

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB CACAT PENGELASAN PIPA API 5L Gr.B PADA PROYEK KONSTRUKSI PIPA

**HARI MOEKTIWIBOWO, GALUH SURYA WIJAYANTO,
DAN BASUKI ARIANTO**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Suryadarma, Jakarta.

ABSTRACT

This study aim to analyze the factors that occur any defects of weld and determine patterns and types of weld defects were found in the results of welding joint. in the construction of the pipeline API 5L Grade B along 70 Km from Gresik - Surabaya by PT. XYZ. In this study, the method that use is Seven Tools which is one of the tools in the processing of data for quality improvement, to be good communication on team work, and to decision making, and the results will be applied by the company, And the results of this observation the cause of welding defect is 4M1E, that is Man, Machine, Method, Material and Environment. And the welder does not carry out welding in accordance with WPS (Welding Procedure Specification).

Keyword : Quality Control System

PENDAHULUAN

Peningkatan upaya pencegahan timbulnya bahaya dalam kaitannya proses konstruksi pergelaran pipa penyalur pada dunia industri pertambangan minyak dan gas bumi di Indonesia yang sesuai dengan Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No. 84. K / 38 / DJM / 1998 tentang Pedoman Tata Cara Pemeriksaan Keselamatan Kerja, atas Instalasi, Peralatan Teknik, yang Dipergunakan dalam Usaha Pertambangan dan Minyak Bumi dan Pengusahaan Sumber Daya Panas Bumi, harus dapat memperhatikan beberapa hal yang dapat meningkatkan hasil kualitas konstruksi dan menghindari adanya faktor cacat dalam proses konstruksi, salah satu faktor pengendalian kualitas proses konstruksi adalah hasil pengelasan.

Umumnya, kekuatan hasil las tidak sesuai dengan yang ditargetkan karena rentan dengan cacat las yang terbentuk. Walaupun, cacat las memang tidak direncanakan dalam proses pengelasan, aktualnya sering terjadi ketika pengelasan. Hasil survey lapangan di PT. XYZ menunjukkan bahwa, umumnya sering terjadi masalah dalam konstruksi pada sambungan las.

Salah satu metode dalam pengendalian kualitas dan perbaikan berkesinambungan yang sering digunakan dalam perusahaan adalah metode Seven

Tools. Pada metode ini digunakan teknik-teknik statistika dalam memantau dan meningkatkan kualitas proses hasil produksi, dalam hal ini hasil konstruksi yang berkualitas, efektif dan efisien.

Kualitas merupakan suatu istilah relatif yang sangat bergantung pada situasi. Ditinjau dari pandangan konsumen, secara subjektif orang mengatakan kualitas adalah sesuatu yang cocok dengan selera (fitness for use). Produk dikatakan berkualitas apabila produk tersebut mempunyai kecocokan penggunaan bagi dirinya. Pandangan lain mengatakan kualitas adalah barang atau jasa yang dapat menaikkan status pemakai. Ada juga yang mengatakan barang atau jasa yang memberikan manfaat pada pemakai (measure of utility and usefulness). Kualitas barang atau jasa dapat berkenaan dengan keandalan, ketahanan, waktu yang tepat, penampilannya, integritasnya, kemurniannya, individualitasnya, atau kombinasi dari berbagai faktor tersebut.

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur dalam bidang pembangunan konstruksi di Indonesia. Perusahaan ini didirikan pada tahun 2000 dan berkantor di daerah Pulogadung Kota Jakarta Timur. Perusahaan ini berawal dari perusahaan konstruksi pembangunan gedung di beberapa gedung pemerintahan di Jakarta, pembangunan

konstruksi jalan raya, pembangunan dermaga di beberapa pelabuhan di Jakarta dan Banten, dan penyediaan jasa dan barang di beberapa perusahaan-perusahaan terkemuka di Indonesia. Seiring dengan perjalanan perkembangan perusahaan. Perusahaan ini memulai karir di sektor industri Migas pada tahun 2007, dengan memulai pengembangan memiliki pengalaman dalam sektor migas yang diantaranya melakukan pembangunan

konstruksi pergelasan pipa penyalur. Adapun data yang diperoleh yang dirangkum oleh penulis dari departemen QA/QC adalah waktu pengamatan yang dilakukan tiap minggu, jumlah dan jenis-jenis cacat pada hasil sambungan pengelasan pipa penyalur yang telah dilaksanakan oleh PT XYZ periode Januari sampai dengan Juni 2014 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Produk Sambungan Las Pipa Dengan Kriteria CTQ Pada Periode Januari – Juni 2013

Pengamatan Minggu Ke	Jumlah Sambungan Las	Jumlah Sambungan Las yang Cacat	Jumlah Cacat Las	Porosity	Slag Inclusion	Incomplete Fusion	Incomplete Penetration	Undercut	Worm Hole	Crack
1	244	12	52	24	10	9	3	3	3	0
2	243	14	50	20	11	10	3	2	4	0
3	243	11	44	15	16	7	3	0	2	1
4	242	10	64	22	19	13	2	3	4	1
5	242	15	54	28	10	10	2	3	1	0
6	245	12	44	20	9	7	3	0	5	0
7	243	12	52	26	13	4	5	2	2	0
8	245	11	46	25	9	4	4	1	3	0
9	242	14	42	20	11	3	6	1	1	0
10	243	13	53	25	18	4	3	1	2	0
11	242	14	51	22	19	4	3	1	1	1
12	243	14	50	25	10	6	5	2	1	1
13	243	15	48	26	9	7	2	1	2	1
14	244	20	54	30	12	5	2	1	4	0
15	242	22	64	35	15	8	3	1	2	0
16	245	15	59	30	18	5	3	2	1	0
17	243	12	48	25	9	6	3	2	2	1
18	243	10	54	20	15	8	3	1	7	0
19	241	12	47	15	19	8	3	0	2	0
20	244	10	43	16	10	10	6	0	1	0
21	245	16	62	26	13	9	8	1	5	0
22	243	13	58	19	15	9	6	3	5	1
23	243	14	61	21	17	12	7	2	2	0
24	242	15	57	20	16	9	9	1	2	0
total	5835	326	1257	555	323	177	97	34	64	7

Sumber : Departemen QA/QC PT XYZ, diolah.

METODE

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan alat bantu yang terdapat pada metode *Seven Tools*. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. Lembar Pengamatan (*Check Sheet*)

Data yang diperoleh dari perusahaan terutama data produksi dan data produk rusak kemudian diolah menjadi tabel secara rapi dan terstruktur. Hal ini dilakukan agar memudahkan dalam memahami data tersebut hingga bisa dilakukan analisis lebih lanjut.

b. Membuat Run Chart

Pembuatan *run chart* digunakan untuk menunjukkan jumlah output atau jumlah kerusakan pada hasil sambungan pengelasan pada penelitian.

c. Membuat Peta Kendali \bar{p} (P-chart)

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan peta kendali p (peta kendali proporsi kerusakan) sebagai alat untuk pengendalian proses secara statistik. Penggunaan peta kendali p ini adalah dikarenakan pengendalian kualitas yang dilakukan bersifat atribut, serta data yang diperoleh yang dijadikan sampel pengamatan tidak tetap dan produk yang mengalami kerusakan tersebut dapat diperbaiki atau *rewelding*. Adapun langkah-langkah dalam membuat peta kendali p sebagai berikut :

- 1) Menghitung Presentase Kerusakan

$$p = \frac{np}{n}$$

Di mana

p = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

np = banyaknya jumlah cacat dalam tiap minggu

n = banyaknya sambungan las yang dilakukan

- 2) Menghitung garis pusat / *Centre Line* (CL) atau nilai rata-rata kerusakan produk.

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

- 3) Menghitung Batas Kendali Atas / *Upper Control Limit* (UCL)

- 4) Menghitung Batas Kendali Bawah / *Lower Control Limit* (LCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \times \left(\sqrt{\frac{\bar{p} \times (1 - \bar{p})}{n}} \right)$$
$$LCL = \bar{p} - 3 \times \left(\sqrt{\frac{\bar{p} \times (1 - \bar{p})}{n}} \right)$$

catatan : Jika LCL < 0 maka LCL dianggap = 0

d. Membuat Diagram Pareto

Pembuatan diagram pareto dimaksudkan untuk mengidentifikasi tipe-tipe cacat yang paling dominan sehingga dapat memprioritaskan masalah tersebut.

e. Mencari Faktor penyebab yang paling dominan dengan diagram sebab akibat.

Setelah diketahui masalah utama yang paling dominan dengan menggunakan histogram, maka dilakukan analisa faktor kerusakan produk dengan menggunakan *fishbone diagram*, sehingga dapat menganalisis faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab kerusakan produk.

f. Membuat Analisis 5W2H

Setelah diketahui faktor/penyebab terjadinya cacat dari diagram sebab akibat, di analisis kembali dengan metode 5W2H. dengan metode ini, implementasi perbaikan akan lebih jelas dalam pemberian gambaran-gambaran dalam upaya perbaikan tersebut. 5W2H dibuat pada perbaikan dimana tingkat kecacatan yang paling dominan.

g. Membuat Rekomendasi/Usulan perbaikan kualitas

Setelah diketahui penyebab terjadinya kerusakan produk hasil sambungan lasan, maka dapat disusun sebuah rekomendasi atau usulan tindakan untuk melakukan perbaikan kualitas produk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah pengendalian kualitas dalam penelitian faktor-faktor penyebab cacat pengelasan adalah sebagai berikut:

Check Sheet

Karakteristik penentuan jenis kecacatan hasil sambungan las oleh PT XYZ adalah sebagai berikut:

- 1) *Porosity*, yaitu jenis cacat las yang disebabkan oleh udara atau gas yang terkurung oleh las, sehingga dalam las terjadi rongga-rongga besar ataupun kecil dan disebabkan oleh kecepatan las yang terlalu tinggi dan kondisi pengelasan yang kurang mendukung.
- 2) *Slag Inclusion*, yaitu cacat las yang disebabkan karena tertinggalnya *slag* atau material-material dari electrode las dan kotoran lain dalam las.
- 3) *Incomplete penetration*, yaitu cacat las yang disebabkan karena ketidaksempurnaan pengisian las pada kaki las.
- 4) *Incomplete Fusion*, yaitu jenis cacat las yang disebabkan posisi saat pengelasan yang salah, permukaan kampuh kotor dan

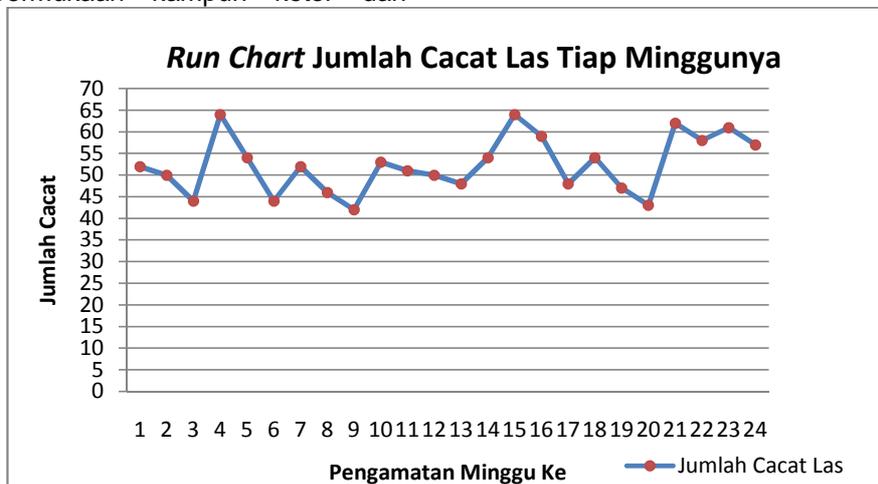
kecepatan pengelasan yang terlalu tinggi sehingga ketidaksempurnaan menyatunya material las yang satu dengan yang lain.

- 5) *Undercut* yaitu cacat las yang disebabkan karena termakannya metal induk pada waktu proses pengelasan sehingga menjadi lekukan pada kaki pinggiran metal induk.
- 6) *Worm hole* yaitu cacat las yang disebabkan karena tertangkapnya gas pada proses pengelasan, sehingga berbentuk rongga memanjang seperti tabung.
- 7) *Crack* (retak) yaitu cacat las yang disebabkan oleh guncangan pada waktu proses pengelasan sehingga terjadi retak pada daerah las-lasan.

Jumlah CTQ yang berpengaruh terhadap kualitas sebanyak 7 CTQ.

Run Chart

Pembuatan *Run Chart* ini digunakan untuk menentukan output (jumlah cacat) pada tiap minggu pada periode Januari – Juni 2013, berdasarkan tabel 1.



Gambar 1 Grafik *Run Chart* Jumlah Cacat Periode Januari – Juni 2013

Gambar 1 Grafik *Run Chart* diatas menjelaskan bahwa kesalahan-kesalahan yang sering terjadi pada proyek pergelaran konstruksi pipa penyalur terjadi pada minggu ke-4 dan minggu ke-15 sebanyak 64 cacat las, dan untuk menyelidiki informasi lebih lanjutnya akan dibuat peta kendali (*Control Chart*).

Peta Kendali p (*Control Chart*)

Pembuatan peta kendali dilakukan apakah suatu proses yang stabil (berada dalam batas kendali statistik) atau proses yang tidak stabil. Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali p.

Menghitung Persentase Kerusakan

Persentase kerusakan produk digunakan untuk melihat persentase cacat pada tiap tiap proporsi cacat las. Rumus untuk menghitung persentase kerusakan adalah:

$$p = \frac{np}{n}$$

Berikut hasil perhitungan persentase kerusakan / cacat pada sambungan las pipa penyalur melalui tabel 2:

Pada tabel.2 diketahui hasil perhitungan p (proporsi cacat) pada tiap-tiap pengamatan. Kemudian dari data tersebut

- 1) Menghitung UCL :

$$UCL = \bar{p} + 3 \times \left(\sqrt{\frac{\bar{p} \times (1 - \bar{p})}{n}} \right)$$

$$UCL = 0.06 + 3 \times \left(\sqrt{\frac{0.06 \times (1 - 0.06)}{24}} \right) = 0.205$$

- 2) Menghitung LCL :

$$LCL = \bar{p} - 3 \times \left(\sqrt{\frac{\bar{p} \times (1 - \bar{p})}{n}} \right)$$

$$LCL = 0.06 - 3 \times \left(\sqrt{\frac{0.06 \times (1 - 0.06)}{24}} \right) = -0.085 \sim 0$$

Setelah nilai CL, nilai UCL dan nilai LCL didapatkan, maka langkah

kemudian menghitung CL (*Central Line*) / Garis Pusat.

Menghitung Garis Pusat / *Central Line* (CL)

Garis pusat / *Central Line* adalah garis tengah yang berada diantar bataskendaliatas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Garis Pusat ini merupakan garis yang mewakili rata-rata tingkat kerusakan dalam suatu proses produksi. Untuk menghitung garis pusat digunakan rumus sesuai data tabel 2 :

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

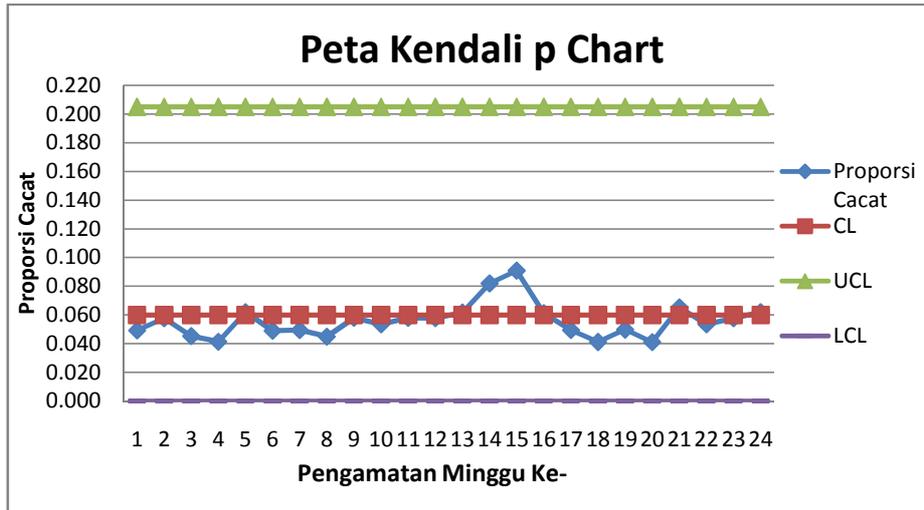
$$CL = \bar{p} = \frac{326}{5835} = 0.06$$

$$CL = 0.06$$

Menghitung Batas Kendali Atas (UCL) dan Batas Kendali Bawah (LCL)

Batas kendali atas dan batas kendali bawah merupakan indikator ukuran secara statistik sebuah proses bisa dikatakan menyimpang atau tidak. Batas Kendaliatas (UCL) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

selanjutnya adalah membuat peta kendali \bar{p} (*p-chart*).



Gambar 2 Grafik Peta Kendali \bar{p} Chart

Dari grafik peta kendali pada gambar 2, dapat diketahui bahwa cacat hasil sambungan las telah berada pada dalam proses pengendalian statistikal, karena semua data pengamatan berada dalam peta kendali p, akan tetapi persentase cacat yang terjadi masih ada dari total sambungan. Hal itu juga menyatakan bahwa pengendalian kualitas PT XYZ memerlukan perbaikan untuk menurunkan tingkat kecacatan hingga 0%.

Perhitungan Kapabilitas Sigma

$$DPMO = \frac{\text{Total Banyaknya Sambungan Las yang Cacat}}{\text{Jumlah Sambungan Las}} \times 1.000.000$$

Pada target kapabilitas *six sigma* sebesar 3,4 unit output cacat dari sejuta unit output yang diproduksi, maka DPMO penting untuk diperhitungkan agar mengetahui seberapa besar keberhasilan dalam menghasilkan suatu produk. Dalam hal ini adalah keberhasilan PT XYZ dalam memproduksi sambungan las pipa penyalur.

Perhitungan konversi nilai DPMO ke dalam nilai sigma dapat dilihat pada tabel 3. Hasil produksi sambungan las PT XYZ, memiliki tingkat *sigma* 3.10 dengan kemungkinan kerusakan 55874 untuk sejuta produksi, yang artinya kapabilitas rata-rata kerja sigma masih baik karena masih dalam rata-rata kinerja industri di Indonesia, namun tentunya akan menjadi

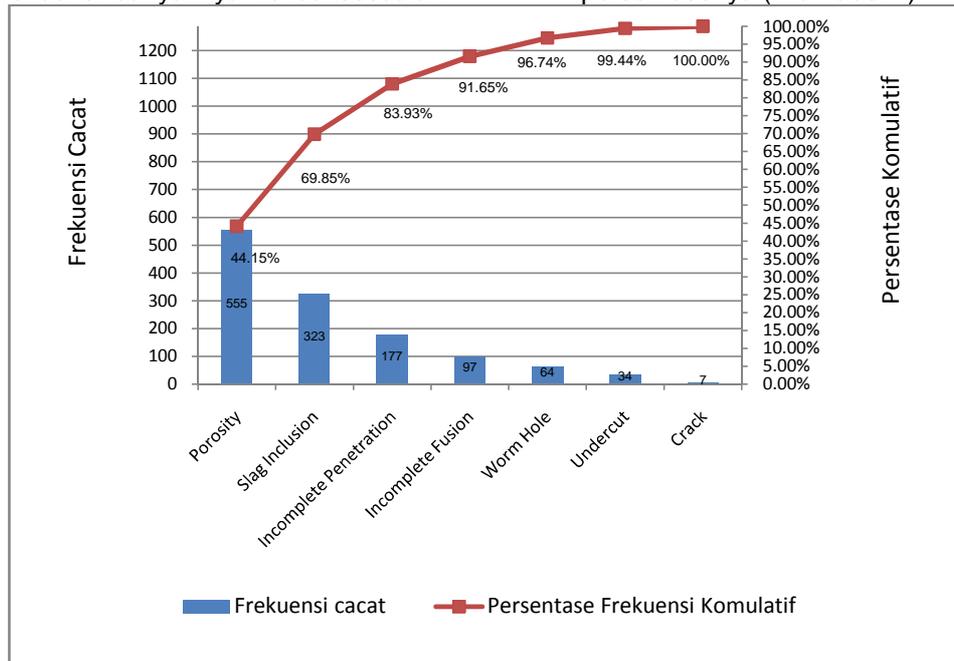
Proses *Capability* merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifik produk yang diterapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan. Untuk mengukur tingkat kapabilitas sigma, perusahaan dapat melakukan yang dilakukan oleh Gaspersz (2007:42), dengan menghitung DPMO (*Defect Per Million Opportunity*), yang menunjukkan ukuran kegagalan dari sambungan pengelasan per sejuta kesempatan.

sebuah kerugian yang sangat besar apabila tidak ditangani atau ditanggulangi secepatnya dari banyaknya jumlah cacat yang dihasilkan. Semakin banyak produksi yang gagal dalam proses produksi tentunya mengakibatkan banyak kerugian pada semua aspek-aspek produksi lainnya.

Diagram Pareto

Pembuatan diagram pareto dimaksudkan untuk mengidentifikasi tipe-tipe cacat yang paling dominan sehingga dapat memprioritaskan masalah tersebut. Langkah-langkah dalam pembuatan diagram pareto adalah sebagai berikut:

- 1) Urutkan data terbesar dari yang terbesat dan hitung dalam frekuensi banyaknya ketidaksesuaian persentasenya (lihat tabel 4).



Gambar 3 Diagram Pareto Hasil Sambungan Las

Berdasarkan tabel frekuensi cacat sambungan lasan, dapat dilihat bahwa *Porosity* mempunyai persentase cacat terbesar, yaitu 43.12 % dari keseluruhan cacat hasil sambungan pengelasan. Diikuti dengan *Slag Inclusion* 25.10 %, *Incomplete Penetration* sebesar 13.75 %, *Incomplete Fusion* sebesar 7.54 %, *Worm Hole* sebesar 4.97 %, dan seterusnya.

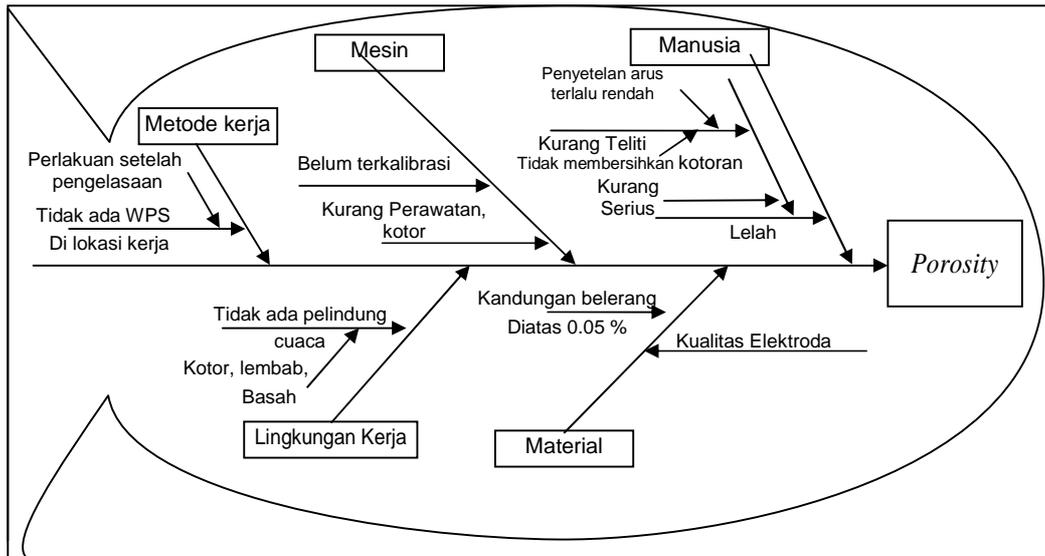
- 2) Mengambil tindakan perbaikan atas penyebab utama dari masalah pada proses welding dengan cara mengetahui terlebih dahulu akar penyebab dari suatu masalah tersebut, maka digunakan Diagram Sebab Akibat.

Diagram Sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*)

Setelah kita mengetahui prioritas sebab utama dari timbulnya ketidaksesuaian dalam proses yang digambarkan dalam diagram pareto. Maka langkah selanjutnya adalah menganalisis dalam bentuk diagram sebab-akibat yang bertujuan untuk mengetahui penyebab yang timbul akibat ketidaksesuaian tersebut, dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa persentase terbesar adalah *Porosity* (43.12 %) dan *Slag Inclusion* (25.10 %). Dari nilai persentase kedua cacat tersebut paling dominan atau diatas 25 % maka akan dianalisis ke langkah selanjutnya dengan bentuk Diagram Sebab-Akibat.

Diagram Sebab Akibat Cacat *Porosity*

Berikut diagram sebab akibat cacat *porosity*.



Gambar 4 Diagram Sebab Akibat (fishbone) cacat *Porosity*

Dari diagram diatas, dapat dijelaskan faktor-faktor Cacat *Porosity*, adalah sebagai berikut,

a. Manusia

Manusia merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya *Porosity*. Hal ini terjadi pada operator yang kelelahan bekerja terus menerus melakukan pekerjaan secara berulang-ulang akan merasakan kelelahan baik lelah mata maupun lelah pada tangannya. Dari faktor kelelahan tersebut mengakibatkan kurang telitinya operator ketika bekerja menyebabkan penyetelan las kurang tepat yang terlalu rendah dan tidak sesuai WPS (*Welding Procedure Specification*) / Standar Operasi Prosedur (SOP) pengelasan, kemudian operator yang tidak membersihkan daerah lasan dari debu, pasir dll sebelum pelaksanaan pengelasan dapat menyebabkan cacat *porosity*. Selain itu operator yang kurang serius dalam bekerja dengan terbiasanya bekerja sambil berbicara dengan rekan kerja lain, sehingga tidak fokus pada pekerjaannya.

b. Mesin

Mesin yang digunakan belum terkalibrasi atau sudah habis masa

berlaku sertifikat kalibrasi. Dimungkinkan dari alat ukur yang terdapat dalam mesin tidak valid. Tidak dirawatnya mesin pengelasan yang mengakibatkan mesin tampak kotor.

c. Metode Kerja

Tidak terdapatnya WPS dilokasi kerja, sehingga tidak dilakukan metode kerja atau langkah-langkah yang telah diatur sesuai dengan WPS tersebut.

Metode kerja yang dilakukan tidak tepat, maksudnya adalah pada saat pendinginan las, seharusnya bahan yang telah dilas didinginkan/dikeringkan terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan pengelasan yang lain tetapi yang dilakukan oleh operator adalah sebaliknya.

d. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja dengan temperatur yang lembab dan basah serta kotor dapat membuat hasil pengelasan menjadi kurang bagus, karena hasil pengelasan akan lebih sempurna bila diberikan pelindung cuaca khusus untuk operator juru las agar terlindung dari angin, debu dan kotoran lainnya.

e. Material

Material (bahan) yang digunakan tidak sesuai, maksudnya adalah kandungan belerang dari bahan material induk lebih dari 0.05%. Adanya kondisi elektroda yang rusak yang mengakibatkan terciptanya gas hidrogen akibat panas las.

Dari hasil analisis diagram sebab akibat diatas, faktor utama akibat cacat porositi adalah:

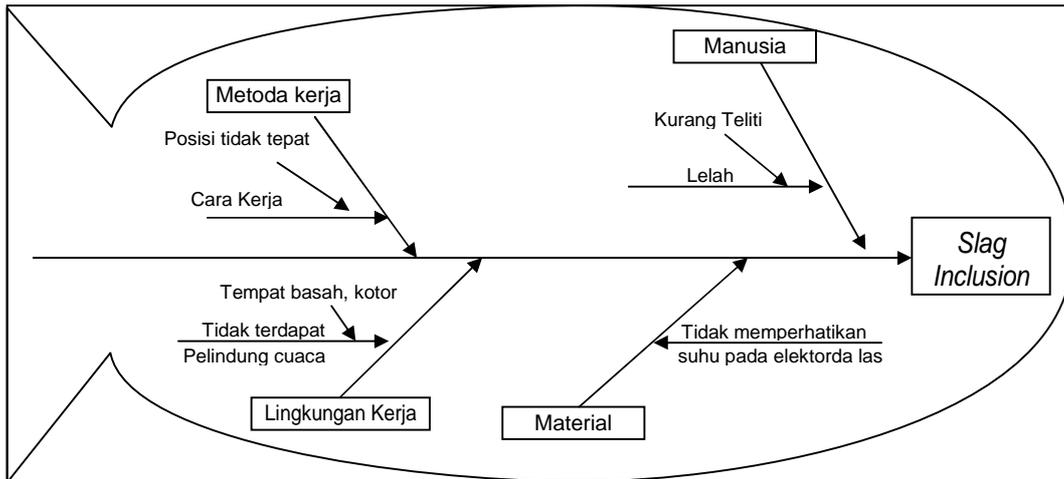
- 1) Kelelahan dalam bekerja yang membuat kurang seriusan dan

kurang telitian operator dalam bekerja

- 2) Tidak terdapat pelindung cuaca untuk operator juru las yang tidak terlindung dari adanya angin, debu, kotoran dan hujan.
- 3) Tidak terdapatnya WPS dilokasi kerja
- 4) Kualitas dan kondisi elektroda

Diagram Sebab Akibat Cacat *Slag Inclusion*

Berikut diagram sebab akibat cacat *slag inclusion*.



Gambar 5 Diagram Sebab Akibat (fishbone) cacat *Slag Inclusion*

Dari diagram sebab akibat cacat las *slag inclusion*, dapat dijelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi cacat las slag inclusion adalah sebagai berikut:

a. Manusia

Operator yang mengalami kelelahan membuat kurang teliti dalam bekerja, seperti operator yang tidak membersihkan *slag*/kerak antara bahan las dengan bahan induk yang dilas.

b. Metode Kerja

Metode kerja yang dilakukan tidak tepat, seperti posisi pada saat pengelasan yang sulit akan membuat operator merasa kesulitan untuk mengelas.

c. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja dengan temperatur yang lembab dan basah serta kotor dapat membuat hasil pengelasan menjadi kurang bagus, karena hasil pengelasan akan lebih

sempurna bila terdapat pelindung cuaca khusus untuk operator juru las agar terlindung dari angin, debu dan kotoran lainnya.

d. Material

Material ini dimaksudkan pada material elektroda yang dalam keadaan lembab dan tidak diletakkan pada alat pemanas pada suhu antara 80°C - 120°C dan mengakibatkan banyaknya partikel *slag* yang terperangkap dalam lasan.

Dari hasil analisis diagram sebab akibat diatas, faktor utama akibat cacat *slag inclusion* adalah:

- 1) *Slag*/kerak yang tidak terbersihkan dengan baik sebelum dilakukan pengelasan
- 2) Posisi yang kurang nyaman dan tidak terlindung oleh pelindung cuaca
- 3) Tidak terdapat pelindung cuaca

4) Material elektroda yang tidak dipertahankan suhunya

a. Analisis 5W2H

Setelah dilakukannya analisis penelitian dengan metode *seven tools* di atas, dan diketahui faktor cacat las yang terjadi, langkah selanjutnya melakukan analisis dengan metode 5W2H sebagai

upaya perbaikan-perbaikan dari adanya cacat las tersebut pada proyek selanjutnya. Berikut analisis 5W2H:

a. Faktor manusia

Berikut analisis 5W2H dari faktor manusia pada tabel 4.6 di halaman berikutnya.

Tabel 5 Perbaikan Metode 5W2H Faktor Manusia

5W-2H	Deskripsi/Tindakan
<i>What</i> (Apa)	Kelelahan pada operator juru las
<i>Why</i> (Mengapa)	Melakukan pekerjaan yang berulang-ulang
<i>Where</i> (Dimana)	Dilakukan pada lokasi proyek
<i>When</i> (Kapan)	Pada proyek pengelasan periode Januari-Juni 2013
<i>Who</i> (Siapa)	Operator juru las
<i>How</i> (Bagaimana)	Memberikan waktu istirahat tambahan yang cukup kepada operator juru las agar selalu dalam kondisi fit dalam bekerja dan operator harus ditekankan kedisipinan dan ketelitian dalam bekerja pada saat sebelum melakukan pengelasan.
<i>How Much</i> (Berapa banyak waktu yang dibutuhkan dalam perbaikan)	Waktu istirahat yang diberikan dalam mengatasi kelelahan di berikan 2 kali waktu istirahat tambahan dalam total waktu kerja diluar jam istirahat. Diberikan waktu istirahat pada jam 10.00 dan jam 15.00 untuk pekerjaan siang hari, dan paada jam 22.00 dan jam 03.00 untuk pekerjaan pada waktu malam hari

Perbaikan menggunakan metode 5W2H pada faktor manusia dengan tujuan utamanya (*What*) faktor kelelahan yang dialami operator las, (*Why*) pekerjaan yang berulang-ulang dapat mengakibatkan kondisi tubuh operator mengalami kelelahan, Lokasi (*Where*) terjadi dilokasi kerja operator juru las, Waktu (*When*) pada saat pelaksanaan proyek pembangunan pipa penyalur pada bulan Januari-Juni 2013, Siapa (*Who*) Operator Juru Las, Cara Perbaikan (*How*) memberikan waktu istirahat tambahan yang cukup kepada operator juru las agar selalu dalam kondisi fit dalam bekerja dan

operator harus ditekankan kedisipinan dan ketelitian dalam bekerja pada saat sebelum melakukan pengelasan, Berapa banyak (*How Much*) Waktu istirahat yang diberikan dalam mengatasi kelelahan di berikan 2 kali waktu istirahat tambahan dalam total waktu kerja diluar jam istirahat. Diberikan waktu istirahat pada jam 10.00 dan jam 15.00 untuk pekerjaan siang hari, dan paada jam 22.00 dan jam 03.00 untuk pekerjaan pada waktu malam hari.

b. Faktor Mesin

Berikut analisis 5W2H pada faktor mesin.

Tabel 6 Perbaikan Metode 5W2H Faktor Mesin

5W-1H	Deskripsi/Tindakan
<i>What</i> (Apa)	Tidak ada perawatan terhadap mesin pengelasan
<i>Why</i> (Mengapa)	Kinerja peralatan lasan yang tidak maksimal
<i>Where</i> (Dimana)	Di area lokasi kerja
<i>When</i> (Kapan)	Pada pelaksanaan proyek pembangunan pipa penyalur periode Januari-Juni 2013
<i>Who</i> (Siapa)	Manajer Konstruksi dan Manajer QA/QC PT XYZ
<i>How</i> (Bagaimana)	Dilakukan perawatan secara berkala oleh Divisi Konstruksi dan diawasi oleh Divisi QA/QC
<i>How much</i>	Perawatan peralatan lasan ini dilakukan pemeriksaan minimal setiap 3 (tiga) bulan sekali.

Perbaikan menggunakan metode 5W2H pada faktor mesin dengan tujuan utamanya (*What*) dilakukan upaya perawatan terhadap mesin, (*Why*) Meningkatkan kinerja mesin las, Lokasi (*Where*) di area lokasi kerja, Waktu (*When*) pada proyek pembangunan pipa penyalur periode Januari-Juni 2013, Siapa (*Who*) yang bertanggung jawab dalam ini adalah Manajer Konstruksi dan Manajer

QA/QC PT XYZ, Cara (*How*) Dilakukan perawatan secara berkala oleh Divisi Konstruksi dan diawasi oleh Divisi QA/QC, Berapa banyak (*How much*) dilakukan perawatan terhadap peralatan secara berkala tiap 3 (tiga) bulan sekali.

- c. Faktor Metode Kerja
Berikut analisis 5W2H dari faktor Metode Kerja

Tabel 7 Perbaikan Metode 5W2H Faktor Metode Kerja

5W-2H	Deskripsi/Tindakan
<i>What</i> (Apa)	Tidak tersedianya WPS dilokasi Kerja
<i>Why</i> (Mengapa)	Operator juru las yang tidak mengatur arus dan tegangan pada saat pengelasan yang tidak sesuai dengan WPS
<i>Where</i> (Dimana)	Di area kerja pengelasan
<i>When</i> (Kapan)	Selama kegiatan pengelasan berlangsung periode Januari-Juni 2013
<i>Who</i> (Siapa)	Yang bertanggung jawab Manajer Konstruksi dan Manajer QA/QC PT XYZ
<i>How</i> (Bagaimana)	Tersedianya WPS dilokasi kerja agar dapat memberikan informasi kepada operator juru las dalam melakukan langkah-langkah pengelasan yang sesuai dengan WPS.
<i>How Much</i>	WPS harus selalu diletakkan di area kerja dimana pada saat pelaksanaan pekerjaan pengelasan, operator dapat membaca langkah-langkah yang harus dilakukan pada saat proses pengelasan.

Perbaikan menggunakan metode 5W2H pada faktor metode kerja dengan tujuan utamanya (*What*) Selalu tersedianya WPS dilokasi Kerja, (*Why*) Operator Juru las akan membaca dan melakukan langkah-langkah pengelasan yang sesuai di dalam WPS, Lokasi (*Where*) di area kerja pengelasan, Waktu (*When*) Selama kegiatan pengelasan

berlangsung, Siapa (*Who*) yang bertanggung jawab dalam ini adalah Manajer Konstruksi dan Manajer QA/QC PT XYZ, Cara (*How*) tersedianya WPS dilokasi kerja agar dapat memberikan informasi kepada operator juru las dalam melakukan langkah-langkah pengelasan yang sesuai dengan WPS dan (*How much*) tersediannya WPS ini harus selalu

ditempatkan di area kerja, agar operator juru las dapat membaca dan melakukan langkah-langkah kerja yang sesuai WPS.

d. Faktor Lingkungan
Berikut analisis 5W2H dari faktor Lingkungan

Tabel 8 Perbaikan Metode 5W2H Faktor Lingkungan

5W-1H	Deskripsi/Tindakan
<i>What</i> (Apa)	Tidak terdapat Pelindung cuaca diarea kerja operator juru las
<i>Why</i> (Mengapa)	Menghindari adanya debu, angin, kotoran dan terhindar dari temperatur lembab dan basah
<i>Where</i> (Dimana)	Di area kerja pengelasan
<i>When</i> (Kapan)	Selama kegiatan pengelasan berlangsung
<i>Who</i> (Siapa)	Manajer Konstruksi, Manajer QA/QC & Manajer HSE
<i>How</i> (Bagaimana)	Memberikan pelindung cuaca diarea kerja agar dapat memaksimalkan dalam pekerjaan operator juru las dari adanya angin, debu, kotoran dan terhindar dari temperatur lembab dan basah
<i>How Much</i>	Dibutuhkan 10 alat pelindung cuaca yang diletakkan di 10 area pengelasan dan bisa di pindah tempatkan sesuai dengan kondisi di area kerja

Perbaikan menggunakan metode 5W2H pada faktor lingkungan dengan tujuan utamanya (*What*) Tidak terdapatnya pelindung cuaca diarea kerja operator juru las, alasan / kegunaan (*Why*) Menghindari adanya debu, angin, kotoran dll., Lokasi (*Where*) di area kerja pengelasan, Waktu (*When*) Selama kegiatan pengelasan berlangsung, Siapa (*Who*) yang bertanggung jawab dalam ini adalah Manajer Konstruksi, Manajer QA/QC & Manajer HSE PT XYZ, Cara (*How*) Memberikan pelindung cuaca

diarea kerja agar dapat memaksimalkan dalam pekerjaan operator juru las dari adanya angin, debu, kotoran dan terhindar dari temperatur lembab dan basah, dan Berapa banyak (*How much*) Dibutuhkan 10 alat pelindung cuaca yang diletakkan di 10 area pengelasan dan bisa di pindah tempatkan sesuai dengan kondisi di area kerja.

e. Faktor Material
Berikut analisis 5W2H dari faktor material

Tabel 9 Perbaikan Metode 5W2H Faktor Material

5W-2H	Deskripsi/Tindakan
<i>What</i> (Apa)	Tidak meletakkan elektroda pada suhu yang kering antara 80°C-120°C pada alat pemanas
<i>Why</i> (Mengapa)	Kurang ketelitian operator dan kurangnya alat pemanas di lokasi area kerja yang menyebabkan operator malas meletakkan ke alat pemanas.
<i>Where</i> (Dimana)	Di area kerja pengelasan
<i>When</i> (Kapan)	Selama kegiatan pengelasan berlangsung
<i>Who</i> (Siapa)	Operator juru las
<i>How</i> (Bagaimana)	Operator harus meletakkan elektroda pada suhu kering antara 80°C-120°C pada alat pemanas sebelum atau pada saat akan melakukan pengelasan
<i>How Much</i>	Menambah alat pemanas di lokasi area kerja sebanyak 5 unit yang dapat diletakkan di tiap section area kerja.

Perbaikan menggunakan metode 5W2H pada faktor material dengan tujuan utamanya (*What*) Tidak meletakkan elektroda pada suhu yang kering antara 80°C-120°C pada alat pemanas, alasan (*Why*) Kurang ketelitian operator dan kurangnya alat pemanas di lokasi area kerja yang menyebabkan operator malas meletakkan ke alat pemanas, Lokasi (*Where*) di area kerja pengelasan, Waktu (*When*) Selama kegiatan pengelasan berlangsung, Siapa (*Who*) Operator juru las, Cara (*How*) selalu meletakkan elektroda pada suhu kering antara 80°C-120°C pada alat pemanas dan Berapa banyak (*How much*) menambah alat pemanas di lokasi area kerja sebanyak 5 unit yang dapat diletakkan di tiap section area kerja.

g. Usulan Perbaikan

Setelah dilakukan analisis dari metode *Seven Tools* dan adanya analisis perbaikan dengan metode 5W2H, maka penulis melakukan upaya perbaikan untuk mengurangi jumlah kecacatan yang timbul. Upaya perbaikan yang dilakukan dengan berusaha untuk memperbaiki segala faktor penyebab cacat dominan yaitu cacat *porosity* dan *slag inclusion*.

Usulan Perbaikan Untuk Cacat *Porosity*

Usulan Perbaikan Untuk Cacat *Porosity* dilakukan pada seluruh faktor utama yang berpengaruh yaitu:

- a. Faktor manusia : Pada saat pengelasan harus dalam kondisi yang fit dan beristirahat sesuai jadwal yang telah diberikan oleh perusahaan, dan selalu fokus dalam bekerja
- b. Faktor mesin : Harus mengontrol dan merawat kondisi mesin secara berkala minimal tiap 3 (tiga) bulan sekali dan selalu memperhatikan sertifikat kalibrasi mesin yang harus diperpanjang kembali masa berlakunya jika sudah habis masa berlaku sertifikat tersebut.
- c. Faktor metode kerja : dilakukan pengontrolan secara rutin dari departemen Konstruksi dan Departemen QA/QC dalam ketersediaanya WPS di lokasi kerja

- d. Faktor lingkungan kerja : penggunaan pelindung cuaca yang memadai agar terhindar dari curah hujan, angin yang lembab dan basah.
- e. Faktor material : hendaknya dilakukan pengontrolan pada material elektroda yang memiliki kualitas dan kondisi yang sesuai dengan WPS. Meletakkan elektroda ke tempat pemanas pada suhu 80°C - 120°C.

Usulan Perbaikan Untuk Cacat *Slag Inclusion*

Usulan Perbaikan Untuk Cacat *Slag Inclusion* dilakukan pada seluruh faktor utama yang berpengaruh, yaitu:

- a. Faktor manusia : Harus ditanamkan kedisiplinan pada operator las agar lebih fokus pada pekerjaannya dan tidak lalai sewaktu bekerja.
- b. Faktor metode kerja : Operator juru las harus memperhatikan posisi yang sesuai dengan kebutuhan operator dalam melakukan pekerjaan pengelasan.
- c. Faktor lingkungan kerja : penggunaan pelindung cuaca yang memadai agar terhindar dari curah hujan, angin yang lembab dan basah.
- d. Faktor material : hendaknya dilakukan pengontrolan pada material elektroda yang memiliki kualitas dan kondisi yang sesuai dengan WPS. Meletakkan elektroda ke tempat pemanas dengan suhu yang terkontrol pada suhu 80°C - 120°C.

KESIMPULAN

a. Hasil analisis dari pengumpulan yang dilakukan oleh peneliti pada PT XYZ terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya, yaitu

- 1) Faktor Manusia, yaitu dikarenakan dari tingkat kelelahan manusia (operator juru las) yang mengakibatkan juru las kurang teliti yang tidak membersihkan kotoran pada hasil lasan .
- 2) Faktor Mesin, yaitu kurangnya perawatan terhadap peralatan pengelasan
- 3) Faktor Metode Kerja, yaitu tidak terdapatnya WPS (*Welding Procedure Specification*) atau SOP pada pengelasan.
- 4) Faktor Lingkungan, yaitu tidak terdapatnya alat pelindung cuaca pada area pengelasan
- 5) Faktor Material, yaitu elektroda yang digunakan tidak diletakkan pada alat pemanas / oven khusus dengan suhu antara 80°C-120°C.

b. Dari hasil penelitian di lokasi pengelasan, bahwa juru las tidak melaksanakan pengelasan yang sesuai dengan WPS, dimana dari penelitian yang telah dilakukan, di mana masih terdapat sambungan las yang cacat sebanyak 326 titik sambungan dari total 5835 sambungan las.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S., 2002, "**Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek**", Edisi Revisi V.
- Dieter, G. E., 1987, **Metalurgi Mekanik: Jilid 1**, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Gasperz, Vincent. 2005. "**Total Quality Manajemen. Jakarta**" : PT.Gramedia Pustaka Utama
- Gasperz, Vincent. 2007. **Lean Six Sigma**. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Heizer, Jay dan Barry Render.2006. "**Manajemen Operasi ed7**". Jakarta: Salemba Empat.
- J.M Juran. 1988. "**Juran's Quality Control Handbook 1&2**", 4th edition, McGrawHill, Inc.
- Krajewski and Ritzman.1987."**Operation Management, Strategy & Analysis**", Wesley Publishing Company, Inc.
- Latief, Y. & R. P. Utami. 2009. Penerapan Pendekatan Metode Six Sigma Dalam Penjagaan Kualitas Pada Proyek Konstruksi. *Makara Teknologi. Volume 13 No.2 67-72*. Universitas Indonesia, Depok.
- MN. Nasution.2005."**Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)**", Ghalia Indonesia, Jakarta
- Reksohadiprojo, Soekanto & Indriyo GitoSudarmo. 2000. **Manajemen Produksi**. Edisi keempat. BPFE, Yogyakarta.
- Sofjan Assauri. 1998. "**Manajemen Operasi Dan Produksi**". LP FE UI, Jakarta.
- Sugiyono. 2004. **Metode Penelitian Bisnis**. Bandung : CV Alfabeta
- Suyadi Prawirosentoso. 2007. **Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu Abad 21 " Kiat Membangun Bisnis Kompetitif"**. Bumi Aksara, Jakarta.
- Widharto S, 2003. "**Petunjuk Kerja Las**", Cetakan-5,Pradnya Paramita, Jakarta.
- Zulian Yamit. 2003 ."**Manajemen Produksi dan Operasi Ed.2**". Ekonisia, Yogyakarta.