

ANALISA KUAT ARUS SMAW DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP DISTORSI ANGULAR PADA PELAT ST 37

Ahmad Anwar¹, Am. Mufarrih²

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹[*¹karyaanwar@gmail.com](mailto:karyaanwar@gmail.com), ²mufarrih@unpkediri.ac.id

Abstrak – Baja ST 37 banyak digunakan dalam konstruksi ringan, automobile body, panel dan wire product. Salah satu jenis pengelasan yang populer adalah Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Akibat pengelasan menimbulkan distorsi sehingga diperlukan pembenahan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh arus dan media pendingin terhadap distorsi angular. Metode yang digunakan yaitu pendekatan kuantitatif dan teknik penelitian eksperimental faktorial L_6 dengan replikasi 2 kali dan analisis data menggunakan Anova. Material yang digunakan adalah pelat ST 37 yang dilas menggunakan SMAW. Pelaksanaan uji distorsi angular disertai pengamatan penyimpangan selama belangsungnya siklus termal. Hasil penelitian menunjukkan P-value lebih kecil dari nilai signifikan 0.05, ini berarti arus dan media pendinginan berpengaruh terhadap distorsi angular. Kontribusi kuat arus terhadap respon distorsi angular sebesar 75.06 %, sedangkan persen kontribusi media pendinginan terhadap respon distorsi angular sebesar 22.42%. Agar diperoleh distorsi angular terendah, disarankan untuk memilih arus yang tinggi sesuai kebutuhan pengelasan dengan pertimbangan cacat las yang ditimbulkan serta memberikan pendinginan yang lambat dan stabil.

Kata Kunci —ANOVA, Arus, distorsi, pendingin, SMAW

1. PENDAHULUAN

Baja plat ST 37 adalah baja yang memiliki kekuatan tarik ≤ 37 kg/mm² [1]. Baja ST 37 termasuk jenis baja karbon rendah, dimana kandungan karbonnya kurang dari 0,3% [2]. Dalam industri manufaktur, baja ST 37 banyak digunakan dalam konstruksi ringan, automobile body, panel dan wire product. Hampir seluruh pengerjaan logam di era sekarang tidak terlepas dari proses pengelasan. Salah satu jenis pengelasan yang populer adalah Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Dalam mempercepat pengerjaan banyak dijumpai pendinginan pengelasan dengan menyiram air tanpa menghiraukan akibatnya.

Teknik dan prosedur pengelasan yang kurang baik menimbulkan cacat pada lasan salah satu contohnya distorsi. Beberapa masalah distorsi setelah hasil pengelasan diantaranya: distorsi longitudinal, transversal dan angular yang mengakibatkan kerja tambahan untuk pembenahan. Untuk meminimalisir kerja tambahan tersebut dapat dilakukan dengan meminimalisir distorsi.

Proses penyusutan pembekuan dan kontraksi termal dari logam las selama proses pengelasan, benda akan mempunyai kecenderungan untuk menyimpang yang menyebabkan distorsi [3]. Sifat distorsi yaitu menarik benda kerja yang dilas kearah daerah dimana pengelasan dilakukan [4]. Distorsi berkaitan dengan distribusi temperatur yang terjadi pada daerah las dimana temperature pengelasan berbanding lurus dengan hasil distorsi yang menyatakan bahwa kenaikan *heat input* memperbesar terjadinya distorsi [5]. Hal lain yang perlu diperhatikan selain distorsi yaitu timbulnya

tegangan yang dapat diminimalisir dengan pemanasan pada suhu tertentu dan didinginkan perlahan-lahan [3].

Sehubungan dengan itu, untuk mengetahui pengaruh parameter las terhadap deformasi benda kerja maka perlu dilakukan penelitian. Pada penelitian ini akan diperoleh hubungan antara parameter las dengan distorsi angular pada pelat. Parameter las yang digunakan yaitu arus listrik, dan pendinginan sebagai variabel bebas dengan respon distorsi angular pada pengelasan pelat datar ST 37.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah besar arus yaitu Arus (45A, 55A dan 65A) dengan media pendinginan udara dan pengucuran air berdebit 500 ml/menit. Variabel responnya distorsi angular, variabel moderatonya kecepatan pengelasan dan variabel terkontrol yaitu jarak busur, jumlah deposit yang sama pada setiap specimen, elektroda merek NIKKO STEEL tipe RD 260 E6013 berdiameter inti 2 mm.

2.2. Teknik penelitian

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif, karena penelitian ini dengan angka-angka sedangkan tekniknya penelitian eksperimen karena keberadaan data yang diteliti sengaja ditimbulkan [6]. Pengaturan parameter proses menggunakan metode *full faktorial orthogonal array* L_6 dua kali replikasi. Data hasil

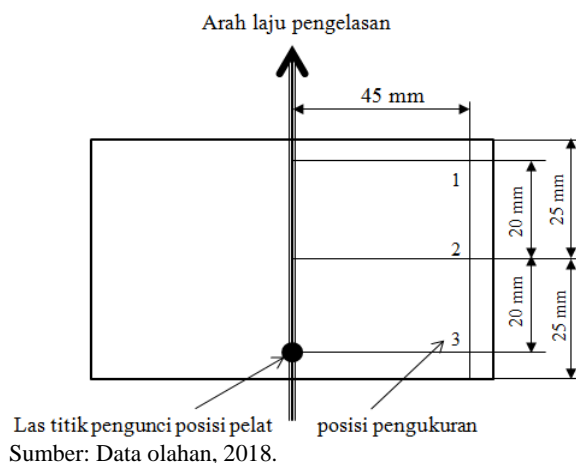
pengamatan penyimpangan selama siklus termal disajikan dalam bentuk grafik sedangkan data hasil uji distorsi angular jika memenuhi uji asumsi Identik, Independen, dan Distribusi Normal (IIDN), selanjutnya dianalisis menggunakan Analisa Varians (ANOVA). Pengelasan satu layer dengan kampuh I tertutup. Penentuan Faktor dan level penelitian yang digunakan terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Variabel bebas dan level

No	Parameter Bebas	Level		
		1	2	3
1	Media pendingin	udara	air	-
2	Kuat Arus (ampere)	45	55	65

Sumber: Data olahan, 2018.

Pengukuran distorsi menggunakan alat *dial indicator*, dengan tingkat akurasi ketelitian sebesar 0,01 mm. Pembacaan hasil rekaman kamera ditampilkan pada aplikasi Media Player Classic Home Cinema yang memiliki ketelitian waktu 0.001 detik. Posisi titik-titik lokasi pengukuran tampak pada gambar 1.



Gambar 1 Titik-titik lokasi pengukuran

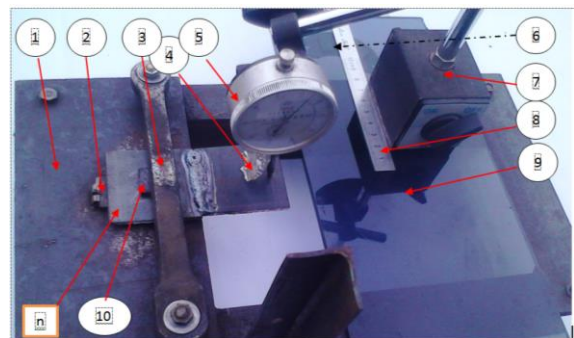
2.3. Bahan

Bahan yang digunakan pelat ST 37. Berdimensi 50 mm x 50 mm dan tebal 2,5 mm.

2.4. Alat penelitian

Pengelasan menggunakan mesin SMAW *inverter* merk *Multipro* AGBT MMA G-KR 120A dengan tegangan input $220 \pm 15\%$, tegangan output saat kerja 20,8 – 24,8 dan efisiensi 85%.

Pengukuran titik-titik posisi pengukuran distorsi angular dengan *dial indicator* menggunakan alat Gabungan uji siklus termal dan Distorsi angular (GABUSSIA) [7]. Penampilan GABUSSIA dapat dilihat pada gambar 2.



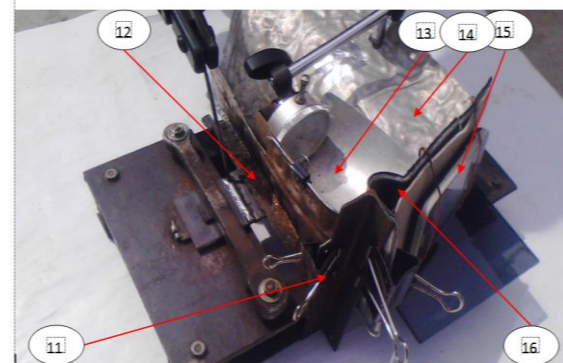
Gambar 2 Pengukuran penyimpangan

Keterangan pada GABUSSIA:

1. Papan uji
2. Besi cor landasan benda kerja
3. Penjepit benda kerja
4. Isolator elastis tahan panas
5. *Dial test indikator*
6. Magnet *Neodymium* (dibalik kaca)
7. Statif *Magnetic Base*
8. Busur derajat
9. Papan kaca
10. Besi cor landasan penjepit

Catatan: n adalah benda kerja

Pengukuran penyimpangan selama siklus termal menggunakan alat GABUSSIA [7]. Posisi pengukuran penyimpangan selama siklus termal pada alat GABUSSIA ditunjukkan gambar 3.



Gambar 3 Pengukuran satu titik selama siklus thermal.

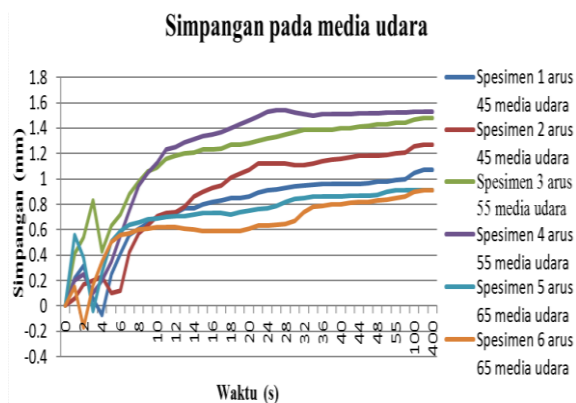
Keterangan pada GABUSSIA:

11. Penjepit
12. Pelindung percikan las
13. Pelindung asap dan embun
14. Penutup kaca
15. Kamera
16. Lengan penyangga kamera

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

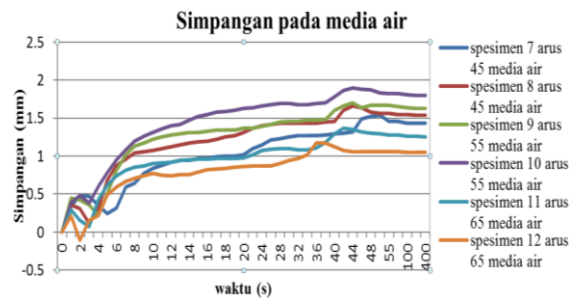
3.1. Pengamatan Penyimpangan Selama Siklus Termal

Penyimpangan terhadap waktu dengan variasi arus pada kondisi deposit dan media pendingin yang sama setiap spesimen dapat dilihat pada siklus perubahan penyimpangan gambar 4 untuk media udara dan gambar 5 untuk media air.



Gambar 4 Grafik simpangan selama siklus termal media pendingin udara.

Gambar 4 terlihat penyimpangan terendah terjadi pada arus pengelasan 65 Amper. Grafik ketika proses pendinginan udara cenderung landai yaitu disekitar waktu 24 sampai 40.



Gambar 5 Grafik simpangan selama siklus termal dengan media pendingin air.

Pada gambar 5 menunjukkan penyimpangan ketika proses pendinginan bermedia air yaitu disekitar waktu 28 sampai 400 detik terjadi kenaikan dan penurunan pada titik tertentu secara signifikan. Berdasarkan grafik pada gambar 4 dan 5, waktu antara 0 – 6 detik kenaikan signifikan terjadi diawal pengelasan sedangkan penurunan yang signifikan terjadi ketika busur pengelasan mulai melelehkan deposit hasil pengelasan titik sebagai pengunci pelat. Setelah melewati deposit pengunci pelat, grafik mulai naik menunjukkan naiknya penyimpangan akibat panas dari busur pengelasan pada benda kerja.

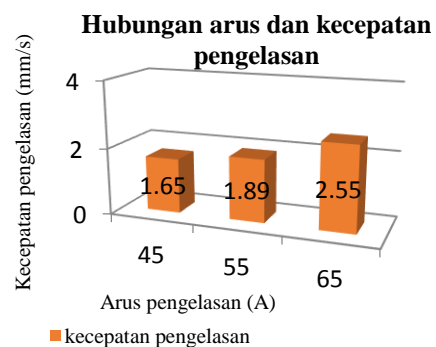
3.2. Data Distorsi Angular Dan Perhitungan Heat Input

Data rata-rata hasil pengujian distorsi angular dengan replikasi dua kali dan pengukuran tiga titik tiap benda benda kerja dirangkum dalam table 2.

Tabel 2. Data Hasil Penelitian

ARUS (A)	Media Pendingin	Rata-rata Kecepatan pengelasan (mm/s)	Distorsi Angular (mm)						Rata-rata
			Replikasi 1			Replikasi 2			
			1	2	3	1	2	3	
45	Udara	1.65	1	1.07	1.1	1.24	1.27	1.31	1.165
	Air		1.33	1.43	1.51	1.49	1.54	1.6	
55	Udara	1.89	1.45	1.48	1.46	1.5	1.53	1.55	1.495
	Air		1.59	1.63	1.65	1.77	1.8	1.82	
65	Udara	2.55	0.85	0.91	0.92	0.89	0.91	0.9	0.897
	Air		1.12	1.25	1.39	0.9	1.05	1.14	

Dari penelitian dalam usaha mendapatkan jumlah yang sama logam yang didepositkan didapatkan rata-rata kecepatan pengelasan pada arus 45 A, 55 A dan 65 A secara berturut-turut yaitu: 1.65 mm/s, 1.89 mm/s dan 2.55 mm/s. Untuk mempermudah memahami hubungan arus dan kecepatan pengelasan dalam usaha mendapatkan jumlah yang sama logam yang didepositkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Hubungan Arus dan kecepatan pengelasan usaha menyamakan deposit

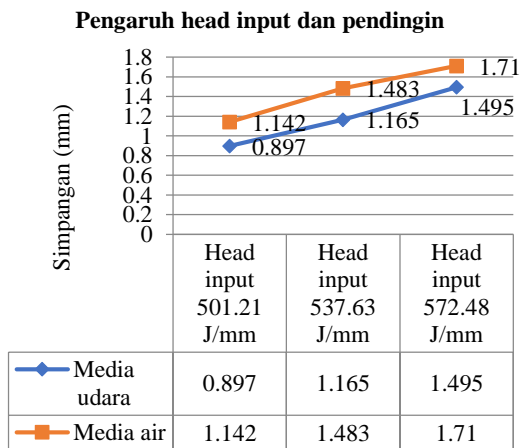
Dengan efisiensi proses pengelasan (η) sesuai spesifikasi mesin las sebesar 85% yang ditautkan dengan data hasil penelitian, dapat diketahui heat input berdasarkan persamaan 1 [8] yaitu:

$$HI(HeatInput) =$$

$$\eta \frac{\text{Tegangan pengelasan (E) x Arus pengelasan (I)}}{\text{kecepatan pengelasan (v)}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan perhitungan sesuai persamaan 1, maka didapatkan rata-rata heat input pengelasan pada arus 45 A, 55 A dan 65 A secara berturut-turut yaitu: 537.63 J/mm, 572.48 J/mm dan 501.21 J/mm

Dari kesemua unsur tersebut ditautkan dengan media pendingin yang berbeda pada akhirnya akan menghasilkan *output* berupa distorsi yang berbeda. Hal tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 7.



Gambar 7 Grafik pengaruh *heat input* dan pendinginan terhadap distorsi.

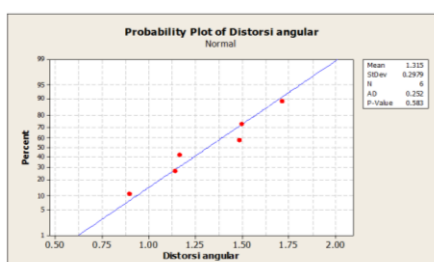
Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa semakin besar heat input maka distorsi yang dihasilkan semakin besar.

3.3. Analisa Data Menggunakan Software Minitab 16

3.3.1. Prosedur Analisa Data

Syarat Anova, residu harus memenuhi tiga asumsi yaitu bersifat Identik, Independen, dan Distribusi Normal (IIDN).

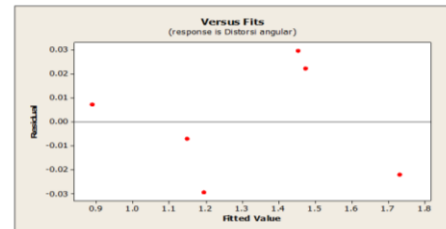
a. Uji Normalitas



Gambar 8 Plot Uji Distribusi Normal pada Respon distorsi angular.

Gambar 8 menunjukkan bahwa dengan uji Anderson-Darling diperoleh *P-Value* sebesar 0.583 yang berarti lebih besar dari $\alpha = 0.05$. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa H_0 merupakan residual berdistribusi normal.

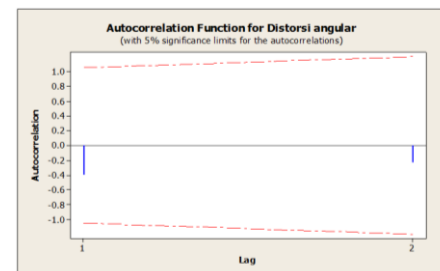
b. Uji Identik



Gambar 9 Plot Residual distorsi angular *Versus Fitted Values*

Gambar 9 menunjukkan bahwa residual terbesar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu. Dengan demikian asumsi residual identik terpenuhi.

c. Uji Independen



Gambar 10 Plot ACF pada Respon distorsi angular

Berdasarkan plot ACF yang ditunjukkan pada gambar 10 tidak ada nilai AFC pada tiap *lag* yang keluar dari batas interval. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada kolerasi antar residual artinya bersifat independen

3.3.2. Hasil Analisa Data

Untuk mengetahui pengaruh variabel proses yang memiliki pengaruh signifikan terhadap distorsi angular digunakan *Analysis of Varians* (ANOVA) tampak pada tabel 3.

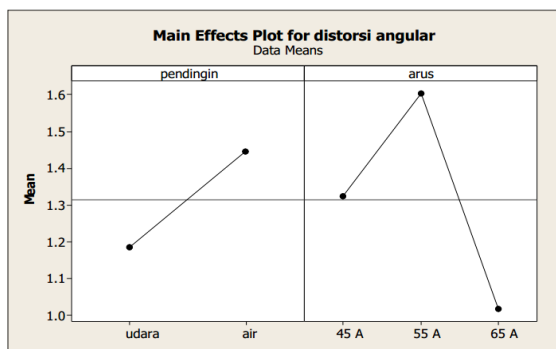
Tabel 3 Analisa Variansi Variabel Proses terhadap distorsi angular.

General Linear Model: distorsi angular versus arus, pendingin						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
arus	2	0.34011	0.34011	0.17006	121.20	0.008
pendingin	1	0.10088	0.10088	0.10088	71.89	0.014
Error	2	0.00281	0.00281	0.00140		
Total	5	0.44380				

Dari tabel ANOVA tersebut dapat diketahui pengaruh kuat arus dan media pendingin terhadap distorsi angular dengan dua cara:

1. Membandingkan *P-Value*.
Tabel 3.2 menunjukkan *P-Value* variabel arus pengelasan senilai 0.008 dan media pendingin senilai 0.014. Kedua *P-Value* tersebut lebih kecil dari nilai taraf signifikan 5% ($\alpha = 0,05$).
2. Membandingkan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} .
 - a. Untuk variabel bebas media pendingin, kesimpulan: $F_{hitung} = 71.89 > F_{(0.05;1,10)} = 4.96$, maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh media pendingin terhadap distorsi angular.
 - b. Untuk variabel bebas arus pengelasan, kesimpulan: $F_{hitung} = 121.20 > F_{(0.05;1,10)} = 4.96$, maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh arus pengelasan terhadap distorsi angular.

Pengaruh yang diberikan dari dua variabel untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Plot efek variabel bebas terhadap distorsi angular

Dari tabel analisa variansi tersebut juga dapat diketahui nilai *Degree of freedom* (DF), Seq SS, dan Adj MS. Dalam mencari persen kontribusi (% Kontribusi) terlebih dahulu mencari SS'' dengan rumus [9]:

$$SS'' = (\text{Seq SS} - (\text{DF} \times \text{error Adj MS})) \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan untuk rumus persen kontribusi sebagai berikut:

$$\% \text{ Kontribusi} = \frac{SS''}{\text{Total Seq SS}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dari persamaan tersebut dilanjutkan perhitungan pencarian SS'' sebagai berikut :

1. Arus pengelasan
 $SS'' = (0.34011 - (\text{DF} \times \text{error Adj MS}))$
 $SS'' = (0.34011 - (2 \times 0.0014))$
 $SS'' = 0.34011 - 0.0028 = 0.3331$

2. Media pendinginan
 $SS'' = (\text{Seq SS} - (\text{DF} \times \text{error Adj MS}))$
 $SS'' = (0.10088 - (1 \times 0.0014))$
 $SS'' = 0.10088 - 0.0014 = 0.09948$

Setelah SS'' diketahui dilanjutkan pencarian presentase kontribusi sebagai berikut:

1. Arus pengelasan
 $\% \text{ Kontribusi} = \frac{SS''}{\text{Total Seq SS}} \times 100\%$
 $\% \text{ Kontribusi} = \frac{0.3331}{0.4438} \times 100\% = 75.06 \%$
2. Media pendinginan
 $\% \text{ Kontribusi} = \frac{SS''}{\text{Total Seq SS}} \times 100\%$
 $\% \text{ Kontribusi} = \frac{0.09948}{0.4438} \times 100\% = 22.42 \%$

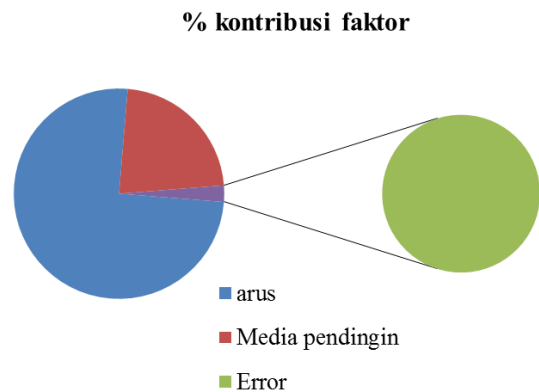
Dari semua % Kontribusi variabel bebas yang telah diketahui maka untuk mencari % kontribusi error = $100\% - (\text{total faktor \% Kontribusi}) = 100\% - (75.06\% + 22.42\%) = 100\% - 97.48\% = 2.52\%$.

Dari uraian pencarian SS'' dan % kontribusi setiap faktor penelitian jika ditautkan dengan hasil perhitungan analisa variansi dapat disajikan seperti pada tabel 4.

Tabel 4 Persentase kontribusi tiap faktor

Variabel Bebas	DF	Seq SS	Adj MS	SS'	% Kontribusi
Arus	2	0.34011	0.17006	0.333	75.06
Pendingin	1	0.10088	0.10088	0.099	22.42
Error	2	0.00281	0.0014		2.52
Total	5	0.4438			100

Untuk lebih mudah dalam mengamati presentase kontribusi tiap faktor dapat disajikan dalam bentuk grafik lingkaran seperti tampak pada gambar 12.



Gambar 12 Grafik lingkaran presentase kontribusi faktor penelitian

4. SIMPULAN

1. Kuat arus berpengaruh terhadap distorsi angular dengan hasil analisa variansi untuk nilai $F_{hitung} = 121.20 > F_{(0.05;1,10)} = 4.96$ dan $P\text{-value}$ kuat arus senilai $0.008 < \text{nilai signifikan}$ ($0.05 = 5\%$). Presentase kontribusi kuat arus sebesar 75.06 %.
2. Media pendinginan berpengaruh terhadap distorsi angular dengan hasil analisa variansi untuk nilai F_{hitung} senilai $71.89 > F_{tabel}$ senilai 4.96 dan $P\text{-value}$ media pendingin senilai $0.014 < \text{nilai signifikan}$ ($0.05 = 5\%$). Untuk presentase kontribusi media pendinginan sebesar 22.42%.

5. SARAN

Untuk mendapatkan distorsi angular terendah dalam kondisi jumlah yang sama logam pengisi yang depositkan disarankan untuk memilih arus yang tinggi sesuai kebutuhan pengelasan dengan pertimbangan cacat las yang ditimbulkan serta mengusahakan pendinginan selambat dan stabil mungkin setiap perpindahan waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mubarak, F. 2008. *Metallurgy*. (Online), tersedia: <http://www.its.ac.id/personal/material.php?id=fahmi>, diunduh 5 oktober 2011.
- [2] Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. 2008. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke-10. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [3] Kou, S. 2003. *Welding Metalurgy. 2th Edition*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published Simultaneously in Canada.
- [4] Daryanto. 2012. *Teknik Las*. Bandung: Alfabeta.
- [5] Wibowo, H. dkk. 2016. Analisa Heat Input Pengelasan terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7 (1). (Online), tersedia: https://www.researchgate.net/profile/Mochamad_Ilman/publication/315408705_Analisa_Heat_Input_Pengelasan_terhadap_Distorsi_Struktur_Mikro_dan_Kekuatan_Mekanis_Baja_A36/links/593f47550f7e9bf167d559d9/Analisa-Heat-Input-Pengelasan-terhadap-Distorsi-

Struktur-Mikro-dan-Kekuatan-Mekanis-Baja-A36.pdf, diunduh 29 Nopember 2017.

- [6] Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian*. Cetakan ke-14. Jakarta: Rineka Cipta.
- [7] Anwar, A. 2018. *Analisa Pengaruh Kuat Arus dan Pendinginan terhadap Distorsi Angular pada Pelat St 37 Menggunakan SMAW*. Skripsi. Kediri: Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI
- [8] Santoso, J. 2006. *Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018*. Skripsi. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. (Online), tersedia: <http://lib.unnes.ac.id/755/1/1902.pdf>, diunduh 5 Mei 2017.
- [9] Silalahi, S. K. 2018. *Analisa Head Losses Akibat Perubahan Diameter Penampang, Variasi Material Pipa dan Debit Aliran Fluida pada Sambungan Elbow 90^o*. Skripsi. Kediri: Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI