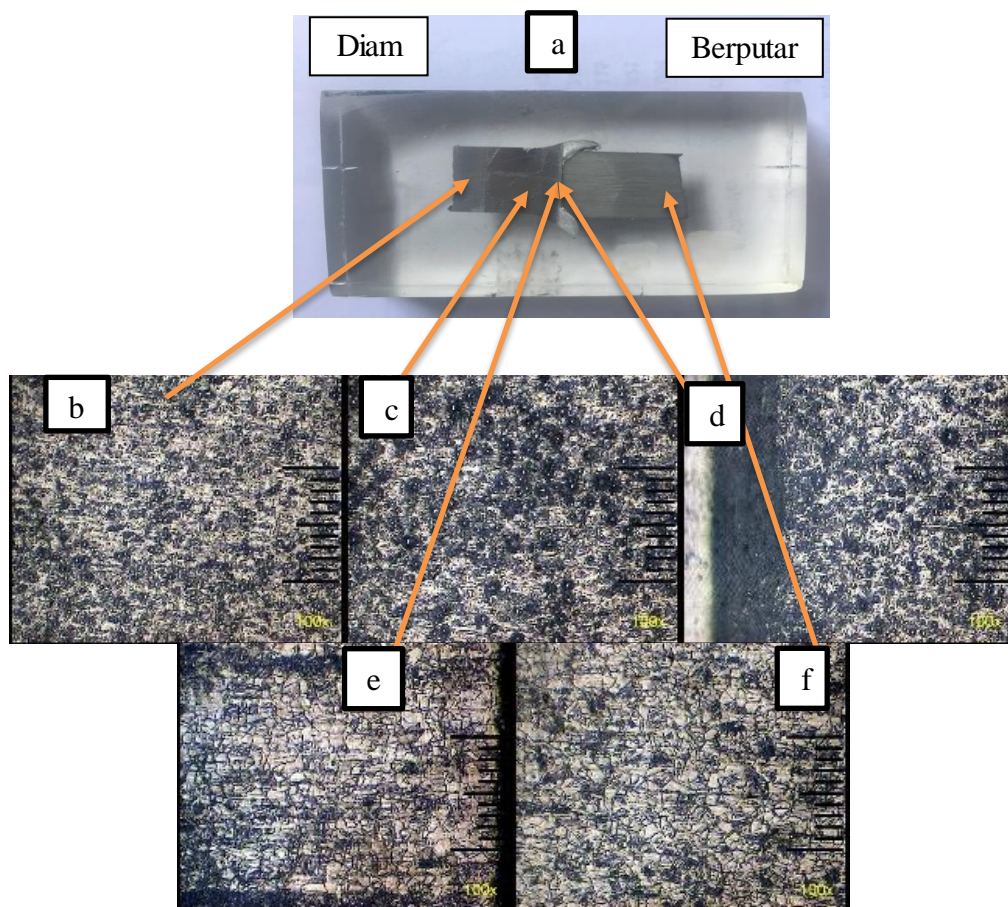




Gambar 4.3. Spesimen pengujian struktur mikro, (a) Spesimen permukaan gesek SS *chamfer*, (b) Spesimen permukaan gesek AL *chamfer*, (c) Spesimen permukaan gesek tanpa *chamfer*.

4.2.1. Hasil pengamatan struktur mikro

1. Hasil sambungan pengelasan gesek parameter bentuk permukaan gesek *Stainless Steel chamfer* dengan tekanan *upset* 50 MPa, tekanan gesek 40 MPa, waktu *upset* 2 detik, dan waktu gesek 2 detik.



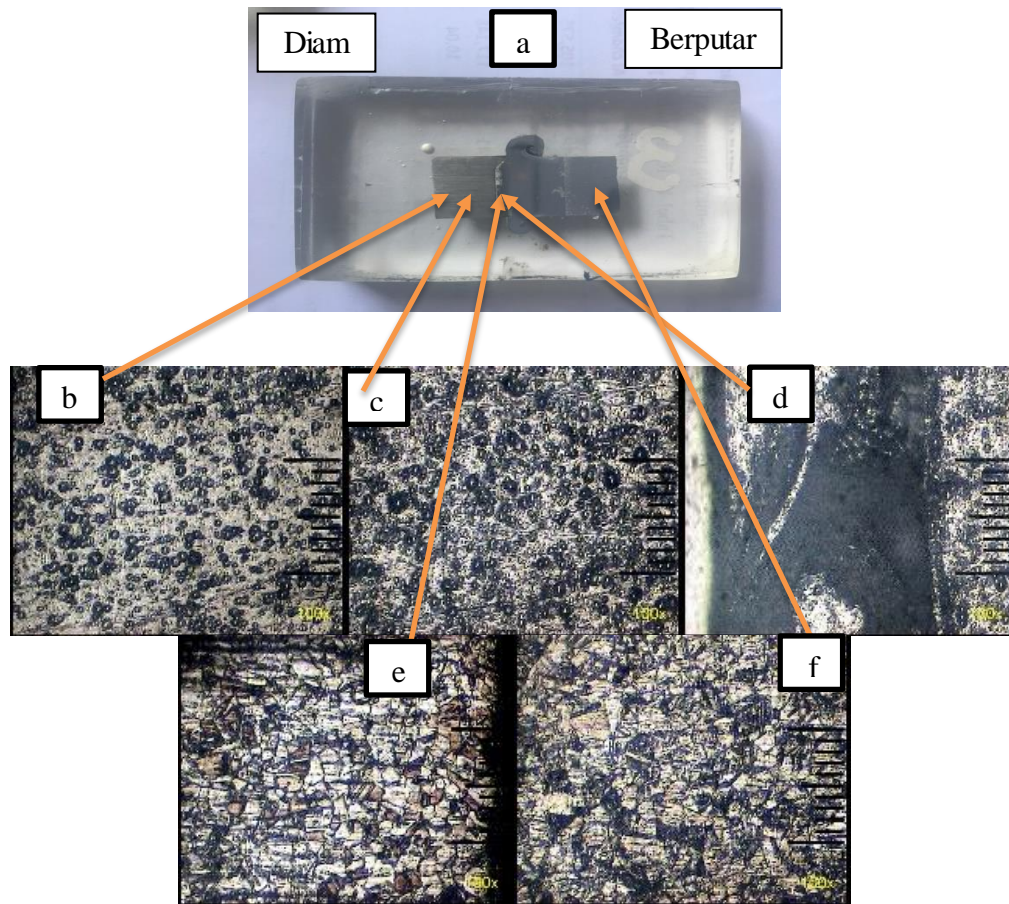
Gambar 4.4. (a) Benda uji bentuk permukaan gesek SS *chamfer* (b) AL 6061 T6 logam induk , (c) AL 6061 T6 HAZ, (d) AL 6061 T6 daerah sambungan, (e) SS 304 daerah sambungan, (f) SS 304 logam induk.

Gambar 4.4. (a) merupakan benda uji pengelasan gesek dengan parameter bentuk permukaan gesek SS *chamfer* dan dengan menggunakan tekanan *upset* 50 MPa, tekanan gesek 40 MPa, waktu *upset* 2 detik, dan waktu gesek 2 detik yang akan dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optic dengan perbesaran 100x. Gambar 4.4. (b) merupakan daerah *base metal* atau logam induk dari aluminium 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran Mg₂Si memiliki jarak yang cukup renggang. Gambar 4.4. (c)

merupakan daerah HAZ dari aluminium 6061 T6 yang dilakukan proses struktur mikro dan nampak terlihat butiran-butiran hitam (Mg₂Si) saling menyatu dan jaraknya semakin berdekatan. Gambar 4.4. (d) merupakan daerah sambungan pengelasan gesek dari aluminium 6061 T6 yang sudah dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan paling jelas dimana butiran-butiran Mg₂Si saling menempel sangat rapat dan sehingga nampak terlihat butiran-butiran Mg₂Si yang cukup besar. Gambar 4.4. (e) merupakan daerah sambungan pengelasan gesek *stainless steel* 304 yang telah dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan dimana butiran-butiran besar saling menumpuk berdekatan secara beraturan, dan pada *stainless steel* 304 untuk daerah HAZ tidak teramati. Gambar 4.4. (f) merupakan daerah *base metal* dari *stainless steel* 304 dimana telah dilakukan pengujian mikro dan nampak terlihat butiran besar memiliki jarak yang cukup renggang satu sama lain.

2. Hasil sambungan pengelasan gesek parameter bentuk permukaan gesek Aluminium *chamfer* dengan tekanan *upset* 50 MPa, tekanan gesek 40 MPa, waktu *upset* 2 detik, dan waktu gesek 2 detik.

Gambar 4.5. (a) merupakan benda uji pengelasan gesek dengan parameter bentuk permukaan gesek AL *chamfer* dan dengan menggunakan tekanan *upset* 50 MPa, tekanan gesek 40 MPa, waktu *upset* 2 detik, dan waktu gesek 2 detik yang akan dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optic dengan perbesaran 100x. Gambar 4.5. (b) merupakan daerah *base metal* atau logam induk dari aluminium 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran Mg₂Si memiliki jarak yang saling berjauhan. Gambar 4.5. (c) merupakan daerah HAZ dari aluminium 6061 T6 yang dilakukan proses struktur mikro dan nampak terlihat butiran-butiran hitam (Mg₂Si) saling menyatu dan jaraknya semakin berdekatan. Gambar 4.5. (d) merupakan daerah sambungan pengelasan gesek dari aluminium 6061 T6 yang sudah dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan paling jelas dimana butiran-butiran Mg₂Si saling menempel sangat rapat dan sehingga nampak terlihat butiran-butiran Mg₂Si yang cukup besar. Gambar 4.5. (e) merupakan daerah sambungan pengelasan gesek *stainless steel* 304 yang telah dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan dimana butiran-butiran besar saling menumpuk berdekatan secara beraturan, dan pada *stainless steel* 304 untuk daerah HAZ tidak teramati. Gambar 4.5. (f) merupakan daerah *base metal* dari *stainless steel* 304 dimana telah dilakukan pengujian mikro dan nampak terlihat butiran besar memiliki jarak saling berjauhan satu sama lain.

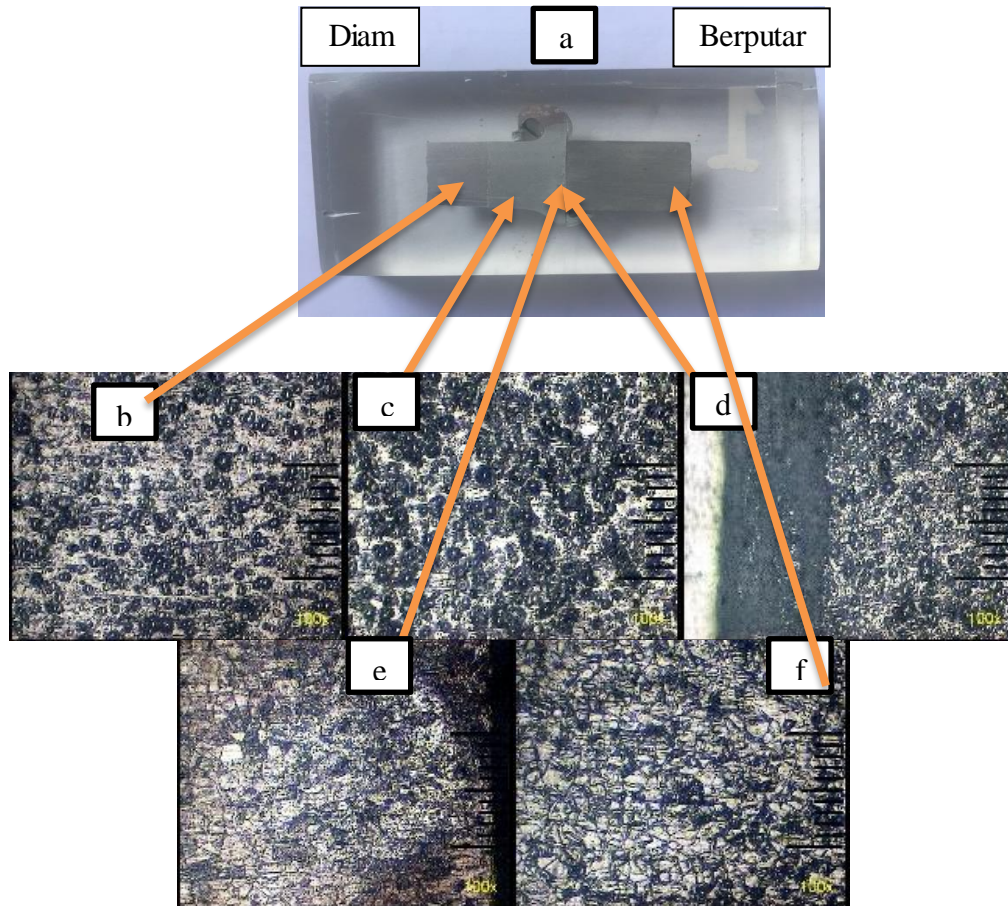


Gambar 4.5. (a) Benda uji bentuk permukaan gesek AL *chamfer* (b) AL 6061 T6 logam induk , (c) AL 6061 T6 HAZ, (d) AL 6061 T6 daerah sambungan, (e) SS 304 daerah sambungan, (f) SS 304 logam induk.

3. Hasil sambungan pengelasan gesek parameter bentuk permukaan gesek tanpa *chamfer* dengan tekanan *upset* 50 MPa, tekanan gesek 40 MPa, waktu *upset* 2 detik, dan waktu gesek 2 detik.

Gambar 4.6. (a) merupakan benda uji pengelasan gesek dengan parameter bentuk permukaan gesek SS *chamfer* dan dengan menggunakan tekanan *upset* 50 MPa, tekanan gesek 40 MPa, waktu *upset* 2 detik, dan waktu gesek 2 detik yang akan dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x. Gambar 4.6. (b) merupakan daerah *base metal* atau logam induk dari aluminium 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran Mg₂Si memiliki jarak yang cukup renggang. Gambar 4.6. (c) merupakan daerah HAZ dari aluminium 6061 T6 yang dilakukan proses struktur mikro dan nampak terlihat butiran-butiran hitam (Mg₂Si) saling menyatu dan jaraknya semakin berdekatan. Gambar 4.6. (d) merupakan daerah sambungan pengelasan gesek dari aluminium 6061 T6 yang sudah dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan paling jelas dimana butiran-butiran Mg₂Si saling menempel sangat rapat dan sehingga nampak terlihat butiran-butiran Mg₂Si yang cukup besar. Gambar 4.6. (e) merupakan daerah sambungan pengelasan gesek *stainless steel* 304 yang telah dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan dimana butiran-butiran besar saling menumpuk berdekatan secara beraturan, dan pada *stainless steel* 304 untuk

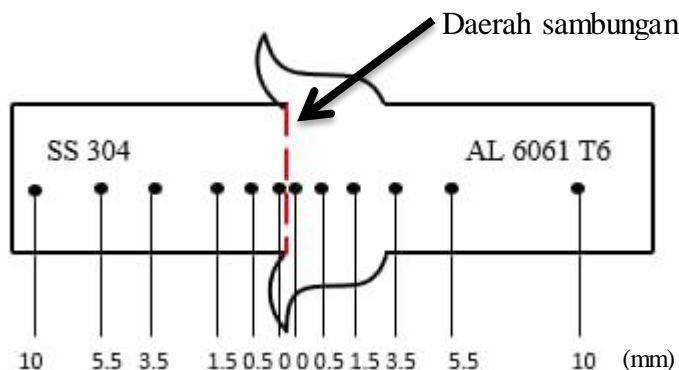
daerah HAZ tidak teramati. Gambar 4.6. (f) merupakan daerah *base metal* dari *stainless steel* 304 dimana telah dilakukan pengujian mikro dan nampak terlihat butiran besar memiliki jarak yang cukup renggang satu sama lain



Gambar 4.6. (a) Benda uji bentuk permukaan gesek tanpa *chamfer*, (b) AL 6061 T6 logam induk , (c) AL 6061 T6 HAZ, (d) AL 6061 T6 daerah sambungan, (e) SS 304 daerah sambungan, (f) SS 304 logam induk.

4.3. Pengujian Kekerasan

Dari pengujian struktur mikro yang telah dilakukan dapat diketahui posisi yang untuk pengujian kekerasan. Posisi pengujian kekerasan dapat dilihat seperti pada Gambar 4.7. Spesimen pengujian kekerasan menggunakan hasil sambungan dengan variasi bentuk permukaan gesek. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada daerah yang mengalami perubahan struktur mikro.



Gambar 4.7. Posisi uji kekerasan

Gambar 4.7. adalah penentuan titik yang berjumlah 12 titik dalam pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode mikro vickers. Dimana penentuan jarak titik kekerasan ini dimulai dari jarak 0 atau pada bagian tengah hasil penyambungan pada bagian *stainless steel* 304 mulai 10, 5.5, 3.5, 1.5, 0.5, 0 dan pada aluminium 6061 T6 mulai 0, 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 10.

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada masing-masing spesimen didapat hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.2. Dari data Tabel 4.2. dapat dibuat grafik antara nilai kekerasan dengan jarak pada masing-masing titik (Gambar 4.7).

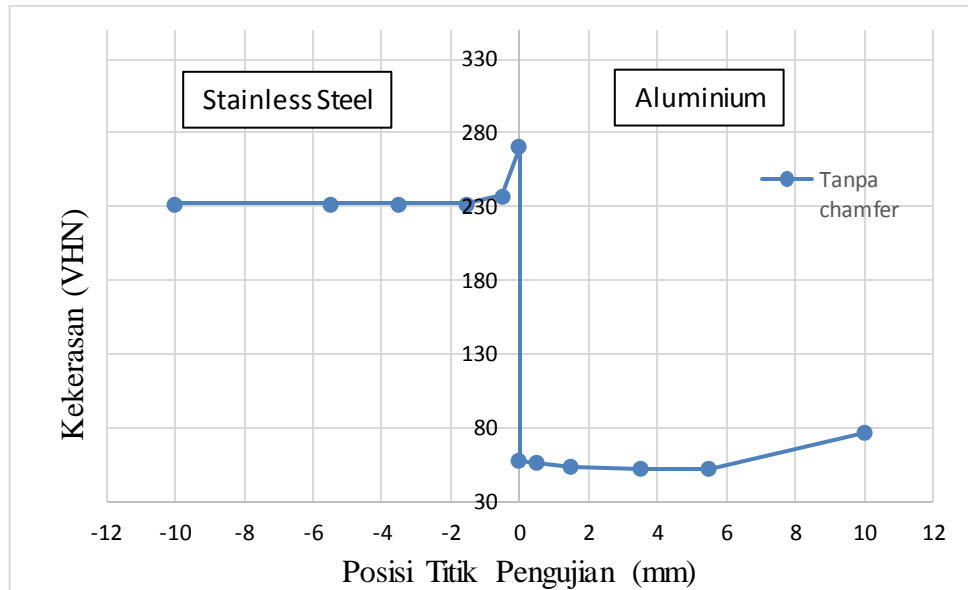
Tabel 4.2. Hasil Uji Kekerasan

No	Variasi Bentuk Permukaan Gesek	Jarak dari Sambungan	d1 (µm)	d2 (µm)	d rata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)	
1	Tanpa chamfer	Stainless Steel	-10	39	41	40	231,8
			-5,5	39	41	40	231,8
			-3,5	40	40	40	231,8
			-1,5	40	40	40	231,8
			-0,5	39	40	39,5	237,7
			0	37	37	37	270,9
		Aluminium	0	80	80	80	58
			0,5	80	82	81	56,5
			1,5	82	84	83	53,8
			3,5	83	85	84	52,6
			5,5	82	86	84	52,6
			10	69	70	69,5	76,8

No	Variasi Bentuk Permukaan Gesek	Jarak dari Sambungan	d1 (µm)	d2 (µm)	d rata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)	
2	SS chamfer	Stainless Steel	-10	39	41	40	231,8
			-5,5	40	40	40	231,8
			-3,5	40	40	40	231,8
			-1,5	40	40	40	231,8
			-0,5	39	40	39,5	237,7
			0	34	34	34	320,8
		Aluminium	0	87	85	86	50,1
			0,5	87	85	86	50,1
			1,5	94	95	94,5	41,5
			3,5	90	92	91	44,8
			5,5	81	80	80,5	57,2
10	79	75	77	62,6			

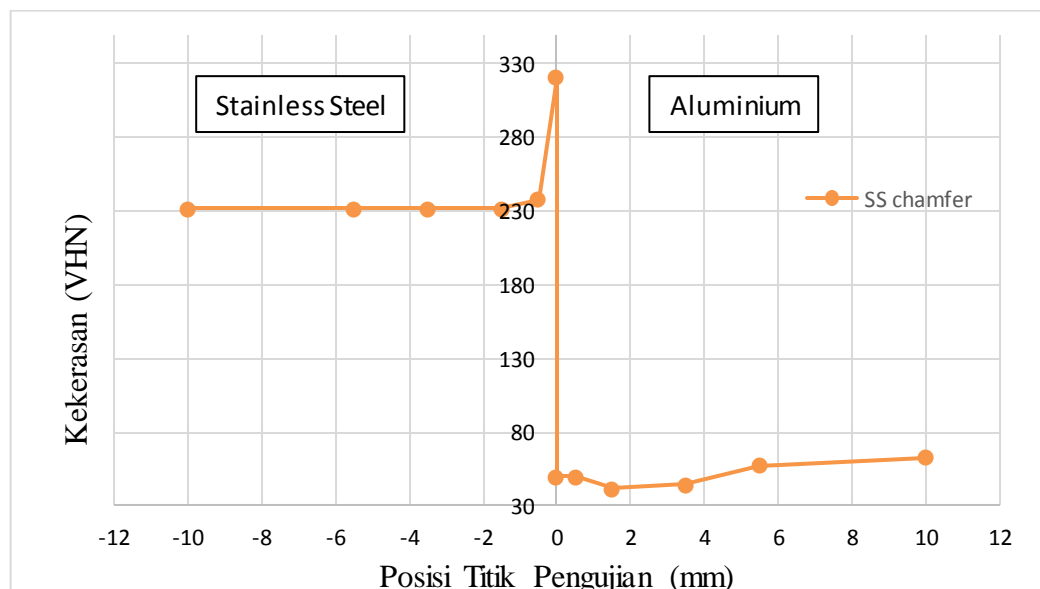
No	Variasi Bentuk Permukaan Gesek	Jarak dari Sambungan	d1 (µm)	d2 (µm)	d rata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)	
3	AL chamfer	Stainless Steel	-10	40	40	40	231,8
			-5,5	40	40	40	231,8
			-3,5	40	40	40	231,8
			-1,5	40	40	40	231,8
			-0,5	41	43	42	210,2
			0	38	40	39	243,8
		Aluminium	0	83	85	84	52,6
			0,5	82	86	84	52,6
			1,5	83	86	84,5	51,9
			3,5	86	86	86	50,1
			5,5	83	84	83,5	53,2
			10	76	78	77	62,6

Pada tabel 4.2. merupakan hasil pengujian kekerasan dengan titik pengujian yang telah ditentukan berdasarkan dari hasil pengamatan struktur mikro. Jarak titik yang diujikan untuk *stainless steel* 304 adalah 10, 5.5, 3.5, 1.5, 0.5, 0 sedangkan untuk aluminium 6061 T6 adalah 0, 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 10 dengan beban 200 gf dan waktu 5 detik menggunakan alat uji kekerasan *Vickers*.



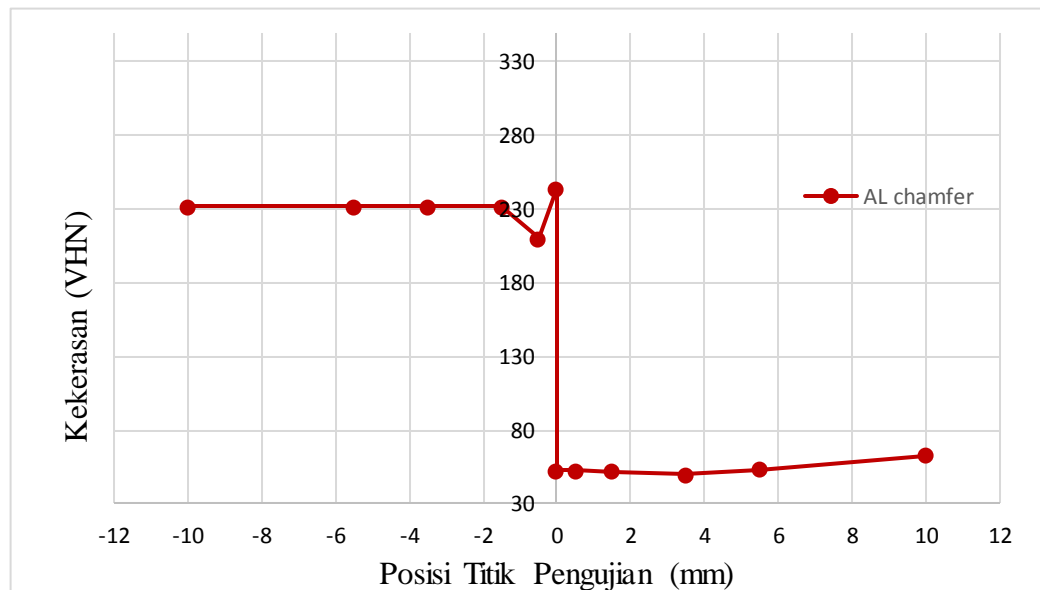
Gambar 4.8. Grafik distribusi kekerasan bentuk permukaan gesek tanpa *chamfer*

Pada grafik diatas (Gambar 4.8) dapat dijelaskan bahwa pada variasi bentuk permukaan gesek tanpa *chamfer* nilai kekerasan yang terdapat pada sambungan las *stainless steel* adalah 270,9 VHN, dapat diasumsikan bahwa daerah sambungan las *stainless steel* tersebut merupakan daerah paling keras. Dan untuk aluminium nilai kekerasan yang didapat pada sambungan las adalah 58,0 VHN dan nilai tersebut merupakan nilai kekerasan tertinggi pada aluminium. Diasumsikan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah sambungan las *stainless steel* yaitu 270,9 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ aluminium yaitu 52,6 VHN.



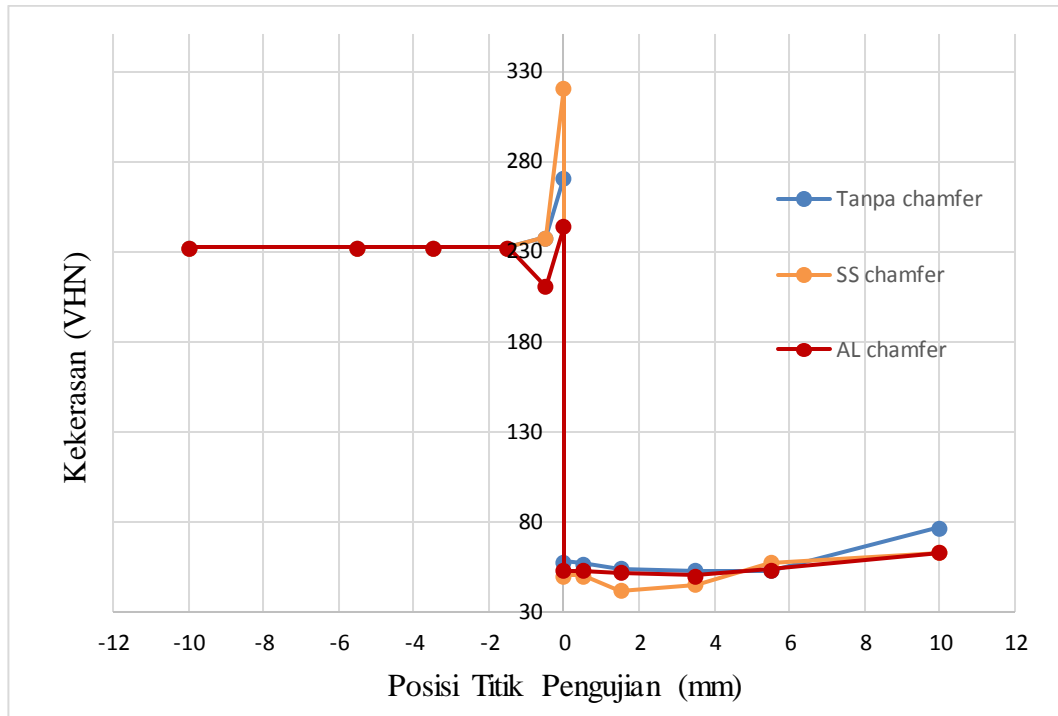
Gambar 4.9. Grafik distribusi kekerasan bentuk permukaan gesek SS *chamfer*

Pada pengamatan grafik diatas (Gambar 4.9) dapat dijelaskan bahwa pada variasi bentuk permukaan gesek SS *chamfer* nilai kekerasan yang terdapat pada sambungan las *stainless steel* adalah 320,8 VHN, sedangkan untuk nilai kekerasan pada *base metal* (logam induk) adalah 231,8 VHN. Dan untuk aluminium nilai kekerasan yang didapat pada sambungan las adalah 50,1 VHN, sedangkan untuk nilai kekerasan pada *base metal* (logam induk) adalah 62.6 VHN. Diasumsikan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah sambungan las *stainless steel* yaitu 320,8 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ aluminium yaitu 41,5 VHN.



Gambar 4.10. Grafik distribusi kekerasan bentuk permukaan gesek AL *chamfer*

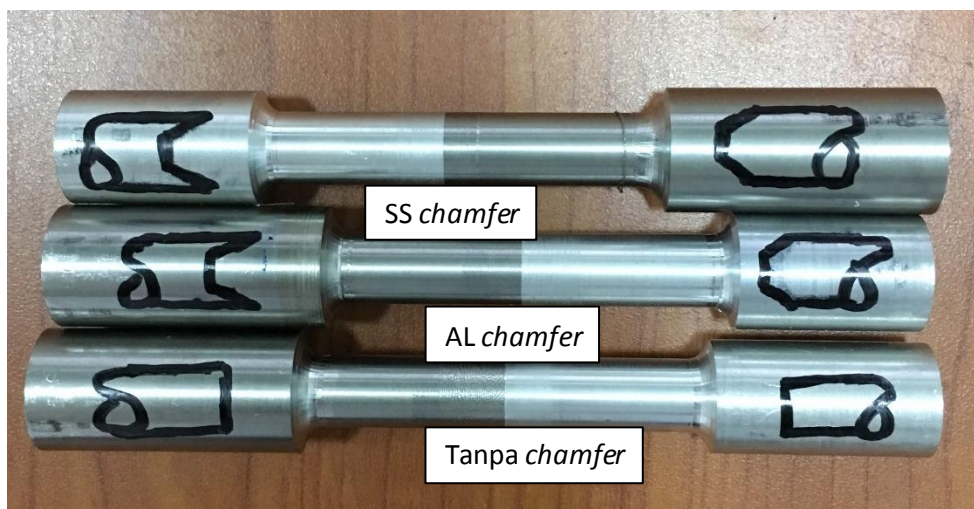
Pada pengamatan grafik diatas (Gambar 4.10) dapat dijelaskan bahwa pada variasi bentuk permukaan AL *chamfer* nilai yang terdapat pada sambungan las *stainless steel* adalah 243,8 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah pada *stainless steel* terdapat pada daerah HAZ yaitu 210,2 VHN. Dan untuk aluminium nilai kekerasan yang didapat pada sambungan las adalah 52,6 VHN dan nilai tersebut merupakan nilai kekerasan tertinggi pada aluminium, sedangkan nilai kekerasan terendah aluminium terdapat pada daerah HAZ yaitu 50,1 VHN. Jadi dapat diasumsikan bahwa nilai kekerasan tertinggi pada hasil pengujian diatas terdapat pada daerah sambungan las *stainless steel* yaitu 243,8 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ aluminium yaitu 50,1 VHN.



Gambar 4.11. Grafik perbandingan distribusi kekerasan

Dari perbandingan ketiga grafik diatas (Gambar 4.11) dapat disimpulkan bahwa parameter pengelasan gesek dengan variasi bentuk permukaan gesek nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah sambungan las *stainless steel* variasi bentuk permukaan gesek *SS chamfer* dengan nilai kekerasan 320,8 VHN, sedangkan untuk nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ aluminium variasi bentuk permukaan gesek *SS chamfer* dengan nilai kekerasan 41,5 VHN. Dan dapat diasumsikan bahwa daerah yang paling keras rata-rata terdapat pada daerah sambungan las *stainless steel*.

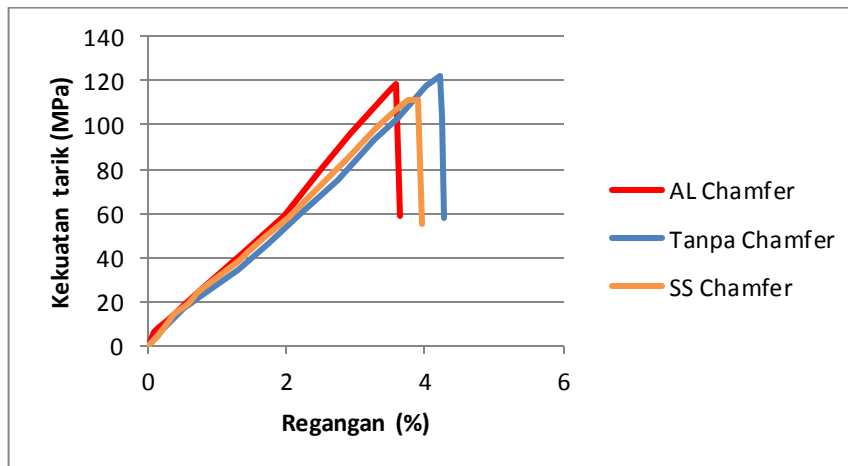
4.4. Hasil Uji Kekuatan Tarik



Gambar 4.12. Spesimen pengujian tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan pada masing-masing spesimen yang sudah tersambung dengan variasi bentuk permukaan gesek. Sebelum spesimen dilakukan pengujian kekuatan tarik dilakukan proses pemesinan untuk menghilangkan *flash* dan membentuk dimensi yang mengacu pada standar JIS Z 2201. Gambar 4.12. adalah spesimen yang digunakan untuk pengujian tarik.

Pengujian tarik dilakukan untuk dapat mengetahui kekuatan tarik dari sambungan pengelasan gesek *stainless steel*–aluminium dengan variasi bentuk permukaan gesek. Berikut ini grafik pengujian tarik yang telah dilakukan.

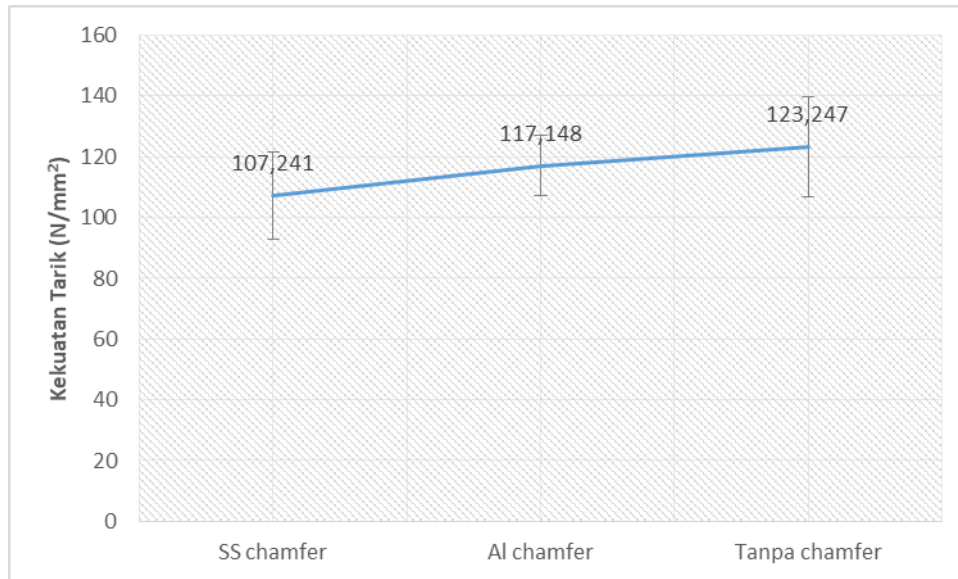


Gambar 4.13. Grafik hubungan tegangan dan regangan masing-masing bentuk permukaan gesek. Dari gambar 4.13. dapat diketahui bahwa grafik tegangan-regangan dari masing-masing

sambungan memiliki karakteristik yang sama. dengan grafik yang tampak seperti pada gambar 4.8. menandakan bahwa patahan bersifat getas. Dari gambar 4.13. dapat digunakan untuk mengetahui tegangan maksimum atau kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan. Hasil rata-rata kekuatan tarik maksimum dari masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 4.3

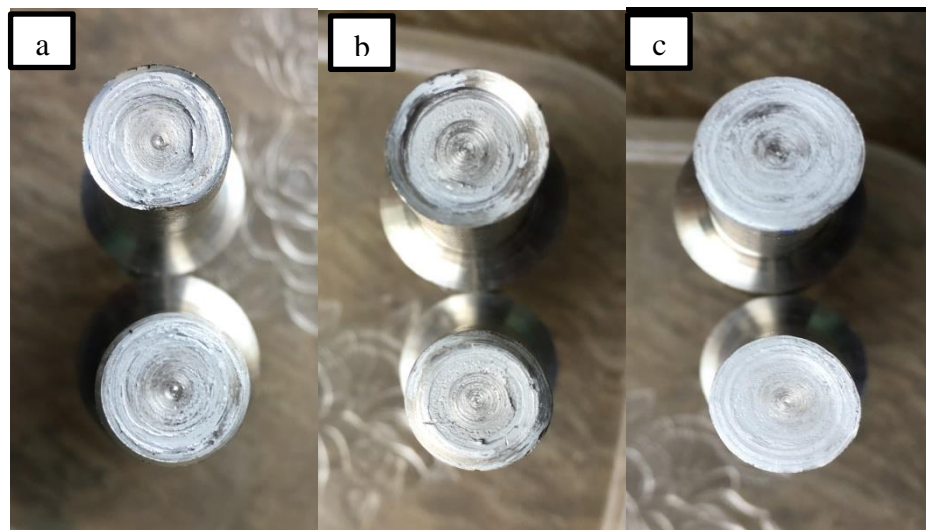
Tabel 4.3. Rata-rata hasil Pengujian Tarik

Pengujian ke -	SS <i>chamfer</i>	Al <i>chamfer</i>	Tanpa Chamfer
1	119,246	105,575	110,004
2	111,246	123,55	141,621
3	91,23	122,318	118,115
Rata-rata	107,241	117,148	123,247
stDev	14,43	10,04	16,42



Gambar 4.14. Grafik rata-rata kekuatan tarik

Pada gambar 4.14. dapat diketahui dari ketiga variasi percobaan pengelasan gesek antara material aluminium dan *stainless steel* dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yang dihasilkan terdapat pada pengelasan variasi tanpa *chamfer* yaitu sebesar 123,247 N/mm², sedangkan nilai kekuatan tarik rata-rata terendah diperoleh pada pengelasan dengan variasi SS *chamfer* yaitu sebesar 107,241 N/mm². Dapat diketahui bahwa bentuk permukaan gesek yang digunakan memiliki pengaruh terhadap hasil kekuatan tarik yang diperoleh. Setelah dilakukan pengujian tarik, didapatkan hasil patahan dari masing-masing sambungan. Hasil patahan dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Hasil patahan uji tarik, (a) Spesimen permukaan gesek SS *chamfer*, (b) Spesimen permukaan gesek AL *chamfer*, (c) Spesimen permukaan gesek tanpa *chamfer*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan proses penelitian dan hasil pengujian pengelasan gesek antara material aluminium dan *stainless steel* dengan variasi bentuk permukaan gesek yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa bentuk permukaan gesek hanya berpengaruh pada perubahan struktur mikro daerah aluminium 6061 T6, dan tidak begitu berpengaruh pada daerah *stainless steel* 304.
2. Pengujian kekerasan metode vickers dengan pembebanan 200 gf dan dengan waktu 5 detik menunjukan bahwa parameter pengelasan gesek dengan variasi bentuk permukaan gesek nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah sambungan las *stainless steel* bentuk permukaan gesek SS *chamfer* dengan nilai kekerasan 320,8 VHN, sedangkan untuk nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ aluminium bentuk permukaan gesek SS *chamfer* dengan nilai kekerasan 41,5 VHN.
3. Pada hasil uji tarik, bentuk permukaan gesek yang digunakan sangat pengaruh pada hasil yang didapatkan. Nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yang dihasilkan terdapat pada pengelasan variasi tanpa *chamfer* yaitu sebesar 123,247 N/mm², sedangkan nilai kekuatan tarik rata-rata terendah diperoleh pada pengelasan dengan variasi SS *chamfer* yaitu sebesar 107,241 N/mm².

REFERENCES

Journal:

- [1] Santoso, E.B., Irawan, Y.S., dan Sutikno, E., 2012. "Pengaruh Sudut *Chamfer* Dan Gaya Tekan Akhir Terhadap Kekuatan Tarik Dan Porositas Sambungan Las Gesek Pada Paduan Al-Mg-Si". *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(1), pp. 293-298.
- [2] Shubhavardhan, R.N., Surendran, S., 2012. "*Friction Welding to Join Dissimilar Metals*". *Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, ISSN 2250-2459, 2(7), pp. 200-210.
- [3] Sugianto, H.W., 2016. "Pengaruh Waktu Gesek dan Sudut *Chamfer* Terhadap Sifat Mekanik Hasil Lasan Aluminium 6061 Pada Proses *Friction Welding*". Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [4] Tyagita, D.A., Irawan, Y.S., Suprpto, W., 2014. "Kekuatan Puntir dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek AlMg-Si dengan Variasi *Chamfer* dan Gaya Tekan Akhir". *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(1), pp. 69-74.