



**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN  
PADA PEMBUATAN KAPAL SSV2  
PT. PAL INDONESIA**

**MOCH AMIN IRWANTO  
NRP 1314 030 093**

**Dosen Pembimbing  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**





**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN  
PADA PEMBUATAN KAPAL SSV2  
PT. PAL INDONESIA**

**MOCH AMIN IRWANTO  
NRP 1314 030 093**

**Dosen Pembimbing  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**







**FINAL PROJECT - SS 145561**

**CAPABILITY ANALYSIS OF WELDING PROCESS  
ON SHIPBUILDING SSV2  
PT. PAL INDONESIA**

**MOCH AMIN IRWANTO  
NRP 1314 030 093**

**Supervisor  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**DEPARTMENT OF BUSINESS STATISTICS  
FACULTY OF VOCATIONAL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**







**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN  
PADA PEMBUATAN KAPAL SSV2  
PT. PAL INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada  
Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MOCH AMIN IRWANTO**  
**NRP. 1314 030 093**

**SURABAYA, JULI 2017**

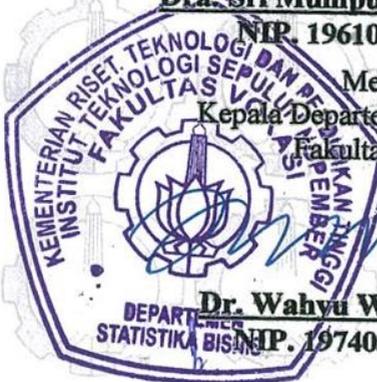
Menyetujui,  
Pembimbing Tugas Akhir



**Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T.**

**NIP. 19610311 198701 2 001**

Mengetahui,  
Kepala Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi ITS



**Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si.**

**NIP. 19740328 199802 1 001**



# **ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN PADA PEMBUATAN KAPAL SSV2 PT. PAL INDONESIA**

**Nama Mahasiswa : Moch Amin Irwanto**  
**NRP : 1314 030 093**  
**Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS**  
**Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

## ***ABSTRAK***

*PT. PAL Indonesia (PERSERO) merupakan salah satu Perusahaan Perseroan Terbatas yang bergerak dalam bidang usaha produksi kapal perang dan kapal niaga, selain itu perusahaan juga memberikan jasa perbaikan dan pemeliharaan kapal, serta rekayasa umum dengan spesifikasi tertentu berdasarkan pesanan. Tantangan berat yang dihadapi perusahaan yaitu tuntutan konsumen akan peningkatan kualitas. Selama ini pengendalian kualitas PT.PAL Indonesia dilakukan secara deskriptif data dengan menggunakan injeksi ratio. Kelemahannya adalah hanya mengetahui persentase tingkat kecacatan yang terjadi dalam kurun waktu satu proyek. Perusahaan belum menggunakan analisis kapabilitas proses karena itu penelitian melakukan pengendalian kualitas menggunakan analisis kapabilitas dengan peta kendali demerit. Hasil analisis yang diperoleh adalah proses pengelasan tidak kapabel. Faktor yang menyebabkan 80% masalah pada proses pengelasan diakibatkan oleh jenis cacat Slag Inclusion, Porosity, Cluster Porosity. Hal tersebut disebabkan oleh faktor manusia (welder), material dan lingkungan. Biaya perbaikan jika terjadi cacat pada pembuatan kapal SSV2 berkisar antara Rp 24.740.000,- sampai Rp 27.685.000,-*

***Kata Kunci : Proses Pengelasan, Peta Demerit, Diagram Pareto, Diagram Ishikawa, Biaya Taksiran***



**CAPABILITY ANALYSIS OF  
WELDING PROCESS ON SHIPBUILDING SSV2  
PT. PAL INDONESIA**

**Nama Mahasiswa** : Moch Amin Irwanto  
**NRP** : 1314 030 093  
**Departemen** : Bussines Statistics, Faculty Of  
Vocational ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

***ABSTRACT***

*PT .PAL Indonesia (persero) is one of the company limited in the sectors businesses producing battleship and commercial ship, in addition the company also grant the services of repairs and maintenance ship, and engineering common with certain specifications according to orders. The difficult challenges faced by company is consumer demands about quality improvement. During this the quality control of PT. PAL Indonesia is run with descriptif data using ratio injection. The weakness is just perceive the percentage level of defect within the period of one project. The company has not been using capability analysis process, because of that, this research using quality control by capability analysis with demerit control chart. The results of the analysis obtained was that the process of welding not capable. The causes of 80% a problem in the process of welding caused by a defect type of slag inclusion, porosity, cluster porosity. This was caused by the human factor (welder), material and the environment. The cost of improvement if there is a defect in shipbuilding SSV2 is ranging from Rp 24.740.000,- to Rp 27.685.000,-*

**Keywords** : *Welding Process, Demerit Control Chart, Pareto Diagram, Ishikawa Diagram, Cost of Damage.*



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Kapabilitas Terhadap Proses Pengelasan Pada Pembuatan Kapal SSV2 PT.PAL Indonesia”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dengan sabar serta memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis-ITS juga menjadi Dosen Penguji penulis atas informasi dan kritik serta saran yang membangun dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku Dosen Wali dan juga Dosen Penguji serta Validator atas dukungan, semangat, ilmu, kritik dan saran yang membantu membangun dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si., selaku Kaprodi DIII Departemen Statistika Bisnis-ITS yang selalu memberikan informasi serta memfasilitasi penulis dan teman-teman mahasiswa yang lain terkait Sidang Tugas Akhir.
5. Ibu Ambikka S.Si selaku Kadep PPC Devisi Kapal Niaga dan juga Alumni Statistika atas bimbingan dan arahnya sehingga penulis dapat melakukan Penelitian di QA/QC PT.PAL Indonesia.
6. Bapak Rusaeful Arief, ST,. Selaku kadep QA/QC Rekayasa Umum PT.PAL Indonesia (Persero) juga Pembimbing Lapangan yang telah meluangkan waktu dalam membimbing serta telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di Departemen QC/QA.

7. Bapak Edy Rianto, S.T, MT., selaku Kepala Departemen Randal Produksi Devisi Corporate Strategy Planning (CSP) PT. PAL Indonesia (PERSERO) atas bimbingan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan maksimal.
8. Seluruh Ibu-Bapak dosen atas segala ilmu yang diberikan serta seluruh staf dan karyawan Jurusan Statistika ITS atas kerja keras dan bantuannya selama ini.
9. Keluarga atas segala doa, kasih sayang dan dukungan yang tidak pernah habisnya.
10. Inung Anggun Saputri dan Raras Anasi yang selalu Mengingatkan, memberikan arahan, semangat dan solusi sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
11. Teman-teman HIMADATA-ITS 16/17 dan Departemen KESMA HIMADATA-ITS 16/17 yang telah memberikan semangat, doa dan pengertiannya.
12. Teman-teman seperjuangan Pioneer  $\sigma_{02.yyy}^2$  (Angkatan-14) terimakasih untuk semuanya selama 3 tahun ini. Semoga sukses selalu.
13. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.  
Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya.

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Mei 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Ruang lingkup / Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Analisis Kapabilitas Proses .....	5
2.1.1 Peta Kendali Atribut .....	5
2.1.2 Peta Kendali Demerit .....	6
2.1.3 Menentukan Indeks Kapabilitas Untuk Data Atribut .....	8
2.2 Asumsi Peta Kendali Demerit .....	9
2.2.1 Keacakan Data .....	9
2.2.2 Pengujian Distribusi Poisson .....	10
2.3 Pengendalian Kualitas Secara Statistika.....	11
2.3.1 Diagram Pareto .....	11
2.3.2 Diagram Sebab Akibat .....	13
2.4 Pengelasan.....	14
2.4.1 Pengelasan busur logam terbungkus (SMAW) .....	14
2.4.2 Jenis-jenis Cacat Pada Pengelasan.....	15
2.4.3 Biaya Perbaikan .....	17

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	17
3.1 Sumber Data.....	17
3.2 Pengambilan Sampel.....	18
3.3 Variabel Penelitian.....	19
3.5 Langkah Analisis.....	23
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
4.1 Analisis Kapabilitas Proses.....	25
4.1.1 Pembuatan Peta Demerit pada Proses Pengelasan.....	25
4.1.2 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan.....	29
4.2 Pengujian Asumsi Peta Demerit.....	30
4.2.1 Pengujian Keacakan Data .....	30
4.2.2 Pengujian Distribusi <i>Poisson</i> .....	31
4.3 Faktor-faktor Penyebab Terjadinya Sambungan Cacat .....	32
4.3.1 Diagram Pareto Pada Data Frekuensi Jenis Cacat Sambungan Las.....	32
4.3.2 Diagram <i>Ishikawa</i> pada Pemeriksaan Sambungan Las.....	33
4.4 Biaya Repair.....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	41
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	43
<b>LAMPIRAN</b> .....	45
<b>BIOGRAFI PENULIS</b> .....	55

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Diagram Pareto .....	12
<b>Gambar 2.2</b>	Diagram Sebab Akibat .....	13
<b>Gambar 3.1</b>	Radiography Test .....	17
<b>Gambar 3.2</b>	Hasil Film Radiography Test .....	18
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram Alir .....	24
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil Pemeriksaan Peta Kendali Demerit .....	27
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil Pemeriksaan Peta Kendali Demerit Setelah Perbaikan .....	28
<b>Gambar 4.3</b>	Analisis Diagram Pareto .....	32
<b>Gambar 4.4</b>	Diagram <i>Ishikawa</i> pada Jenis Cacat Slag Inclusion .....	33
<b>Gambar 4.5</b>	Diagram <i>Ishikawa</i> pada Jenis Cacat <i>Porosity</i> ....	34
<b>Gambar 4.6</b>	Diagram <i>Ishikawa</i> pada Jenis Cacat <i>Clustered</i> <i>Porosity</i> .....	35

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Struktur Data Peta Kendali Demerit .....	7
<b>Tabel 3.1</b>	Pengambilan Sampel .....	19
<b>Tabel 4.1</b>	Uji Keacakan pada Data Jumlah Cacat .....	30
<b>Tabel 4.2</b>	Uji Distribusi <i>Poisson</i> pada Data Jumlah Cacat .....	31
<b>Tabel 4.3</b>	Jumlah Perbaikan untuk Pemanggilan Team .....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Struktur data observasi proses pengelasan pada pembuatan kapal SSV2 .....	45
<b>Lampiran 2.</b> Perhitungan Pembobotan Setiap Kelas .....	46
<b>Lampiran 3.</b> Perhitungan Peta Kendali Demerit .....	46
<b>Lampiran 4.</b> Struktur data observasi proses pengelasan setelah diperbaiki pada pembuatan kapal SSV2 .....	47
<b>Lampiran 5.</b> Perhitungan Peta Kendali Demerit setelah diperbaiki .....	48
<b>Lampiran 6.</b> Output Software keacakan data proses pengelasan pada pembuatan kapal SSV2 .....	49
<b>Lampiran 7.</b> Output Software uji distribusi poisson proses welding pada pembuatan kapal SSV2 .....	50
<b>Lampiran 8.</b> Surat Keaslian Data .....	51
<b>Lampiran 9.</b> Surat Memorandum PT. PAL Indonesia Pengambilan Data TA .....	52
<b>Lampiran 10.</b> Surat Penerimaan Pengambilan Data TA di PT. PAL Indonesia .....	53



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era yang penuh modernitas ini mengakibatkan mobilitas di segala lini kehidupan tinggi. Kebutuhan tersebut sering sekali tidak bisa terswasembada oleh negara sehingga menimbulkan kesan ketergantungan akan produk impor, padahal Indonesia sebagai negara kepulauan agraris dan maritime yang seharusnya bisa menjadi bangsa yang mandiri, yang berdikari terutama dalam bidang mobilitas laut/perairan.

PT. PAL Indonesia (PERSERO) adalah salah satu perusahaan manufaktur terbesar di Indonesia yang bergerak di bidang industri berat dengan spesialisasi pembuatan kapal sebagai produk utama. Lokasinya terletak di wilayah Ujung Surabaya, Jawa Timur. PT. PAL Indonesia (PERSERO) merupakan Perusahaan Perseroan Terbatas yang bergerak di bidang usaha produksi kapal perang, kapal tanker, kapal niaga, kapal selam. Selain itu perusahaan memberikan jasa perbaikan dan pemeliharaan kapal, serta rekayasa umum dengan spesifikasi tertentu berdasarkan pesanan.

PT PAL memiliki beragam bidang usaha yang berkualitas diantaranya, pengembangan produk kapal niaga diarahkan pada pasar internasional, pengembangan model-model industri pelayaran nasional dan pelayaran perintis bagi penumpang dan barang (cargo). Tantangan berat yaitu tuntutan konsumen akan peningkatan terhadap kualitas produk. Pengendalian kualitas statistik diperlukan untuk memenuhi tantangan yang di hadapi para pelaku bisnis di dunia industri. Sebagai salah satu perusahaan industri yang bergerak di bidang transportasi laut sudah menjadi tantangan tersendiri untuk selalu berusaha agar kualitas tetap terjaga dari produk yang dihasilkan. Banyak proses yang perlu diperhatikan dalam pembuatan kapal salah satunya adalah proses pengelasan. Quality Assurance merupakan bagian yang menangani

pemeriksaan dalam proses pengelasan. Las yang digunakan pada proses produksi kapal adalah las busur listrik elektroda.

Pada proses pengelasan dalam sistem produksi, sering sekali dijumpai sambungan cacat pada material. Sambungan cacat tersebut terjadi bukan karena kebetulan, tetapi disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu sumber daya manusia yang kurang ahli, sarana dan prasarana yang kurang mendukung, dan kualitas elektroda yang buruk. Untuk mengetahui sambungan cacat yang terjadi pada material tersebut, maka metode yang sering digunakan adalah NDT (Non Destructive Test). NDT merupakan pengujian material tanpa merusak material tersebut. NDT terdiri dari beberapa metode, yaitu: liquid penetrant inspection, acoustic emissio, eddy current, x-ray, visual test, magnetic particle inspection, dan ultrasonic inspection. Dalam pengamatan ini, menggunakan NDT dengan x-ray atau radiography test sebagai bahan. Hasil rekaman pada film yang diperoleh dari Radiography test akan memperlihatkan bagian material yang mengalami cacat. Variabel jenis cacat yang ada adalah Crack, Slag Line, Incomplete Penetration, Lack Of Fusion, Slag Inclusion, Porosity. Untuk meningkatkan kualitas dari PT. PAL Indonesia sambungan cacat yang terjadi perlu dikendalikan dan di ketahui kapabilitasnya.

Penelitian ini akan membahas analisis kapabilitas proses pada proses welding dalam pembuatan kapal SSV2 (**Strategic Sealift Vessel II**) dengan menggunakan peta kendali demerit untuk mengendalikan sambungan cacat proses pengelasan serta diagram pareto dan diagram ishikawa untuk mengetahui faktor yang menyebabkan sambungan cacat serta mengetahui biaya pembengkakan biaya jika pada proses pengelasan mengalami cacat. Penelitian dilakukan pada pembuatan kapal SSV karena kapal tersebut merupakan salah satu capaian tertinggi Indonesia dalam industri kapal perang serta proyek kapal terbaru yang dijalankan oleh PT. PAL Indonesia.

Adapun penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan Laksmi (2005) mengenai analisi kapabilitas proses pengelasan pembuatan Kapal Box Shape Bulk Carrier M000229 memperoleh

hasil bahwa proses pengelasan pembuatan Kapal Box Shape Bulk Carrier M000229 belum terkendali. Terdapat pula penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sari (2007) mengenai Pengendalian Kualitas Terhadap Proses *Welding* (Pengelasan) Pada Pembuatan Kapal Chemical Tanker/Duplek M000259 Di PT.PAL Indonesia yang memperoleh kesimpulan bahwa proses pengelasan dapat dikatakan kapabel dan biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan proses pengelasan Pembuatan Kapal Duplek M000259 adalah sebesar Rp.12.279.000,-

## **1.2 Perumusan Masalah**

Terjadinya sambungan yang cacat menyebabkan pembengkakan biaya tambahan sehingga perusahaan harus melakukan perbaikan karena itu dibutuhkan analisis kapabilitas untuk mengetahui kapabilitas proses produksi dan meminimalisir biaya tambahan yang diakibatkan oleh sambungan yang cacat. Selama ini PT.PAL Indonesia melakukan pengendalian proses produksi secara deskriptif data dengan menggunakan injeksi ratio. Injeksi ratio masih memiliki beberapa kelemahan yaitu hanya mengetahui persentase tingkat sambungan cacat yang terjadi dalam kurun waktu satu proyek, belum bisa menyimpulkan apakah proses welding telah terkendali dan dapat dikatakan telah baik. Oleh karena itu pengamatan ini peneliti menggunakan pengendalian kualitas menggunakan analisis kapabilitas dengan peta kendali untuk mengetahui tingkat kapabilitas proses produksi serta mengetahui waktu perbaikan dan faktor-faktor yang menyebabkan sambungan cacat tersebut. Karakteristik sambungan cacat yang sering terjadi pada sambungan proses welding di PT.PAL adalah Porosity, Slag Inclusion, Undercut, Incomplete Fusion, Incomplete Penetration dan Crack. PT.PAL menggunakan Radiography Test sebagai alat visual untuk mengetahui jenis sambungan cacat yang terdapat pada tiap sambungan las. Hasil pemeriksaan dari radiography test yaitu berupa film yang menunjukkan visualisasi dari jenis cacat yang terjadi.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang dijelaskan pada bagian sebelumnya maka tujuan daripada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kapabilitas proses pengelasan pada pembuatan kapal di PT. Pal Indonesia.
2. Mengetahui faktor-faktor apa saja yang menyebabkan sambungan cacat pada proses pengelasan pembuatan kapal.
3. Mengetahui biaya tambahan yang diakibatkan oleh sambungan cacat pada proses pengelasan pembuatan kapal.

### **1.4 Ruang lingkup / Batasan Masalah**

Batasan masalah yang akan diambil dalam penelitian ini adalah hanya mengambil data proses pengelasan proyek pembuatan kapal SSV 2 di PT.PAL Indonesia. Sampel diambil pada tanggal 18 februari, 17 maret, 4 april, 25 dan 27 di bulan juni, 15 dan 22 pada bulan juli serta tanggal 5, 12, 23 dan 26 pada bulan agustus.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh apabila penelitian tercapai adalah :

1. Mengetahui kapan perbaikan terhadap proses pengelasan harus dilakukan selama proyek berjalan.
2. Meminimalisir hal-hal yang dapat menyebabkan terjadinya sambungan cacat dalam proses pengelasan.
3. Sebagai informasi tambahan untuk mengetahui jenis tindakan yang harus diambil serta juga sebagai salah satu bahan pertimbangan untuk meningkatkan kualitas produksi kapal PT. Pal Indonesia.
4. Mengetahui biaya tambahan akibat sambungan cacat sebagai bahan pertimbangan untuk mengambil kebijakan pada PT. Pal Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Analisis Kapabilitas Proses**

Teknik statistik dapat berguna melalui siklus produk, termasuk dalam aktivitas pengembangan kegiatan manufaktur dalam menghitung variansi proses, dalam menganalisa variansi relatif terhadap spesifikasi produk dan juga membantu perkembangan produksi dalam rangka menghilangkan atau mengurangi variasi ini. Hal inilah yang disebut analisis kapabilitas proses.

Kapabilitas proses adalah suatu analisis yang digunakan untuk menaksir kemampuan proses. Analisis kapabilitas proses merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas (Montgomery, 2009). Proses dikatakan telah kapabel apabila telah dalam kondisi sebagai berikut.

1. Terkendali secara statistik dengan menggunakan peta kendali
2. Memenuhi batas spesifikasi.
3. Tingkat presisi dan akurasi tinggi (jika nilai  $C_p > 1$ )

##### **2.1.1 Peta Kendali Atribut**

Peta kendali adalah salah satu metode statistik dalam bentuk tampilan grafis dari karakteristik kualitas yang telah diukur atau dihitung dari sebuah sampel dengan banyak sampel atau waktu. Apabila karakteristik kualitas bersifat data atribut, maka digunakan peta kendali atribut, tetapi jika karakteristik kualitas bersifat data variabel maka digunakan peta kendali variabel. Peta kendali atribut antara lain, peta p, peta np, peta c, dan peta u (Montgomery, 2009).

Peta kendali atribut digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang tidak dapat diukur tetapi dapat dihitung sehingga kualitas produk dapat dibedakan dalam karakteristik baik atau buruk, berhasil atau gagal. Peta kendali atribut dibagi menjadi 4 (empat):

1. Peta kendali kerusakan (p chart) : Digunakan untuk menganalisis banyaknya barang yang ditolak dalam pemeriksaan atau sederetan pemeriksaan terhadap total barang yang diperiksa.
2. Peta kendali kerusakan per unit (np chart) : Digunakan untuk menganalisis banyaknya butir yang ditolak per unit.
3. Peta kendali ketidaksesuaian (c chart) : Digunakan untuk menganalisis dengan cara menghitung jumlah produk yang mengalami ketidaksesuaian dengan cara spesifikasi.
4. Peta kendali ketidaksesuaian per unit (u chart) : Digunakan untuk menganalisa dengan cara menghitung jumlah produk yang mengalami ketidaksesuaian per unit. (Montgomery, 2009)

### **2.1.2 Peta Kendali Demerit**

Peta Kendali U merupakan peta kendali yang digunakan untuk menganalisis sambungan cacat dengan cara menghitung jumlah sambungan yang terdapat kerusakan dalam setiap unit, namun terkadang pada beberapa proses ditemukan bermacam-macam jenis cacat yang tidak semua sambungan cacat mempengaruhi produk dengan akibat yang sama, dengan kata lain jenis cacat yang terjadi tidak boleh disamakan atau memiliki bobot kerusakan yang berbeda. Oleh sebab itu David A. N dan Harriet B. N mengelompokkan tipe sambungan cacat ke dalam 4 kelompok :

1. Kelompok A – Sangat Serius : jenis cacat yang akan menyebabkan kegagalan dalam menggunakan produk sehingga tidak mudah untuk diperbaiki.
2. Kelompok B – Serius : jenis cacat yang akan menghasilkan kondisi tidak aman ketika digunakan dan pasti akan mengurangi ketahanan produk atau dapat meningkatkan biaya perawatan.
3. Kelompok C – Cukup Serius : jenis cacat yang mempengaruhi tampilan atau kenyamanan pada produk.
4. Kelompok D –Tidak Serius : jenis cacat yang tidak mempengaruhi kegunaan dari produk.

Pembobotan akan meningkat sesuai dengan kelompok atau tingkatan jenis cacat. Berikut struktur Peta Demerit ditunjukkan pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Struktur Data Peta Kendali Demerit

<i>Subgrup</i> ( <i>i</i> )	<i>n</i>	Karakteristik Kualitas ( <i>j</i> )				Demerit ( <i>D<sub>i</sub></i> )	<i>u<sub>i</sub></i>
		<i>Kelas A</i>	<i>Kelas B</i>	<i>Kelas C</i>	<i>Kelas D</i>		
Obs ke-1	<i>n<sub>1</sub></i>	<i>C<sub>1A</sub></i>	<i>C<sub>1B</sub></i>	<i>C<sub>1C</sub></i>	<i>C<sub>1D</sub></i>	<i>D<sub>1</sub></i>	<i>u<sub>1</sub></i>
Obs ke-2	<i>n<sub>2</sub></i>	<i>C<sub>2A</sub></i>	<i>C<sub>2B</sub></i>	<i>C<sub>2C</sub></i>	<i>C<sub>2D</sub></i>	<i>D<sub>2</sub></i>	<i>u<sub>2</sub></i>
Obs ke-3	<i>n<sub>3</sub></i>	<i>C<sub>3A</sub></i>	<i>C<sub>3B</sub></i>	<i>C<sub>3C</sub></i>	<i>C<sub>3D</sub></i>	<i>D<sub>3</sub></i>	<i>u<sub>3</sub></i>
...	...	...	...	...	...	...	...
Obs ke- <i>i</i>	<i>n<sub>i</sub></i>	<i>C<sub>iA</sub></i>	<i>C<sub>iB</sub></i>	<i>C<sub>iC</sub></i>	<i>C<sub>iD</sub></i>	<i>D<sub>i</sub></i>	<i>u<sub>i</sub></i>

Dimana:

$C_{ij}$  = jumlah unit cacat pada observasi ke-*i* dan di kelas *j*

*i* = jumlah subgrup dimana *i* : 1, 2, 3, ..., 12

*j* = jumlah kelas dimana *j* : A, B, C dan D

$n_i$  = banyaknya sampel pada observasi *k*-*i*

Untuk menentukan rata-rata jumlah sambungan cacat per unit dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$u_i = \frac{D_i}{n_i} \quad (2.1)$$

$$D_i = \sum w_j c_{ij} \quad (2.2)$$

Dimana :

$w_j$  = bobot cacat berdasarkan kelasnya (*j*)

Rata – rata total jumlah sambungan cacat ( $\bar{U}$ ) adalah  $\sum w_j \bar{u}_j$

Maka nilai rata-rata dan variannya dari peta kendali demerit untuk sambungan cacat per unit masing-masing adalah :

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum w_j^2 \bar{u}_j}{n_i}} \quad (2.3)$$

Untuk memperoleh batas kendali dengan 3-sigma yaitu ditunjukkan pada Persamaan 2.5.

$$\begin{aligned} BKA &= \bar{u} + 3\sigma \\ GT &= \bar{\bar{U}} \\ BKB &= \bar{u} - 3\sigma \end{aligned} \quad (2.4)$$

Peta Kendali Demerit dipetakan dengan batas kendali yang sudah dihitung, sehingga dapat melihat apakah peta sudah terkendali. Apabila tidak terkendali, maka dicari penyebabnya data yang *out of control* atau keluar batas kendali. Kemudian dihitung lagi batas kendalinya (Montgomery, 2009).

### 2.1.3 Menentukan Indeks Kapabilitas Untuk Data Atribut

Indeks kapabilitas digunakan untuk mengetahui bahwa proses produksi dapat dikatakan kapabel atau tidak. Menurut Bothe. R Davis (1997) kapabilitas proses untuk peta kendali u adalah sebagai berikut.

$$P(X = \text{jumlah cacat per unit}) = \frac{(\hat{u}')^x e^{-u'}}{x!}, \text{ dengan } x=1,2,\dots,n \quad (2.5)$$

maka apabila pada distribusi poisson yang diinginkan tidak terdapat cacat maka persamaannya adalah.

$$P(X=0) = \frac{(\hat{u}')^0 e^{-u'}}{0!} = \frac{1e^{-\bar{u}'}}{1} = e^{-\bar{u}'} \quad (2.6)$$

Jika  $P(x=0)$  adalah persentase produk yang tidak cacat maka untuk persentase produk cacat adalah :

$$p' = 1 - p(x=0) = 1 - e^{-\bar{u}'} \quad (2.7)$$

Apabila ditransformasikan pada distribusi Normal maka perhitungan kapabilitas proses adalah sebagai berikut :

$$\hat{p}_{PK} \% = \frac{Z(P')}{3} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$\hat{p}_{PK}^{\%}$  : Index Performa Proses

Jika nilai  $\hat{p}_{PK}^{\%} > 1$ , maka proses dapat dikatakan telah kapabel.

## 2.2 Asumsi Peta Kendali Demerit

Digunakan untuk mengetahui apakah data telah memenuhi berdistribusi Poisson dan mengetahui apakah pola data sudah menyebar secara acak karena itu merupakan penunjang bahwa proses pengelasan telah terkendali secara statistik dan plot telah menyebar secara acak.

### 2.2.1 Keacakan Data

Uji keacakan data digunakan untuk melihat apakah sampel diambil secara random atau acak. Data bisa berbentuk kualitatif ataupun kuantitatif seperti data di bawah rata-rata diberi simbol minus dan data di atas rata-rata diberi simbol plus. Pada dasarnya uji ini membagi data menjadi dua kategori. Data yang sama dengan nilai rata-rata tidak diperhitungkan atau dihilangkan.

Daniel (1989) menyebutkan bahwa hipotesis yang digunakan pada uji ini adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Plot data pengamatan yang diambil dari populasi telah menyebar secara acak

$H_1$  : Plot data pengamatan yang diambil dari populasi tidak menyebar secara acak

Statistik Uji :

$r$  = banyaknya runtun yang terjadi

$H_0$  ditolak apabila  $r < r_{\text{bawah}}$  atau  $r > r_{\text{atas}}$  dari tabel nilai kritis untuk runtun  $r$  dengan  $n_1$  dan  $n_2$ , dimana  $n_1$  adalah banyak data bertanda (+) atau huruf tertentu dan  $n_2$  adalah banyak data bertanda (-) atau huruf lainnya atau nilai p-value kurang dari  $\alpha$ .

Jika sampel yang digunakan besar, dimana baik  $n_1, n_2 > 20$  maka harus menggunakan aproksimasi sampel besar dengan Persamaan 2.10.

$$z = \frac{r - \left[ \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} \right] + 1}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}} \quad (2.9)$$

Nilai  $z$  ini kemudian dibandingkan dengan nilai  $z_{\alpha/2}$  dari Distribusi Normal Baku.

### 2.2.2 Pengujian Distribusi Poisson

Jika  $X$  merupakan variabel random yang menyatakan banyaknya  $S$  kejadian yang terjadi pada suatu unit waktu,  $X$  disebut Distribusi Poisson jika memenuhi tiga dalil berikut.

1. *Independence* yaitu kondisi dimana banyaknya  $S$  yang terjadi pada waktu tertentu saling independen dengan banyaknya  $S$  pada waktu yang lain.
2. *Lack of Clustering* yaitu kesempatan terdapat dua atau lebih kejadian yang terjadi secara berurutan dapat diasumsikan 0.
3. *Rate* yaitu kondisi data rata-rata jumlah kejadian setiap satuan waktu adalah konstan, dinyatakan dengan  $m$ , dan tidak berubah oleh waktu.

Distribusi probabilitas dari  $X$  diberikan oleh.

$$P[X = x] = \frac{(\hat{u}')^x e^{-u'}}{x!} \quad (2.10)$$

Dimana  $x=1,2,3,\dots$  dan  $e$  adalah bilangan eksponensial. Ini disebut Distribusi Poisson dengan  $u'$  adalah parameternya. Perlu diingat bahwa  $u'$  menyatakan laju atau rata-rata banyaknya  $S$  terjadi (Daniel, 1989).

Hipotesis yang digunakan adalah :

$H_0$  : Data berdistribusi poisson

$H_1$  : Data tidak berdistribusi poisson

$H_0$  ditolak jika  $|D| > D_\alpha$  atau p-value  $< \alpha$

$$\text{Statistik uji : } D = \sup_x |F_n(X) - F_0(X)| \quad (2.11)$$

Keterangan :

D : Kolmogorov Smirnov

$F_n(X)$  : Fungsi Distribusi Empiris

$F_0(X)$  : Fungsi Distribusi Kumulatif Poisson

### 2.3 Pengendalian Kualitas Secara Statistik

Selain Peta Kendali, Pengendalian kualitas secara statistik mempunyai 7 (tujuh) alat sebagaimana disebutkan juga oleh Heizer dan Render (2006) dalam bukunya Manajemen Operasi. 7 alat tersebut antara lain yaitu.

#### 2.3.1 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah metode pengorganisasian kesalahan, problem atau cacat untuk membantu memfokuskan pada usaha-usaha pemecahan masalah. Diagram ini digunakan untuk mengklasifikasi masalah menurut sebab dan gejalanya. Masalah akan didiagramkan menurut prioritas atau kepentingannya dengan menggunakan diagram batang. Diagram pareto populer dengan menyatakan 80% permasalahan perusahaan merupakan hasil dari penyebab yang 20% saja, artinya analisis Pareto mengindikasikan masalah yang dapat mempunyai sumbangsih terbesar akan hasil (Heizer & Render, 2009).

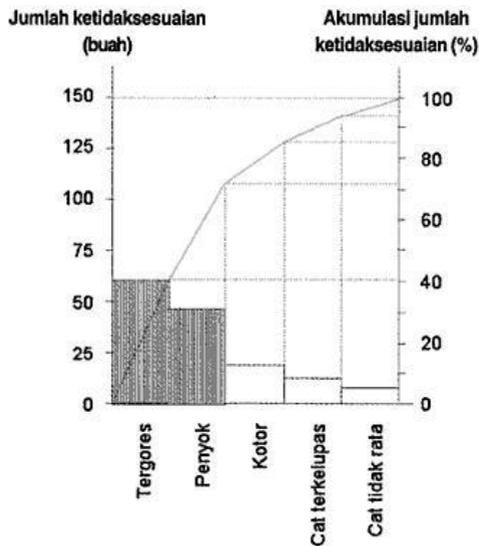
Diagram pareto atau Pareto Analysis diperkenalkan pertama kali oleh Alfredo Pareto dan pertama kali digunakan oleh Joseph Juran yaitu diagram balok dan grafik baris yang menggambarkan perbandingan dari masing-masing jenis data terhadap keseluruhan data. Diagram pareto dapat mengetahui masalah manakah yang lebih dominan sehingga peneliti dapat menyelesaikan masalah dengan lebih mudah.

Adapun, kegunaan dari diagram pareto ialah:

- Menyelesaikan masalah utama.
- Menyatakan perbandingan masing-masing persoalan terhadap keseluruhan.
- Menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan perbaikan pada area yang terbatas.
- Menunjukkan perbandingan masing-masing persoalan sebelum dan setelah perbaikan

Diagram Pareto sederhananya digunakan untuk mencari dan menganalisa produk yang cacat atau tidak sesuai dengan spesifikasi standar produk perusahaan. Pencarian cacat paling berpengaruh berguna untuk mencari beberapa wakil dari cacat yang teridentifikasi, yang kemudian dapat digunakan untuk membuat diagram sebab akibat. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan efisiensi biaya dan waktu.

Berikut ini merupakan contoh diagram pareto sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.

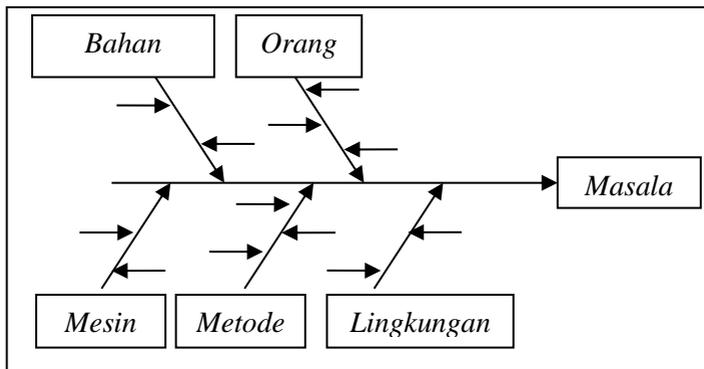


Gambar 2.1 Diagram Pareto

### 2.3.2 Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat disebut juga diagram tulang ikan karena bentuknya yang mirip tulang ikan. Biasa juga disebut sebagai diagram *Ishikawa* karena ditemukan oleh orang Jepang yang bernama *Ishikawa*. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah atau akibat dengan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya sehingga lebih mudah dalam penanganannya karena dapat melukiskan dengan jelas berbagai penyebab sambungan cacat dalam produk (Heizer, 2009).

Diagram sebab-akibat ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh Dr. Kaoru Ishikawa yang menggunakan uraian grafis dari unsur-unsur proses untuk menganalisa sumber-sumber potensial dari penyimpangan proses.



Gambar 2.2 Diagram Sebab Akibat

Faktor-faktor penyebab utamanya dapat dikelompokkan adalah manusia, metode kerja, mesin atau peralatan kerja lainnya, bahan baku dan lingkungan kerja. Kegunaan diagram sebab akibat adalah sebagai berikut :

- a. Membantu menganalisa akar penyebab masalah.
- b. Menganalisa kondisi yang sebenarnya dengan tujuan untuk memperbaiki dan peningkatan kualitas.
- c. Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah.
- d. Membantu pencarian fakta lebih lanjut.

- e. Mengurangi kondisi-kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian antara produk dengan keluhan konsumen.
- f. Menentukan standarisasi dari operasi yang akan dilaksanakan maupun yang sedang berjalan.
- g. Sarana pengambilan keputusan dalam menentukan pelatihan tenaga kerja.
- h. Merencanakan kegiatan untuk melakukan perbaikan terhadap akar masalah.

Langkah-langkah dalam membuat diagram sebab akibat adalah mengidentifikasi masalah utama kemudian meletakkan masalah utama pada bagian kanan diagram dan mengidentifikasi penyebab minor serta meletakkannya pada diagram utama.

## **2.4 Pengelasan**

Definisi pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Secara umum definisi pengelasan adalah suatu cara untuk menyambung logam padat dengan cara mencairkannya melalui pemanasan [Harsono, 1991]

### **2.4.1 Pengelasan busur logam terbungkus (SMAW)**

Pengelasan yang digunakan adalah SMAW. Menurut Boentarto (1995) mengelas adalah menyambung dua bagian logam atau lebih dengan jalan pelelehan dengan busur nyala listrik. Cara membangkitkan busur nyala tersebut adalah dengan mendekatkan elektroda las ke benda kerja pada jarak beberapa millimeter. Agar diperoleh busur nyala maka elektroda disentuh dengan benda kerja yang akan dilas. Setelah dapat dipastikan bahwa ada arus listrik mengalir dari elektroda ke benda kerja elektroda ditarik sedikit menjauhi benda kerja. Jarak antara benda kerja dan elektroda disebut panjang busur nyala. Suhu nyala sekitar 38000C. Oleh suhu yang tinggi tersebut elektroda dan logam meleleh.

## 2.4.2 Jenis-jenis Cacat Pada Pengelasan

Pada proses pengelasan terdapat jenis-jenis cacat yang biasanya dijumpai antara lain retak (*crack*), voids, inklusi, kurangnya fusi atau penetrasi (*lack of fusion or penetration*) dan bentuk yang tak sempurna (*imperfect shape*).

### 1. *Crack*

Jenis cacat ini disebabkan oleh keretakan las akibat dari tegangan bahan. Cacat ini terjadi pada logam yang dilas atau pada alur gas. Hal ini disebabkan oleh timbulnya tegangan-tegangan karena adanya pemanasan pendinginan yang tidak sama rata dan perubahan struktur daerah yang dipanaskan. Cacat ini timbul di daerah-daerah kaku karena perubahan volumetric atau udara terjebak didalam pengelasan yang menimbulkan tegangan yang sangat kuat dan tertutup menyebabkan retak.

### 2. *Incomplete Penetration (IP)*

Cacat yang disebabkan penembusan yang tidak sempurna atau garis lurus hitam di tengah-tengah jalur las sekitar sumbu las.

### 3. *Lack Of Fusion (LOF)*

Cacat yang disebabkan penggabungan logam pengisi dan logam asal yang tidak sempurna. Hal ini disebabkan karena kotoran pada permukaan yang akan dilas atau celah antara yang terlampau kecil dari benda yang akan disambung. Disamping itu persiapan sambungan yang tidak benar, nyala api pembakar yang terlalu besar.

### 4. *Slag Line (SL)*

Cacat yang terjadi akibat adanya terak las yang terperangkap dalam endapan las yang membentuk garis memanjang yang tidak beraturan.

### 5. *Slag Inclusion*

Cacat yang terjadi akibat adanya terak las yang terperangkap dalam endapan las yang membentuk plot dapat terjadi karena pada permukaan yang akan dilas masih terdapat kotoran. Bintik kotoran berwarna hitam yang bentuknya tidak bulat dan tidak memanjang.

## 6. *Porosity*

Cacat yang terjadi akibat adanya pori-pori didalam las atau pada permukaan las. Disebabkan karena dalam logam yang cair terbentuk gas. Bila proses pembekuan berlangsung terlalu cepat maka gas-gas tersebut (terutama hydrogen) tidak dapat melepaskan diri sehingga terbentuk kantong-kantong gas didalam las. Jika berbentuk bulat disebut porosity jika memanjang disebut cacat *wormholes* dan jika porosity berkelompok maka disebut cacat *clustered porosity*

### 2.4.3 Biaya Perbaikan

Perlakuan yang dilakukan untuk menangani sambungan cacat yang pertama adalah dengan membuang produk yang cacat yang ke dua dengan memperbaiki produk cacat tersebut. Namun pada proses pengelasan hal yang dilakukan untuk mengatasi sambungan cacat adalah memperbaiki sambungan tersebut. Berikut adalah biaya yang diperlukan untuk memperbaiki proses pengelasan yang mengalami sambungan cacat.

1. Menghitung jumlah fim yang digunakan untuk memeriksa sambungan cacat serta biayanya.
2. Menghitung biaya perbaikan sambungan cacat dengan sebagai berikut.
  - a) Menghitung jumlah bahan dan biaya perbaikkan pada proses pengelasan antara lain :
    - 1) Elektroda  
Elektroda yang digunakan adalah elektroda yang langsung habis terpakai pada pengelasan SMAW.
    - 2) Godjing  
Godjing merupakan cara yang digunakan untuk mengambil bekas pengelasan yang tertinggal.
    - 3) Batu gerenda
  - b) Menghitung biaya inspeksi saat pemeriksaan proses pengelasan.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan adalah data sekunder hasil pemeriksaan proses welding pada pembuatan kapal dengan radiography test sebagaimana telah dilampirkan pada Lampiran 8. Data diambil dari bagian Quality Assurance PT. Pal Indonesia sebagaimana telah terlampir pada Lampiran 9 dan Lampiran 10. Data berupa film yang menggambarkan jenis cacat pada sambungan las.

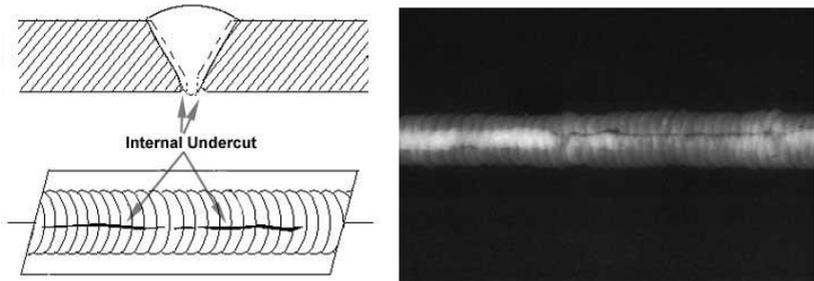
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah film yang digunakan sebagai hasil output dari Radiography Test yang digunakan untuk mengetahui apakah hasil pengelasan terdapat cacat atau tidak. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah radiography test.



**Gambar 3.1** Radiography Test

Prinsip kerja Radiography Test adalah sinar X dipancarkan menembus material yang diperiksa. Saat menembus objek, sebagian sinar akan diserap sehingga intensitasnya berkurang. Intensitas akhir kemudian direkam pada film yang sensitif. Jika ada cacat pada material maka intensitas yang terekam pada film tentu akan bervariasi. Hasil rekaman pada film inilah yang akan

memperlihatkan bagian material yang mengalami cacat beserta dengan jenis cacat yang dihasilkan.



Gambar 3.2 Hasil Film Radiography Test

### 3.2 Pengambilan Sampel

Berikut adalah titik-titik kritis bagian kapan yang diamati pada proses pengelasan kapal SSV2 dimana titik kritis tersebut merupakan sampel dari beberapa sambungan proses pengelasan pada proyek kapal SSV2. Sampel yang diambil ditentukan oleh kontrak kerjasama dari owner dengan PT.Pal Indonesia.

Shell Plating	: 60 Points
“B” Deck Plating	: 17 Points
“C” Deck Plating	: 28 Points
Trans Bulkhead	: 6 Point
Total	: 111 Point

Jadi jumlah keseluruhan ada 111 sambungan. Pemeriksaan sambungan cacat pada sampel didasarkan pada kesiapan team lapangan dengan team inspeksi yang berarti pemeriksaan tidak harus selesai dalam waktu satu hari atau diurutkan pada setiap bagian.

Langkah selanjutnya adalah membentuk struktur data sehingga dapat membuat peta Demerit. Struktur data pada penelitian ini seperti pada Tabel 2.1 sebelumnya, dimana subgrupnya adalah tanggal observasi yang dilakukan dengan n berbeda seperti pada Tabel 3.1. Pengambilan sampel diambil dari setiap observasi yang terdiri dari titik-titik kritis pada bagian kapal yang telah diperiksa dengan jumlah N yaitu sebanyak 111.

**Tabel 3.1** Pengambilan Sampel

Tanggal Observasi	Join/Sampel
26/08/2016	4
23/08/2016	4
19/08/2016	1
12/08/2016	11
05/08/2016	15
22/07/2016	13
15/07/2016	11
27/06/2016	10
25/06/2016	13
04/04/2016	10
17/03/2016	7
18/02/2016	12
Total	111

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian di PT.PAL Indonesia terdapat 4 tingkatan keseriusan cacat terhadap dampak yang ditimbulkan yaitu kelas A, B, C dan D. Sedangkan jenis cacat yang dihasilkan dari pemeriksaan yaitu Crack, LOF, Slag Inclusion, Slag Line, Incomplete Penetration, Incomplete Fusion dan Porosity.

1. Kelompok A ( Sangat Serius : suatu sambungan cacat yang akan menyebabkan kegagalan dalam menggunakan produk sehingga tidak mudah untuk diperbaiki. Bobot untuk karakteristik kualitas pada kelompok A adalah sebesar 40%. Jenis cacat yang termasuk dalam kelompok A adalah *Crack*.
  - a) *Crack* adalah jenis cacat ini disebabkan oleh keretakan sambungan las yang diakibatkan dari tegangan bahan. Cacat ini terjadi pada logam yang dilas atau pada alur gas. Hal ini disebabkan oleh timbulnya tegangan-tegangan karena adanya pemanasan pendinginan yang tidak sama rata dan perubahan struktur daerah yang dipanaskan. Cacat ini timbul di daerah-daerah kaku

karena perubahan volumetric atau udara yang terjebak didalam pengelasan sehingga menimbulkan tegangan yang sangat kuat dan tertutup mengakibatkan sambungan las menjadi retak. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1 adalah Tidak diterima

2. Kelompok B ( Serius ) : suatu sambungan cacat yang akan menghasilkan kondisi tidak aman ketika digunakan dan pasti akan mengurangi ketahanan produk atau dapat meningkatkan biaya perawatan. Bobot untuk karakteristik kualitas pada kelompok B adalah sebesar 30%. Jenis cacat yang termasuk dalam kelompok B adalah *LOF* dan *Incomplete Penetration*.

- a) *Incomplete Penetration (IP)* adalah jenis cacat yang disebabkan oleh penembusan yang tidak sempurna atau garis lurus hitam di tengah-tengah jalur pengelasan sekitar sumbu las. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1 adalah Panjang maksimum  $t/2$  atau 25mm dan Selang kumulatif maksimum  $t$  atau 50mm.
- b) *Lack Of Fusion (LOF)* adalah jenis cacat yang disebabkan oleh penggabungan logam pengisi dan logam asal yang tidak sempurna. Hal ini disebabkan karena kotoran pada permukaan yang akan dilas atau celah antara yang terlampau kecil dari benda yang akan disambung, disamping itu persiapan sambungan yang tidak benar, nyala api pembakar yang terlalu besar. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1 adalah Panjang maksimum  $t/2$  atau 25mm dan Selang kumulatif maksimum  $t$  atau 50mm.

3. Kelompok C ( Cukup Serious ) : suatu sambungan cacat yang mempengaruhi tampilan atau kenyamanan pada produk. Bobot untuk karakteristik kualitas pada kelompok C adalah sebesar 20%. Jenis cacat yang termasuk dalam kelompok C adalah *Slag Inclusion* dan *Slag Line*.
- a) *Slag Line (SL)* adalah jenis cacat yang terjadi akibat adanya terak las yang terperangkap dalam endapan las yang membentuk garis memanjang yang tidak beraturan. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1 adalah Panjang maksimum  $t/2$  atau 25mm dan Selang kumulatif maksimum  $t$  atau 50mm.
  - b) *Slag Inclusion* adalah jenis cacat yang terjadi akibat adanya terak las yang terperangkap dalam endapan las yang membentuk plot, dapat terjadi karena pada permukaan yang akan dilas masih terdapat kotoran. Bintik kotoran berwarna hitam yang bentuknya tidak bulat dan tidak memanjang. Sebab lainnya adalah nyala api yang terlalu banyak oksigen dan pelelehan yang kurang baik karena nyala api yang kurang memadai. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1 adalah Panjang maksimum  $t/2$  atau 25mm dan Selang kumulatif maksimum  $t$  atau 50mm.
4. Kelompok D ( Tidak Serious ) : suatu sambungan cacat yang tidak mempengaruhi kegunaan dari produk. Bobot untuk karakteristik kualitas pada kelompok C adalah sebesar 10%. Jenis cacat yang termasuk dalam kelompok D adalah *Porosity*, *Clustered Porosity* dan *Wormholes*.

- a) *Porosity* adalah jenis cacat yang terjadi akibat adanya pori-pori didalam las atau pada permukaan las. Disebabkan karena dalam logam yang cair terbentuk gas. Bila proses pembekuan berlangsung terlalu cepat maka gas-gas tersebut (terutama hydrogen) tidak dapat melepaskan diri sehingga terbentuk kantong-kantong gas didalam las. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1 adalah Dimensi maksimum pada area cacat adalah : Untuk *single-run welds* :  $\leq 1,5\%$  dan Untuk *multi-run welds* :  $\leq 3\%$ .
- b) *Clustered Porosity* adalah jenis cacat porosity yang berkelompok. Jenis cacat ini terjadi akibat adanya pori-pori didalam las atau pada permukaan las yang tidak menyebar atau menjadi kelompok-kelompok bagian. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1 adalah Dimensi maksimum jumlah *cluster* dalam satu proyek daerah cacat adalah  $\leq 8\%$ .
- c) *Wormholes* adalah jenis cacat porosity yang berbentuk memanjang. Jenis cacat ini terjadi akibat adanya pori-pori didalam las atau pada permukaan las yang tidak menyebar dan membentuk pola memanjang. Kriteria penerimaan untuk Radiography Test pada klasifikasi menurut ISO 6520-1  $h \leq 0,3t$  , max. 3,0 mm dan  $l \leq t$ , max. 50 mm.

Karena setiap cacat memberikan efek yang berbeda dalam proses pengelasan maka dilakukan pembobotan untuk tingkat keseriusan jenis cacat berdasarkan kelompoknya. Penentuan bobot kerusakan didasarkan pada referensi TA sebelumnya oleh Laksmi (2005) dan telah disepakati bersama oleh PT.Pal Indonesia.

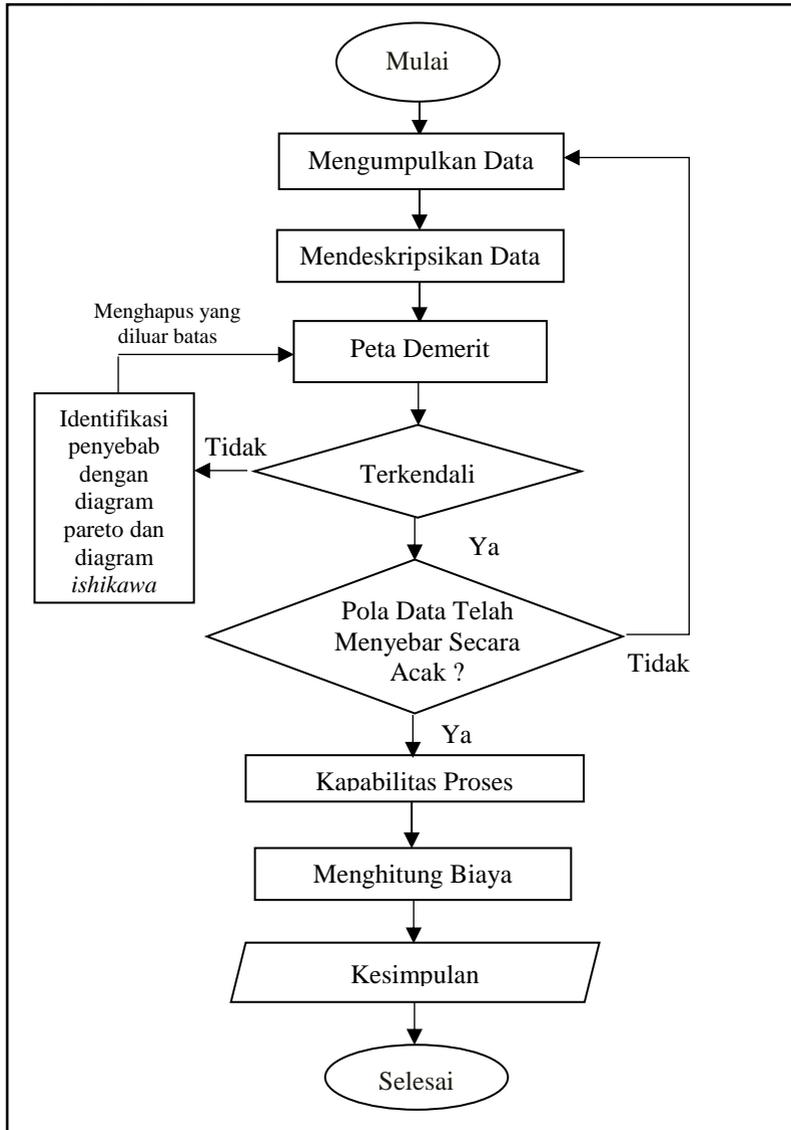
$$Bobot = \frac{score}{jumlahscore} 100\%$$

### 3.4 Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data proses welding pembuatan kapal
2. Menganalisis kapabilitas proses welding.
  - a. Mendeskripsikan data.
  - b. Membuat peta kendali Demerit.
  - c. Menentukan kapabilitas variabel untuk mengetahui apakah proses telah kapabel atau tidak.
  - d. Menguji asumsi keacakan.
  - e. Menguji keselarasan distribusi Poisson untuk mengetahui apakah data proses welding berdistribusi poisson atau tidak.
3. Mengetahui faktor-faktor apa saja yang menyebabkan sambungan cacat pada proses welding pembuatan kapal.
  - a. Menganalisis penyebab utama permasalahan dengan menggunakan diagram pareto.
  - b. Menganalisis faktor-faktor penyebab masalah berdasarkan plot-plot yang keluar dari batas kendali atas maupun batas kendali bawah dengan menggunakan diagram *ishikawa*.
4. Menghitung biaya tambahan akibat sambungan cacat dari proses welding.
  - a. Menghitung Biaya Penyimpanan Film
  - b. Menghitung Biaya Team Inspektor
  - c. Menghitung Biaya Godjing
  - d. Menghitung Biaya Gerenda
  - e. Menghitung Biaya Welding
  - f. Menghitung Biaya Jam Orang
5. Menginterpretasi hasil analisis data.
6. Menarik kesimpulan dan memberikan saran.

Langkah analisis dapat dirangkum dalam Diagram Alir pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram Alir

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Data yang digunakan adalah data yang berasal dari Devisi Quality Assurance yaitu jumlah sambungan cacat yang terjadi pada proyek pembuatan kapal SSV2 (**Strategic Sealift Vessel II**). Analisis yang dilakukan adalah membuat peta kendali, menghitung kapabilitas proses, menguji keacakan data, menguji apakah data berdistribusi poisson atau tidak, mencari penyebab dan permasalahan jika data diluar batas kendali dan menghitung biaya taksiran yang harus dikeluarkan apabila terjadi perbaikan.

#### **4.1 Analisis Kapabilitas Proses Pengelasan**

Langkah-langkah dalam analisis kapabilitas proses terdiri dari pembuatan peta kendali, penentuan indeks kapabilitas serta pengujian asumsi. Berikut adalah hasil analisis yang telah dilakukan.

##### **4.1.1 Pembuatan Peta Demerit pada Proses Pengelasan**

Peta kendali Demerit merupakan peta yang digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat ketidaksesuaian atau tingkat sambungan cacat menurut menurut keseriusannya dan memberikan bobot pada berbagai kelas cacatnya.

Pembobotan yang digunakan ditentukan oleh peneliti sebelumnya Laksmi (2005) yang telah disepakati bersama oleh pihak PT.PAL Indonesia yaitu seperti yang ditunjukkan pada tabel perhitungan yang terdapat di Lampiran 2. Berikut adalah hasil pembobotan yang telah dilakukan.

1. Jenis cacat untuk kelas A memiliki pembobot sebesar 40%
2. Jenis cacat untuk kelas B memiliki pembobot sebesar 30%
3. Jenis cacat untuk kelas C memiliki pembobot sebesar 20%
4. Jenis cacat untuk kelas D memiliki pembobot sebesar 10%

Berikut adalah peta kendali demerit pada proses pengelasan dalam pembuatan kapal SSV2. Dalam tahap ini adalah memperoleh  $\bar{U}$  dengan melakukan perhitungan seperti yang telah dirumuskan. Berdasarkan data jumlah cacat yang diperoleh pada Lampiran 1 maka didapatkan hasil dari perhitungan nilai  $\bar{u}$  tiap kelas adalah sebagai berikut :

$$\bar{u}_A = \frac{1}{111} = 0,009009$$

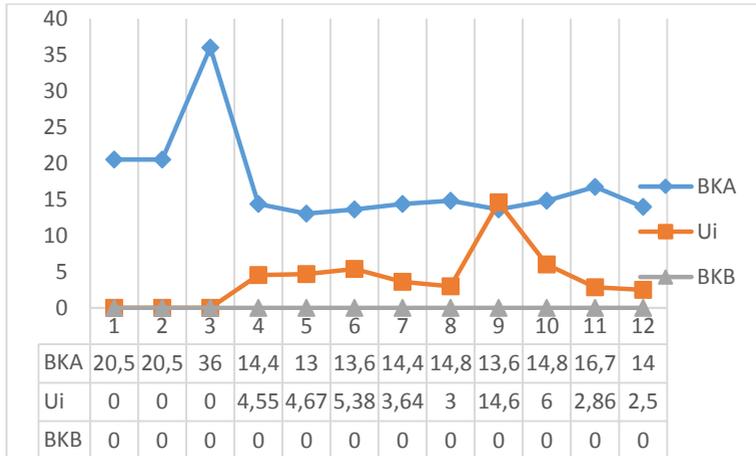
$$\bar{u}_B = \frac{3}{111} = 0,02702703$$

$$\bar{u}_C = \frac{16}{111} = 0,144144$$

$$\bar{u}_D = \frac{11}{111} = 0,099099$$

Dari hasil perhitungan nilai  $\bar{u}$  tiap kelas tersebut diperoleh nilai  $\bar{U}$  adalah  $\bar{u} = w_A \bar{u}_A + w_B \bar{u}_B + w_C \bar{u}_C + w_D \bar{u}_D = 5,045045$ . Setelah itu, mencari nilai standar deviasi dari masing-masing kelas dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus yang telah ditulis sebelumnya  $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{w_A^2 \bar{u}_A + w_B^2 \bar{u}_B + w_C^2 \bar{u}_C + w_D^2 \bar{u}_D}{n_i}}$ . Hasil dari perhitungan standar deviasi yang telah dilakukan ditunjukkan pada tabel Lampiran 3.

Dengan *Batas Kontrol* =  $\bar{u} \pm 3\sigma$  maka peta kendali yang terbentuk adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.1** Hasil Pemeriksaan Peta Kendali Demerit

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa proses pengelasan pada kapal SSV2 belum terkendali secara statistik karena terdapat satu titik pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu titik pada pengamatan ke-9 dengan tanggal observasi adalah 25 Juni 2016. Karena proses pengelasan pada tanggal 25 Juni 2016 belum terkendali maka dilakukan perbaikan dengan cara menggantikan dengan pengelasan yang baru atau proses pengelasan ulang. Proses perbaikan dilakukan pada tanggal 15 Juli 2016.

Setelah melakukan perbaikan dilakukan analisis kembali pada data Lampiran 4 dengan membuat peta kendali demerit untuk melihat apakah proses telah terkendali secara statistik. Berdasarkan data jumlah cacat yang diperoleh maka didapatkan nilai  $\bar{u}$  tiap kelas adalah sebagai berikut :

$$\bar{u}_A = \frac{0}{98} = 0$$

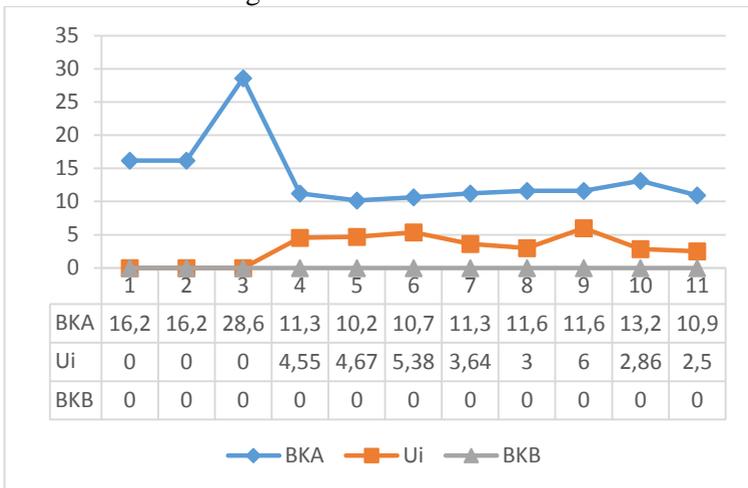
$$\bar{u}_B = \frac{0}{98} = 0$$

$$\bar{u}_C = \frac{15}{98} = 0,153061$$

$$\bar{u}_D = \frac{7}{98} = 0,0714286$$

Dari hasil perhitungan nilai  $\bar{u}$  tiap kelas tersebut diperoleh nilai  $\bar{U}$  adalah  $\bar{u} = w_A \bar{u}_A + w_B \bar{u}_B + w_C \bar{u}_C + w_D \bar{u}_D = 3,77551$ . dimana nilai standar deviasi dari masing-masing kelas dihitung dengan menggunakan rumus  $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{w_A^2 \bar{u}_A + w_B^2 \bar{u}_B + w_C^2 \bar{u}_C + w_D^2 \bar{u}_D}{n_i}}$  seperti yang ditunjukkan oleh tabel pada Lampiran 5.

Dengan *Batas Kontrol* =  $\bar{u} \pm 3\sigma$  maka peta kendali yang terbentuk adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.2** Hasil Pemeriksaan Peta Kendali Demerit Setelah Perbaikan

Dari Gambar 4.2 tersebut dapat diketahui bahwa proses pengelasan pada kapal SSV2 telah terkendali secara statistik karena tidak terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol. Oleh karena itu analisis dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya.

#### 4.1.2 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan

Langkah selanjutnya adalah menentukan kapabilitas proses pengelasan pada proyek SSV2. Analisis kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui apakah proses pengelasan pada proyek kapal SSV2 telah kapabel.

Berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan kapabilitas proses.

Dengan nilai  $\bar{u} = 3,77551$

$$\hat{p}' = 1 - e^{-\bar{u}}$$

$$\hat{p}' = 1 - e^{-3,77551}$$

$$\hat{p}' = 1 - 0,02292539571$$

$$\hat{p}_{PK}^{\%} = \frac{Z_{(0,9770746)}}{3}$$

$$\hat{p}_{PK}^{\%} = \frac{2}{3} = 0,6667$$

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa proses pengelasan pada proyek kapal SSV tidak kapabel karena nilai  $\hat{p}_{PK}^{\%}$  yang diperoleh yaitu sebesar 0,6667 kurang dari 1 yang berarti proses pengelasan belum sesuai spesifikasinya.

## 4.2 Pengujian Asumsi Peta Demerit

Asumsi yang harus dipenuhi pada peta kendali demerit adalah pengujian keacakan data serta pengujian distribusi poisson. Berikut adalah hasil analisis yang dilakukan.

### 4.2.1 Pengujian Keacakan Data

Uji keacakan digunakan untuk mengetahui apakah data telah diambil secara acak atau belum. Berikut adalah analisis uji keacakan untuk jumlah cacat proses pengelasan proyek SSV2.

Hipotesis :

$H_0$  : Jumlah cacat pada sambungan las telah diambil secara acak.

$H_1$  : Jumlah cacat pada sambungan las tidak diambil secara acak.

Pengujian keacakan data dilakukan dengan menggunakan *software* sehingga menghasilkan *output* sebagaimana dilampirkan pada Lampiran 6. Pada taraf signifikan 0,05 hasil perhitungan yang diperoleh ditunjukkan oleh Tabel 4.1

**Tabel 4.1** Uji Keacakan pada Data Jumlah Cacat

Kelas Cacat	A	B	C	D
n1	11	11	7	6
n2	1	1	5	6
R	3	3	5	6
$r_{atas}$	-	-	11	11
$r_{bawah}$	1	1	2	3
p-value	1,000	1,000	0,405	0,762

Maka keputusan yang diperoleh yaitu gagal tolak  $H_0$ , karena :

1. Kelas A, p-value sebesar 1,000 lebih besar dari nilai  $\alpha$  yaitu 0,05
2. Kelas B, p-value sebesar 1,000 lebih besar dari nilai  $\alpha$  yaitu 0,05
3. Kelas C, nilai r sebesar 5 kurang dari  $r_{atas}$  yaitu 11 dan lebih dari  $r_{bawah}$  yaitu 2

4. Kelas C, nilai  $r$  sebesar 6 kurang dari  $r_{\text{atas}}$  yaitu 11 dan lebih dari  $r_{\text{bawah}}$  yaitu 3

Sehingga Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kesimpulan yang diambil adalah cacat pada masing-masing kelas telah diambil secara acak, sehingga dapat dilanjutkan ke asumsi berikutnya.

#### 4.2.2 Pengujian Distribusi *Poisson*

Uji distribusi *Poisson* adalah pengujian untuk mengetahui apakah data berdistribusi *Poisson* dilihat dari data jumlah cacat sambungan las. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* yang menghasilkan *output* sebagaimana dilampirkan pada Lampiran 7. Berikut adalah langkah pengujian distribusi *Poisson* data jumlah cacat sambungan las pada pembuatan kapal SSV2.

Hipotesis :

$H_0$  : Jumlah cacat sambungan las pada pembuatan kapal SSV2 berdistribusi *Poisson*.

$H_1$  : Jumlah cacat sambungan las pada pembuatan kapal SSV2 tidak berdistribusi *Poisson*.

Pada taraf signifikan 0,05 maka hasil perhitungan yang diperoleh adalah sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 4.5

**Tabel 4.2** Uji Distribusi *Poisson* pada Data Jumlah Cacat

	P-value	Nilai Absolute	$D_{\text{Tabel}}$	Keputusan
A	1,000	0,003	0,375	Gagal Tolak $H_0$
B	0,977	0,138	0,375	Gagal Tolak $H_0$
C	1,000	0,099	0,375	Gagal Tolak $H_0$
D	1,000	0,101	0,375	Gagal Tolak $H_0$

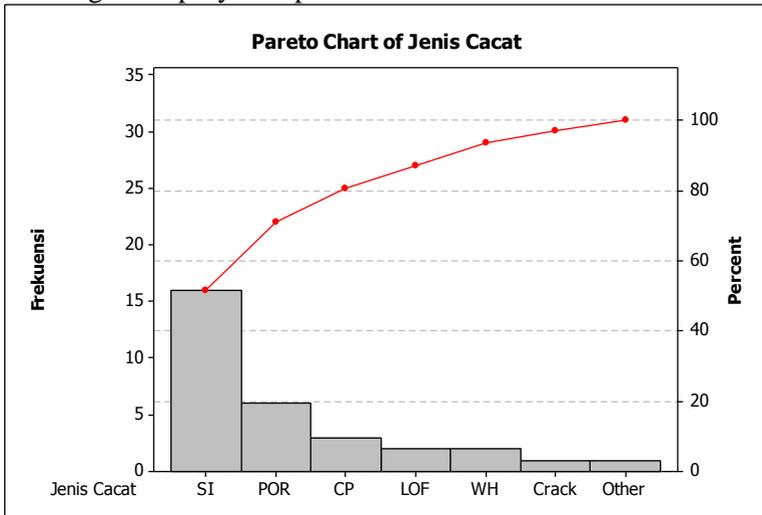
Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai absolute atau  $D$  pada semua kelas ternyata kurang dari nilai  $D_{\alpha}$  yaitu 0,375 dan didukung pula dengan nilai  $P$ -value dari masing-masing kelas yang kurang dari  $\alpha$  (0,05) sehingga dapat diputuskan gagal tolak  $H_0$  yang berarti bahwa data jumlah cacat sambungan las pada pembuatan kapal SSV2 berdistribusi *Poisson*.

### 4.3 Faktor Penyebab Terjadinya Sambungan Cacat

Faktor-faktor yang menyebabkan sambungan cacat pada proses welding dapat diketahui dengan menggunakan Diagram Pareto dan Diagram *Ishikawa*. Berikut adalah hasil analisis yang telah dilakukan.

#### 4.3.1 Diagram Pareto Pada Data Frekuensi Jenis Cacat Sambungan Las

Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan yang paling besar sampai yang paling kecil. Pembuatan digram pareto ini didasarkan pada data frekuensi masing-masing jenis cacat sambungan las. Berikut adalah analisis diagram pareto pada data frekuensi masing-masing jenis cacat sambungan las proyek kapal SSV2.

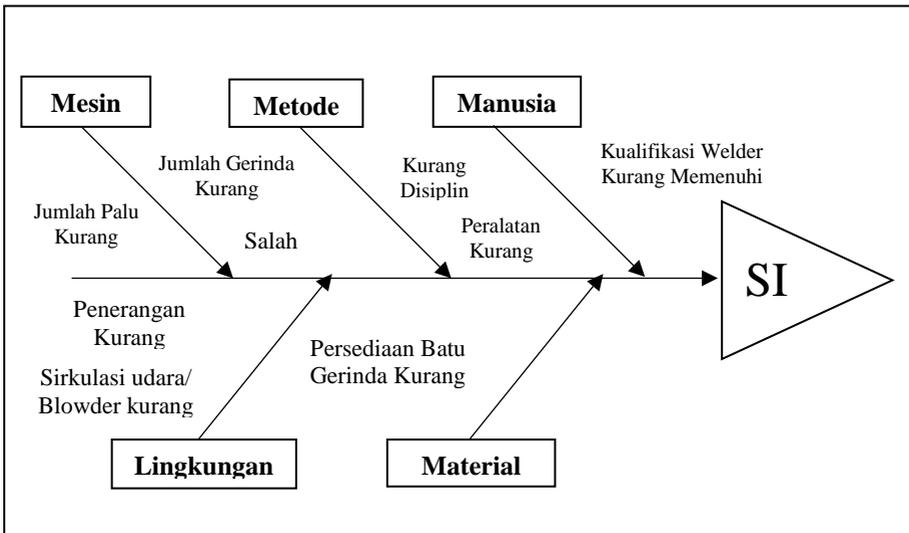


Gambar 4.3 Analisis Diagram Pareto

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa 80% jenis cacat yang menjadi penyumbang cacat pada sambungan las adalah jenis cacat SI, POR dan CP.

### 4.3.2 Diagram *Ishikawa* pada Pemeriksaan Sambungan Las

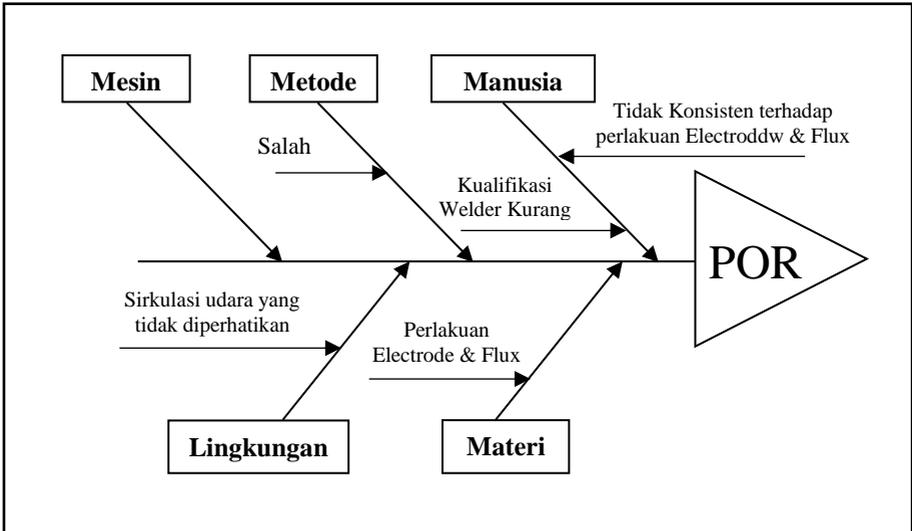
Diagram ini disebut juga diagram tulang ikan (*fishbone chart*) dan berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah utama. Penelitian pada jenis cacat sambungan las ada dua masalah utama jenis cacat terbesar yaitu SI, POR dan CP. Berikut adalah diagram *Ishikawa* yang dibuat berdasarkan jenis cacat Slag Inclusion.



**Gambar 4.4** Diagram *Ishikawa* pada Jenis Cacat Slag Inclusion

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa akibat utama atau masalah utama adalah pada jenis cacat Slag Inclusion. Penyebab dari faktor manusia misalnya dari kualifikasi welder yang kurang memenuhi persyaratan termasuk kepedulian terhadap *Self Inspection* atas hasil pengelasan yang dikerjakan, welder tidak disiplin dalam pembersihan *layer to layer* pada proses welding serta para welder tidak dilengkapi dengan peralatan (palu tetek dan mesin gerinda) yang memadai. Penyebab yang terjadi dari faktor metode misalnya penggunaan metode yang kurang tepat oleh welder. Penyebab yang terjadi dari faktor mesin/peralatan misalnya jumlah palu tetek yang kurang memadai dan jumlah

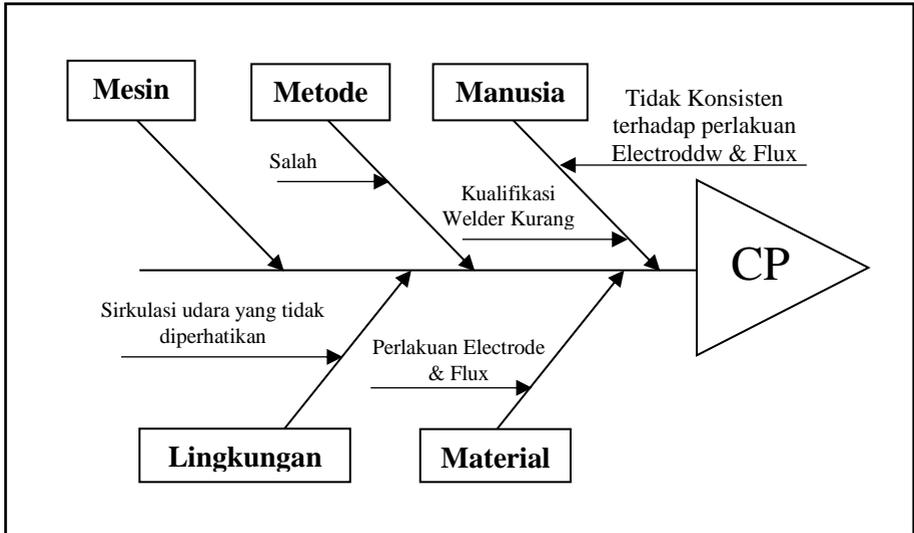
mesin gerinda yang kurang memadai. Penyebab yang terjadi dari faktor material misalnya persediaan batu gerinda yang kurang. Penyebab lingkungan misalnya penerangan yang kurang memadai saat melakukan proses pengelasan dan sirkulasi udara/blower yang kurang memadai. Selanjutnya, pembuatan diagram *ishikawa* pada jenis cacat kedua yaitu Porosity adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.5** Diagram *Ishikawa* pada Jenis Cacat *Porosity*

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa akibat utama selanjutnya adalah pada jenis cacat Porosity. Penyebab dari faktor manusia misalnya dari kualifikasi welder yang kurang memenuhi persyaratan termasuk kepedulian terhadap *Self Inspection* atas hasil pengelasan yang dikerjakan, para welder tidak konsisten terhadap perlakuan Electrode & Flux (*Over Treatment*) tidak dilakukan. Penyebab yang terjadi dari faktor metode misalnya penggunaan metode yang kurang tepat oleh welder. Penyebab yang terjadi dari faktor material misalnya perlakuan Electrode & Flux (*Over Treatment*) sebelum pengelasan harus sesuai dengan *Welding Procedure Spesification* (WPS). Penyebab lingkungan misalnya sirkulasi udara yang tidak diperhatikan. Selanjutnya, pembuatan

diagram *ishikawa* pada jenis cacat ketiga yaitu *Clustered Porosity* adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.6** Diagram *Ishikawa* pada Jenis Cacat *Clustered Porosity*

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa akibat utama selanjutnya adalah pada jenis cacat *Clustered Porosity*. Penyebab dari faktor manusia misalnya dari kualifikasi welder yang kurang memenuhi persyaratan termasuk kepedulian terhadap *Self Inspection* atas hasil pengelasan yang dikerjakan, para welder tidak konsisten terhadap perlakuan *Electrode & Flux* (*Over Treatment*) tidak dilakukan. Penyebab yang terjadi dari faktor metode misalnya penggunaan metode yang kurang tepat oleh welder. Penyebab yang terjadi dari faktor material misalnya perlakuan *Electrode & Flux* (*Over Treatment*) sebelum pengelasan harus sesuai dengan *Welding Procedure Spesification* (WPS). Penyebab lingkungan misalnya sirkulasi udara yang tidak diperhatikan.

#### 4.4 Biaya Repair

Pada saat terjadi sambungan cacat akan dilakukan perbaikan. Ada beberapa proses atau tahap-tahap yang dilakukan untuk melakukan proses perbaikan dan pada beberapa proses memerlukan biaya untuk perbaikan. Biaya perbaikan merupakan biaya tambahan yang dikeluarkan perusahaan jika pada pengelasan mengalami cacat.

Berikut adalah hasil perhitungan yang dilakukan :

Harga Film 4x15	: Rp 50.000,-/sheet
Harga Batu Gerenda	: Rp 30.000,-/buah
Harga Elektroda SMAW	: Rp 30.000,-
Harga Elektroda Godjing	: Rp 35.000,-
Harga Team Inspeksi	: Rp 2.500.000,-/8jam
Harga Jam Orang	: Rp 30.000,-/jam

Biaya tersebut bisa berubah sewaktu-waktu sesuai kebijakan perusahaan ataupun negosiasi dengan pihak owner. Biaya diatas adalah standart normal yang ditentukan oleh perusahaan.

##### 1. Biaya film

Total film yang digunakan pada pengelasan pembuatan kapal SSV2 adalah sebanyak 111 dengan ukuran 4x15 inch. Dalam pemeriksaan terdapat 80 sambungan yang dinyatakan baik atau di acc dan terdapat 31 sambungan yang dinyatakan cacat atau tidak baik dan harus diperbaiki. Film yang digunakan sesuai dengan jumlah joint karena disetiap joint diperlukan satu film. Film yang digunakan untuk memperbaiki cacat sebanyak 31 film. Jadi biaya yang harus dikeluarkan dalam perbaikan film adalah.

$$31 \times \text{Rp } 50.000,- = \text{Rp } 1.550.000,-$$

## 2. Biaya team inspeksi

Pada proses perbaikan sambungan diperlukan team inspeksi karena memiliki peralatan yang lengkap dan pengetahuan yang tinggi mengenai pengelasan agar tidak terjadi kesalahan perbaikan kembali. Biaya pemanggilan team inspeksi dikenakan per 20 film atau satu kali kedatangan atau perhari (8 jam). Pada pembuatan proyek SSV perbaikan yang terjadi adalah.

**Tabel 4.3** Jumlah Perbaikan untuk Pemanggilan Team

<b>Perbaikan ke-i</b>	<b>Tanggal</b>
Perbaikan 1	17 Maret
Perbaikan 2	25 Juni
Perbaikan 3	15 Juli
Perbaikan 4	22 Juli
Perbaikan 5	12 Agustus
Perbaikan 6	19 Agustus
Perbaikan 7	23 Agustus
Perbaikan 8	26 Agustus
Total	8 kali Perbaikan

Dari tabel tersebut diketahui bahwa terdapat 8 kali pemanggilan team inspeksi pada proses perbaikan pengelasan. Jadi biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam pemanggilan team inspeksi adalah.

$$8 \times \text{Rp } 2.500.000,- = \text{Rp } 20.000.000,-$$

## 3. Biaya godjing

Godjing adalah membersihkan kotoran atau cacat pada pengelasan. Dalam godjing biasanya menggunakan elektroda dengan luasan sebesar 10 x 150 mm.

Dalam perbaikan rata-rata elektroda yang digunakan untuk setiap sambungan sebanyak 1 sampai 2 elektroda. Jadi biaya godjing yang di keluarkan perusahaan adalah.

$$31 \times 1 \times \text{Rp } 30.000,- = \text{Rp } 930.000$$

$$31 \times 2 \text{ Rp.}30.000,- = \text{Rp } 1.860.000$$

Jadi biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk perbaikan sambungan cacat pada proses godjing berkisar pada Rp 930.000 sampai Rp 1.860.000.

#### 4. Biaya gerenda

Gerenda merupakan proses yang dilakukan setelah proses godjing dengan tujuan untuk meratakan permukaan sambungan bekas godjing agar tidak terjadi sambungan cacat yang diakibatkan oleh proses godjing. Berikut adalah perhitungan biaya pada proses gerenda.

$$31 \times \text{Rp } 30.000,- = \text{Rp } 930.000,-$$

Jadi biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan pada proses gerenda adalah sebesar Rp 930.000,-

#### 5. Biaya welding

Setelah dilakukan proses gerenda tahap selanjutnya ada pengelasan kembali atau proses welding. Dalam proses welding elektroda yang digunakan adalah elektroda SMAW. 1 elektroda maksimum digunakan untuk luasan 5x300 mm.

Rata-rata elektroda yang digunakan dalam pengisian adalah 2 sampai 3 elektroda. Berikut adalah uraiannya.

$$31 \times 2 \times \text{Rp } 35.000,- = \text{Rp } 2.170.000$$

$$31 \times 3 \times \text{Rp } 35.000,- = \text{Rp } 3.255.000$$

Jadi biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk perbaikan pada tahap welding berkisar antara Rp 2.170.000,- sampai Rp 3.255.000.

#### 6. Biaya Jam Orang

Biaya tambahan yang terjadi pada proses perbaikan yang disebabkan oleh sambungan yang cacat adalah biaya jam kerja perorang. Terdapat tahap-tahap pada proses perbaikan yang mengeluarkan biaya tambahan. Langkah-langkah dalam perbaikan adalah.

Godjing	: 30 menit
Gerenda	: 30 menit
Welding	: 1 sampai 2 jam
Gerenda finish	: 20 menit
Jumlah	: 2 jam 20 menit

Jadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan adalah sebesar

$$2 \text{ jam } 20 \text{ menit} \times \text{Rp } 30.000,- = \text{Rp } 90.000,-$$

7. Jumlah keseluruhan
    - a. Film : Rp 1.550.000,-
    - b. Memanggil Team: Rp 20.000.000,-
    - c. Godjing : Rp 930.000 sampai Rp 1.860.000
    - d. Gerenda : Rp 930.000,-
    - e. Welding : Rp 2.170.000,- sampai Rp 3.255.000
    - f. Jam Orang : Rp 90.000,-
    - g. Jumlah : Rp 24.740.000,- sampai Rp 27.685.000,-
- Jadi biaya perbaikan jika terjadi cacat pada pembuatan kapal SSV2 berkisar antara Rp 24.740.000,- sampai Rp 27.685.000,-

*(Halaman Sengaja di Kosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari analisis kapabilitas proses pengelasan pada proyek SSV2 adalah sebagai berikut.

1. Kesimpulan yang diperoleh adalah proses pengelasan tidak kapabel karena nilai  $\hat{p}_{PK}^{\%}(0,6667) < 1$  yang berarti proses pengelasan belum sesuai spesifikasinya.
2. Jenis cacat yang menjadi penyumbang 80% masalah adalah jenis cacat SI, POR dan CP. Hal tersebut disebabkan oleh faktor manusia, material dan faktor lingkungan. Faktor penyebabnya adalah :
  - a. *Welder* tidak konsisten terhadap perlakuan *Electrode & Flux ( Oven Treatment )*
  - b. *Welder* tidak disiplin dalam pembersihan *layer to layer* pada proses welding
  - c. Kualifikasi *welder* kurang memenuhi persyaratan, termasuk kepedulian terhadap *Self Inspection* atas hasil pengelasan yang dikerjakan
  - d. Perlakuan *electrode & flux ( over treatment )* sebelum pengelasan harus sesuai dengan
  - e. Persediaan batu gerinda kurang memadai
  - f. Penerangan kurang memadai
  - g. Pirkulasi udara/blower kurang memadai.
3. Biaya perbaikan jika terjadi cacat pada pembuatan kapal SSV2 berkisar antara Rp 24.740.000,- sampai Rp 27.685.000,-

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil analisis tersebut, saran yang dapat diberikan kepada PT.PAL Indonesia adalah sebagai berikut.

1. Mengendalikan kualitas welding dengan peta kendali agar dapat mengontrol sambungan cacat yang terjadi pada saat proyek pembuatan kapal berlangsung.
2. Memberikan perhatian lebih terhadap jenis cacat Slag Inclusion, Porosity dan Clustered Porosity yang merupakan jenis cacat yang paling sering terjadi.
3. Memberikan sedikit ketegasan berupa peringatan atau sanksi untuk meminimalisir sambungan cacat yang diakibatkan oleh manusia.
4. Memberikan pelatihan-pelatihan kepada welder untuk menambah wawasan yang bertujuan untuk meminimalisir sambungan cacat yang diakibatkan oleh salah metode ataupun salah prosedur.
5. Memberikan fasilitas yang memadai agar welder dapat dengan nyaman dan lebih optimal dalam melakukan pengelasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofjan. 1998. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Boentarto. 1995. *Bengkel teknik las listrik*. Penerbit CV. Aneka. Jl. H. Agus Salim No. 43 Solo 57147.
- Bothe, Davis R. 1997. *Measuring Proses Capability (Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers)*. Mc Graw-Hill : New York.
- Daniel, W. W. 1989. "Statistik Nonparametrik Terapan". Jakarta: PT Gramedia.
- Heizer, J. dan Render, B. 2006. *Manajemen Operasi*, Edisi 7. Jakarta: Salemba Empat.
- Heizer, J. dan Render, B. 2009. *Manajemen Operasi (Buku 1 Edisi 9)*. Salemba Empat, Jakarta.
- Montgomery, Douglas C. 2009. *Statistical Quality Control 6th Edition*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Nasution, M. N. 2005. *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)*. Ghalia Indonesia, Bogor.
- Sari, Selfy Atika. 2010. *Analisis Pengendalian Kualitas Terhadap Proses Welding (Pengelasan) Pada Pembuatan Kapal Chemical Tanker / Duplex M000259 di PT.PAL Indonesia*. Surabaya: ITS Press.
- Utari, R. L. 2005. *Analisis Pengendalian Proses Pengelasan Pada Pembuatan Kapal Box Shape Bulk Carrier M000229 di PT PAL Indonesia*. Surabaya: ITS Press.
- Vincent Gaspersz. 2005. *Ekonomi Manajerial, Pembuatan Keputusan Bisnis*. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Utama.
- Wiryosumarto, Harsono. 1991. "Teknik pengelasan logam," Pradnya Paramita. Jakarta.

*( Halaman Sengaja Dikosongkan )*

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Struktur data observasi proses pengelasan pada pembuatan kapal SSV2

Tanggal Observasi	Join	ACC	Repair	Jenis cacat			
				A	B	C	D
26/08/2016	4	4	0	0	0	0	0
23/08/2016	4	4	0	0	0	0	0
19/08/2016	1	1	0	0	0	0	0
12/08/2016	11	8	3	0	0	2	1
05/08/2016	15	11	4	0	0	3	1
22/07/2016	13	9	4	0	0	3	1
15/07/2016	11	9	2	0	0	2	0
27/06/2016	10	7	3	0	0	0	3
25/06/2016	13	4	9	1	3	1	4
04/04/2016	10	7	3	0	0	3	0
17/03/2016	7	6	1	0	0	1	0
18/02/2016	12	10	2	0	0	1	1
Total	111	80	31	1	3	16	11
			$\bar{u}_j$	0,009	0,027	0,144	0,0991
				0,360	0,811	2,883	0,991
					$\bar{U}$	=	5,045

**Lampiran 2.** Perhitungan Pembobotan Setiap Kelas

Kelas Cacat	Peringkat	Score	Bobot
A	1	4	$(4/10)*100=40$
B	2	3	$(3/10)*100=30$
C	3	2	$(2/10)*100=20$
D	4	1	$(1/10)*100=10$
Jumlah	10	10	100%

**Lampiran 3.** Perhitungan Peta Kendali Demerit

Obs ke	Di		Stadev	BKA	Ui	BKB
1	0	26,57658	5,155247	20,51079	0	0
2	0	26,57658	5,155247	20,51079	0	0
3	0	106,3063	10,31049	35,97653	0	0
4	50	9,66421	3,108731	14,37124	4,545455	0
5	70	7,087087	2,662158	13,03152	4,666667	0
6	70	8,177408	2,859617	13,6239	5,384615	0
7	40	9,66421	3,108731	14,37124	3,636364	0
8	30	10,63063	3,260465	14,82644	3	0
9	190	8,177408	2,859617	13,6239	14,61538	0
10	60	10,63063	3,260465	14,82644	6	0
11	20	15,18662	3,897001	16,73605	2,857143	0
12	30	8,858859	2,976384	13,9742	2,5	0

**Lampiran 4.** Struktur data observasi proses pengelasan setelah diperbaiki pada pembuatan kapal SSV2

Tanggal Observasi	Join	ACC	Repair	Jenis cacat			
				A	B	C	D
26/08/2016	4	4	0	0	0	0	0
23/08/2016	4	4	0	0	0	0	0
19/08/2016	1	1	0	0	0	0	0
12/08/2016	11	8	3	0	0	2	1
05/08/2016	15	11	4	0	0	3	1
22/07/2016	13	9	4	0	0	3	1
15/07/2016	11	9	2	0	0	2	0
27/06/2016	10	7	3	0	0	0	3
04/04/2016	10	7	3	0	0	3	0
17/03/2016	7	6	1	0	0	1	0
18/02/2016	12	10	2	0	0	1	1
Total	98	76	22	0	0	15	7
			$\bar{u}_j$	0	0	0,153	0,071
				0	0	3,061	0,714
					$\bar{U}$	=	3,776

**Lampiran 5.** Perhitungan Peta Kendali Demerit setelah diperbaiki

Obs Ke	Di		Stadev	BKA	Ui	BKB
1	0	17,09184	4,134227	16,17819	0	0
2	0	17,09184	4,134227	16,17819	0	0
3	0	68,36735	8,268455	28,58087	0	0
4	50	6,215213	2,493033	11,25461	4,545455	0
5	70	4,557823	2,134906	10,18023	4,666667	0
6	70	5,259027	2,293257	10,65528	5,384615	0
7	40	6,215213	2,493033	11,25461	3,636364	0
8	30	6,836735	2,614715	11,61966	3	0
9	60	6,836735	2,614715	11,61966	6	0
10	20	9,766764	3,125182	13,15106	2,857143	0
11	30	5,697279	2,386897	10,9362	2,5	0

**Lampiran 6.** Output Software keacakan data proses pengelasan pada pembuatan kapal SSV2

**Runs Test 2**

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004
Test Value <sup>a</sup>	,0833	,2500	1,3333	,9167
Cases < Test Value	11	11	7	6
Cases >= Test Value	1	1	5	6
Total Cases	12	12	12	12
Number of Runs	3	3	5	6
Z	,000	,000	-,833	-,303
Asymp. Sig. (2-tailed)	1,000	1,000	,405	,762

a. Mean

**Lampiran 7.** Output Software uji distribusi poisson proses welding pada pembuatan kapal SSV2

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

	VAR0000	VAR0000	VAR0000	VAR0000
	1	2	3	4
N	12	12	12	12
Poisson Mean Parameter <sup>a</sup> ,	,0833	,2500	1,3333	,9167
b				
Most Absolute Extreme e	,003	,138	,099	,101
Differences Positive	,003	,138	,070	,100
Negative	-,003	-,081	-,099	-,101
Kolmogorov-Smirnov Z	,012	,478	,344	,350
Asymp. Sig. (2-tailed)	1,000	,977	1,000	1,000

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

## Lampiran 8. Surat Keaslian Data

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Moch Amin Irwanto  
NRP : 1314030093

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari Penelitian/Buku/Tugas Akhir/Thesis/Publikasi \*) yaitu

Sumber : Departemen QA/QC ReKayasa Umum  
Keterangan : Data Sambungan Pengelasan Proyek Kapal SSV2

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Mengetahui,  
Pejabat Pemberi Data,  
KADEP QA/QC REKUM

  
(RUSAEULA ARIFF)  
NIP. 104 923 54

Surabaya, 5 Juni 2017  
Yang Membuat Pernyataan,

  
(Moch. Amin. Irwanto.....)  
NRP. 13 14 030 093

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

  
(Dra. Sri. Murni. Retnaningsih. M.T.)  
NIP. 19610311 198701 2 001



## Lampiran 10 Surat Penerimaan Pengambilan Data TA di PT. PAL Indonesia



Surabaya, 22 Februari 2017

Nomor : PKL / 047 / 71700 / II / 2017  
Perihal : Permohonan Data

Kepada Yth :  
Kepala Departemen  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Dengan hormat,

- Memperhatikan surat Nomor : 008725 / IT2.VI.8.6 / TU.00.09 / 2017, tanggal 10 Februari 2017 pada dasarnya PT. PAL Indonesia (Persero) dapat menerima Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember untuk melaksanakan **Pengambilan Data** di Divisi Jaminan Kualitas & Standarisasi dengan data sebagai berikut:

NO	N A M A	N R P	JURUSAN	PELAKSANAAN
1	Moch. Amin Iwanto	1314030093	Statistika FMIPA	27 Feb s/d 31 Mar 2017

- Persyaratan yang harus dipenuhi sebelum dan setelah melaksanakan **Pengambilan Data** adalah sebagai berikut :
  - Mengumpulkan Pas Photo berwarna ukuran 3x4 sebanyak 2 (dua) lembar untuk ID CARD
  - Mengumpulkan Foto Copy Identitas Diri sebanyak 2 (dua) lembar (KTP dan KTM)
  - Mengumpulkan Foto Copy Surat Asuransi Kecelakaan sebanyak 2 (dua) lembar
  - Mahasiswa diharapkan hadir di Diklat PT PAL Indonesia (Persero) sebelum tanggal pelaksanaan untuk menyelesaikan kelengkapan administrasi.
  - Membuat Buku Laporan yang disahkan oleh Pembimbing dan Manajemen Diklat PT PAL Indonesia (Persero), dikumpulkan paling lambat 1 bulan setelah **Pengambilan Data** selesai.
- Selama berada di Lingkungan PT. PAL Indonesia (Persero) Mahasiswa diharapkan :
  - Tunduk pada Peraturan Tata Tertib PT. PAL Indonesia (Persero)
  - Tunduk pada Peraturan Tata Tertib TNI ANGKATAN LAUT
  - Memakai Pakaian Kerja (helm, ketelpak, sepatu kerja) bagi yang bekerja di Divisi produksi / lapangan
  - Memakai Seragam Mahasiswa (almamater) bagi yang bekerja di Perkantoran
- Demikian disampaikan dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

DIVISI PEMBINAAN ORG & SDM  
KADEP. DIKLAT & REN. BANG SDM

Drs. POENDJOEL KARJONO R

*(Halaman Sengaja di Kosongkan)*

## BIOGRAFI PENULIS



Moch Amin Irwanto adalah nama `penulis tugas akhir ini, biasa dipanggil Amin. Penulis dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 19 desember 1993. Penulis lahir dari orang tua Abd Kadir As dan Sarifah sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Kota Sorong, Papua Barat. Penulis telah menempuh pendidikan formal yang dimulai dari RA Al-Ghazali Jl. Hang Tuah VI/53 Kota Surabaya (*lulus*

*tahun 2000*), melanjutkan ke SD Attarbiyah Jl. Raya Hangtuah No. 7 Kota Surabaya (*kelas 1-5 tahun 2000-2005*), menamatkan jenjang SDN Poter I Jl. Raya Poter Kab. Bangkalan (*lulus tahun 2006*), melanjutkan MTsN Model Kota Sorong Jl. Basuki Rahmat No. 40 Kota Sorong (*lulus tahun 2010*), melanjutkan SMA N 3 Kota Sorong Jl. Jendral Sudirman No. 49 Kota Sorong (*lulus tahun 2013*). Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studinya di Program Study satu tahun PIKTI-ITS (*lulus tahun 2014*) dengan NRP 8813200118 dan melanjutkan ke program studi Diploma III di Departemen Statistika Bisnis-ITS Kota Surabaya dengan NRP 1314030093. Penulis merupakan bagian dari keluarga besar “PIONEER” yaitu angkatan 2014 yang mempunyai nomor induk himpunan  $\sigma^2_{01.066}$ .

Selama perkuliahan penulis aktif di dunia organisasi dan kepanitiaan. Penulis bergabung dengan satu Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) yaitu MUSIK-ITS sebagai anggota, KESMA HIMADATA-ITS periode 2015/2016 sebagai staff, SC KDS HIMADATA-ITS Periode 2015/2016 sebagai Koordinator dan PRS 2016 sebagai Koordinator perlengkapan, ITS Music Society periode 2015/2016 sebagai anggota dan KESMA HIMADATA-ITS Periode 2016/2017 sebagai Ketua Departemen.

Pada akhir semester 4, penulis mendapatkan kesempatan pengalaman Kerja Praktek di PT. PAL Indonesia (Persero) yang bertempat di Komplek Pangkalan Utama TNI-AL V Jl. Ujung Kota Surabaya. Terima kasih karena telah menyempatkan waktu untuk membaca tugas akhir yang telah penulis selesaikan. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui e-mail [maminirwanto@gmail.com](mailto:maminirwanto@gmail.com). Akhir cerita, berikut adalah kalimat yang menjadi penyemangat penulis untuk mengerjakan tugas akhir ini dalam keadaan apapun. Kurang dan lebihnya mohon dimaafkan. Wassalamualaikum wr. Wb.

*“Seiring berjalannya waktu akan banyak kejadian-kejadian yang jauh dari harapan. Lantas apakah pilihan terbaik adalah menyerah. Tentu bukan. Bangun lagi harapan-harapan yang jauh lebih besar. Terbangkan lagi mimpi-mimpi yang jauh lebih tinggi.*

*Selami samudera kehidupan sedasar-dasarnya. Galilah ilmu pengetahuan sedalam-dalamnya dan sesuaikan dengan kondisi yang ada. Karena hidup bukan untuk hari ini ataupun besok tapi untuk beberapa tahun kemudian, bukan cuma untuk bertahan hidup tapi untuk hidup yang lebih baik. Berjuanglah saudaraku. Aku telah selesai sekarang giliranmu !”.*

