

PERLAKUAN PEMAKAIAN ELEKTRODA E-7016 TENAX PADA *CARBON STEEL SMAW*

Jefri Ulfa S^{*1}, Ari Wibowo* dan Nurul Fadilah*

*Politeknik Negeri Batam

¹Program Studi Teknik Mesin

Program Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail: jefri.ulfa@students.polibatam.ac.id

Abstrak

Pengelasan merupakan proses penyambungan dua material atau lebih dengan menggunakan elektroda, salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah perlakuan elektroda itu sendiri. Pada penelitian sebelumnya mungkin telah menunjukkan manfaat dari perlakuan pemanasan elektroda pada material *carbon steel* dalam menghasilkan sambungan las yang stabil. Tujuan penelitian ini adalah memahami perlakuan pemakaian elektroda E-7016 Tenax yang tidak mengacu pada standar manufaktur. Adapun metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah perlakuan pemakaian elektroda diluar standar manufaktur elektroda dengan range waktu 8 jam hingga 3 minggu tanpa mengontrol elektroda tersebut. Hasil dari penelitian ini menunjukkan elektroda yang diluar aturan dari batas pemakaian maksimum standar elektroda akan menghasilkan desain sambungan yang tidak optimal dan tidak terkontrol serta menimbulkan cacat pengelasan seperti *arc strike*, *spatter*, *porosity* dan *poor profile*. Dari hasil sampel pengelasan keseluruhan spesimen dapat disimpulkan bahwa Surface welding elektroda yang masih bisa diminimalis adalah spesimen 08-72 jam saja sedangkan untuk spesimen 1-3 minggu surface welding elektroda tidak bisa di toleransi.

Kata kunci: Perlakuan pemanasan, Elektroda E-7016, *Carbon Steel*.

Abstract

Welding is the process of joining two or more materials using electrodes, one factor that must be considered is the treatment of the electrode itself. Previous research may have shown the benefits of electrode heating treatment on carbon steel material in producing stable welded joints. The aim of this research is to understand the treatment of using the E-7016 Tenax electrode which does not refer to manufacturing standards. The methodology used in this research is treatment using electrodes outside the electrode manufacturing standards for a time range of 8 hours to 3 weeks without controlling the electrodes. The results of this research show that electrodes that are outside the maximum standard electrode usage limits will produce joint designs that are not optimal and uncontrolled and cause welding defects such as arc strike, spatter, porosity and poor profile. From the results of the entire welding sample specimen it can be concluded that Surface welding electrodes that can still be minimized are specimens of 08-72 hours, while for specimens of 1-3 weeks surface welding electrodes cannot be tolerated.

Key words: Heating Treatment, E-7016 Electrode, *Carbon Steel*.

1. Pendahuluan

Dalam proses pengelasan ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan meliputi material, jenis elektroda serta bentuk kampuh terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan. Proses penyimpanan elektroda dengan benar seringkali tidak menjadi perhatian utama. Namun, menyimpan elektroda *SMAW* dengan benar merupakan bagian integral dari kualitas pengelasan dan keberhasilan hasil proyek atau pekerjaan pengelasan [1].

Agar elektroda *SMAW* dapat berfungsi dengan baik, Anda harus menjaga suhu ruangan tetap kering dan dalam kondisi kelembapan rendah [2]. Ketika elektroda menyerap uap air dari atmosfer, elektroda tersebut harus dipanaskan. Elektroda yang menyerap terlalu banyak kelembapan dapat menyebabkan retak atau porositas.

Jika pengelasan mengalami masalah retak las yang tidak diketahui penyebabnya atau jika kinerja busur elektroda menurun, kita perlu memeriksa kembali metode penyimpanan yang telah dilakukan. Batasan masalah pada penelitian ini adalah pemahaman untuk mengontrol pemakaian welding elektrodanya saja.[3]

Terkait dengan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah memahami perlakuan pemakaian elektroda E-7016 Tenax yang tidak mengacu pada standar manufaktur Perlakuan pemanasan elektroda E-7016 dalam pengelasan material *carbon steel* salah satunya dapat mengurangi ketegangan internal yang terbentuk dalam proses pengelasan. Pemanasan elektroda memungkinkan relaksasi ketegangan residu yang dapat membantu mencegah retak pada sambungan pengelasan serta meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap korosi [4].

Elektroda *vacuum pack* menjadi bagian integral dalam praktik pengelasan modern. Menyajikan solusi yang efektif dalam melindungi elektroda pengelasan dari pengaruh lingkungan, dengan memanfaatkan teknologi kemasan elektroda ini dirancang untuk meminimalkan resiko oksidasi dan penyerapan kelembapan serta memastikan keadaan dan konsistensi hasil pengelasan. Dalam hal ini dapat kita pahami bahwa pentingnya peranan elektroda *vacuum pack* dalam menjaga kondisi optimal elektroda pengelasan, mengatasi tantangan yang timbul akibat eksposur lingkungan dan memberikan kontribusi pada efisiensi serta kualitas keseluruhan dalam proses pengelasan [5].

Dalam dunia pengelasan, *vacuum pack* menjadi pendekatan inovatif yang diterapkan untuk melindungi elektroda dari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas pengelasan. Konsep ini melibatkan pengemasan elektroda dalam kondisi hampa udara *vacuum* [6] yang membuka jalan bagi keberhasilan pengelasan yang handal dan konsisten.

Vacuum pack dalam konteks pengelasan membuka cakrawala baru dalam memahami bagaimana pengemasan khusus ini dapat meningkatkan efektivitas dan kualitas proses pengelasan. Dalam tahap eksplorasi ini membahas manfaat kunci teknologi dibalikny dan aplikasi praktisnya dalam industri pengelasan.[7]

Adapun kontribusi *Vacuum pack* dalam pengelasan adalah pencegahan oksidasi, meminimalkan penyerapan kelembapan, masa simpan yang panjang, perlindungan selama transportasi dan juga kondisi menjadi optimal untuk pengelasan pada barang yang *critical*.

1. AWS A5.1

Mengacu pada landasan standarisasi klasifikasi AWS A5.1 E 7016 dengan type of covering Low Hydrogen. AWS A5.1 dikeluarkan oleh America Welding Society (AWS) yang merupakan organisasi Amerika. AWS A5.1 lebih umum digunakan di Amerika utara dan beberapa wilayah lainnya. AWS A5.1 menggunakan format seperti E 7016, E 7018 dan lain-lain [8].

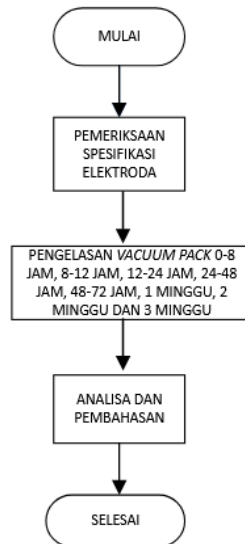
2. EN ISO 2560

Mengacu pada landasan standarisasi klasifikasi EN ISO 2560-A-E 42 2B dengan type of covering Low Hydrogen EN ISO 2560 ini lebih umum digunakan di Eropa dan dapat digunakan secara internasional. EN ISO 2560 menggunakan format seperti E 42 4B 12 H10 dengan informasi tertentu tentang karakteristik elektroda terkandung dalam kode tersebut. EN ISO 2560 adalah standard internasional yang dikeluarkan oleh International Organization For Standardization (ISO) [9].

Penting untuk dicatat bahwa perbedaan ini mencerminkan perbedaan antara AWS A5.1 dan EN ISO 2560 akan tergantung kepada wilayah geografis regulasi setempat atau referensi dan kebijakan tertentu dalam proyek pengelasan.

2 Metodologi Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.1. Diagram Alir untuk Elektroda

A. Pemeriksaan Spesifikasi Elektroda

Inspeksi visual elektroda dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada kerusakan atau kontaminasi yang terlihat pada kemasan atau elektroda itu sendiri. Pengguna diharuskan untuk memastikan kemasan elektroda tidak bersentuhan langsung dengan lantai, kemasan tidak rusak, sobek maupun bocor karena elektroda yang terkontaminasi oleh debu atau kelembapan dapat mengurangi kualitas pengelasan itu sendiri.

Dalam Standar AWS A.5.1 menetapkan spesifikasi teknik tentang elektroda yang tertuang dalam detail berikut ini :

a. Identifikasi Elektroda

Menetapkan sistem penomoran dan penamaan standar yang mengidentifikasi elektroda pengelasan berdasarkan karakteristik dan sifat-sifatnya.

b. Komposisi Bahan

Menetapkan persyaratan komposisi kimia yang harus dipenuhi oleh elektroda untuk memastikan konsistensi, kualitas dan kinerja pengelasan.

c. Sifat Mekanisme

Menetapkan persyaratan untuk sifat mekanisme elektroda seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekerasan untuk memastikan pengelasan yang kuat dan tahan lama.

d. Uji Kualifikasi

Menetapkan prosedur uji kualifikasi untuk memvalidasi kualifikasi pengelasan elektroda termasuk uji mekanis, uji visi dan uji struktur mikro.

e. Pengemasan dan penyimpanan

Memberikan pedoman untuk pengemasan penyimpanan elektroda untuk mencegah kontaminasi dan menjaga kualitasnya.

f. Spesifikasi pengelasan

Memberikan informasi tentang penggunaan elektroda untuk berbagai aplikasi pengelasan termasuk

parameter pengelasan yang direkomendasi serta spesifikasi proses.

g. Keselamatan

Memuat informasi keselamatan tentang resiko dan tindakan pencegahan yang harus diambil selama penggunaan elektroda.

h. *Labelling* dan identifikasi

Menetapkan persyaratan untuk label dan identifikasi pada kemasan elektroda untuk memudahkan penggunaan dan pelacakan.

B. Pembukaan Kemasan

Elektroda dalam kemasan vakum harus dibuka dengan hati-hati di udara yang bersih atau dalam kondisi kontrol untuk mencegah adanya kontaminasi, berikut hal-hal yang harus diperhatikan saat membuka kemasan elektroda :

- a. Memastikan tidak adanya kerusakan fisik pada elektroda seperti patah, retak ataupun karat yang signifikan.
- b. Memastikan warna elektroda kilap dan tidak ada tanda bintik-bintik hitam ataupun putih yang menempel dibatang elektroda yang dikarenakan oleh oksidasi atau korosi yang abnormal.
- c. Memeriksa ujung elektroda tidak retak, patah ataupun tumpul.
- d. Memeriksa kebulatan elektroda apakah memiliki bentuk dan dimensi yang sesuai dengan spesifikasi produsen.

C. Pemanasan Optimal

Jika diperlukan, lakukan pemanasan elektroda sesuai pedoman produsen sebelum penggunaan.

- a. Pemanasan dilakukan di suhu yang ditentukan oleh produsen elektroda yang disarankan diantara suhu 250-350 derajat celcius. Pastikan tidak melebihi suhu yang direkomendasikan karena bisa merusak kontur elektroda.
- b. Waktu dan pemanasan yang direkomendasi produsen yaitu pemanasan 1 sampai 2 jam.
- c. Setelah pemanasan elektroda harus disimpan dalam wadah kedap udara atau *Vacuum holding oven* dengan suhu 120-150 derajat celcius untuk mencegah penyerapan kelembapan kembali.

D. Pemeriksaan Akhir

Setelah pengelasan selesai, lakukan pemeriksaan akhir untuk memastikan hasil pengelasan sesuai standar yang ditetapkan.

- a. Periksa kebersihan serta lakukan *interpass cleaning* dengan menggunakan sikat dan *cipping mark* untuk memastikan bersih dari debu dan kotoran ataupun kontaminasi lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas pengelasan,
- b. Periksa dimensi bentuk pengelasan sambungan, lebar pengelasan dan tinggi *capp* harus sesuai dengan yang tertera pada WPS.
- c. Periksa penyimpangan seperti keretakan, *porosity*, *under cut* dan *under fill*.

E. Dokumentasi Elektroda

Dokumentasi proses pengelasan termasuk nomor *batch* elektroda, tanggal pembukaan kemasan dan informasi relevan lainnya dituang dalam detail berikut ini :

- a. Informasi merek dan tipe elektroda sesuai dengan WPS yang digunakan.
- b. Memastikan nomor spesifikasi kode produk elektroda
- c. Memastikan diameter dan panjang elektroda
- d. Memastikan tanggal dan waktu mulai penggunaan elektroda
- e. Memastikan durasi waktu penggunaan elektroda jika tidak digunakan dan dikembalikan kepada *storeman welding*.

F. Visual Inspeksi

Inspeksi hasil pengelasan adalah proses yang melibatkan pemeriksaan visual pengujian Non-Destruktif (NDT), dimana hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa pengelasan sudah sesuai dengan persyaratan didalam standard dan sertifikasi yang ditetapkan.

Adapun berikut contoh *defect* yang mungkin terjadi dalam pengelasan:

1. Pemakaian Elektroda *Vacuum pack* diluar prosedur (pemakaian setelah 8-72 jam)
 - A. Akibat penurunan kualitas *vacuum pack* dalam elektroda maka terjadi penetrasi gas kedalam sambungan las yang menyebabkan pori-pori pada logam yang dilebur sehingga mempengaruhi kekuatan *structural* sambungan.
 - B. Peningkatan *spatter* yaitu cipratan logam yang meleleh pada permukaan pengelasan yang dapat terjadi akibat penggunaan elektroda yang terlalu lama. *Spatter* dapat mengganggu tampilan estetika pengelasan dan memerlukan proses pembersihan tambahan.
 - C. Jika *vacuum pack* dalam elektroda terganggu, maka oksigen dapat masuk ke zona las yang menyebabkan oksidasi pada permukaan pengelasan. Oksidasi ini dapat mengurangi kekuatan dan keindahan ektentik pengelasan.
 - D. Kualitas pengelasan yang buruk dapat menghasilkan permukaan pengelasan yang kasar dan tidak rata serta dapat mengurangi tampilan visual dan memperburuk kualitas estetika pengelasan.
 - E. Akibat kelelahan elektroda maka penetrasi yang buruk dapat terjadi pada material yang di las dan menyebabkan sambungan tidak kuat dan rentan terhadap kegagalan struktural.
2. Pemakaian Elektroda *Vacuum pack* diluar prosedur (pemakaian 1-3 Minggu)
 - A. Elektroda dapat menyebabkan pembentukan pori-pori yang besar dan tersebar luas. Pada permukaan pengelasan *porosity* yang parah dapat mengurangi kekuatan struktural dan kehandalan sambungan las.
 - B. Masuknya oksigen ke zona las karena gangguan pada *vacuum pack* dalam elektroda dapat menyebabkan ekstensif pada permukaan pengelasan. Oksidasi yang kuat akan mengurangi kekuatan mekanis dan kualitas estetika pengelasan.
 - C. Kondisi kelelahan elektroda yang parah dapat menyebabkan retakan yang signifikan pada permukaan pengelasan. Retakan yang serius dapat mengancam integritas struktural sambungan las dan memerlukan perbaikan yang ekstensif
 - D. Penggunaan elektroda yang berlebihan dapat menghasilkan *spatter* yang melimpah serta rentan terjadi *arc strike* diawal pengelasan. *Spatter* yang berlebihan akan merusak tampilan estetika pengelasan dan memerlukan pembersihan yang intensif.
 - E. Penggunaan elektroda yang terlalu lama dapat menghasilkan permukaan pengelasan yang sangat tidak merata (*poor profile*) dan akan menurunkan kualitas pengelasan secara keseluruhan.

Dari beberapa keterangan diatas dapat terlihat pentingnya untuk memperhatikan batasan pemakaian elektroda dan mematuhi prosedur yang ditetapkan oleh produsen elektroda *vacuum pack* untuk mencegah terjadinya *defect* serius pada pengelasan.

2.2 Waktu dan tempat penelitian

Adapun proses penelitian ini dilakukan di Politeknik Batam yang berlokasi di Batam Centre.

2.3 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan merupakan unsur utama dalam sebuah penelitian, dimana alat adalah sebagai penunjang dan bahan sebagai bantuan untuk memperoleh hasil yang maksimal.

2.3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin pemanas ruangan



Gambar 2.2 Mesin Pemanas Ruangan

2.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Elektroda E 7016



Gambar 2.3 Elektroda E 7016 *vacuum pack*

Tabel 1. Parameter pengelasan

No	Proses	Elektroda Tenax	Diameter	Polaritas	Ampere (A)	Volt (V)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (Kj/mm)
1	SMAW	E-7016	3.2	DCEP	114	22	96-100	1,50 – 1,56

3 Analisa Data dan Pembahasan

Dalam pengelasan analisa perhitungan bertujuan untuk mencari parameter *heat input* yang sesuai dengan parameter yang tepat sehingga dapat mencapai sifat mekanisme yang diinginkan.

$$Q = \frac{(V \times A \times 60)}{TS}$$

Dimana :

V = voltage (volt)

A = ampere (ampere)

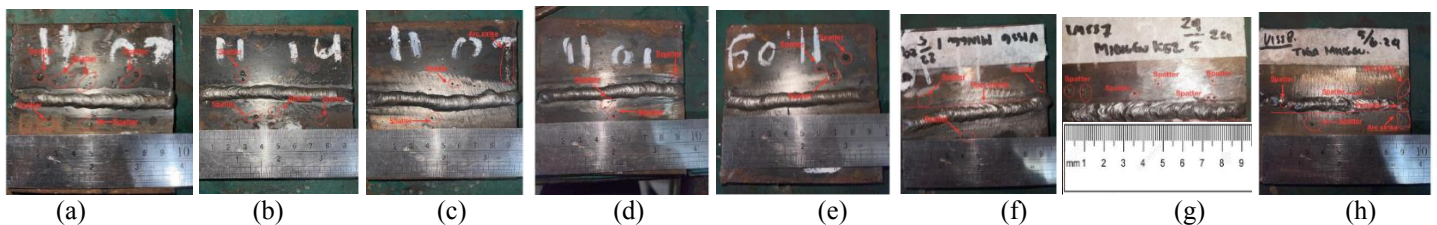
TS = Travel speed (mm/min)

Q = Heat input (Kj/mm)

Tabel 2. Hasil perhitungan *heat input* pada sampel spesimen

Item	Spesimen	Ampere (A)	Volt (V)	Time (sec)	Length (mm)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (Kj/mm)
a	0- 8 jam	114	22	59	95	96.61	1,56
b	8-12 jam	114	22	57	95	100	1,50
c	12-24 jam	114	22	59	95	96.61	1,56
d	24-48 jam	114	22	58	95	98.28	1,53
e	48-72 jam	114	22	59	95	96.61	1,56
f	1 Minggu	114	22	57	95	100	1,50
g	2 Minggu	114	22	58	95	98.28	1,53
h	3 Minggu	114	22	59	95	96.61	1,56

Setelah dilakukan pengelasan pada sampel spesimen dengan durasi *vacuum pack* yang berbeda, berikut ini adalah hasil setiap spesimen.



Gambar 3.1 Perbandingan hasil Pengelasan elektroda (a) spesimen 1, (b) spesimen 2, (c) spesimen 3, (d) spesimen 4, (e) spesimen 5, (f) spesimen 6, (g) spesimen 7 dan (h) spesimen 8

Dalam penelitian ini telah dilakukan visual inspeksi terhadap beberapa spesimen pengelasan elektroda, inspeksi ini dilakukan dengan melihat secara langsung spesimen pengelasan tersebut dan telah diperiksa guna memenuhi persyaratan standar AWS D1.1.

Tabel 3. Perbandingan hasil cacat las pada sampel spesimen

Item	Spesimen	Cacat Las
a	0- 8 jam	<i>Spatter</i>
b	8-12 jam	<i>Spatter</i>
c	12-24 jam	<i>Spatter; arc strike</i>
d	24-48 jam	<i>Spatter</i>
e	48-72 jam	<i>Spatter</i>
f	1 Minggu	<i>Spatter; poor profile</i>
g	2 Minggu	<i>Spatter; poor profile</i>
h	3 Minggu	<i>Spatter; poor profile, arc strike, porosity</i>

Dari hasil sampel spesimen diatas juga dapat di lihat hal-hal berikut :

1. Indikasi *defect* pada pengelasan spesimen 8-12 jam yaitu terdapat *spatter* lebih dari satu.
2. Indikasi *defect* pada pengelasan spesimen 12-24 jam yaitu *spatter* dan *arc strike*.
3. Indikasi *defect* pada pengelasan spesimen 24-72 jam yaitu *spatter* yang berlebihan.
4. Indikasi *defect* pada pengelasan spesimen 1- 2 minggu yaitu *spatter* dan *poor profile* yang tidak bisa diminimalisir.
5. Indikasi *defect* pada pengelasan spesimen 3 minggu yaitu *spatter; poor profile, arc strike* dan *porosity* yang tidak dapat ditoleransi.

4 Kesimpulan

Pengambilan sample elektroda *vacuum pack* adalah untuk memeriksa kualitas kehandalan elektroda tersebut dimana elektroda sudah memenuhi standar kinerja dan spesifikasi yang ditetapkan dalam proses pengelasan. Pengambilan sample ini juga memungkinkan untuk mengidentifikasi masalah cacat potensial pada elektroda yang dapat mempengaruhi hasil kualitas pengelasan. Dari hasil sampel pengelasan delapan spesimen yaitu 0-8 jam, 8-12 jam, 12-24 jam, 24-48 jam, 48-72 jam, 1 (satu) minggu, 2 (dua) minggu dan 3 (tiga) minggu, *Surface welding* elektroda yang masih bisa diminimalis adalah spesimen 08-72 jam saja dengan indikasi *defect* seperti *spatter*. Sedangkan untuk spesimen 1-3 minggu *surface welding* elektroda tidak bisa di toleransi dengan indikasi *defect* seperti *arc strike, cluster porosity* dan *poor profile* (kontur cairan elektroda kasar dan tidak beraturan) dan tidak di rekomendasikan lebih dari 3 minggu.

3 Daftar Pustaka

- [1] A. Muhammad Nur Effendi. 2017. pengaruh kelembaban elektroda las terhadap kualitas hasil pengelasan. Surabaya: Perpustakaan Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan.
- [2] B. Michael Maxon. 2020. "Menyimpan elektroda SMAW". *Journal of The Welder*.
- [3] C. Larry Jeffus. 2020. *Welding : Principles and Applications*.
- [4] D. J.H. Totten, Lin Zhou : 2018. "*Welding handbook for welders, engineers, and inspectors*".
- [5] E. WESPEC. 2019. Persetujuan Elektroda Las.
- [6] F. Rudy Mohler. 2021. "*Practical Welding Technology*".
- [7] G. Suryanto,B. (2018). "Pengaruh Variasi Penyimpanan Elektroda Vakum Pack E 7016 terhadap Kekuatan Tarik dan Ketahanan Korosi dan Proses Surface Welding. Jurnal Teknologi Las

Indonesia

- [8] H. Hobart Bersaudara. 2023. Dasar-dasar Klasifikasi Logam dan Elektroda Pengisi AWS.
- [9] I. Widodo, C., 2020. "Pengaruh Variasi Kondisi Pengelasan terhadap kualitas Sambungan Logam Baja Struktural Menggunakan Elektroda sesuai ISO 2560." Jurnal Teknik Mesin ITS, Vol. 9(3), pp 78-86.