



---

## PENGARUH POLARITAS DCEN DAN DCEP TERHADAP KEDALAMAN PENETRASI LAS SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA E7016

### *EFFECT OF DCEN AND DCEP POLARITY ON THE PENETRATION DEPTH OF SMAW USING E7016 ELECTRODE*

Siti Irna Solehah<sup>1\*</sup>, Muhamad Nursaleh<sup>2</sup>, dan Deddy Supriyatna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup>Balai Besar Pengembangan Pelatihan Kerja (BBPLK) Serang

\*[sitiirnasolehah@gmail.com](mailto:sitiirnasolehah@gmail.com)

---

#### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima: Nov 2021

Disetujui: Mar 2022

Dipublikasikan: Mei 2022

#### Kata Kunci:

ASTM A36,  
DCEN, DCEP,  
Kedalaman  
Penetrasi,  
SMAW

#### Keywords:

ASTM A36,  
DCEN, DCEP,  
Penetration  
Depth, SMAW

#### Abstrak

Penentuan tegangan mesin las yaitu AC dan DC, dan polaritas mesin DC+ dan DC- serta jenis elektroda yang digunakan dapat mempengaruhi hasil dari perbandingan kedalaman penetrasi las. Selain itu penggunaan arus pada proses pengelasan akan berpengaruh. Dalam penelitian pengelasan pelat baja ASTM A36 menggunakan proses pengelasan SMAW pada polaritas DCEN dan DCEP dengan metode penelitian eksperimen yang bertujuan untuk menunjukkan hasil perbandingan kedalaman penetrasi dengan menggunakan elektroda E7016 pada pelat ASTM A36. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kedalaman penetrasi pada polaritas DCEP lebih dalam dibandingkan dengan polaritas DCEN. Penetrasi yang diukur dari batas sejajar logam induk pada polaritas DCEN menghasilkan kedalaman 0,64 mm-0,86 mm, sedangkan penetrasi lebih dalam dihasilkan daripada polaritas DCEP yaitu dengan kedalaman penetrasi 0,76 mm-1,14 mm. Dengan perbandingan selisih kedalaman penetrasi keduanya yaitu pada arus 60 A memiliki selisih 0,09 mm, pada arus 70 A memiliki selisih 0,16 mm, pada arus 80 A memiliki selisih 0,28 mm dan pada arus 90 A memiliki selisih 0,28 mm. Berdasarkan hasil ini dapat dilihat pengaruh besaran arus terhadap hasil penetrasi. Jika arus yang diberikan tinggi, maka kedalaman penetrasi yang didapatkan lebih dalam. Sehingga nilai kekuatan las yang dihasilkan pun akan lebih meningkat jika kedalaman penetrasi yang dihasilkan pun lebih dalam.

#### Abstract

*The determination of the welding machine voltage, namely AC and DC, and the polarity of the DC+ and DC- machine as well as the type of electrode used can affect the results of the comparison of the weld penetration depth. In addition, the use of current in the welding process will have an effect. In research welding ASTM A36 steel plate using SMAW welding process on DCEN and DCEP polarity with experimental research method which aims to show the results of the comparison of the depth of penetration using the E7016 electrode on the ASTM A36 plate. The results of the study show that the penetration depth of the DCEP polarity is deeper than the DCEN polarity. Penetration measured from the parallel boundary of the parent metal at DCEN polarity resulted in a depth of 0.64 mm-0.86 mm, while deeper penetration was produced than DCEP polarity with a penetration depth of 0.76 mm-1.14 mm. With a comparison of the difference in the depth of penetration of the two, namely at the current 60 A has a difference of 0.09 mm, at the current 70 A has a difference of 0.16 mm, at the current 80 A has a difference of 0.28 mm and at the current 90 A has a difference of 0.28 mm. Based on these results, it can be seen the influence of the current magnitude on the penetration results. If the given current is high, then the penetration depth will be deeper. So that the value of the resulting weld strength will increase even more if the resulting depth of penetration is even deeper.*

---

## **PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi pada bidang konstruksi saat ini semakin meningkat dan tidak terlepas dari proses pengelasan. Konstruksi dengan menggunakan logam saat ini mencakup banyak elemen dalam proses pengelasan, terutama di bidang desain karena pengelasan merupakan salah satu sambungan yang membutuhkan keterampilan teknik yang tinggi (Bontong 2018). Proses pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang tak dapat dipisahkan dari pesatnya pertumbuhan industri, karena memiliki peranan penting dalam proses rekayasa dan fabrikasi logam, baik yang berkaitan dengan konstruksi mesin maupun bangunan (Mohruni and Kembaren 2013). Penggunaan proses teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran, kendaraan rel dan lain sebagainya (LUBIS 2016).

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan antara dua bagian material logam atau lebih dengan menggunakan energi panas (Wijaya 2016). Jenis pengelasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis pengelasan SMAW. Shielded Metal Arc Welding (SMAW) merupakan metode penyambungan antara dua buah atau lebih logam menjadi satu membentuk sambungan yang kokoh dengan menggunakan energi panas listrik dan bahan pengisi atau filler yaitu elektroda terbungkus (Fariya and Triwilaswandio 2014). Saat pengelasan dengan elektroda, busur yang dihasilkan antara ujung elektroda dan logam dasar menghasilkan panas. Panas ini dapat menyebabkan ujung elektroda (kawat las) meleleh dengan logam dasar. Elektroda yang digunakan adalah kawat yang dibungkus dengan fluks magnet. Saat melebur dalam proses ini, lapisan las diisi dengan lelehan yang berasal dari logam dasar dan elektroda, kemudian terbentuk kawah cair, yang membeku dan memiliki logam las dan terak (Irawan and Wardhani 2020).

Las busur SMAW merupakan salah satu pengelasan yang menggunakan loncatan elektron (busur listrik) sebagai sumber panas untuk pencairan. Suhu busur dapat mencapai 3300°C, jauh di atas titik lebur baja, sehingga dapat mencairkan baja secara serta merta (instant) (Siswanto et al. 2017). Pengelasan busur listrik merupakan proses pengelasan yang menggunakan busur listrik akibat hubungan singkat antara dua kutub listrik yang teisonisasi dengan udara melalui penghantar batang elektroda yang dapat digunakan pula sebagai bahan pengisi dan tambah pada proses pengelasan (Mohruni and Kembaren 2013).

Pada proses pengelasan SMAW prinsip kerjanya yaitu busur api listrik yang terdapat antara ujung elektroda dengan logam induk, kemudian akan menghasilkan sumber panas. Panas ini secara setempat akan melelehkan ujung elektroda, kawat dan bahan dasar. Dua logam induk cair tersebut akan tercampur (mix) dengan logam cair dari kawat pengisi, kemudian membentuk suatu material logam las tersebut (Tulung 2019). Jenis arus yang dipakai pada proses pengelasan yaitu mesin las dengan arus searah atau Direct Current (DC) dan mesin las dengan arus bolak-balik atau Alternating Current (AC). (Putra and Wulandari 2017).

Penentuan tegangan mesin las yaitu: AC dan DC, dan polaritas mesin DC+ dan DC- serta jenis elektroda mempengaruhi hasil dari perbandingan kedalaman penetrasi las. Jenis elektroda yang digunakan dalam pengelasan ini untuk pembandingan dalam mencari tahu seberapa besar pengaruh polaritas pengelasan yang digunakan dalam las SMAW dengan jenis elektroda yang dipakai. Penyetelan arus juga dapat mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah maka akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik, busur listrik yang terjadi tidak stabil, panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya menjadi rigi-rigi las kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar serta penembusan yang dalam (Karmawa et al. 2020).

Dalam suatu penelitian menjelaskan bahwa suhu yang terbentuk pada nyala busur listrik negative (DCEN) sebesar 3800°C dan suhu yang terbentuk pada nyala busur listrik polaritas positif (DCEP) sebesar 4200°C (Hidayat, Febnesia, and Ramdani 2021).

Dibalik keunggulan proses pengelasan yang begitu banyak, akan tetapi dalam proses pengelasan hasilnya tidak selalu sempurna, hal ini terjadi dipengaruhi oleh banyak faktor baik yang sengaja maupun yang tidak disengaja (Endramawan et al. 2017). Oleh karena itu, untuk menghindari hasil dari pengelasan yang tidak sempurna maka diperlukan pengujian material setelah dilas. Ada dua cara yang digunakan untuk pengujian, yaitu pengujian Destructive Test dan Non Destructive Test (Wijaya 2016).

Non Destructive Test (NDT) adalah tes fisik suatu material atau benda uji untuk mencari cacat pada benda dengan tidak merusak atau menghancurkan benda uji tersebut. Tujuan dari pengujian NDT adalah untuk mendeteksi cacat dengan suatu prosedur tertentu pada suatu benda oleh seorang operator. Hasil dari pengujian ini akan menentukan suatu part akan diganti atau tidak tergantung dari jumlah cacat yang ada yang merujuk pada suatu standar (Endramawan et al. 2017). Non destructive Test (NDT) mempunyai banyak metode untuk proses pengujiannya, dan diantara metode tersebut tidak ada yang paling bagus karena dari sekian banyak metode tersebut mempunyai keunggulan masing-masing yang tidak dimiliki oleh metode yang lainnya. Berikut ini beberapa metode yang paling banyak digunakan, diantaranya adalah: Uji NDT dengan metode visual inspection, Uji NDT dengan metode liquid penetrant, Uji NDT dengan metode magnetik partikel, Uji NDT dengan metode ultrasonic, Uji NDT dengan metode Eddy Current, Uji NDT dengan metode Radiography (Endramawan et al. 2017).

Metode Liquid Penetrant Test merupakan metode NDT yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk menemukan cacat di permukaan terbuka dari komponen solid, baik logam maupun non logam, seperti keramik dan plastik fiber. Melalui metode ini, cacat pada material akan terlihat lebih jelas (Endramawan et al. 2017). Selain itu metode ini pun dapat memperlihatkan kedalaman penetransi las yang ada pada logam dan kemudian dapat kita lihat dan kita ukur sudah sesuai atau tidak dengan ketentuan yang ada.

Berdasarkan uraian tersebut, maka masih perlu dikembangkan penelitian yang berkaitan dengan parameter-parameter yang berpengaruh dalam hasil pengelasan, yaitu **PENGARUH POLARITAS DCEN DAN DCEP TERHADAP KEDALAMAN PENETRASI LAS SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA E7016**.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen yakni suatu cara untuk mencari suatu hubungan sebab dan akibat antara dua faktor yang berpengaruh. Eksperimen dilakukan di laboratorium dengan kondisi dan juga peralatan yang baik guna untuk memperoleh data tentang sifat mekanik dari hasil pengelasan SMAW terhadap kedalaman penetrasi pada pelat pelat baja karbon rendah tipe ASTM A36.

Analisis data menggunakan metode statistika deskriptif. Statistika deskriptif adalah fase statistika dimana hanya berusaha melukiskan dan menganalisis kelompok yang diberikan tanpa membuat atau menarik kesimpulan tentang populasi atau kelompok yang lebih besar. Data yang diperoleh dari hasil eksperimen tersebut kemudian dimasukkan kedalam table, dan ditampilkan dalam bentuk sebuah grafik yang kemudian akan dianalisis dan ditarik kesimpulannya (Putra and Wulandari 2017).

Variabel penelitian yang dideskripsikan adalah Polaritas DCEN Dan DCEP Pada Proses Pengelasan SMAW Terhadap Perbandingan Kedalaman Penetrasi. Populasi penelitian ini mencakup semua hasil pengelasan material plat baja karbon rendah tipe ASTM A36 yang dilas SMAW dengan menggunakan elektroda E7016. Sampel penelitian hasil pengelasan material

baja karbon rendah tipe ASTM A36 yang dilas SMAW polaritas DCEN Dan DCEP dengan elektroda E7018.

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2021. Lokasi penelitian ini dilakukan di BBPLK Serang. Objek penelitian adalah pelat baja karbon rendah tipe ASTM A36 yang merupakan bahan yang dijadikan specimen pengujian dalam penelitian ini.

Data yang dalam penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan suatu eksperimen melalui pengujian terhadap objek yang akan diteliti yaitu pelat baja karbon rendah tipe ASTM A36 dan mencatat data-data yang diperlukan dalam proses penelitian. Data-data yang diperlukan yaitu hasil pengelasan SMAW terhadap perbandingan kedalaman penetrasi dengan menggunakan elektroda E7016 pada pelat ASTM A36 dengan polaritas DCEN dan DCEP.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan proses eksperimen menggunakan pengelasan SMAW untuk mengukur kedalaman penetrasi pada pelat baja karbon rendah tipe ASTM A36 dengan polaritas DCEN dan DCEP menggunakan elektroda E7016 LB-52 Ø2,6 mm dengan menggunakan variasi arus sebesar 60 A, 70 A, 80 A, dan 90 A. Dalam proses pengambilan data, perlu diperhatikannya tentang besaran tegangan, ampere, travel speed dan interpass temperature yang akan digunakan sebagai data pendukung dalam mengukur kedalaman penetrasinya. Berikut di bawah ini merupakan data hasil proses pengelasan pada Tabel 1 dan Tabel 2

Table 1. Data tegangan, arus, travel speed, dan interpass temperature (DCEP)

Tegangan (V)	Arus (A)	Travel speed (mm/min)	Interpass temperature (°C)
21,3	60	01.15.78	27,5
23,2	70	01.02.73	118,7
23,6	80	54.08	148,8
25,9	90	47.76	172,2

Table 2. Data tegangan, arus, travel speed, dan interpass temperature (DCEN)

Tegangan (V)	Arus (A)	Travel speed (mm/min)	Interpass temperature (°C)
20,2	60	01.22.16	28,1
21,7	70	01.01.11	100,2
23,8	80	01.00.79	155,3
24,4	90	53.90	179,4

Pada table 1 dan table 2 menunjukkan kenaikan tegangan, arus, travel speed, dan juga interpass temperature yang dihasilkan pada proses pengelasan. Dapat dilihat perbandingan dari travel speed DCEN lebih besar dibandingkan travel speed dari DCEP. Namun berbanding terbalik pada besar tegangan yang dihasilkan, tegangan pada DCEP lebih besar dibandingkan dengan tegangan yang ada pada DCEN walaupun keduanya menggunakan arus yang sama yaitu 60 A, 70 A, 80 A, dan 90 A. Setelah proses pengumpulan data pada proses pengelasan, kemudian selanjutnya dilakukan pengamatan makrografis yang proses pengamatannya dilakukan menggunakan mikroskop optic untuk dapat melihat kedalaman penetrasi hasil dari proses pengelasan yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil dari pengamatan observasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Table 3. data kedalaman penetrasi pada polaritas DCEN

DCEN	60 A	70 A	80 A	90 A
1.1	0,87 mm	0,94 mm	0,59 mm	0,80 mm
1.2	0,76 mm	0,71 mm	0,37 mm	0,30 mm
1.3	0,68 mm	0,98 mm	0,90 mm	1,00 mm
1.4	0,55 mm	0,64 mm	0,86 mm	0,84 mm
1.5	0,64 mm	0,78 mm	1,06 mm	0,80 mm
1.6	0,50 mm	0,78 mm	1,36 mm	1,10 mm
<b>Total</b>	4,00 mm	4,83 mm	5,14 mm	4,84 mm

Rata-rata	0,67 mm	0,81 mm	0,86 mm	0,81 mm
-----------	---------	---------	---------	---------

Pada Tabel 3 menunjukkan data kedalaman penetrasi pada proses pengelasan SMAW menggunakan polaritas DCEN. Pada percobaan 1.1 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,87 mm (Gambar 1), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,94 mm (Gambar 2), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,59 mm (Gambar 3) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,80 mm (Gambar 4). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hasil test yang didapat mengalami peningkatan dan penurunan kedalaman penetrasi. Akan tetapi terdapat penurunan pada arus 80 A dengan penurunan tingkat kedalaman sebesar 0,35 mm dan kemudian mengalami kenaikan kembali pada arus 90 A. Hal itu disebabkan oleh human error yang dapat terjadi karena kurangnya kontrol pada saat proses pengelasan berlangsung.



Gambar 1 Kedalaman Penetrasi 1.1 ketika arus 60 A



Gambar 2 Kedalaman Penetrasi 1.1 ketika arus 70 A

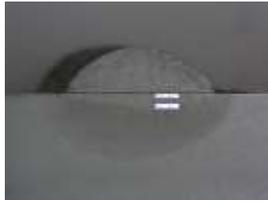


Gambar 3 Kedalaman Penetrasi 1.1 ketika arus 80 A

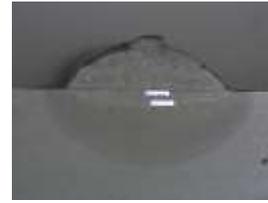


Gambar 4 Kedalaman Penetrasi 1.1 ketika arus 90 A

Pada percobaan 1.2 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,76 mm (Gambar 5), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,71 mm (Gambar 6), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,37 mm (Gambar 7) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,30 mm (Gambar 8). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hasil test yang didapat terdapat penurunan disetiap arusnya yaitu pada arus 70 A, 80 A dan 90 A yang digunakan dan penurunan tingkat kedalaman pun relatif cukup signifikan, pada arus 70 A terdapat penurunan kedalaman penetrasi 0,05 mm, kemudian pada arus 80 A terjadi penurunan cukup besar yakni 0,34 mm. Setelah itu pada arus 90 A terdapat penurunan kembali sebesar 0,07 mm.



Gambar 5 Kedalaman Penetrasi 1.2 ketika arus 60 A



Gambar 6 Kedalaman Penetrasi 1.2 ketika arus 70 A



Gambar 7 Kedalaman Penetrasi 1.2 ketika arus 80 A



Gambar 8 Kedalaman Penetrasi 1.2 ketika arus 90 A

Pada percobaan 1.3 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,68 mm (Gambar 9), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,98 mm (Gambar 10), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,90 mm (Gambar 11) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,00 mm (Gambar 12). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hasil test yang didapat cenderung mengalami peningkatan kedalaman penetrasi. Akan tetapi terdapat penurunan pada arus 80 A dengan penurunan tingkat kedalaman sebesar 0,08 mm dan kemudian mengalami kenaikan kembali pada arus 90 A.



Gambar 9 Kedalaman Penetrasi 1.3 ketika arus 60 A



Gambar 10 Kedalaman Penetrasi 1.3 ketika arus 70 A



Gambar 11 Kedalaman Penetrasi 1.3 ketika arus 80 A



Gambar 12 Kedalaman Penetrasi 1.3 ketika arus 90 A

Pada percobaan 1.4 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,55 mm (Gambar 13), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,64 mm (Gambar 14), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,86 mm (Gambar 15) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,84 mm (Gambar 16). Dari hasil tersebut hasil test yang didapat mengalami peningkatan kedalaman penetrasi pada setiap arusnya. Namun pada arus 90 A kembali mengalami penurunan tingkat kedalaman penetrasi yang tidak begitu signifikan yakni sebesar 0,02 mm.



Gambar 13 Kedalaman Penetrasi 1.4 ketika arus 60 A



Gambar 14 Kedalaman Penetrasi 1.4 ketika arus 70 A



Gambar 15 Kedalaman Penetrasi 1.4 ketika arus 80 A



Gambar 16 Kedalaman Penetrasi 1.4 ketika arus 90 A

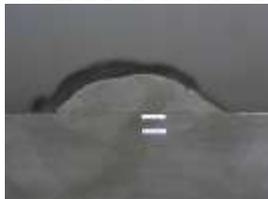
Pada percobaan 1.5 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,64 mm (Gambar 17), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,78 mm (Gambar 18), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,06 mm (Gambar 19) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,80 mm (Gambar 20). Dari hasil tersebut hasil test yang didapat mengalami peningkatan kedalaman penetrasi pada setiap arusnya. Namun pada arus 90 A kembali mengalami penurunan tingkat kedalaman penetrasi yang cukup signifikan yakni sebesar 0,26 mm.



Gambar 17 Kedalaman Penetrasi 1.5 ketika arus 60 A



Gambar 18 Kedalaman Penetrasi 1.5 ketika arus 70 A



Gambar 19 Kedalaman Penetrasi 1.5 ketika arus 80 A

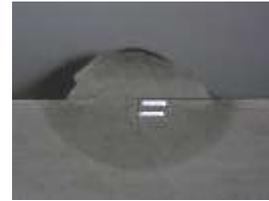


Gambar 20 Kedalaman Penetrasi 1.5 ketika arus 90 A

Pada percobaan 1.6 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,50 mm (Gambar 21), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,78 mm (Gambar 22), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,36 mm (Gambar 23) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,10 mm (Gambar 24). Dari hasil tersebut hasil test yang didapat mengalami peningkatan kedalaman penetrasi pada setiap arusnya. Namun pada arus 90 A kembali mengalami penurunan tingkat kedalaman penetrasi yang cukup signifikan yakni sebesar 0,26 mm.



Gambar 21 Kedalaman Penetrasi 1.6 ketika arus 60 A



Gambar 22 Kedalaman Penetrasi 1.6 ketika arus 70 A



Gambar 23 Kedalaman Penetrasi 1.6 ketika arus 80 A



Gambar 24 Kedalaman Penetrasi 1.6 ketika arus 90 A

Table 4. data kedalaman penetrasi pada polaritas DCEP

DCEP	60 A	70 A	80 A	90 A
2.1	0,86 mm	0,75 mm	0,95 mm	1,06 mm
2.2	1,11 mm	0,83 mm	0,74 mm	0,86 mm
2.3	0,46 mm	1,18 mm	1,10 mm	1,00 mm
2.4	0,71 mm	1,35 mm	1,05 mm	1,33 mm
2.5	0,64 mm	0,77 mm	1,14 mm	1,06 mm
2.6	0, 71mm	0,95 mm	1,87 mm	1,23 mm
<b>Total</b>	3,78 mm	5,83 mm	6,85 mm	6,54 mm
<b>Rata-rata</b>	0,76 mm	0,97 mm	1,14 mm	1,09 mm

Pada Tabel 4 menunjukkan data kedalaman penetrasi pada proses pengelasan SMAW menggunakan polaritas DCEP. Pada percobaan 2.1 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,86 mm (Gambar 25), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,75 mm (Gambar 26), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,95 mm (Gambar 27) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,06 mm (Gambar 28). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hasil test yang didapat mengalami peningkatan kedalaman penetrasi. Akan tetapi terdapat penurunan pada arus 70 A dengan penurunan tingkat kedalaman sebesar 0,11 mm dan kemudian mengalami kenaikan kembali pada arus 80 A. dan 90 A Hal itu disebabkan oleh human error yang dapat terjadi karena kurangnya kontrol pada saat proses pengelasan berlangsung.



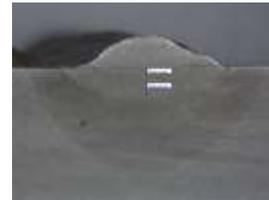
Gambar 25 Kedalaman Penetrasi 2.1 ketika arus 60 A



Gambar 26 Kedalaman Penetrasi 2.1 ketika arus 70 A



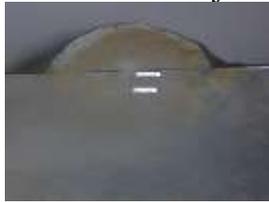
Gambar 27 Kedalaman Penetrasi 2.1 ketika arus 80 A



Gambar 28 Kedalaman Penetrasi 2.1 ketika arus 90 A

Pada percobaan 2.2 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 1,11 mm (Gambar 29), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan

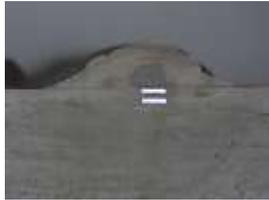
kedalaman penetrasi 0,83 mm (Gambar 30), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,74 mm (Gambar 31) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,86 mm (Gambar 32). Dari hasil tersebut terdapat penurunan kedalaman penetrasi yaitu pada arus 70 A dan 80 A yang digunakan dan penurunan tingkat kedalaman pun relatif cukup signifikan, pada arus 70 A terdapat penurunan kedalaman penetrasi 0,28 mm, kemudian pada arus 80 A terjadi penurunan cukup besar yakni 0,09 mm. Setelah itu pada arus 90 A terjadi kenaikan kembali kedalaman penetrasi sebesar 0,12 mm.



Gambar 29 Kedalaman Penetrasi 2.2 ketika arus 60 A



Gambar 30 Kedalaman Penetrasi 2.2 ketika arus 70 A



Gambar 31 Kedalaman Penetrasi 2.2 ketika arus 80 A



Gambar 32 Kedalaman Penetrasi 2.2 ketika arus 90 A

Pada percobaan 2.3 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,46 mm (Gambar 33), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,18 mm (Gambar 34), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,10 mm (Gambar 35) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,00 mm (Gambar 36). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hasil test yang didapat cenderung mengalami peningkatan kedalaman penetrasi, akan tetapi terdapat penurunan pada arus 80 A dan 90 A. Pada arus 80 A dengan penurunan tingkat kedalaman sebesar 0,08 mm dan pada arus 90 A mengalami penurunan kembali sebesar 0,10 mm.



Gambar 33 Kedalaman Penetrasi 2.3 ketika arus 60 A



Gambar 34 Kedalaman Penetrasi 2.3 ketika arus 70 A



Gambar 35 Kedalaman Penetrasi 2.3 ketika arus 80 A



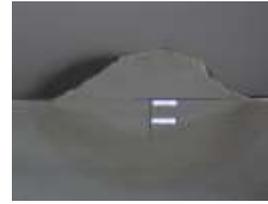
Gambar 36 Kedalaman Penetrasi 2.3 ketika arus 90 A

Pada percobaan 2.4 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,71 mm (Gambar 37), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,35 mm (Gambar 38), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,05 mm (Gambar 39) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,33 mm (Gambar 40). Dari hasil tersebut hasil test yang didapat mengalami peningkatan kedalaman penetrasi pada setiap arusnya. Namun pada arus 80

A kembali mengalami penurunan tingkat kedalaman penetrasi yang cukup signifikan yakni sebesar 0,30 mm.



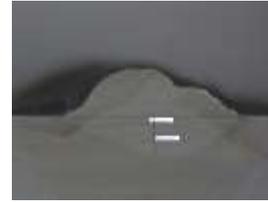
Gambar 37 Kedalaman Penetrasi 2.4 ketika arus 60 A



Gambar 38 Kedalaman Penetrasi 2.4 ketika arus 70 A



Gambar 39 Kedalaman Penetrasi 2.4 ketika arus 80 A



Gambar 40 Kedalaman Penetrasi 2.4 ketika arus 90 A

Pada percobaan 2.5 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,64 mm (Gambar 41), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,77 mm (Gambar 42), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,14 mm (Gambar 43) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,06 mm (Gambar 44). Dari hasil tersebut hasil test yang didapat mengalami peningkatan kedalaman penetrasi pada setiap arusnya. Namun pada arus 90 A kembali mengalami penurunan tingkat kedalaman penetrasi yang tidak begitu signifikan yakni sebesar 0,26 mm.



Gambar 41 Kedalaman Penetrasi 2.5 ketika arus 60



Gambar 42 Kedalaman Penetrasi 2.5 ketika arus 70 A



Gambar 43 Kedalaman Penetrasi 2.5 ketika arus 80



Gambar 44 Kedalaman Penetrasi 2.5 ketika arus 90 A

Pada percobaan 2.6 dengan menggunakan arus 60 A menunjukkan hasil kedalaman penetrasi sebesar 0,71 mm (Gambar 45), selanjutnya saat menggunakan arus 70 A menunjukkan kedalaman penetrasi 0,95 mm (Gambar 46), kemudian saat menggunakan arus 80 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,87 mm (Gambar 47) dan saat menggunakan arus 90 A menunjukkan kedalaman penetrasi 1,23 mm (Gambar 48). Dari hasil tersebut hasil test yang didapat mengalami peningkatan kedalaman penetrasi pada setiap arusnya. Namun pada arus 90 A kembali mengalami penurunan tingkat kedalaman penetrasi yang cukup signifikan yakni sebesar 0,64 mm.



Gambar 45 Kedalaman Penetrasi 2.6 ketika arus 60 A



Gambar 46 Kedalaman Penetrasi 2.6 ketika arus 70 A



Gambar 47 Kedalaman Penetrasi 2.6 ketika arus 68 A



Gambar 48 Kedalaman Penetrasi 2.6 ketika arus 90 A

Dari hasil data pada percobaan 1 yang didapat menunjukkan bahwa polaritas DCEN pada arus 60 A memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,87 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,01 mm lebih dalam dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,86 mm. Pada arus 70 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,94 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,19 mm lebih dalam dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,75 mm. Pada arus 80 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,59 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,39 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,95 mm. Pada arus 90 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,80 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,26 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,06 mm.

Dari hasil data pada percobaan 2 yang didapat menunjukkan bahwa polaritas DCEN pada arus 60 A memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,76 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,35 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,11 mm. Pada arus 70 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,71 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,12 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,83 mm. Pada arus 80 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,37 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,37 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,74 mm. Pada arus 90 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,30 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,56 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,86 mm.

Dari hasil data pada percobaan 3 yang didapat menunjukkan bahwa polaritas DCEN pada arus 60 A memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,68 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,22 mm lebih dalam dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,46 mm. Pada arus 70 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,98 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,20 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,18 mm. Pada arus 80 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,90 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,20 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,10 mm. Pada arus 90 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,00 mm dan memiliki kedalaman penetrasi yang sama dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,00 mm.

Dari hasil data pada percobaan 4 yang didapat menunjukkan bahwa polaritas DCEN pada arus 60 A memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,55 mm dan memiliki selisih kedalaman

penetrasi sebesar 0,16 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,71 mm. Pada arus 70 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,64 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,71 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,35 mm. Pada arus 80 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,86 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,19 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,05 mm. Pada arus 90 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,84 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,49 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,33 mm.

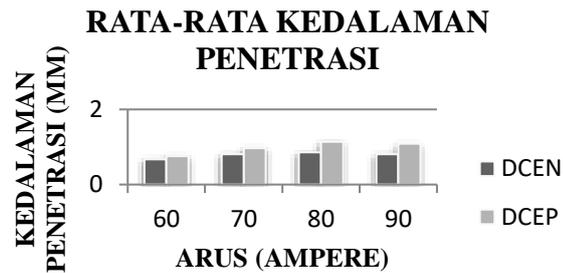
Dari hasil data pada percobaan 5 yang didapat menunjukkan bahwa polaritas DCEN pada arus 60 A memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,64 mm dan memiliki kedalaman penetrasi yang sama dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,64 mm. Pada arus 70 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,78 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,01 mm lebih dalam dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,77 mm. Pada arus 80 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,06 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,08 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,14 mm. Pada arus 90 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,80 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,26 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,06 mm.

Dari hasil data pada percobaan 6 yang didapat menunjukkan bahwa polaritas DCEN pada arus 60 A memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,50 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,21 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,71 mm. Pada arus 70 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,78 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,17 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 0,95 mm. Pada arus 80 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,36 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,51 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,87 mm. Pada arus 90 A polaritas DCEN memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,10 mm dan memiliki selisih kedalaman penetrasi sebesar 0,13 mm lebih dangkal dibandingkan dengan polaritas DCEP yang memiliki kedalaman penetrasi sebesar 1,23 mm.

Hasil dari keseluruhan menunjukkan bahwa kedalaman penetrasi pada polaritas DCEP lebih dalam dibandingkan dengan polaritas DCEN. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dan telah dijelaskan pula pada penelitian sebelumnya bahwa polaritas DCEP menghasilkan suhu yang terbentuk pada nyala busur listrik sebesar 4200°C dibandingkan dengan polaritas DCEN yang hanya dapat menghasilkan suhu yang terbentuk pada nyala busur listrik sebesar 3800°C. Hal tersebut memberikan indikasi bahwa pada polaritas DCEN daerah yang terpengaruh oleh panas akan lebih rendah daripada polaritas DCEP sehingga dampak panas yang paling tinggi memberikan kedalaman penetrasi lebih dalam pada baja karbon yang dilas.

Table 5. rata-rata kedalaman penetrasi

Arus	DCEN	DCEP	Perbandingan kedalaman
60 A	0,67 mm	0,76 mm	0,09 mm
70 A	0,81 mm	0,97 mm	0,16 mm
80 A	0,86 mm	1,14 mm	0,28 mm
90 A	0,81 mm	1,09 mm	0,28 mm



Pada penelitian sebelumnya menjelaskan pula bahwa pengaruh polaritas DCEP dan DCEN pada kedalaman penetrasi pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) menggunakan Electrode E7018 LB-52-18 3,2 mm dan penggunaan baja karbon ASTM A36 rendah menggunakan DCEP lebih dalam di setiap level saat ini. Pengaruh besaran arus juga mempengaruhi hasil penetrasi. Jika arus lebih tinggi, maka akan mendapatkan hasil penetrasi yang dalam. Kedalaman penetrasi yang dalam akan membuat nilai kekuatan las meningkat.

### SIMPULAN

Analisa hasil penelitian pengaruh polaritas DCEN dan DCEP pada proses pengelasan SMAW terhadap perbandingan kedalaman penetrasi dengan menggunakan elektroda E7016 pada pelat ASTM A36 dapat diambil kesimpulan bahwa kedalaman penetrasi pada polaritas DCEP lebih dalam dibandingkan dengan polaritas DCEN. Penetrasi yang diukur dari batas sejajar logam induk pada polaritas DCEN menghasilkan kedalaman 0,64 mm-0,86 mm, sedangkan penetrasi lebih dalam dihasilkan daripada polaritas DCEP yaitu dengan kedalaman penetrasi 0,76 mm-1,14 mm. Dengan perbandingan selisih kedalaman penetrasi keduanya yaitu pada arus 60 A memiliki selisih 0,09 mm, pada arus 70 A memiliki selisih 0,16 mm, pada arus 80 A memiliki selisih 0,28 mm dan pada arus 90 A memiliki selisih 0,28 mm. Dalam hal ini pengaruh besaran arus yang digunakan pun berpengaruh pada hasil penetrasi. Jika arus yang diberikan tinggi, maka kedalaman penetrasi yang didapatkan akan lebih dalam. Sehingga nilai kekuatan las yang dihasilkan pun akan lebih meningkat jika kedalaman penetrasi yang dihasilkan pun lebih dalam.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bontong, Yafet. 2018. "Analisis Pengaruh Arus Pengelasan Dengan Metode Smaw Dengan Elektroda E7018 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Pada Baja Karbon Rendah." *Journal Dynamic Saint* 2 (1): 1–18. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v2i1.305>.
- Endramawan, Tito, Emin Haris, Felix Dionisius, and Yuliana Prika. 2017. "Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing ( NDT-PT ) Untuk Analisis Hasil Pengelasan SMAW 3g Butt Joint" 3 (September): 44–48.
- Fariya, Siti, and Triwilaswandio. 2014. "Analisis Teknis Dan Ekonomis Training Pengelasan Menggunakan Welding Simulator Berbasis Pemrograman Komputer Sebagai Pengganti Elektroda Konvensional" 2 (1).
- Hidayat, Ma, Helleni Febnesia, and Sulaeman Deni Ramdani. 2021. "Effect of DCRP and DCSP Polarity on The Depth of Penetration of SMAW on Low Carbon Steel ASTM A36 Using E7018 Electrode" 5 (1): 42–52. <https://doi.org/10.17977/um016v5i12021p042>.
- Irawan, Dedy, and Rachmasari Pramita Wardhani. 2020. "Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Dan MIG Pada Pelat ASTM A36" 3 (1): 1–13.
- Karmawa, W., H.B. Adja, N.V. Alvindo, K.T. Handoko, J. Pradana, L.N. Zakkaria, M. Zuhron, H.T.S. Jaya, and A. Subardi. 2020. "Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis" 1: 19–23.
- LUBIS, EDWARD PROBONARDO. 2016. "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Terhadap Perubahan Sifat Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja."
- Mohruni, A. S., and B. H. Kembaren. 2013. "Pengaruh Variasi Kecepatan Dan Kuat Arus Terhadap Kekerasan, Tegangan Tarik, Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E6013" 13 (1): 1–8.
- Putra, Akhmad Rhomadhoni Tri, and Diah Wulandari. 2017. "Pengaruh Polaritas Pengelasan Dan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las SMAW ( Shielded Metal Arc Welding )" 06: 84–93.
- Siswanto, Asmadi, Siti Zahara Nuryanti, and Yeny Pusvyta. 2017. "Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Polaritas Terhadap Kekuatan Sambungan Las Pada Baja ASTM A36" 7 (1): 57–66.
- Tulung, Fransiscus Josep. 2019. "Modul Praktek Pengelasan SMAW."
- Wijaya, T R Y. 2016. "Pengaruh Pengelasan SMAW Dan TIG Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Pipa Stainless Steel."