

Pengaruh Double Chamfer Terhadap Flash Pada Sambungan Las Gesek Al6061 Dengan Simulasi Komputer

Mesti Nadya¹, Yudy Surya Irawan², Moch. Agus Choiron^{3*}

^{1,3} Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang (Institusi)
Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145

¹mestinadya@gmail.com, ¹ yudysir@ub.ac.id

^{3*} Agus_choiron@ub.ac.id

Abstrak— Continuous drive friction welding (CDFW) telah banyak dipakai sebagai salah satu jenis proses pengelasan yang penting. Penelitian ini memodelkan proses CDFW dengan memanfaatkan software aplikasi ANSYS 18.1. Material yang disambung adalah Al6061. Parameter proses yang diteliti adalah sudut chamfer (15°, 30°, 45°), burn off length (7, 8, 9 mm) dan upset pressure (120, 220, 240 MPa). Asumsi model material pada pemodelan ini menggunakan *bilinier isotropic hardening*. Jumlah pemodelan dilakukan sebanyak 9 buah berdasarkan matrik L9 Taguchi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi sudut chamfer, upset pressure dan BOL berpengaruh pada ukuran flash pada sambungan las gesek. Panjang flash arah horizontal terkecil sebesar 12.639 mm dihasilkan pada parameter proses dengan sudut chamfer 45°, upset pressure 220 MPa dan burn off length 9 mm.

Kata kunci— pengelasan gesek, sudut *chamfer*, *Upset pressure*, *burn off length*, ukuran flash

Abstract—Continuous drive friction welding (CDFW) has been widely used as an important type of welding process. This study models the CDFW process by utilizing the ANSYS 18.1 application software. The material to be joined is Al6061. Process parameters studied were chamfer angle (15°, 30°, 45°), burn off length (7, 8, 9 mm) and upset pressure (120, 220, 240 MPa). The material model assumption in this modeling uses *bilinier isotropic hardening*. The number of modeling carried out as 9 models based on the L9 Taguchi matrix. The results showed that the variation of the chamfer angle, upset pressure and BOL affected the flash size of the friction weld joint. The smallest horizontal direction flash length of 12,639 mm was produced in the process parameters with 45° chamfer angle, 220 MPa upset pressure and 9 mm burn off length.

Keywords— friction welding, chamfer angle, Upset pressure, burn off length, flash size

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pengelasan dituntut untuk mampu menghasilkan proses penyambungan logam pada berbagai bentuk, jenis material dan konstruksi pada produk industri yang semakin kompleks. Salah satu logam yang sering digunakan adalah aluminium [1]. Aluminium adalah logam yang ringan, tahan terhadap korosi dan sebagai konduktor panas yang baik sehingga aluminium sulit dilakukan penyambungan dengan cara pengelasan [2]. Cara penyambungan aluminium biasanya menggunakan metode friction welding. Keunggulan dari friction welding adalah suhu saat pengelasan rendah, tidak menggunakan fluks/selaput las, gas dan bahan pengisi/elektroda [3]. Proses pengelasan dilakukan dalam keadaan solid sehingga tidak terdapat percikan bunga api atau asap pada proses pengelasan. Friction welding adalah penyambungan dua buah logam dengan memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari gesekan dari dua material yang akan disambung [4]. Salah satu logam berputar pada kecepatan tertentu dan logam satunya diberikan tekanan sehingga kedua buah logam tersebut saling bergesekan yang akan menghasilkan panas sehingga terjadi proses penyambungan [5].

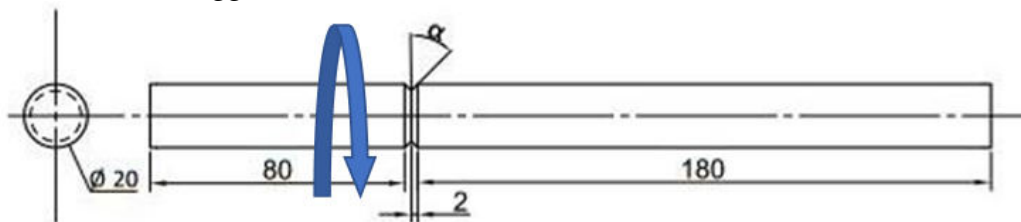
Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik perlu diperhatikan parameter yang terdapat dalam proses pengelasan. Beberapa parameter proses pengelasan gesek (*continuous drive friction welding*) yaitu, rotational speed, friction time, friction pressure, upset time, upset pressure, dan geometri dari benda kerja yang bergesekan [6]. Variasi pengaruh kecepatan putar, weld time, dan burn off length (BOL) terhadap temperatur permukaan diharapkan dapat meningkatkan hasil pengelasan. Penggunaan BOL yang tinggi dengan weld time yang

rendah menimbulkan stress yang tinggi sehingga material yang dihasilkan kurang kuat, sedangkan BOL yang rendah dengan weld time yang rendah menghasilkan difusi logam yang rendah sehingga material yang dihasilkan kurang kuat. Kekerasan yang tinggi dicapai pada material yang mengalami gesekan dan suhu tinggi karena adanya rekristalisasi pada material [7]. Variasi BOL yang tinggi menyebabkan heat input yang semakin besar sehingga tegangan sisa yang dihasilkan semakin tinggi.

Tren penggunaan simulasi komputer untuk memodelkan proses pengelasan sudah dikembangkan oleh beberapa peneliti. Salah satu tantangan simulasi computer adalah memodelkan bentuk flash yang terjadi agar dapat mendekati hasil eksperimental [8]. Pada penelitian ini, pengaruh sudut chamfer, burn off length dan upset pressure diobservasi dengan simulasi komputer untuk mendapatkan model bentuk flash sambungan las gesek pada pengelasan continuous drive friction welding.

II. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi komputer. Pemodelan proses pengelasan CDFW menggunakan software ANSYS Workbench 18.1.



Gambar 1: Geometri specimen CDFW dengan material Aluminium 6061

Penelitian ini menggunakan material aluminium tipe Al6061-T4 [9]. Asumsi model material pada pemodelan ini menggunakan *bilinier isotropic hardening*. Tabel 1 memperlihatkan data properties material Al6061-T4.

TABEL I
PROPERTI MATERIAL

Suhu (°C)	Densitas (kg/m ³)	Modulus Young (GPa)	Yield Strength (MPa)	Konduktivitas Termal (W/m°C)	Spesific Heat (J/kg°C)
37.8	2690	68.5	274	945	945
93.3	2690	66.2	265	978	978
149	2670	63.1	248	1000	1000
204	2660	59.2	219	1030	1030
260	2660	54	160	1052	1052
316	2630	47.5	66.2	1080	1080
371	2630	40.3	34.5	1100	1100
427	2600	31.7	17.9	1130	1130

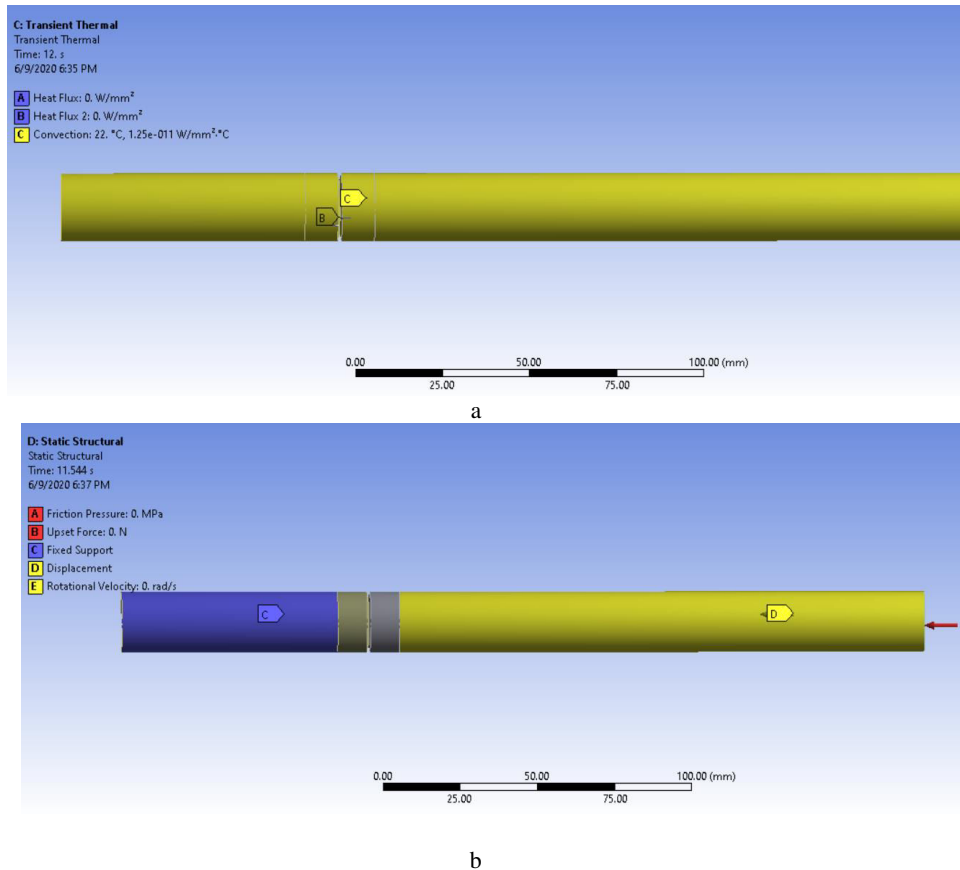
Gambar 2 menunjukkan skematik benda kerja yang terdiri dari 2 spesimen. Spesimen pertama diputar dengan rotational speed sebesar 1600 rpm dan spesimen kedua ditekan dengan friction pressure sebesar 21 kN selama 2 detik. Parameter proses yang divariasikan adalah sudut chamfer (15°, 30°, 45°), burn off length (7, 8, 9 mm) dan upset pressure (120, 220, 240 MPa). Variabel terkontrol yang digunakan adalah koefisien gesek sebesar 0.3,

kecepatan putar sebesar 1600 rpm dan *Friction Pressure* sebesar 7 kN selama 2 detik. Jumlah pemodelan dilakukan sebanyak 9 buah berdasarkan matrik L9 Taguchi.

Model *heat flux* diterapkan pada kedua benda kerja yang bergesekan dengan menggunakan rumus [10].

$$\dot{Q} = \frac{2}{3} \pi \cdot \mu \cdot \omega \cdot P \cdot R^3 \quad (1)$$

Dengan \dot{Q} adalah jumlah energi per satuan waktu yang terjadi pada permukaan las (Watt), P adalah *friction pressure* (N/m²), ω adalah Kecepatan sudut (rad/s). R adalah radius benda kerja/ permukaan yang bergesekan (m) dan μ merupakan koefisien gesek.



Gambar 2: Model pembebanan pengelasan gesek a). *Transient Thermal*, b). *Static Structural*

Metode Taguchi digunakan untuk mengoptimalkan kinerja dan menentukan parameter yang terbaik dengan jumlah eksperimen yang dianalisis lebih sedikit daripada desain faktorial. Semakin banyak jumlah level yang diteliti maka hasil eksperimen Taguchi semakin teliti disebabkan jumlah data yang diperoleh banyak [10]. Faktor dan level yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sudut chamfer, burn-off length dan upset pressure seperti pada Tabel 2.

TABEL II
FAKTOR DAN LEVEL DARI FAKTOR

FAKTOR KONTROL	UNIT	NOTASI	LEVEL		
			1	2	3
Sudut Chamfer	°	A	15	30	45
Burn off length	mm	B	7	8	9
Upset pressure	M pa	C	120	220	240

Penelitian ini menggunakan karakteristik distribusi suhu dan daerah HAZ . Pemilihan *orthogonal array* berdasarkan perhitungan *degree of freedom* (DOF), *orthogonal array* yang dipilih harus lebih tinggi dari perhitungan *degree of freedom*. Dengan demikian, *orthogonal array* yang digunakan yaitu $L_9(3^3)$ seperti pada Tabel 3.

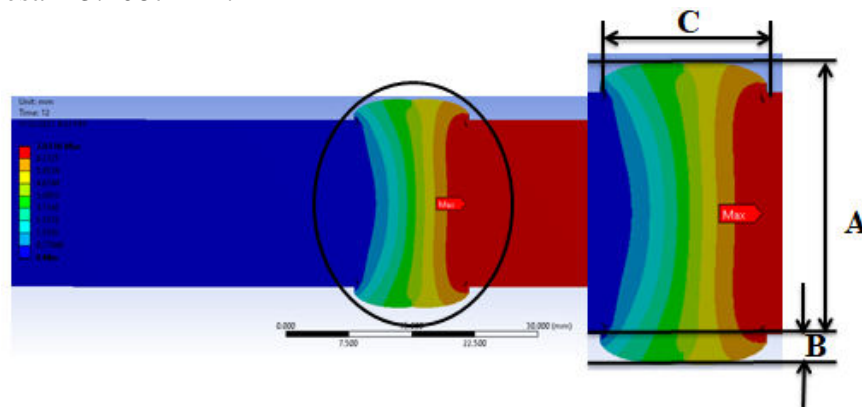
TABEL III
ORTHOGONAL ARRAY $L_9(3^3)$:

MODEL SIMULASI	FAKTOR DAN INTERAKSI			RESPON
	A	B	C	
1	1	1	1	
2	1	2	2	
3	1	3	3	
4	2	1	2	
5	2	2	3	
6	2	3	1	
7	3	1	3	
8	3	2	1	
9	3	3	2	

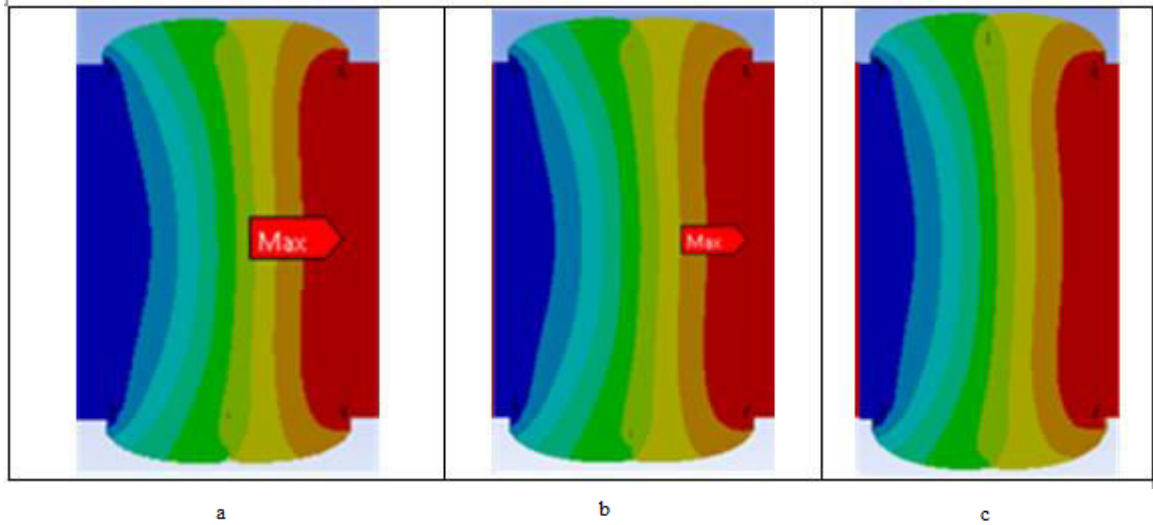
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi komputer dapat diplot bentuk flash dari simulasi CDFW dengan berbagai model sesuai dengan variasi parameter proses yang telah ditetapkan pada matrik L_9 Taguchi. Pengambilan data ukuran Flash yang dipotong memanjang dengan menggunakan imageJ seperti pada Gambar 3. Simbol a menunjukkan panjang flash, simbol b merupakan tinggi flash diukur dari bagian luar diameter dan symbol c merupakan panjang flash untuk arah horizontal.

Geometri pada Gambar 4 merupakan pemodelan yang menggunakan sudut chamfer sebesar 15° yang diberikan pada model 1 dengan upset pressure 120 MPa dan burn-off length 7 mm, model 2 dengan upset pressure 220 MPa dan burn-off length 8 mm dan model 3 dengan upset pressure 240 MPa dan burn-off length 9 mm. Pada Gambar 4a menunjukkan ukuran flash pada model 1 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 25.156 mm, tinggi flash sebesar 2.578 mm dan panjang flash untuk arah horizontal sebesar 14.36 mm. Gambar 4b menunjukkan ukuran flash pada model 2 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 25.889 mm, tinggi flash sebesar 2.944 mm dan panjang flash untuk arah horizontal simbol sebesar 13.838 mm. Gambar 4c menampilkan ukuran flash pada model 3 dengan panjang flash arah vertikal sebesar 26.494 mm, tinggi flash sebesar 3.247 mm dan panjang flash untuk arah horizontal sebesar 13.1087 mm.

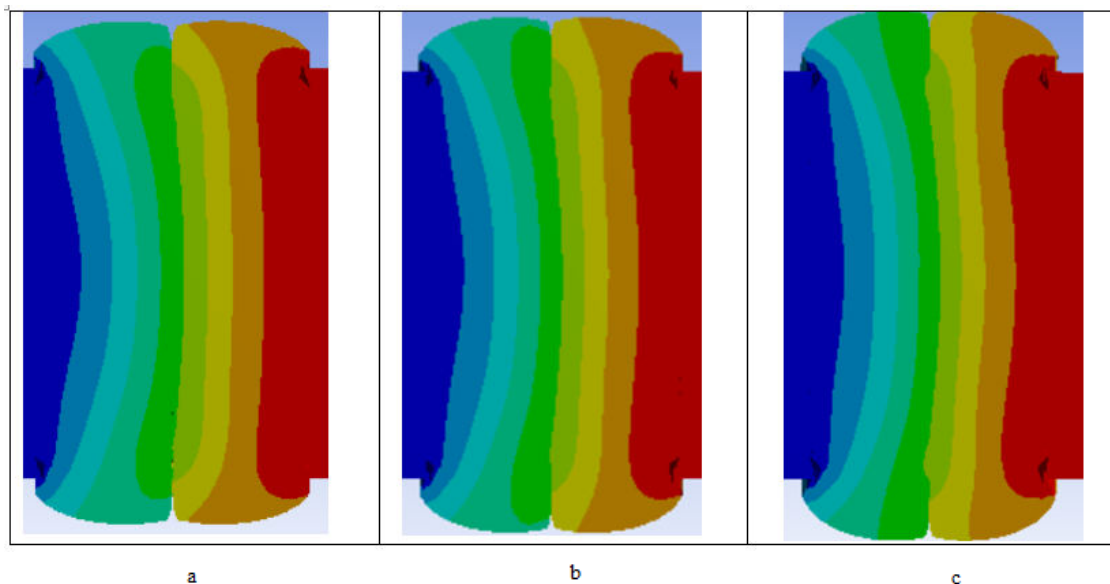


Gambar 3. Pengambilan data ukuran flash yang dipotong memanjang dengan menggunakan imageJ



Gambar 4. Bentuk flash pada chamfer 15°. a). Model 1, b). Model 2 dan c). Model 3

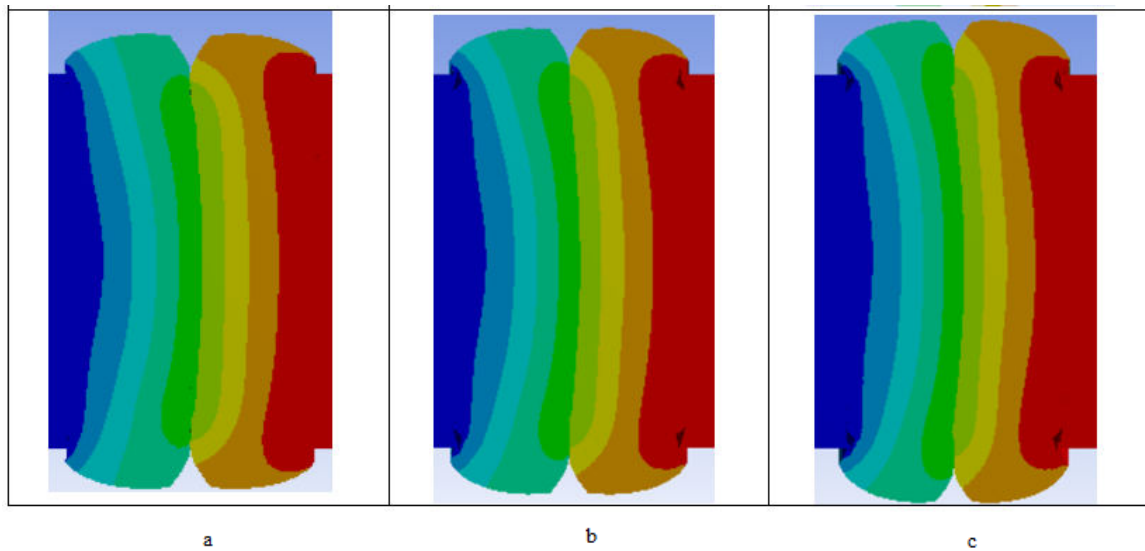
Geometri pada Gambar 5 merupakan pemodelan yang menggunakan sudut chamfer sebesar 30° yang diberikan pada model 4 dengan upset Pressure 220 MPa dan burn-off length 7 mm, model 5 dengan upset pressure 240 MPa dan burn-off length 8 mm dan model 6 dengan upset pressure 120 MPa dan burn-off length 9 mm. Gambar 5a menampilkan ukuran flash pada model 4 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 24.5 mm, tinggi flash sebesar 2.25 mm dan panjang flash untuk arah horizontal simbol sebesar 13.5 mm. Gambar 5b menunjukkan ukuran flash pada model 5 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 26.056 mm, tinggi flash sebesar 3.028 mm dan panjang flash untuk arah horizontal simbol sebesar 13.365 mm. Gambar 5c menunjukkan ukuran flash pada model 6 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 26.666 mm, tinggi flash sebesar 3.333 mm dan panjang flash untuk arah horizontal sebesar 12.669 mm.



Gambar 5. Bentuk flash pada chamfer 30°. a). Model 1, b). Model 2 dan c). Model 3

Geometri pada Gambar 6 merupakan pemodelan yang menggunakan sudut chamfer sebesar 45° yang diberikan pada model 7 dengan upset pressure 240 MPa dan burn-off length 7 mm, model 8 dengan upset pressure 120 MPa dan burn-off length 8 mm dan model 9 dengan upset

pressure 220 MPa dan burn-off length 9 mm. Gambar 6a menunjukkan ukuran flash pada model 7 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 24.190 mm, tinggi flash sebesar 2.095 mm dan panjang flash untuk arah horizontal sebesar 13.428 mm. Gambar 6b menunjukkan ukuran flash pada model 8 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 25.729 mm, tinggi flash sebesar 2.864 mm dan panjang flash untuk arah horizontal sebesar 13 mm. Gambar 6c menunjukkan ukuran flash pada model 9 dimana panjang flash arah vertikal sebesar 26.909 mm, tinggi flash sebesar 3.454 mm dan panjang flash untuk arah horizontal sebesar 12.639 mm.



Gambar 6. Bentuk flash pada chamfer 45 °. a). Model 1, b). Model 2 dan c). Model 3

Tabel V merupakan tabel yang menunjukkan flash pada seluruh model variasi. Terlihat pada tabel bahwa variasi sudut chamfer, upset pressure dan BOL berpengaruh pada ukuran flash pada sambungan las gesek. Sudut chamfer kecil dengan upset pressure yang tinggi serta BOL yang tinggi menyebabkan semakin kecil panjang flash arah horizontal sehingga semakin besar tekanan yang terjadi sehingga semakin banyak benda kerja yang bergesekan. Hal ini akan menyebabkan semakin besar heat input yang terjadi [11]. Panjang flash arah horizontal terkecil sebesar 12.639 mm dihasilkan pada parameter proses dengan sudut chamfer 45°, upset pressure 220 MPa dan burn off length 9 mm.

TABEL V
UKURAN FLASH

Model	Parameter Proses Pengelasan CDFW	Panjang Flash Arah Vertikal (a)	Tinggi Flash (b)	Panjang Flash Arah Horizontal (c)
1	Sudut chamfer 15°, upset pressure 120 MPa dan burn-off length 7 mm	25.156	2.578	14.36
2	Sudut chamfer 15°, upset pressure 220 MPa dan burn-off length 8 mm	25.889	2.944	13.838
3	Sudut chamfer 15°, upset pressure 240 MPa dan burn-off length 9 mm	26.494	3.247	13.108
4	Sudut chamfer 30°, upset pressure 240 MPa dan burn-off length 7 mm	24.5	2.25	13.5
5	Sudut chamfer 30°, upset pressure 240 MPa dan burn-off length 8 mm	26.056	3.028	13.365
6	Sudut chamfer 30°, upset pressure 120 MPa dan burn-off length 9 mm	26.666	3.333	12.669
7	Sudut chamfer 45°, upset pressure 240 MPa dan burn-off length 7 mm	24.19	2.095	13.428
8	Sudut chamfer 45°, upset pressure 120 MPa dan burn-off length 8 mm	25.729	2.864	13

9	Sudut chamfer 45°, upset pressure 220 MPa dan burn-off length 9 mm	26.909	3.454	12.639
---	--	--------	-------	--------

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi komputer didapatkan bahwa variasi sudut chamfer, upset pressure dan BOL sangat berpengaruh pada ukuran flash pada sambungan las gesek. Sudut chamfer kecil dengan upset pressure yang tinggi serta BOL yang tinggi menyebabkan semakin kecil panjang flash arah horizontal. Hal ini disebabkan tekanan yang terjadi yang besar akan memperbanyak permukaan benda kerja yang bergesekan, akibatnya semakin besar heat input yang terjadi. Panjang flash arah horizontal terkecil sebesar 12.639 mm dihasilkan pada parameter proses dengan sudut chamfer 45°, upset pressure 220 MPa dan burn off length 9 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem (SPRS) Teknik Mesin FT-UB atas fasilitas berupa software license ANSYS Academic Ver. 18.1 dalam pelaksanaan penelitian sampai penulisan karya tulis ini.

REFERENSI

- [1] SUKMANA,IRZA AND ADE SUSTIONO. "Pengaruh Kecepatan Putar Indentor Las Gesek (Friction Stir Welding) Terhadap Kekuatan hasil Pengelasan Aluminium 1100-H18," Jounal Mechanical Vol.7 No.1, 2016.
- [2] KUMAR, SACHIN., BHARDWAJ, DEEPAK., AND SANGWAN, JAGDEEP. "A Research Paper on Temperature Modelling of Friction Welding of Aluminium and Stainless Steel-304." 2014.
- [3] G.S. CHNADER, G.M. REDDY, A.V. RAO. "Influence of rotational speed on microstructure and mechanical properties of dissimilar metal AISI 304-AISI 4140 continuous drive friction welds, J. Iron steel Res." Int 19 (2012) 64-73.
- [4] N. RAJESH JESUDOSS HYNES AND S. RAJA. "Experimental study on joining of AA6063 and AISI 1040 steel. AIP Conference Proceeding" 1953, 130020. (2018); doi: 10.1063/1.5033164)
- [5] TYAGITA, DICKY ADI, YUDY SURYA IRAWAN, AND WAHYONO SUPRAPTO. "Kekuatan Puntir Dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek AlMg-Si Dengan Variasi Chamfer Dan Gaya Tekan Akhir." Jurnal Rekayasa Mesin 5(1):69–74. 2014.
- [6] SAHIN, M., AND MISIRLI, C. "Mechanical and Metallurgical Properties of Friction Welded Aluminium Joints." Department. of Mechanical Eng., Trakya University, pp. 277-300. 2012.
- [7] SANDEEP, KUMAR, RAJESH, KUMAR AND YOGESH, KUMAR SINGLA. "To Study The Mechanical Behaviour Of Friction Welding Of Aluminium Alloy And Mild Steel." Internatonal Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 2012.
- [8] TOTOK SUWANDA, RUDY SOENOKO, YUDY SURYA IRAWAN, MOCH. AGUS CHOIRON, "Temperature Cycle Analysis of A6061-AISI304 Dissimilar Metal Continuous Drive Friction Welding", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 3, No. 12-105, Juni 2020.
- [9] ASM *Aerospace Specification Metal Inc.* 2016.
- [10] LIN, C. B. LIN, C. K. MU, W. W. WU AND C. H. HUNG. "The Effect Of Joint Design and Volume Fraction On Friction Welding Properties Of A360/Sic (P) Composites." Welding Research Supplement. Department Of Mechanical Engineering. Tamkang University. Taiwan. 1999.
- [11] MUHAMAD IMADUDIN, YUDY SURYA IRAWAN, MOCH. AGUS CHOIRON, "Simulasi FEM Pengelasan CDFW dengan pengaruh Tinggi Kerucut dan Burn-Off Length terhadap Distribusi Suhu A6061", Skripsi Teknik Mesin UB, 2017.