

PENGUKURAN DAN INTERVENSI PENGENDALIAN KUALITAS PENGELASAN BLAST FURNACE SHELL DENGAN METODE PLANT, DO, CHECK ACTION (PDCA)

Farid Wajdi¹, Darna Wiguna²

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Serang Raya^{1,2}
faridwajdi@gmail.com

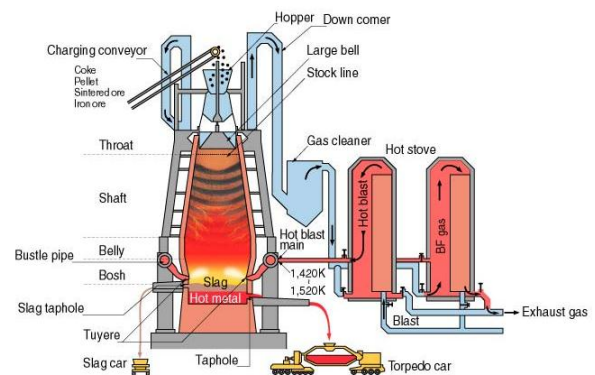
ABSTRAK

Studi ini mendeskripsikan pengukuran kualitas pengelasan pada pembuatan *blast furnace shell*. Pengukuran dilakukan dengan metode non destruktif menggunakan alat *ultrasonic test*. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk meminimalisir cacat pengelasan dengan melakukan intervensi pada proses pengelasan. Pengukuran awal dilakukan pada 178 join pengelasan FCAW (*Flux Cored Arch Welding*) pada pembuatan *blast furnace shell*. Hasil pengukuran awal ini menunjukkan 158 join (89%) memperlihatkan hasil pengelasan yang baik dan 20 join (11%) memerlukan perbaikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh kondisi lingkungan pengelasan dalam upaya meminimalisir cacat pengelasan yang terjadi pada pembuatan *blast furnace shell*. Intervensi dilakukan dengan penggunaan pelindung diseputar *blast furnace shell* untuk mengurangi angin yang menerpa pada saat proses pengelasan. Pengukuran selanjutnya dari 178 join menghasilkan 165 join yang baik (93%) dan 13 join perlu *repair* (7%). Cacat yang teridentifikasi yaitu undercut, *porosity*, *slag dan include fusion* dan crack (retak) yang berlebihan, sehingga hasil pengelasan tersebut dinyatakan *repair*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kualitas pengelasan dapat diperbaiki dengan memperbaiki kondisi lingkungan tempat pekerjaan dilakukan, dalam hal ini kecepatan angin. Dalam hal ini terjadi penurunan cacat las dari 11% menjadi 7%. Namun demikian hasil ini belum mencapai target cacat las yang telah ditetapkan yaitu 5%. Untuk mencapai target tersebut perlu intervensi pada aspek lainnya seperti prosedur standar pengerjaan dan inspeksi material.

Kata Kunci : Proses Pengelasan, Inspeksi pengelasan, Pengendalian Kualitas

1. Pendahuluan

Blast furnace (BF) merupakan tanur metalurgi yang digunakan untuk peleburan logam. Fasilitas ini memiliki struktur silinder vertikal yang pada bagian eksternal ditutupi dengan pelindung atau *shell* terbuat dari pelat baja tebal dan bagian internal dilapisi dengan refraktori. Struktur refraktori didinginkan oleh komponen logam berpendingin air yang disebut *staves*, yang tertanam antara *shell* dan refraktori (JFE21st Foundation, 2003).



Gambar 1. Fasilitas blast furnace

Bagian shell yang terbuat dari plat baja dibuat dengan proses pengelasan. Kualitas pengelasan pada struktur ini sangat penting karena digunakan pada lingkungan dengan temperatur tinggi dan terbuka. Cacat las dapat terjadi dalam berbagai bentuk porositas (*porosity*), retak (*crack*), *incomplete fusion* (fusi yang tidak sempurna), *slag inclusion* (adanya partikel yang terperangkap), tumpang tindih (*overlap*) dan terpotong (*under cut*). Kecacatan las dapat menyebabkan keretakan konstruksi *blast furnace* akibat terpapar temperatur yang tinggi secara terus-menerus (Goritskii et.al., 1991) dan dapat mengakibatkan kerusakan instalasi *blast furnace* yang diawali dengan *thermal cracking* pada *blast furnace shell* (Corus UK Ltd., 2001).

2. Cacat Las

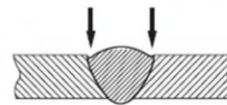
Cacat las adalah suatu keadaan hasil pengelasan dimana terjadi penurunan kualitas dari hasil pengelasan. Kualitas hasil lasan yang dimaksud adalah berupa turunnya kekuatan dibandingkan dengan kekuatan bahan dasar *base metal*, tidak baiknya performa/tampilan dari suatu hasil las atau dapat juga berupa terlalu tingginya kekuatan hasil lasan sehingga tidak sesuai dengan tuntutan kekuatan suatu konstruksi. Terjadinya cacat las ini akan mengakibatkan banyak hal yang tidak diinginkan dan mengarah pada turunnya tingkat keselamatan kerja, baik keselamatan alat, pekerja, lingkungan dan perusahaan. Di samping itu juga secara ekonomi akan mengakibatkan melonjaknya biaya produksi dan akan mengakibatkan kerugian.

Kecacatan pada hasil pengelasan dapat disebabkan beberapa faktor, yaitu: manusia, lingkungan, material, dan metode. Faktor-faktor penyebab ini dapat terjadi secara bersamaan dan saling mempengaruhi misalnya kualifikasi dan

pengalaman tukang las yang kurang menyebabkan bekerja tidak sesuai dengan metode yang benar dan tidak memahami kondisi lingkungan yang ideal untuk pengelasan. Sehingga terjadinya kecacatan pada hasil pengelasan dapat disebabkan oleh beberapa sebab. Dalam penelitian ini difokuskan pada faktor lingkungan dengan melakukan mengkondisikan lingkungan kerja pengelasan seideal mungkin dengan beberapa upaya. Termasuk untuk menghindari cacat dan kerusakan pada material, manusia dapat mengupayakan melindungi material agar tidak mengalami korosif termasuk penggunaan kawat las (*electrode*) yang sesuai untuk menghindari cacat las seperti *slag inclusion* dan *incomplete fusion*. Beberapa cacat las yang dapat diidentifikasi pada pembuatan *blast furnace shell* adalah sebagai berikut.

Undercut, merupakan benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi/kaki lasan (manik-manik las) di mana alur benda kerja yang mencair tersebut tidak terisi oleh cairan las. *Undercut* menyebabkan slag terjebak di dalam alur yang tidak terisi oleh cairan las. cacat ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal, antara lain :

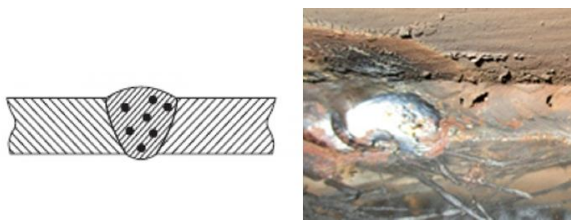
1. Berlebihan *ampere / voltage*
2. Kecepatan perjalan yang terlalu berlebihan
3. Sudut kawat las yang kurang benar
4. Tenun atau *capping* yang berlebihan
5. Teknik pengelasan yang



Gambar 2. Cacat Las undercut

Porosity merupakan salah satu cacat yang dikarenakan adanya gas yang terperangkap di

daerah lasan dalam jumlah yang melebihi syarat batas, penyebab lain adalah penggunaan kawat las basah, sehingga dapat menimbulkan *porosity*, masih adanya bekas cat, oli di material yang tidak dibersihkan terlebih dahulu, sehingga menyebabkan terjadinya cacat hasil pengelasan, dan adanya material yang kotor atau karat, sehingga cairan kawat las tidak menyawa dengan logam atau material yang akan dilakukan pengelasan yang mengakibatkan hasil pengelasan tersebut cacat *porosity*.



Gambar 3. Cacat Las *porosity*

Slag inclusion dapat terjadi akibat pembersihan (*cleaning*) area hasil pengelasan yang kurang bersih, sehingga *flux* penutup hasil pengelasan masih menempel dibagian atas hasil las. Hal ini juga dapat diakibatkan penggunaan *flux* pada pengelasan yang berlapis.



Gambar 4. Cacat Las *Slag Inclusion*

Crack merupakan cacat yang diakibatkan oleh terlalu besarnya jarak (*gap*) yang akan di las, tekanan arus yang terlalu kuat, bahkan material yang kotor terus dilakukannya

pengelasan, sehingga terjadinya retak pada hasil pengelasan maupun pada material.



Gambar 5. Cacat Las *Crack (retak)*

6. Metode

Pengukuran kualitas hasil pengelasan dilakukan pada proyek pembuatan *Blast Furnace Shell* oleh PT.Cemara Semitama di Kawasan Industri Cilegon, Banten. Studi ini melibatkan 12 subyek operator las dengan rincian sebagai berikut.

| No | Jenis Kelamin L/P | Umur | Pendidikan | Sertifikat | Pengalaman Welding |
|----|-------------------|----------|------------|------------|--------------------|
| 1 | L | 33 tahun | SMP | Ya | 5 tahun |
| 2 | L | 33 tahun | SMP | Ya | 6 tahun |
| 3 | L | 35 tahun | SMP | Ya | 5 tahun |
| 4 | L | 32 tahun | SMP | Ya | 3 tahun |
| 5 | L | 30 tahun | SMP | Ya | 7 tahun |
| 6 | L | 45 tahun | SMA | Ya | 10 tahun |
| 7 | L | 29 tahun | SMK | Ya | 6 tahun |
| 8 | L | 43 tahun | SMP | Ya | 9 tahun |
| 9 | L | 32 tahun | SMA | Ya | 7 tahun |
| 10 | L | 32 tahun | SMP | Ya | 4 tahun |
| 11 | L | 30 tahun | SMA | Ya | 9 tahun |
| 12 | L | 25 tahun | SMP | Ya | 3 tahun |

Tabel 1. Operator las

**Tabel 2. Data Jumlah Cacat Las Periode
Maret – Juni 2015**

Pengukuran hasil pengelasan dilakukan melalui *Non Destructive Test* dengan menggunakan alat *Ultrasonic Test*. Metode ini memastikan ke-integritas-an las struktural dalam baja, titanium, dan aluminium, yang mampu mengidentifikasi cacat las yang tidak dapat diidentifikasi oleh mata seperti keretakan, porositas, penetrasi yang tidak lengkap, dan lain-lain. Pengujian ultrasonik umumnya digunakan untuk inspeksi las, dan direkomendasikan oleh banyak kode pengelasan dan prosedur. Sedangkan metode pengelasan pada pembuatan *blast furnace shell* ini menggunakan teknik FCAW (*flux cored arc welding*), yaitu suatu teknik pengelasan listrik menggunakan filler elektroda secara mekanis secara kontinyu ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Pada teknik ini menggunakan elektroda las terbuat dari metal tipis yang digulung secara silindris, diisi dengan flux yang disesuaikan dengan kegunaannya (Wikipedia, 2015). Setelah pengukuran hasil pengelasan awal dilanjutkan dengan pengukuran kondisi lingkungan area pengelasan. Hasil dari kedua pengukuran ini menjadi titik tolak untuk intervensi proses pengelasan melalui 5W+H1. Setelah dilakukan intervensi sesuai rekomendasi 5W+H1, maka dilanjutkan dengan pengukuran kualitas hasil pengelasan kembali dengan cara yang sama menggunakan alat *untrasonic test*. Hasil dari kedua pengukuran selanjutnya dibandingkan untuk dianalisis dan disimpulkan.

| No | Date | Suhu | Titik Embun | UV Indek | Kelembaban | Angin |
|----|--------------|------|-------------|----------|------------|---------|
| 1 | 01 Juli 2015 | 34°C | 21 °C | 6 | 62% | 5 mph/N |
| 2 | 02 Juli 2015 | 32°C | 22 °C | 4 | 55% | 4 mph/N |
| 3 | 03 juli 2015 | 31°C | 21 °C | 6 | 61% | 5 mph/N |
| 4 | 04 Juli 2015 | 32°C | 22 °C | 8 | 56% | 3 mph/N |
| 5 | 05 Juli 2015 | 33°C | 20 °C | 8 | 68% | 4 mph/N |
| 6 | 06 Juli 2015 | 30°C | 21 °C | 7 | 58% | 5 mph/N |
| 7 | 07 Juli 2015 | 32°C | 20 °C | 8 | 78% | 4 mph/N |
| 8 | 08 Juli 2015 | 32°C | 21 °C | 7 | 91% | 2 mph/N |
| 9 | 09 Juli 2015 | 33°C | 21 °C | 9 | 56% | 4 mph/N |
| 10 | 10 Juli 2015 | 29°C | 20 °C | 6 | 54% | 3 mph/N |

**Tabel 3. Lembar Data Diagram Pareto
Cacat Las Maret – Juni 2015**

7. Hasil

Hasil inspeksi data cacat pada las bulan Maret - Juni 2015 menunjukkan frekwensi kecacatan terbanyak adalah *undercut*, diikuti oleh *porosity*, *slag inclusion*, dan *crack*.

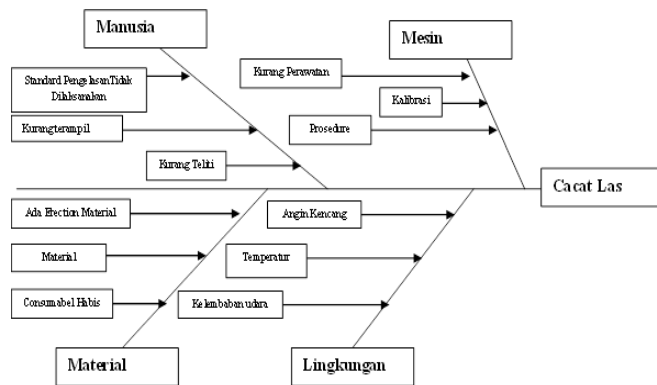
| Bulan | Parameter | | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------------|--------------|
| | <i>Undercut</i> | <i>Porosity</i> | <i>Slag Inclusion</i> | <i>Crack</i> |
| Maret - April | 9 | 6 | 4 | 1 |
| Mei – Juni | 6 | 4 | 2 | 1 |
| Jumlah | 15 | 10 | 6 | 2 |

Hasil pengukuran kondisi lingkungan tempat pengerjaan pengelasan diukur. Hasilnya ditampilkan pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 4. Suhu Area Project Blast Furnace
Shell**

| No | Parameter | Jumlah Ketidak Sesuaian | Persentase Ketidak sesuaian | Persentase Kumulatif |
|--------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1 | <i>Undercut</i> | 15 | 45% | 45% |
| 2 | <i>Porosity</i> | 10 | 30% | 76% |
| 3 | <i>Slag Inclusion</i> | 6 | 18% | 94% |
| 4 | <i>Crack</i> | 2 | 6% | 100% |
| Jumlah | | 33 | 100% | |

Dari tabel terlihat kondisi lingkungan relatif stabil. Namun demikian kecepatan angin perlu dipertimbangkan karena dalam keadaan normal tanpa penghalang, angin dapat mengganggu pengelasan. Adapun faktor-faktor penyebab dari cacat las dapat terjadi dari berbagai faktor yaitu: manusia, mesin, material dan lingkungan yang selanjutnya digambarkan dalam *fishbone diagram* sebagai berikut.



Gambar 6. Fishbone diagram penyebab cacat las

Faktor manusia, dapat disebabkan karena tidak melaksanakan standar pengelasan yang telah ditetapkan oleh perusahaan (material tidak diberikan terlebih dahulu), kurangnya keterampilan dalam melakukan proses pengelasan, kurang teliti dalam melakukan pekerjaan (terlalu banyak atau terlalu sedikit material las pada *base metal*).

Faktor material, dapat dikarenakan terjadinya ereksi material, material yang tidak sesuai, material las habis pada proses pengelasan sehingga dapat terjadinya pekerjaan yang tidak sempurna diselesaikan.

Faktor mesin dapat terjadi karena peralatan las yang kurang perawatan sehingga hasilnya tidak optimal, tidak dilakukan kalibrasi, dan penggunaan alat yang tidak sesuai prosedur.

Faktor Lingkungan dapat dipengaruhi oleh temperatur, kekuatan angin yang menerpa proses pengelasan, dan kelembaban udara yang tinggi. Pada kondisi iklim Indonesia, faktor temperatur dan angin relatif stabil, namun faktor angin perlu dikendalikan walaupun tidak kencang cukup berpengaruh karena proses pengelasan dilakukan diluar ruangan.

Dari seluruh faktor-faktor yang menyebabkan cacat las, perlu dicatat yang disesuaikan dengan konteks pengelasan luar ruang, terutama menyangkut pengendalian arah dan kecepatan angin, walaupun dalam kondisi tenang, perlu dilakukan antisipasi pelindung area pengelasan agar tidak mengganggu proses pengelasan. Berikut ini merupakan tabel rencana perbaikan pada pembuatan *blast furnace shell* menggunakan metode 5W+1H.

Tabel. 5. Rencana Perbaikan

| WHAT | WHY | WHO | WHEN | WHERE | HOW |
|------------|---|--|---|--|---|
| Manusia | Kurangnya keterampilan <i>welder</i> , kurang konsentrasi dalam melakukan proses pengelasan | <i>Section welder</i> dan <i>contruction manager</i> | Selama proses pengelasan dilakukan | <i>Section welder</i> dan <i>QA/QC</i> | Pengawasan terhadap proses pengelasan dan evaluasi kinerja <i>welder</i> |
| Lingkungan | Angin kencang, sehingga <i>welder</i> kurang konsentrasi | <i>Supervisor welder</i> dan <i>foreman welder</i> | Selama proses pengelasan berjalan | <i>Section welder</i> dan <i>QA/QC</i> | Koordinasi dengan <i>engineers</i> dan <i>supervisor</i> mengkondisikan area terlindung dari angin |
| Mesin | Kurang pengawasan, kurang perawatan dan kalibrasi pada mesin | <i>Supervisor welder</i> , <i>inspector welding</i> dan <i>quality engineers</i> | Selama proses pengelasan | <i>QA/QC</i> | Memberikan pemahaman mengenai prosedur penggunaan alat dalam proses pengelasan dan standar hasil pengelasan |
| Material | <i>Erection</i> pada material dan <i>consumable</i> habis ditengah proses pengelasan | <i>Quality engineers</i> dan <i>contruction manager</i> | Sebelum, selama dan sesudah proses pengelasan | <i>Contruction</i> dan <i>QA/QC</i> | Dengan memberi pelindung material, melakukan pengecekan material sebelum dan sesudah proses pengelasan |

Dari rencana perbaikan melalui 5W+1H diatas, intervensi dilakukan terhadap potensi penyebab kecacatan pada hasil pengelasan sebagai berikut.

- a. Intervensi Pengaruh Manusia: pengawasan dari supervisor agar operator las mengikuti standar operasi yang sudah ditetapkan oleh perusahaan (*best practice*).
- b. Intervensi Pengaruh Lingkungan: pemberian *sheet* pelindung area pengelasan untuk melindungi dari angin seperti tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Perlindungan pada proses pengelasan

- c. Intervensi Pengaruh Material: dilakukan pengecekan material seperti kerusakan-kerusakan yang terdapat pada material. Dengan kondisi kelembaban area pengelasan yang mencapai 54% sampai dengan 91% tersebut, material harus dilakukan PWHT (*post weld heat treatment*) atau pemanasan (*burner*) sekitar 100 °C sampai dengan 150 °C. *Burner* atau PWHT dimaksudkan untuk pelepasan tegangan internal (*stress relieving*) kepada material yang akan di las.



Gambar 8. Burner pada material

Selain itu untuk mencegah terjadinya korosi dan kerusakan pada material, maka material harus ditutup yang berfungsi sebagai pelindung material sebelum dan sesudah pengelasan dilakukan



Gambar 9. Pelindung pada material yang dilas

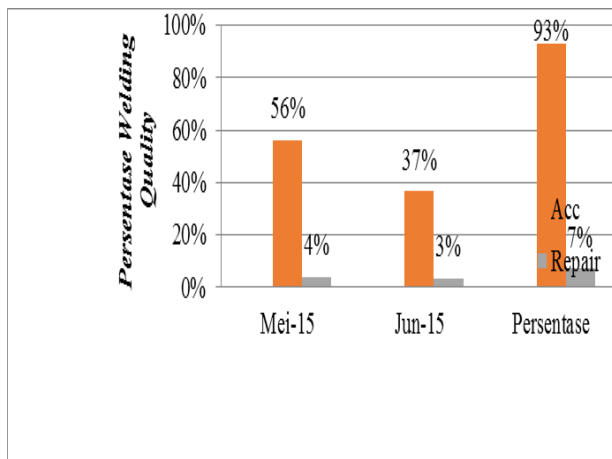
- d. Intervensi Pengaruh Mesin/Alat: penggunaan alat yang sesuai dan melakukan pengecekan fungsi alat untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik melalui jadwal maintenance dan kalibrasi berkala.

Pengukuran hasil las setelah intervensi dilakukan pada pengukuran yang dilakukan pada bulan Mei - Juni 2015, tujuan dari perbandingan ini adalah

untuk melihat perbedaan hasil pengelasan. Dari tabel dan grafik diatas terdapat jumlah hasil pengelasan yang telah dilakukan dari sebanyak 178 join hasil pengelasan, terdapat 165 join hasil las yang baik (93%) dan terdapat 13 join (7%) harus melalui perbaikan atau *repair*. Hasil pengelasan yang *mengalami repair* tersebut terdapat cacat las yaitu *undercut*, *porosity*, *slag inclusion* dan *crack* (retak).

Tabel 6. Persentase Kualitas Hasil Las Mei – Juni 2015

| Welding Status | NDT (Non Destructive Test) Ultrasonic Test | | |
|----------------|---|------------------|-----------------|
| | Mei-15 (Join) | Jun-15 (Join) | Total (Join) |
| Acc | 100 | 65 | 165 |
| Repair | 7 | 6 | 13 |
| Total | 107 | 71 | 178 |



Gambar 10. Kualitas Hasil Las Mei – Juni 2015

8. KESIMPULAN

1. Tahap pertama telah dilakukan pengujian hasil proses pengelasan pada *project blast furnace*, menggunakan proses pengelasan FCAW (*flux cored arch welding*) terdapat 158 join (89%)

hasil proses pengelasan *acc* dan 20 join (11%) *repair*.

2. Pada tahap ke dua dilakukan pengujian kembali pada hasil proses pengelasan pada *project blast furnace* menggunakan proses pengelasan yang sama yaitu FCAW, tujuannya adalah untuk memberikan gambaran dan membedakan apakah kualitas hasil pengelasan atau menurun. Sebanyak 178 join pada bulan mei dan juni 2015 terdapat 165 join (93%) hasil pengelasan *acc* dan 13 join (7%) *repair*.
3. Cacat las yang terjadi pada *project blast furnace shell* adalah: *undercut*, *porosity*, *slag inclusion* dan *crack* (retak). Jumlah persentase kumulatif masing-masing cacat las *undercut* 45% dengan jumlah ketidaksesuai 15 kejadian, cacat las *porosity* dengan jumlah kejadian 10 dengan persentase kumulatif 30%, cacat las *slag inclusion* dengan persentase kumulatif 18% dengan 6 jumlah kejadian dan cacat las *crack* (retak) dengan persentase kumulatif 6% dengan jumlah kejadian 2. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa intervensi kondisi lingkungan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan kualitas pada pengelasan. Dalam hal ini cacat pengelasan terjadi penurunan dari 11% menjadi 7%. Namun demikian demikian hasil ini belum mencapai target cacat las yang telah ditetapkan yaitu 5%.

DAFTAR PUSTAKA

Bahtiar, E. et al (2013), Analisis Pengendalian Kualitas Dengan menggunakan Metode Statistical Quality

Control (SQC), *Jurnal, Program Teknik Industri*, Universitas Malikussaleh.

Chafiedz, N, E. et al (2011). Analisis Hasil Repair Welding Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Aluminium Cor Dengan Metode Pengelasan Oksi-Asetilin, *Jurnal Program Teknik Mesin*, UNS.

Fransisca, Y. (2014). Peningkatan Kualitas Kantong Pelastik dengan Menggunakan Metode New Seven Tools Di PT Asia Cakra Ceria Plastik Sukarta, *Jurnal Program Teknik Industri*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Ikhwani (2014). Analisis Kualitas Air Reverse Osmosis (RO) Dengan Menggunakan Metode Plan, Do, Check, Action (PDCA) Di PT. Duta Sugar International. *Skripsi*, Program Teknik Industri, Universitas Serang Raya.

Rogery, M.s. (2003). *TWI welding inspection defects / repair Course Reference WIS 5*, halaman 1 – 54.

Sonawan, H, & Suratman, R. (2006). *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung : Alfabeta.

Zulfah, E.et al. (2010). Pengaruh Pemanasan Electode Las Pada Suhu 80 °C - 120 °C Terhadap Sifat Mekanik, *Jurnal Program Teknik Industri*, Universitas Panca Sakti Tegal.