TUGAS AKHIR – VS 180603

ANALISIS KAPABILITAS PROSES *WELDING CIRCULATING WATER PUMP* (CWP) I DI PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

Anis Kusuma Wardani
NRP 10611600000106

Pembimbing
Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes

Co-Pembimbing
Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR – VS 180603

ANALISIS KAPABILITAS PROSES *WELDING CIRCULATING WATER PUMP* (CWP) I DI PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

Anis Kusuma Wardani
NRP 10611600000106

Pembimbing
Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes

Co-Pembimbing
Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

FINAL PROJECT – VS 180603

CAPABILITY PROCESS ANALYSIS OF CIRCULATING WATER PUMP (CWP) I WELDING IN PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

Anis Kusuma Wardani
NRP 10611600000106

Supervisor
Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes

Co-Supervisor
Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si

Program of Study Diploma III
Departmentof Statistics Business
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KAPABILITAS PROSES *WELDING CIRCULATING WATER PUMP* (CWP) I DI PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Anis Kusuma Wardani
NRP. 10611600000106

SURABAYA, 24 JULI 2020

Menyetujui,

Pembimbing Tugas Akhir	Co-Pembimbing Tugas Akhir
Ir.Mutiah Salamah Chamid, M.Kes	**Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si**
NIP. 19571007 198303 2 001	**NIP. 19910610 201504 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 *WELDING CIRCULATING WATER PUMP* (CWP) I DI PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

Nama Mahasiswa	**: Anis Kusuma Wardani**
NRP	**: 10611600000106**
Program Studi	**: Diploma III**
Departemen	**: Statistika Bisnis FV ITS**
Dosen Pembimbing	**: Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes**
Co-Pembimbing	**: Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si**

ABSTRAK

PT.PAL Indonesia (Persero) merupakan salah satu perusahaan besar di Indonesia yang bergerak di bidang industri perkapalan yang memproduksi kapal perang, kapal niaga, dan juga memberikan layanan jasa untuk pemeliharaan perbaikan kapal serta rekayasa umum. PT.PAL mendapatkan proyek bermacam-macam salah satunya adalah *Circulating Water Pump* (CWP) yang merupakan proyek rekayasa umum yang didapatkan dari PLTU Pelabuhan Ratu. CWP dibedakan menjadi dua macam, yaitu CWP I dan CWP II, namun yang banyak terdapat *defect* adalah CWP I yang mengalami cacat sebesar 5,76% dari target perusahaan 7% dan termasuk cacat paling besar dibandingkan produk lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses *welding* terkendali atau tidak, menganalisis kapabilitas proses dan mengidentifikasi jenis cacat paling dominan pada proses*welding* CWP I pada bulan Juni hingga Juli 2018. Hasilnya menunjukkan proses tidak kapabel dengan indeks kapabilitas ($\hat{p}_{PK}^{\%}$) sebesar 0,2008 , dan jenis cacat paling dominan adalah *slag inclusion*.

Kata Kunci : Analisis Kapabilitas Proses, CWP I, *Defect, Welding*.

CAPABILITY PROCESS ANALYSIS OF CIRCULATING WATER PUMP (CWP) I WELDING IN PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

Student Name	**: Anis Kusuma Wardani**
NRP	**: 10611600000106**
Programe	**: Diploma III**
Department	**: Statistika Bisnis FV ITS**
Supervisor	**: Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes**
Co-Supervisor	**: Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si**

ABSTRACT

PT. PAL Indonesia (Persero) is one of the major companies in Indonesia that is engaged in the shipping industry that produces warships, commercial vessels, and also provides services for maintenance of ship repairs and general engineering. PT. PAL has various projects, one of which is the Circulating Water Pump (CWP) which is a general engineering project obtained from the Pelabuhan Ratu PLTU. CWP is divided into two types, namely CWP I and CWP II, but there are many defects that are disabled CWP I of 5.76% of 7% and are among the biggest defects compared to other products. This study aims to determine whether the welding process is controlled or not, analyze process capability and identify the most dominant types of defects in the CWP I welding process from June to July 2018. The results show a non-capable process with capability index ($\hat{p}_{PK}^{\%}$) of 0.2008, and the most defective type the dominant is slag inclusion.

Keywords : *Analysis Capability Process, CWP I, Defect, Welding*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "**Analisis Kapabilitas Proses *Welding Circulating Water Pump* (CWP) I DI PT.PAL INDONESIA (PERSERO)**". Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh sebab itu dengan hormat penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Mutiah Salamah Chamid M.Kes sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, kritik, dan saran kepada saya hingga selesainya Tugas Akhir ini.
2. Iis Dewi Ratih S.Si,M.Si sebagai co pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, kritik, dan saran kepada saya hingga selesainya Tugas Akhir ini.
3. Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.Si dan Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si sebagai dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si sebagai Kepala Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan fasilitas untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Dr. Brodjol Sutijo Supri Ulama, S.Si, M.Si selaku Sekretaris Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan dukungan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Dra. Lucia Aridinanti, M.S selaku dosen wali yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama perkuliahan.
7. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS atas kerja sama dan bantuannya selama ini.

8. PT. PAL Indonesia (Persero) atas izin dan ketersediaan data yang diperlukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Rosidah, Nur dan keluarga saya lainnya yang telah memberikan doa, semangat, dan kasih sayang selama ini.
10. Mbak Kariyani telah membantu saya dalam belajar metode Peta Kendali Demerit.
11. Bella, Rere, Yuelanti, Ichda, Maredia, dan Lina selaku teman saya yang telah memberi saya semangat dalam menjalani kuliah selama 3 tahun ini.
12. Fittrofin, Mufidah, Novia, dan sahabat saya yang lainnya, karena telah memberi doa dan semangat kepada saya untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Mahasiswa Departemen Statistika Bisnis angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan semangatnya.
14. Fungsionaris HIMADATA-ITS kepengurusan 2017/2018 dan 2019/2020 khususnya departemen PSDM HIMADATA-ITS yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.
15. Pihak-pihak lain yang sudah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya,

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman
HALAMAN JUDUL ii
LEMBAR PENGESAHAN..... iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR.....vi
DAFTAR ISI..... viii
DAFTAR TABEL.....x
DAFTAR GAMBAR.....xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat 3
1.5 Batasan Masalah 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Peta Kendali 5
2.2 Peta Kendali Demerit 5
2.3 Uji Keacakan Data 7
2.4 Distribusi *Poisson* 8
2.5 Kapabilitas Proses 9
2.6 Diagram Pareto 10
2.7 Pengelasan (*Welding*).....11
2.7.1 Jenis-Jenis Pengelasan.....11
2.7.2 Jenis-Jenis Cacat pada Proses *Welding*.....12
2.8 *Radiography Test* 13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Sumber Data 15
3.2 Variabel Penelitian.....15
3.3 Struktur Data..... 17

3.4 Langkah Analisis 17
3.5 Diagram Alir 18
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN
4.1 Pengujian Distribusi Poisson.....19
4.2 Peta Kendali Demerit 19
4.3 Pengujian Keacakan Data 23
4.4 Kapabilitas Proses.....23
4.5 Diagram Pareto 24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 25
5.2 Saran 25
DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN.....31

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali Demerit 7
Tabel 3.1 Variabel Penelitian 15
Tabel 3.2 Struktur Data 17
Tabel 4.1 Rata-rata Tiap Kelas 22
Tabel 4.2 Rata-rata Tiap Kelas Setelah Iterasi.....23

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Diagram Pareto 10
Gambar 2.2 *Radiography Test* 14
Gambar 2.3 Hasil Rekaman Film *Radiography Test*.....14
Gambar 3.1 Diagram Alir 18
Gambar 4.1 Peta Kendali Demerit *Welding* CWP I 23
Gambar 4.2 Peta Kendali Demerit *Welding* CWP I Setelah di Iterasi.....24
Gambar 4.3 Diagram Pareto Proses *Welding* CWP I 26

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Data Jenis Cacat Proses *Welding* CWP I.....29
Lampiran 2 Perhitungan Bobot Tiap Kelas 30
Lampiran 3 Perhitungan Manual Peta Kendali Demerit 30
Lampiran 4 Perhitungan Manual Peta Kendali Demerit Iterasi 1 31
Lampiran 5 Perhitungan Manual Peta Kendali Demerit Iterasi 2 31
Lampiran 6 *Output Software* Uji Keacakan 32
Lampiran 7 *Output Software* Distribusi *Poisson*.....32
Lampiran 8 Bukti Penerimaan Pengambilan Data 33

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. PAL INDONESIA (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri perkapalan yang memproduksi alat utama sistem pertahanan Indonesia khususnya untuk matra laut, dan memiliki peran penting dan strategis dalam mendukung pengembangan industri kelautan nasional. Pada tahun 2018 PT.PAL mendapatkan pesanan produk yang didapatkan dari PLTU Pelabuhan Ratu yaitu *Circulating Water Pump* (CWP). CWP merupakan produk berupa pompa yang disambungkan dengan pipa yang digunakan untuk mensirkulasikan air laut guna mendinginkan uap menjadi air kembali di kondensor yang sudah berstandar *American Society of Mechanical Engineering* (ASME). CWP dibagi menjadi dua jenis yaitu CWP I dan CWP II. CWP I digunakan untuk menyerap air laut yang akan disirkulasikan untuk dijadikan uap menjadi air, sedangkan CWP II digunakan untuk mengeluarkan hasil sirkulasi dari CWP I kedalam kondensor. Pada penelitian ini yang digunakan adalah CWP I karena terdapat banyak cacat dibandingkan dengan produk lainnya.

CWP I diproduksi melalui berbagai proses, salah satu proses yang perlu diperhatikan adalah proses *welding* (pengelasan). *Proses welding* merupakan salah satu proses yang sangat perlu diperhatikan karena sering kali terdapat sambungan cacat pada material. Untuk mendeteksi cacat pada proses *welding* adalah dengan menggunakan NDT (*Non Distructive Test*). NDT terdiri dari berbagai macam metode yaiu *x-ray, visual test, liquid penetrant inspection, acaustic emissio,eddy current magnetic paticle inspection*, dan *ultrasonic inspection*. Cara untuk mendeteksi adanya cacat pada proses *welding* adalah dengan NDT yang menggunakan *x-ray* atau yang disebut dengan *radiography test* . *Radiography Test* merupakan alat visual untuk mengetahui jenis sambungan cacat yang terdapat pada setiap

sambungan las, hasil pemeriksaan dari *radiography test* yaitu berupa film yang menunjukkan visualisasi dari jenis cacat yang terjadi tanpa merusak material. Karakteristik jenis cacat yang terjadi, yaitu *crack,incomplete penetration, lack of fusion, slag line, slag inclusion, porosity,* dan *incomplete fusion* yang kemudian dikategorikan menjadi empat kelas tingkat kecacatan yaitu sangat serius, serius, cukup serius dan tidak serius. Pada penelitian ini menggunakan produk CWP I yang di produksi oleh PT.PAL pada tahun 2018 yang mengalami cacat sebesar 5,76% dari target perusahaan sebesar 7%. Maka dari itu untuk mengantisipasi terjadinya cacat pada proses *welding* CWP I diperlukan metode identifikasi secara statistik untuk mengantisipasi timbulnya produk cacat dengan menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC) karena di PT.PAL pada produk CWP I belum menggunakan analisis secara statistik. Pengendalian kualitas dilakukan dengan menggunakan peta kendali demerit karena jenis cacat dikategorikan menjadi beberapa kelas menurut tingkat kepentingan cacatnya untuk menganalisa apakah hasil produksi sudah sesuai spesifikasi atau tidak, lalu di analisa dengan kapabilitas proses yang dinyatakan dengan nilai indeks kapabilitas ($\hat{p}_{PK}^{\%}$) , dikarenakan dalam *checksheet* dalam pembuatan CWP I pada proses *welding* tidak terdapat keterangan penyebab cacat maka hanya dilakukan pengidentifikasian jenis cacat paling dominan dengan menggunakan diagram pareto.

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Irwanto (2017) mengenai analisis kapabilitas proses pengelasan pada proyek SSV2 di PT.PAL Indonesia memperoleh kesimpulan bahwa proses pengelasan tidak kapabel, jenis cacat dominan adalah *Slag Inclusion*, *Porosity*, dan *Crack* yang disebabkan oleh faktor manusia, material, dan faktor lingkungan, serta penelitian dari Kariyani (2018) mengenai analisis kapabilitas proses *welding* bentang utama jembatan di PT.PAL Indonesia (Perserso) yang memperoleh kesimpulan bahwa proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan tidak kapabel, serta penyebab terjadinya

cacat adalah baja terkena hujan, kelalaian membersihkan medan las, mesin las yang tidak terkalibrasi, dll.

1.2 Rumusan Masalah

Produk CWP I memiliki cacat paling mendekati target perusahaan dibandingkan produk lainnya dengan cacat yang terjadi, yaitu *crack,incomplete penetration, lack of fusion, slag line, slag inclusion, porosity,* dan *incomplete fusion*. Pada pembuatan CWP I belum melakukan analisis secara statistik, sehingga perusahaan membutuhkan metode statistik yaitu analisis kapabilitas proses dengan menggunakan peta kendali demerit, menentukan indeks kapabilitas proses, diagram pareto untuk mengetahui jenis cacat paling dominan proses *welding*.

1.3 Tujuan

Berdasarkan dengan permasalahan dalam penelitian ini, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kapabilitas proses *welding* (pengelasan) pada sambungan, dan mengidentifikasi jenis cacat paling dominan pada produk CWP I.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan bahan evaluasi dalam meningkatkan kualitas pada proses *welding* CWP I dan mengetahui jenis cacat paling dominan agar dapat diminimalisir oleh perusahaan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah proses *welding* proyek CWP I di divisi *Quality Assurance* (QA) / *Quality Control* (QC) PT.PAL pada periode bulan Juni-Juli 2018.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peta Kendali

Peta Kendali adalah suatu gambar yang terdiri dari batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) yang menggambarkan penyebaran kualitas hasil produksi. Batas kendali digunakan untuk mengetahui proses tersebut telah terkendali atau tidak. Proses dikatakan terkendali jika proses berada di dalam batas kendali dan menyebar secara acak. Peta kendali dibedakan menjadi peta kendali variabel dan peta kendali atribut (Montgomery, 2013).

2.2 Peta Kendali Demerit

Peta kendali demerit merupakan peta kendali dimana jenis cacat dikategorikan menjadi beberapa kelas menurut tingkat kepentingan cacatnya yang artinya tidak semua kecacatan mempengaruhi produk dengan akibat yang sama, dengan kata lain kecacatan yang terjadi tidak boleh disamakan. Menurut 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.

Untuk menentukan bobot pada setiap tingkatan berdasarkan kepentingannya dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.

$$Bobot = \frac{score}{jumlah\ score}\ x\ 100\% \qquad (2.1)$$

Jumlah cacat terboboti untuk masing-masing kelas dapat dihitung dengan rumus:

Jumlah cacat terboboti kelas 1 : w_1c_1

Jumlah cacat terboboti kelas 2 : w_2c_2

Jumlah cacat terboboti kelas 3 : w_3c_3

Jumlah cacat terboboti kelas 4 : w_4c_4

Dimana c_1, c_2, c_3, dan c_4 adalah jumlah cacat pada masing-masing kelas, dan w_1, w_2, w_3, dan w_4 adalah bobot cacat pada masing-masing kategori cacat. Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung jumla cacat terboboti untuk masing-masing subgrup pengamatan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$D_i = w_1c_{1j} + w_2c_{2j} + w_3c_{3j} + w_4c_{4j} \qquad (2.2)$$

Untuk menentukan rata-rata jumlah sambungan cacat dihitung dengan menggunakan rumus yang ditunjukkan pada persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$u_i = \frac{D_i}{n_i} \qquad (2.3)$$

Sedangkan jumlah rata-rata cacat per unit untuk jenis cacat terboboti secara keseluruhan ($\bar{u}$), sehingga menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut.

$$\bar{u} = w_1\bar{u}_1 + w_2\bar{u}_2 + w_3\bar{u}_3 + w_4\bar{u}_4 \qquad (2.4)$$

Dimana nilai ($\bar{u}$) selanjutnya akan digunakan dalam menentukan batas atas dan batas bawah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} BKA &= \bar{u} + 3\hat{\sigma}_u \\ BKB &= \bar{u} - 3\hat{\sigma}_u \end{aligned} \qquad (2.5)$$

Dengan nilai $\hat{\sigma}_u$adalah sebagai berikut.

$$\hat{\sigma}_u = \sqrt{\frac{w_1^2\bar{u}_1 + w_2^2\bar{u}_2 + w_3^2\bar{u}_3 + w_4^2\bar{u}_4}{n}} \qquad (2.6)$$

Berikut struktur peta demerit yang ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali Demerit

Subgrup	N	Jenis Cacat				(D_i)	u_i
		Kelas A	*Kelas B*	*Kelas C*	*Kelas D*		
Pengamatan ke-1	1	c_{1A}	c_{1B}	c_{1C}	c_{1D}	D_1	u_1
Pengamatan ke-2	2	c_{2A}	c_{2B}	c_{2C}	c_{2D}	D_2	u_2
Pengamatan ke-3	3	c_{3A}	c_{3B}	c_{3C}	c_{3D}	D_3	u_3
...	...	...	...	...	...	...	...
Pengamatan ke-m	M	c_{mA}	c_{mB}	c_{mC}	c_{mD}	D_m	u_m

Keterangan:

c_i : jumlah cacat pengamatan ke-i pada setiap kelas

D_i : Jumlah cacat yang telah dilakukan pembobotan pada pengamatan ke-i

n : Banyaknya sampel yang diamati

u_i : Jumlah rata-rata cacat per unit pada pengamatan ke-i

2.3 Uji Keacakan Data *(Run Test)*

Menurut Santoso (2009) uji runs atau bisa disebut uji sampel rangkaian tunggal untuk memeriksa keacakan. Pada prinsipnya ingin mengetahui apakah suatu rangkaian kejadian, hal atau simbol merupakan proses yang acak (random). Dalam arti tidak direncanakan terlebih dahulu, atau tidak membuat sebuah pola tertentu.

Hipotesis:

H_0 : Data pengamatan telah menyebar secara acak.

H_1 : Data pengamatan tidak menyebar secara acak.

Statistik Uji : r = banyaknya runtun

Daerah Penolakan : Tolak H_0, jika $r > r_{atas}$ atau Gagal Tolak H_0, jika $r < r_{bawah}$, r diperoleh dari banyaknya hasil runtunan data dengan dibandingkan nilai median yang didapat. Untuk data sampel > 20 menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Z = \frac{r - \left[\{(2n_1n_2)/(n_1n_2)\} + 1\right]}{\sqrt{\dfrac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1n_2 - 1)}}} \qquad (2.7)$$

Dimana :

Z : nilai kritis atau statistik uji

r : banyaknya runtun data yang terjadi

n_1 : banyaknya data bertanda (+), atau banyaknya data yang lebih besar dari median

n_2 : banyaknya data bertanda (-), atau banyaknya data yang lebih kecil dari median

2.4 Distribusi *Poisson*

Menurut Walpole (2012) banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada waktu tertentu atau daerah tertentu disebut distribusi *poisson*. Ciri-ciri distribusi *poisson* antara lain.

1. Banyaknya hasil percobaan yang terjdi pada waktu tertentu atau daerah tertentu
2. Peluang terjadinya percobaan dalam waktu yang singkat sekali atau dalam daerah yang sempit, sebanding dengan panjang waktu tersebut dan tidak tergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi di luar waktu dan daerah tersebut
3. Peluang bahwa lebih dari satu hasil percobaan akan terjadi dalam waktu singkat atau daerah yg sempit tersebut, dapat diabaikan

Bentuk persamaan dari distribusi *poisson* dapat dilihat pada persamaan 2.8 sebagai berikut.

$$p(x;\mu) = \frac{e^{-\mu}\mu^x}{x!} \text{ dimana, } x = 1,2,.... \qquad (2.8)$$

μ merupakan rata-rata banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam waktu dan daerah tertentu. Sedangkan nilai e = 2,71828.

Menurut Daniel (1989) hipotesis yang digunakan untuk pengujian *poisson* adalah sebagai berikut.

Hipotesis:

H_0 : $F_n = F_0(x)$

H_1 : $F_n \neq F_0(x)$

Statistik uji :

$$D = \underset{x}{Sup}\left|F_n(x) - F_0(x)\right| \tag{2.9}$$

Dimana:

Sup : Nilai Selisih Terbesar

Fn(*x*) : Fungsi Kumulatif Distribusi Empiris

$F_0(x)$: Fungsi Kumulatif Distribusi *Poisson*.

Daerah penolakan : Tolak H_0 pada taraf signifikan α apabila,

$|D| > D_\alpha$ atau P-*value* < α

2.5 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran untuk menunjukan produk yang diproduksi stabil atau tidak. Analisis kapabilitas proses merupakan suatu teknik statistika yang berguna dalam siklus produk, termasuk kegiatan pengembangan produksi dalam mengukur variabilitas proses guna menghilangkan atau mengurangi variablitas proses. Proses dikatakan kapabel jika proses tersebut telah terkendali secara statistik. Dikatakan terkendali secara statistik jika proses tersebut menyebar secara acak diantara batas kendali atas dan bawah. Selain itu dalam proses tersebut diperlukan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Untuk melihat kapabilitas diperlukan batas kendali dan batas spesifikasi, sehingga dapat dikatakan kapabilitas proses merupakan perbandingan antara penyebaran sesungguhnya dan penyebaran seharusnya (Montgomery, 2013). Menurut Bothe (1997) rumus kapabilitas proses untuk data atribut adalah sebagai berikut.

$P(X = jumla\square\ cacat\ per\ unit) = \frac{(\hat{u}')^{x} e^{-u'}}{x!}$,dimana x= 1,2,...,n (2.10)

Presentase jika tidak terdapat cacat maka persamaannya adalah sebagai berikut.

$$P(X = 0) = \frac{(\hat{u}\prime)^0\, e^{-u\prime}}{0!} = \frac{1-e^{-\bar{u}\prime}}{1} = e^{-\bar{u}\prime} \qquad (2.11)$$

Presentase jika terdapat produk cacat adalah sebagai berikut.

$$p' = 1 - e^{-\bar{u}\prime} \qquad (2.12)$$

Maka untuk mengetahui indeks kapabilitas proses adalah dengan persamaan 2.13 dibawah ini.

$$\hat{p}_{PK}^{\%} = \frac{Z(\hat{p}')}{3} \qquad (2.13)$$

Keterangan :

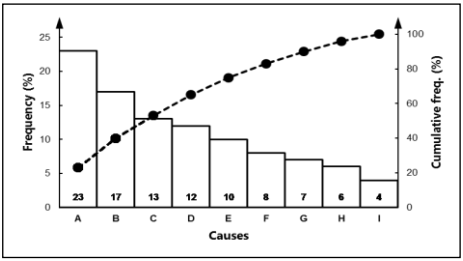
$\bar{u}$: Rata-rata jumlah cacat

$\hat{p}'$: Estimasi rata-rata proses

$\hat{p}_{PK}^{\%}$: Perfoma kapabilitas proses

2.6 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. Diaram pareto popular dengan menyatakan 80% permasalahan sedangkan 20% yang dinyatakan penyebab, artinya diagram pareto mengindikasikan masalah yang dapat mempunyai sumbangsih terbesar akan hasil (Heizer & Render, 2008). Berikut adalah contoh dari diagram pareto sebagaimana ditunjukan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Pareto

2.7 Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan adalah salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur dan merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan atau tanpa logam tambahan (Wiryosumarto,1996).

2.7.1 Jenis-Jenis Pengelasan

Jenis-jenis pengelasan terdapat berbagai macam yaitu sebagai berikut.

a. *Shield Metal Arch Welding* (SMAW)

Shield Metal Arch Welding (SMAW) adalah las busur nyala api listrik terlindung dengan mempergunagakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam.

b. *Submerged Arch Welding* (SAW)

Submerged Arch Welding (SAW) adalah las busur terbenam atau pengelasan dengan busur nyala api listrik. Untuk mecegah oksidasi cairan metal induk dan material tambahan, dipergunakan butiran–butiran fluks / slag sehingga bususr nyala terpendam di dalam ukuran–ukuran fluks tersebut

c. *Electro Slag Welding* (ESW)

Electro Slag Welding (ESW) adalah pengelasan busur terhenti, pengelasan sejenis SAW namun bedanya pada jenis ESW busurnya nyala mencairkan fluks, busur terhenti dan proses pencairan fluk berjalan terus dam menjadi bahan pengantar arus listrik (konduktif). Sehingga elektroda terhubungkan dengan benda yang dilas melalui konduktor tersebut.

d. *Gas Metal Arch Welding* (GMAW)

Gas Metal Arch Welding (GMAW) terdiri dari *Metal Active Gas* (MIG) dan *Metal Inert Gas* (MAG). MAG adalah pengelasan dengan gas nyala yang dihasilkan berasal dari busur nyala listrik, yang dipakai sebagai pencair metal yang di–las dan metal penambah. Sebagai pelindung oksidasi dipakai gas pelindung yang berupa gas kekal (inert) atau CO_2. MIG digunakan untuk mengelas besi atau baja, sedangkan gas pelindungnya adalah mengunakan Karbon dioxida CO_2.

e. *Flux Cored Arch Welding* (FCAW)

Flux Cored Arch Welding (FCAW) pada hakikatnya hampir sama dengan proses pengelasan GMAW. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan Karbon dioxida CO_2. Biasanya, pada mesin las FCAW ditambah robot yang bertugas untuk menjalankan pengelasan biasa disebut dengan super anemo.

f. *Gas Tungsten Arch Welding* (GTAW) atau *Tungsten Inert Gas* (TIG)

Gas Tungsten Arch Welding (GTAW) atau *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah pengelasn dengan memakai busur nyala dengan tungsten/elektroda yang terbuat dari wolfram, sedangkan bahan penambahnyyadigunakan bahan yang sama atau sejenis dengan material induknya. Untuk mencegah oksidasi, dipakai gas kekal (inert) 99 % Argon (Ar) murni.

2.7.2 Jenis-Jenis Cacat pada Proses *Welding*

Pada proses *welding* terdapat berbagai jenis cacat yang dijelaskan sebagai berikut.

1. *Crack*

Jenis cacat *crack* disebabkan oleh keretakan pada las akibat tegangan bahan. Cacat ini terjadi pada logam yang di las 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 yang 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*

Jenis cacat *Incomplete Penetration* disebabkan oleh penembusan yang tidak sempurna atau garis lurus hitam di tengah-tengah jalur las sekitar sumbu las.

3. *Lack of Fusion*

Jenis cacat *Lack of fusion* 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.

4. *Slag Line*

Jenis cacat *Slag line* terjadi akibat adanya terak las yang terperangkap dalam endapan las yang membentuk garis memanjang yang tidak beraturan.

5. *Slag Inclusion*

Jenis cacat *Slag inclusion* 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*

Jenis cacat *Porosity* 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.*

7. *Incomplete Fusion*

Jenis Cacat *Incomplete Fusion* adalah sebuah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki karena ketidaksempurnaan proses penyambungan antara logam las dan logam induk, cacat ini biasanya terjadi pada bagian samping lasan.

2.8 *Radiography Test*

Radiography Test adalah salah satu metode NDT yang digunakan untuk menemukan cacat pada material menggunakan sinar X dan sinar gamma. Prinsip kerja *radiography test* adalah dengan memancarkan sinar X dan sinar gamma ke objek yang diperiksa, lalu sebagian sinar akan diserap sehingga intensitasnya berkurang, intensitas akhir ini kemudian direkam pada film, hasil rekaman film inilah yang akan memperlihatkan bagian material

yang cacat (Naryono &Suharyadi, 2012). Berikut dokumentasi *radiography test* yang akan ditunjukkan pada gambar 2.3 sebagai berikut.

Gambar 2.2 *Radiography Test*

Berikut contoh hasil rekaman film hasil *radiography test* pada gambar 2.4 dibawah ini.

Gambar 2.3 Hasil rekaman film *Radiography Test*

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder yang didapatkan dari divisi QA/QC di PT.PAL yaitu data observasi proses *welding* pada pembuatan CWP I periode bulan Juni 2018- Juli 2018.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah data hasil proses *welding* dalam pembuatan CWP I berdasarkan jenis cacat yang dikategorikan menjadi 4 tingkatan kelas, yaitu kelas A (Sangat Serius) , kelas B (Serius) , kelas C (Cukup Serius) , dan Kelas D (Tidak Serius). Dalam menentukan bobot dari tingkatan kelas cacat dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Bobot = \frac{score}{jumlah\ score}\ x\ 100\% \qquad (3.1)$$

Hasil pembobotan akan dimasukkan kedalam kelas jenis cacat berdasarkan kepentingannya, Namun bobot beserta kategori cacat sudah ditentukan oleh PT.PAL dan dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Jenis Cacat	Definisi Operasional	Batas Spesifikasi	Bobot	Kategori Cacat
Crack (CR)	Cacat *Crack* disebabkan oleh keretakan pada las akibat tegangan bahan.	0 mm	0,4	Kelas A - Sangat Serius

Jenis Cacat	Definisi Operasional	Batas Spesifikasi	Bobot	Kategori Cacat
Incomplete Penetration (IP)	Cacat *In Complete Penetration* disebabkan oleh penembusan yang tidak sempurna atau garis lurus hitam di tengah-tengah jalur las sekitar sumbu las.	t/2 atau 25mm	0,3	Kelas B - Serius
Incomplete Fusion (IF)	Hasil pengelasan yang tidak dikehendaki karena ketidaksempurnaan proses penyambungan antara logam las dan logam induk	t/2 atau 25mm		
Lack of Fusion (LOF)	Cacat *Lack of Fusion d*isebabkan oleh penggabungan logam pengisi dan logam asal yang tidak sempurna.	t/2 atau 25mm		
Slag Line (SL)	Cacat *Slag Line* terjadi akibat terak las yang terperangkap dalam endapan las yang membentuk garis memanjang yang tidak beraturan.	t/2 atau 25mm	0,2	Kelas C - Cukup Serius
Slag Inclusion (SI)	Cacat *Slag Inclusion* terjadi akibat adanya terak las yang terperangkap dalam endapan las yang membentuk plot dapat terjadi karena pada permukaan yang akan dilas masih terdapat kotoran.	t/2 atau 25mm		

Jenis Cacat	Definisi Operasional	Batas Spesifikasi	Bobot	Kategori Cacat
Porosity (POR)	Cacat *Porosity* terjadi akibat adanya pori-pori didalam las atau pada permukaan las. Disebabkan karena dalam logam yang cair terbentuk gas.	8%	10%	Kelas D – Tidak Serius

Sumber: PT.PAL (Persero), Surabaya

3.3 Struktur Data

Struktur data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data

Sub Group (Tanggal)	Sampel	Jenis Cacat			
		Kelas A	Kelas B	Kelas C	Kelas D
Observasi ke-1	1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}
Observasi ke-2	2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}
⋮	⋮	...	...	...	...
Observasi ke-16	396	c_{m1}	c_{m2}	c_{m3}	c_{m4}

3.4 Langkah Analisis

Metode analisis yang digunakan untuk menjawab tujuan adalah analisis kapabilitas proses dengan langkah analisis sebagai berikut.

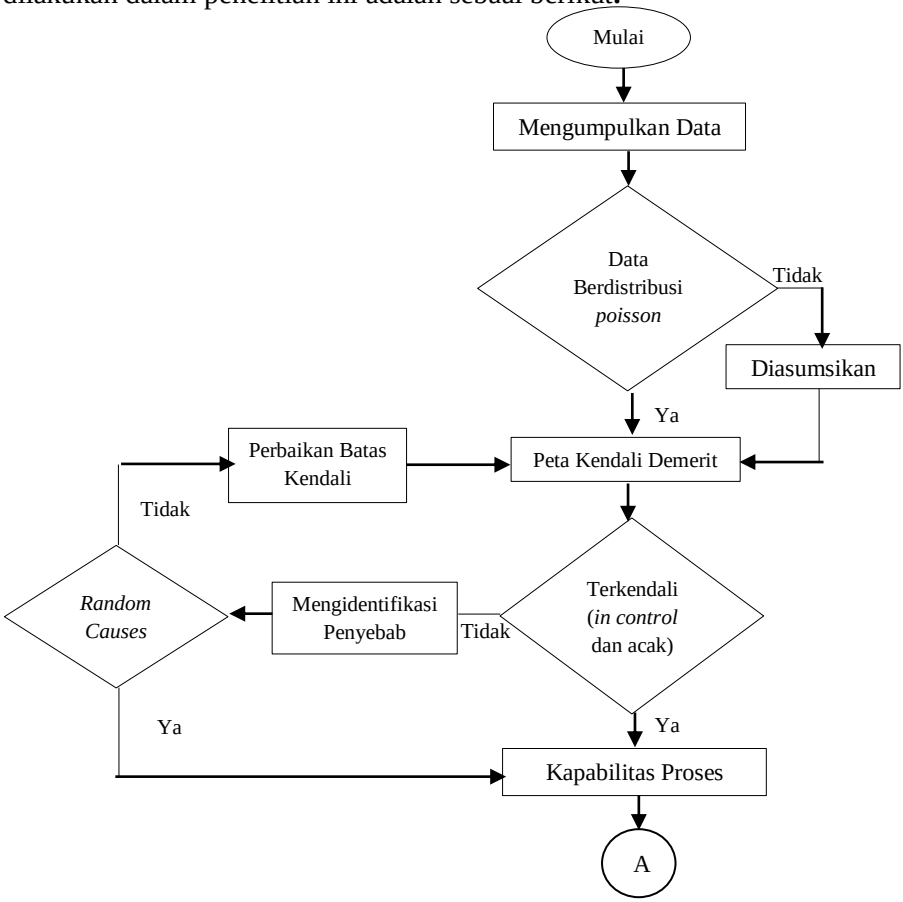
1. Merumusan masalah dan menentukan tujuan penelitian
2. Melakukan pengumpulan data
3. Membuat peta kendali demerit
   a. Melakukan pengujian distribusi *poisson*
   b. Membuat peta kendali demerit

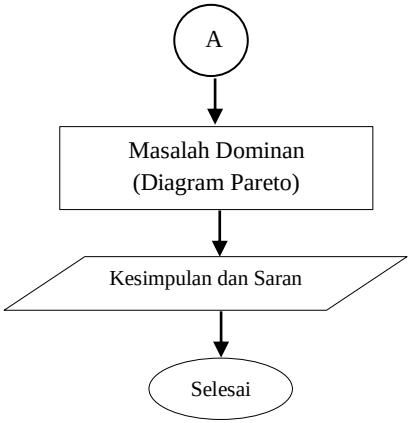
c. Jika tidak terkendali secara statistik maka akan dilakukan pengidentifikasian penyebab terhadap data yang keluar dari batas kendali.
d. Melakukan pengujian keacakan

4. Menentukan kapabilitas untuk mengetahui proses telah kapabel atau tidak.
5. Membuat diagram pareto untuk mengetahui jenis cacat pada proses *welding* CWP I yang paling dominan.
6. Menarik kesimpulan dan saran

3.5 Diagram Alir

Diagram alir berdasarkan langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebaai berikut.




A
Masalah Dominan
(Diagram Pareto)
Kesimpulan dan Saran
Selesai

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan dijelaskan mengenai analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian ini yaitu menganalisis kapabilitas proses *welding* (pengelasan) pada sambungan dan mengidentifikasi jenis cacat paling dominan pada produk CWP I. Analisis yang dilakukan adalah menguji apakah data berdistribusi poisson atau tidak, membuat peta kendali, menguji keacakan data, analisis kapabilitas, dan mengidentifikasi cacat paling dominan dengan menggunakan diagram pareto.

4.1 Pengujian Distribusi Poisson

Pengujian distribusi poisson dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi poisson atau tidak. Hasil analisis pengujian distribusi poisson pada jumlah cacat proses *welding* CWP I menggunakan data pada Lampiran 1 adalah sebagai berikut.

H_0 : Jumlah cacat proses *welding* CWP I berdistribusi poisson.

H_1 : Jumlah cacat proses *welding* CWP I tidak berdistribusi poisson.

Berdasarkan Persamaan 2.9 dan Lampiran 8 didapatkan nilai absolute atau D sebesar 0,266 kurang dari D_{tabel} sebesar 1,324 dan nilai *P-value* sebesar 0,209 lebih dari 0,05 maka dapat diambil keputusan gagal tolak H_0 yang dapat diartikan jumlah cacat proses *welding* CWP I berdistribusi poisson.

4.2 Peta Kendali Demerit

Peta kendali demerit merupakan peta kendali dimana jenis cacat dikategorikan menjadi beberapa kelas menurut tingkat kepentingan cacatnya yang artinya tidak semua kecacatan mempengaruhi produk dengan akibat yang sama. Pembobotan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Lampiran 2, dimana bobot kelas A yaitu 40%, kelas B yaitu 30%, kelas C 20%, dan kelas D yaitu 10%. Berdasarkan

pembobotan pada setiap kelas cacat tersebut, maka diperoleh nilai rata-rata tiap kelas ($\bar{u}_i$) dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Rata-rata Tiap Kelas

Kelas	$\bar{u}_i$
A	0
B	0,0227
C	0,0530
D	0,0479

Berdasarkan bobot yang sudah ditetapkan, maka nilai rata-rata($\bar{u}$) dan nilai σ menggunakan Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.6 adalah sebagai berikut.

$$\bar{u} = w_1\bar{u}_1 + w_2\bar{u}_2 + w_3\bar{u}_3 + w_4\bar{u}_4$$
$$= 0{,}4x0 + 0{,}3x0{,}0227 + 0{,}2x0{,}0530 + 0{,}1x0{,}0479$$
$$= 0{,}0222$$

Dan

$$\hat{\sigma}_i = \sqrt{\frac{w_1^2\bar{u}_1 + w_2^2\bar{u}_2 + w_3^2\bar{u}_3 + w_4^2\bar{u}_4}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0{,}4^2 \times 0) + (0{,}3^2 \times 0{,}0227) + (0{,}2^2 \times 0{,}0530) + (0{,}1^2 \times 0{,}0479)}{396}}$$

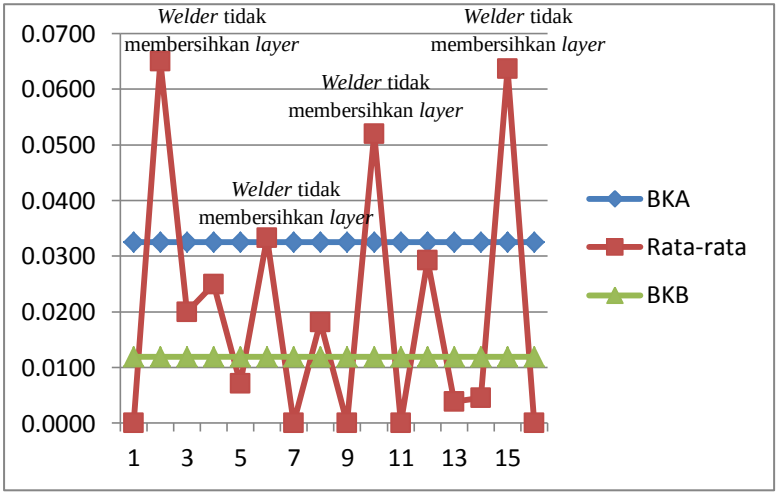
$$= \sqrt{\frac{46{,}46465}{396}} = 0{,}003424$$

Dari nilai $\hat{\sigma}_i$ yang diperoleh , maka dapat diketahui nilai Batas Kendali Atas (BKA), dan Batas Kendali Bawah (BKB) peta kendali demerit pada proses *welding* CWP I adalah sebagai berikut sesuai dengan Persamaan 2.5.

$$BKA = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i = 0{,}0222 + (3 \times 0{,}003424) = 0{,}0324$$

$$BKB = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_i = 0{,}0222 - (3 \times 0{,}003424) = 0{,}0119$$

Maka peta kendali demerit yang dihasilkan dari data proses *welding* CWP I adalah sebagai berikut.



Gambar 4.1 Peta Kendali Demerit *Welding* CWP I

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa terdapat 11 pengamatan yang keluar dari batas kendali namun yang diketahui penyebabnya adalah pengamatan ke-2, 6, 10, dan 15 yang disebabkan oleh *assignable causes* yaitu *welder* tidak membersihkan *layer*, maka data tersebut harus dihilangkan, sehingga harus dilakukan iterasi dengan membuat peta kendali. Setelah dilakukan iterasi yang ke-1 pada Lampiran 4 didapatkan hasil masih terdapat 4 pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu pada tanggal 02 Juli 2018, 11 Juli 2018, 17 Juli 2020, dan 26 Juli 2018. Sehingga , dilakukan iterasi yang ke-2 untuk membuat peta kendali dengan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 4.2 Rata-rata Tiap Kelas Setelah Iterasi

Kelas	$\bar{u}_i$
A	0
B	0,0048
C	0,0097
D	0,0242

Selanjutnya menghitung nilai $\bar{u}$ menggunakan Persamaan 2.4 sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\bar{u} = w_1\bar{u}_1 + w_2\bar{u}_2 + w_3\bar{u}_3 + w_4\bar{u}_4$$
$$= 0{,}4x0 + 0{,}3x0{,}0048 + 0{,}2x0{,}0097 + 0{,}1x0{,}0242$$
$$= 0{,}3059$$

Dan nilai $\hat{\sigma}_i$ berdasarkan Persamaan 2.6 adalah sebagai berikut.

$$\hat{\sigma}_i = \sqrt{\frac{w_1^2\bar{u}_1 + w_2^2\bar{u}_2 + w_3^2\bar{u}_3 + w_4^2\bar{u}_4}{n}}$$
$$= \sqrt{\frac{(0{,}4^2 \times 0) + (0{,}3^2 \times 0{,}0048) + (0{,}2^2 \times 0{,}0097) + (0{,}1^2 \times 0{,}0242)}{207}}$$

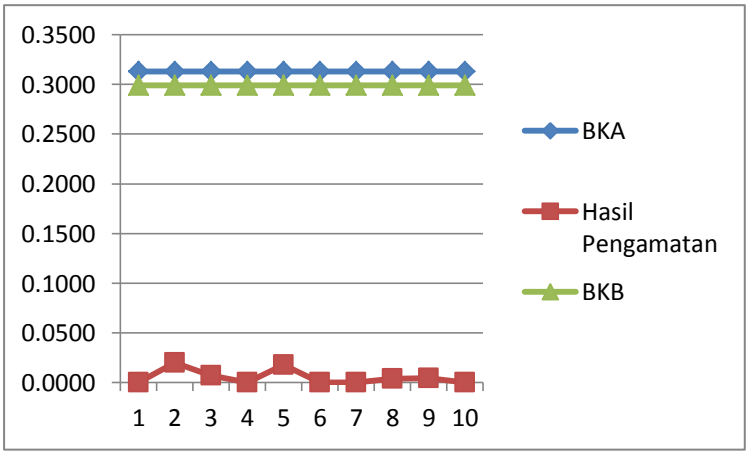
$$= \sqrt{\frac{0{,}0011}{207}} = 0{,}0023$$

Peta kendali demerit iterasi 2 menggunakan batas kendali sebagai berikut dengan menggunakan persamaan 2.5.

$$BKA = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i = 0{,}3059 + (3 \times 0{,}0023) = 0{,}3128$$

$$BKB = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i = 0{,}3059 - (3 \times 0{,}0023) = 0{,}2992$$

Sehingga peta kendali demerit yang terbentuk adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Peta Kendali Demerit *Welding* CWP I Setelah di Iterasi

Gambar 4.2 setelah dilakukan masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali yang disebabkan oleh *random causes*.

4.3 Pengujian Keacakan Data

Uji keacakan dilakukan untuk mengetahui apakah data terambil secara acak atau tidak. Hasil analisis uji keacakan untuk jumlah cacat proses *welding* CWP I adalah sebagai berikut.

H_0 : Jumlah cacat *welding* CWP I telah menyebar secara acak

H_1 : Jumlah cacat *welding* CWP I tidak menyebar secara acak

Berdasarkan Lampiran 6 didapatkan nilai r sebesar 1, dimana $r<r_{bawah}$ sebesar 2, maka diputuskan gagal tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan jumlah cacat *welding* CWP I telah menyebar secara acak dan sudah terkendali secara statistik dapat dilanjutkan pada langkah selanjutnya yaitu analisis kapabilitas.

4.4 Kapabilitas Proses

Perhitungan indeks kapabilitas proses *welding* CWP I digunakan untuk mengetahui apakah proses telah kapabel atau tidak. Hasil analisis indeks kapabilitas proses *welding* CWP I menggunakan Persamaan 2.13 adalah sebagai berikut.

$$\bar{u} = 0{,}3059$$

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

$$\hat{p}' = 1 - e^{-0{,}3059}$$

$$\hat{p}' = 1 - 0{,}7364$$

$$\hat{p}' = 0{,}2635$$

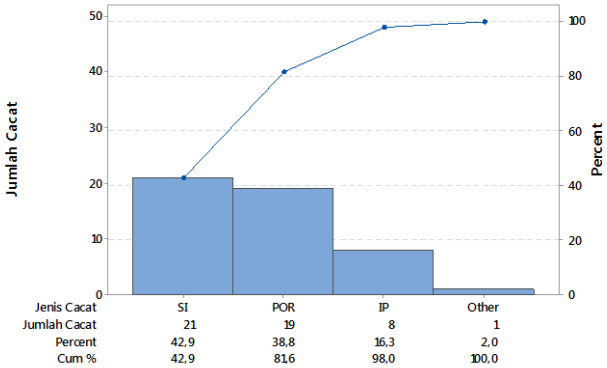
$$\hat{p}\,\overset{\%}{PK} = \frac{Z(0{,}6026)}{3} = 0{,}2008$$

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai kapabilitas proses *welding* CWP I yang diperoleh adalah sebesar 0,2008 atau tingkat kemampuan proses *welding* CWP I rendah yaitu sebesar 20,08%. Sehingga dapat disimpulkan

bahwa proses *welding* CWP I tidak kapabel hal ini dibuktikan dengan nilai $\hat{p}^{\%pk}$ <1.

4.5 Diagram Pareto Pada Proses *Welding* CWP I

Diagram pareto adalah metode pengorganisasian kesalahan, atau cacat untuk membantu memfokuskan pada usaha-usaha memecahkan masalah. Diagram ini digunakan untuk mengklasifikasikan masalah menurut sebab dan gejalanya. Berikut hasil analisis diagram pareto pada masing-masing cacat.



Gambar 4.3 Diagram Pareto Proses *Welding* CWP I

Dapat diketahui dari Gambar 4.3 bahwa 80% sambungan cacat disebabkan oleh 20% penyebab utama yaitu *Slag Inclusion* dengan jumlah frekuensi sebesar 21 sambungan yang disebabkan oleh *welder* tidak disiplin dalam pembersihan *layer*.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari analisis kapabilitas proses *welding* CWP I adalah sebagai berikut.

1. Hasil analisis kapabilitas proses setelah melalui beberapa tahapan, dimana diperoleh kesimpulan bahwa proses *welding* pembuatan CWP I tidak kapabel dengan nilai indeks sebesar 20,08 yang sebelumnya telah melalui proses iterasi sebanyak tiga kali dan pada peta kendali demerit didapatkan hasil proses sudah terkendali secara statistik.
2. Jenis cacat paling dominan pada proses *welding* CWP I adalah *Slag Inclusion* yang disebabkan oleh *welder* tidak disiplin dalam membersihkan *layer*.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka saran yang dapat diberikan kepada PT.PAL Indonesia (Persero) adalah memberikan pelatihan kepada *welder* agar mengurangi terjadinya cacat akibat manusia terutama dalam hal kebersihan, merawat mesin secara berkala, dan menyediakan fasilitas yang memadai agar *welder* dapat mengoptimalkan pengelasan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

Heizer, Jay dan Barry Render. 2008. *Manajemen Operasi (Buku 1 Edisi 9)*. Jakarta: Salemba Empat

Irwanto, M. Amin. 2017. *Analisis Kapabilitas Terhadap Proses Welding pada Proyek Pembuatan Kapal SSV2 PT.PAL Indonesia*. Surabaya: Tugas Akhir Statistika Bisnis ITS

Kariyani. 2018. *Analisis Kapabilitas Proses Welding Bentang Utama Jembatan di PT.PAL Indonesia (Persero)*. Surabaya: Tugas Akhir Statistika Bisnis ITS

Montgomery, Douglas C. 2013. *Introduction to Statistical Quality Control Seventh Edition*. New York

Naryono, dan Suharyadi I. 2012. *Analisa Pengelasan Dingin dengan Menggunakan Metode High Frequency Electrical Resistance Welding pada Proses Pembuatan Pipa Baja SKTM 13B*. Jakarta : Universitas Muhammadiyah

Santoso, Singgih. 2009. *Panduan Lengkap Menguasai Statistik dengan SPSS 17*. Jakarta :PT Elex Meida Komputindo.

Walpole, Ronald E. 2012. *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT.Gramedia

Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, T. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: pradnya paramita.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Jenis Cacat Proses *Welding* CWP I

Tanggal	Join	Repair	Jenis Cacat			
			A	B	C	D
30’06’18	18	0	0	0	0	0
02’07’18	20	6	0	3	1	2
03’07’18	20	2	0	1	0	1
04’07’18	28	5	0	1	0	4
10’07’18	28	2	0	0	0	2
11’07’18	36	9	0	0	3	6
12’07’18	45	0	0	0	0	0
14’07’18	22	2	0	0	2	0
15’07’’18	8	0	0	0	0	0
17’07’18	25	6	0	1	5	0
19’07’18	14	0	0	0	0	0
20’07’18	58	8	0	1	7	0
24’07’18	26	1	0	0	0	1
25’07’18	22	1	0	0	0	1
26’07’18	22	7	0	2	3	2
28’07’18	4	0	0	0	0	0
Total	396	49	0	9	21	19
		$\bar{u}_i$	0	0,0227	0,0530	0,0479
		$\bar{u}_i$*bobot	0	0,6818	1,0606	0,4797
		$\bar{u}$	2,2222			

Lampiran 2. Perhitungan Bobot Tiap Kelas

Kelas	Peringkat	Score	Bobot
A	1	4	$\frac{4}{10} x100\% = 40\%$
B	2	3	$\frac{3}{10} x100\% = 30\%$
C	3	2	$\frac{2}{10} x100\% = 20\%$
D	4	1	$\frac{1}{10} x100\% = 10\%$

Lampiran 3. Perhitungan Manual Peta Kendali Demerit

Di	BKA	$\bar{u}_i$	BKB	σ
0	0.070422	0	-0.0260	0.0161
1.3	0.067949	0.065	-0.0235	0.0152
0.4	0.067949	0.02	-0.0235	0.0152
0.7	0.060868	0.025	-0.0164	0.0129
0.2	0.060868	0.007142857	-0.0164	0.0129
1.2	0.056305	0.033333333	-0.0119	0.0114
0	0.052707	0	-0.0083	0.0102
0.4	0.065821	0.018181818	-0.0214	0.0145
0	0.094522	0	-0.0501	0.0241
1.3	0.063121	0.052	-0.0187	0.0136
0	0.076876	0	-0.0324	0.0182
1.7	0.049074	0.029310345	-0.0046	0.0090
0.1	0.062327	0.003846154	-0.0179	0.0134
0.1	0.065821	0.004545455	-0.0214	0.0145
1.4	0.065821	0.063636364	-0.0214	0.0145
0	0.12447	0	-0.0800	0.0341

Lampiran 4. Perhitungan Manual Peta Kendali Demerit Iterasi 1

Di	BKA	$\bar{u}_i$	BKB	σ
0	0.0503	0	-0.0258	0.0127
0.4	0.0484	0.02	-0.0238	0.0120
0.7	0.0428	0.025	-0.0182	0.0102
0.2	0.0428	0.0071	-0.0182	0.0102
0	0.0364	0	-0.0118	0.0080
0.4	0.0467	0.0182	-0.0221	0.0115
0	0.0694	0	-0.0448	0.0190
0	0.0554	0	-0.0309	0.0144
1.7	0.0335	0.0293	-0.0089	0.0071
0.1	0.0439	0.0038	-0.0194	0.0106
0.1	0.0467	0.0045	-0.0221	0.0115
0	0.0930	0	-0.0684	0.0269

Lampiran 5. Perhitungan Manual Peta Kendali Demerit Iterasi 2

Di	BKA	$\bar{u}_i$	BKB	σ
0	0.3396	0	0.2723	0.0112
0.4	0.3379	0.02	0.2740	0.0106
0.2	0.3329	0.0071	0.2790	0.0090
0	0.3272	0	0.2847	0.0071
0.4	0.3364	0.0182	0.2755	0.0101
0	0.3564	0	0.2555	0.0168
0	0.3441	0	0.2678	0.0127
0.1	0.3340	0.0038	0.2780	0.0093
0.1	0.3364	0.0045	0.2755	0.0101
0	0.3774	0	0.2346	0.0238

Lampiran 6. *Output Software* Uji Keacakan

Runs Test

	JumlahCacat
Test Value[a]	,00[b]
Cases < Test Value	0
Cases >= Test Value	8
Total Cases	8
Number of Runs	1[c]

a. Median
b. All values are greater than or less than the cutoff. Runs Test cannot be performed.
c. Only one run occurs. Runs Test cannot be performed.

Lampiran 7. *Output Software* Distribusi Poisson

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		JumlahCacat
N		16
Poisson Parameter[a,b]	Mean	3,06
Most Extreme Differences	Absolute	,266
	Positive	,266
	Negative	-,222
Kolmogorov-Smirnov Z		1,063
Asymp. Sig. (2-tailed)		,209

a. Test distribution is Poisson.
b. Calculated from data.

Lampiran 8. Bukti Penerimaan Pengambilan Data

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
Telp. : 031-594 5352, 031-599 4251 Fax : 031-593 7940 PABX: 1213, 1214
http. www.b-stat.its.ac.id

SURAT KETERANGAN
Nomor : 081015/IT2.VI.8.6 /TU.00.08/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si
NIP	: 19740328 199802 1 001
Pangkat/Gol	: Penata Tingkat I - III/d
Jabatan	: Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS

Menerangkan dengan,sebenarnya, bahwa yang tersebut dibawah ini :

Nama	: ANIS KUSUMA WARDANI
NRP	: 10611600000106
Program Studi	: Diploma Tiga (D III)

adalah mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi - ITS sejak Semester Gasal 2016/2017 dan sampai dengan Semester Gasal 2018/2019 masih aktif dan tercatat sebagai mahasiswa di Semester V. Pada saat ini mahasiswa tersebut sedang menyelesaikan akhir studi dan diwajibkan untuk melakukan Tugas Akhir (TA).

Maka surat keterangan ini kami buat untuk mohon ijin mencari informasi dalam mendapatkan tempat untuk TA mahasiswa kami di Instansi/Departemen/Perusahaan yang dikunjunginya, dan jika ada kepastian mendapatkan ijin melakukan TA, maka akan dibuatkan surat ijin lebih lanjut.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

TUGAS AKHIR.
u/ BULAN FEB 2019
KADER ANAK GE
Acc
RUSAEFUL ARIEF, ST

13 November 2018
Kepala,

Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001

BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Anis Kusuma Wardani atau biasa dipanggil Anis, saya lahir di kota pahlawan yaitu kota Surabaya pada tanggal 12 Maret 1997. Pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis diantaranya adalah di TK Kihajar Dewantara, SDN Menur Pumpungan Surabaya, SMPN 39 Surabaya, SMAN 20 Surabaya, dan sekarang sedang menempuh pendidikan di Departemen Statistika Bisnis Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama berkuliah, penulis aktif dalam berorganisasi diantaranya yaitu sebagai Staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HIMADATA–ITS 2017/2018, *Steering Commite* HIMADATA-ITS 2018 dan Kabinet Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HIMADATA–ITS 2018/2019. Segala kritik, saran, dan pertanyaan untuk penulis dapat dikirimkan melalui alamat email aniskusuma17@gmail.com atau bisa juga menghubungi di nomor HP 089-79293116. Terimakasih.