



TUGAS AKHIR SS - 145561

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES *WELDING*
BENTANG UTAMA JEMBATAN DI
PT.PAL INDONESIA (PERSERO)**

Kariyani
NRP 10611500000035

Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR SS - 145561

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES *WELDING*
BENTANG UTAMA JEMBATAN DI
PT.PAL INDONESIA (PERSERO)**

Kariyani
NRP 10611500000035

Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT SS - 145561

**CAPABILITY PROCESS ANALYSIS OF
THE MAIN SPAN BRIDGE'S WELDING IN
PT.PAL INDONESIA (PERSERO)**

Kariyani
NRP 10611500000035

Supervisor
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

Study Programme of Diploma III
Department of Business Statistics
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES
WELDING BENTANG UTAMA JEMBATAN
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

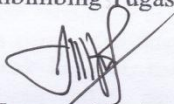
Oleh :

Kariyani

NRP 10611500000035

SURABAYA, 31 MEI 2018

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 *WELDING* BENTANG UTAMA JEMBATAN DI PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

Nama : Kariyani
NRP : 1061150000035
Departemen : Statistika Bisnis FV ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

Abstrak

PT.PAL Indonesia (Persero) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri perkapalan, dimana produk utamanya proyek pembuatan kapal. Pada tahun 2016 PT. PAL Indonesia (Persero) menerima proyek bentang utama Jembatan Holtekamp Papua. Proses *welding* adalah bagian proses produksi yang cukup penting sebab jika terjadi cacat pada proses akan mempengaruhi kualitas. Jenis cacat yang mungkin terjadi pada proses *welding* yaitu *Crack*, *Incomplete Penetration*, *Lack of Fusion*, *Slag Line*, *Slag Inclusion*, *Porosity* dan *Clustered Porosity*. Selama ini pengendalian kualitas yang telah dilakukan oleh perusahaan hanyalah dengan menyajikan persentase cacat dalam bentuk grafik, sehingga masih belum dapat diketahui apakah proses tersebut telah terkendali dan kapabel. Pada penelitian ini ingindiketau kapabilitas, level sigma proses *welding* dan faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya cacat dengan menggunakan petakendali demerit, diagram pareto dan diagram ishikawa. Hasilnya menunjukkan bahwa proses tidak kapabel, hal ini ditunjukkan dengan indeks kapabilitas ($P_{PK}^{\%}$) sebesar 0,025, dan diperoleh level sigma sebesar $3,225 \sigma$ serta penyebab terjadinya cacat yaitu dipengaruhi oleh kelalaian membersihkan medan las, psikologi *welder* karena proses *welding* dilakukan di ketinggian, *wayer rod* terlalu lembab, baja terkena hujan dan penerangan yang kurang.

Kata Kunci : Bentang Utama, Kapabilitas, Pengendalian Kualitas, *Welding*

CAPABILITY PROCESSANALYSIS OF THE MAIN SPANBRIDGE'S WELDING IN PT.PAL INDONESIA (PERSERO)

Name : Kariyani
NRP : 1061150000035
Department : Bussines StatisticsFV ITS
Academic Supevisor : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

Abstract

PT.PAL Indonesia (Persero) is one of the companies engaged in the shipping industry, where the main product shipbuilding project, but also receives the project Holtekamp Papua's Main Span. Welding process is the most important part of the production process, because if there is a defect in the process will affect the quality. The types of defects that may occur in the welding process are Crack, Incomplete Penetration, Lack of Fusion, Slag Line, Slag Inclusion, Porosity and Clustered Porosity. So far, the quality control that has been done by the company is only to present the percentage of defects in the graphs, so it still can't be known whether the process has been controlled and capable. In this research, we want to know the capability and sigma level of the welding process and what factors are causing the defect by using demerit control chart, pareto diagram and fish bone diagram. The result shows that capability is not capable, this is indicated by capability index ($P_{PK}^{\%}$) is 0.025, while the sigma level is $3,225\sigma$ and the root cause of the defect is influenced by several factors such as neglect to clean the welding field, welder pscology because the welding process is done at altitude, wayer rodis too moist, steel exposed to rain, and lack of lighting.

Keyword : Capabilities, Main Span, Quality Control, Welding

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Hidayah dan Karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kapabilitas Proses *Welding* Bentang Utama Jembatan di PT.PAL Indonesia (PERSERO)**” untuk memenuhi persyaratan akademik di Departemen Statistika Bisnis Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, karena berkat campur tangan pihak-pihak tersebut laporan ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak diantaranya :

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan dan selalu memberi motivasi agar segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dra. Destri Susilaningrum, M.Si selaku dosen wali, dosen penguji, dan validator yang telah memberikan saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini
3. Ibu Noviyanti Santoso, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS.
5. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS.
6. Seluruh dosen Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah sabar mendidik penulis selama menjadi mahasiswa dan karyawan Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS.

7. Bapak Drs. Poendjoel Karjono selaku Kepala Departemen Diklat & Renbang SDM PT. PAL Indonesia (PERSERO)
8. Bapak Rusaeful Arief, ST selaku Kepala Departemen QA/QC Rekayasa Umum Divisi Jaminan Kualitas dan Standarisasi PT. PAL Indonesia (PERSERO)
9. Bapak Fadjar Nurcahyo selaku pembimbing lapangan selama penelitian di PT PAL Indonesia (PERSERO)
10. Seluruh karyawan di Departemen QA/QC Rekayasa Umum Divisi Jaminan Kualitas dan Standarisasi PT. PAL Indonesia (PERSERO).
11. Orang tua dan keluarga yang selalu memberi dorongan, motivasi dan doa yang berharga.
12. Seluruh teman-teman satu pembimbingan yang selalu mengingatkan dan saling membantu disaat ada kendala dalam penulisan Tugas Akhir.
13. Fina, dan Faza yang sering menemani penulis mengurus keperluan Tugas Akhir
14. Teman-teman Statistika Bisnis khususnya angkatan 2015 (Heroes) yang telah membantu dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.
15. Fungsionaris HIMADATA-ITS 2017/2018 khususnya Departemen PSDM yang senantiasa memberikan semangat
16. Teman-teman Cahyadewangkara yang saling memotivasi untuk lulus bersama-sama di Wisuda 118.
17. Seluruh kakak tingkat yang mau membagikan ilmunya demi kelancaran Tugas Akhir ini.

Harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir yang telah penulis susun dapat bermanfaat bagi Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS, PT. PAL Indonesia (PERSERO), penulis dan juga semua pembacanya. Tak lupa penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dalam laporan yang telah penulis susun. Atas perhatian dan dukungannya penulis sampaikan ucapan terima kasih.

Surabaya, 31 Mei 2018

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--------------------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| TITLE PAGE | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Permasalahan | 2 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Manfaat..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Peta Kendali | 5 |
| 2.1.1 Peta Kendali Demerit | 5 |
| 2.1.2 Keacakan Data..... | 7 |
| 2.2 Kapabilitas Proses | 8 |
| 2.3 <i>Six Sigma</i> | 9 |
| 2.3.1 <i>Define</i> | 9 |
| 2.3.2 <i>Measure</i> | 9 |
| 2.3.3 <i>Analyze</i> | 10 |
| 2.4 Diagram Pareto..... | 11 |
| 2.5 Diagram <i>Ishikawa</i> | 12 |
| 2.6 <i>Welding</i> (Pengelasan)..... | 13 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1 Sumber Data..... | 15 |
| 3.2 Pengambilan Sampel..... | 15 |
| 3.3 Variabel Penelitian | 15 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 3.4 | Struktur Data | 16 |
| 3.5 | Metode dan Langkah Analisis | 17 |
| BAB IV | ANALISIS DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 | Tahap <i>Define</i> | 19 |
| 4.2 | Tahap <i>Measure</i> | 20 |
| 4.2.1 | Identifikasi CTQ (<i>Critical to Quality</i>) | 20 |
| 4.2.2 | Kapabilitas Proses Hasil <i>Welding</i> bentang Utama Jembatan | 21 |
| 4.2.3 | Menentukan Level Sigma Hasil, <i>welding</i> Bentang Utama Jembatan..... | 24 |
| 4.3 | Tahap <i>Analyze</i> | 25 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 27 |
| 5.2 | Saran..... | 27 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 29 |
| | LAMPIRAN | 31 |
| | BIODATA PENULIS | 45 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Organisasi Data | 7 |
| Tabel 3.1 Variabel Penelitian | 16 |
| Tabel 3.2 Struktur Data | 17 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Diagram Pareto..... | 11 |
| Gambar 2.2 Diagram <i>Ishikawa</i> | 12 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir | 18 |
| Gambar 4.1 Jumlah Cacat Hasil <i>Welding</i> | 19 |
| Gambar 4.2 Diagram SIPOC..... | 20 |
| Gambar 4.3 Diagram Pareto Cacat <i>Welding</i> | 21 |
| Gambar 4.4 Peta Kendali Demerit Bentang Utama Jembatan | 22 |
| Gambar 4.5 Peta Kendali Demerit Bentang Utama Jembatan Iterasi I..... | 23 |
| Gambar 4.6 Diagram <i>Ishikawa</i> Cacat <i>Welding</i> | 25 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1 Data Jenis Cacat <i>Welding</i> Bentang Utama Jembatan Holtekamp Papua | 31 |
| Lampiran 2 <i>Output</i> Pengujian Keacakan Data | 32 |
| Lampiran 3 Pembobotan Setiap Kelas Cacat | 33 |
| Lampiran 4 Perhitungan Manual Batas Kendali pada Peta Kendali Demerit | 34 |
| Lampiran 5 Perhitungan Manual Batas Kendali pada Peta Kendali Demerit Iterasi I | 35 |
| Lampiran 6 Tabel Kritis Atasuntuk r dalam Uji Rangkaian.... | 36 |
| Lampiran 7 Tabel Kritis Bawahuntuk r dalam Uji Rangkaian..... | 37 |
| Lampiran 8 Tabel Distribusi Normal Standar..... | 38 |
| Lampiran 9 Surat Penerimaan dari Perusahaan | 41 |
| Lampiran 10 Surat Pernyataan Keaslian Data | 42 |
| Lampiran 11 Dokumentasi Bentang Utama Jembatan Holtekamp Papua | 43 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kualitas merupakan faktor utama bagi konsumen dalam menentukan keputusan untuk membeli suatu barang atau jasa. Untuk menjaga kualitas dan menghindari kegagalan produk, perusahaan melakukan pengendalian kualitas. Apabila dalam suatu proses ditemukan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan maka akan dilakukan perbaikan.

PT. PAL Indonesia (Persero) merupakan suatu perusahaan yang bergerak di bidang industri perkapalan, dimana produk yang dihasilkan antara lain Kapal Perang, Kapal Tanker, Kapal Niaga, Kapal Selam, dan menerima jasa perbaikan dan pemeliharaan kapal. Tahun 2016 menerima proyek diluar kapal, yaitu berupa bentang utama Jembatan Holtekamp Papua, yang merupakan salah satu proyek pembangunan Indonesia bertujuan untuk memangkas jarak tempuh antara Kota Jayapura dengan Muara Tumi. Bentang utama jembatan sepanjang 400 meter digunakan sebagai tumpuan berdirinya suatu jembatan dimana komponen utamanya adalah baja, oleh karena itu diperlukan *welding* untuk menyambungannya.

Sebagai perusahaan yang dikenal memiliki kualitas *welding* yang baik, PT.PAL Indonesia (Persero) tentunya harus menjaga kualitasnya. Pada kenyataannya di setiap proses *welding* yang dilakukan masih ditemukan cacat, dimana jenis cacat diklasifikasikan menjadi *Crack, Incomplete Penetration, Lack of Fusion, Slag Line, Slag Inclusion, Porosity* dan *Clustered Porosity*.

Hasil *welding* dideteksi dengan menggunakan NDT (*Non Destructive Test*) yaitu untuk mendeteksi cacat tanpa merusak materialnya. NDT dibedakan menjadi *liquid penetrant inspection, acoustic emissio, eddy current, x-ray, visual test,*

magnetic particle inspection, dan *ultrasonic inspection*. Cara yang digunakan pada pendeteksian cacat pada hasil *welding* bentang utama jembatan ini adalah *ultrasonic inspection* atau *ultrasonic test*. Hasil dari pendeteksian cacat tersebut kemudian di analisis untuk mengetahui stabilitas proses *welding*.

Analisis statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui stabilitas proses *welding* adalah analisis kapabilitas proses, dengan syarat proses harus terkendali secara statistik. Hasil dari pemeriksaan *welding* yang dilakukan perusahaan selama ini masih disajikan dalam bentuk grafik, sehingga belum dapat digunakan untuk membuat suatu keputusan proses tersebut telah kapabel atau belum.

Penelitian sebelumnya di PT. PAL Indonesia (Persero) dengan pengendalian kualitas pernah dilakukan oleh Arisyah (2010) pada pembuatan Kapal *Chemical Tanker* M000241 menunjukkan bahwa masih banyak ditemukan produk cacat dan proses belum kapabel, dengan jenis cacat yang paling dominan adalah *porosity*. Sary (2010) pada pembuatan Kapal *Chemical Tanker / Duplex* M000259 menunjukkan bahwa proses telah kapabel. Selain itu Irwanto (2017) mengenai pada proses pengelasan Kapal SSV2 hasilnya tidak kapabel, dan faktor penyebab terjadinya cacat adalah faktor manusia (*welder*), material dan lingkungan.

1.2 Rumusan Permasalahan

PT. PAL Indonesia (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri perkapalan, tetapi pada kenyataannya, pada tahun 2016 menerima proyek diluar kapal. Proyek tersebut adalah Jembatan Holtekamp yang merupakan penghubung antara kota Jayapura dengan Muara Tumi, dimana bagian yang paling penting dari jembatan adalah bentang utama karena menjadi tumpuan berdirinya jembatan. Dalam perakitan bentang utama tersebut diperlukan *welding* yang baik. Untuk mengetahui kesesuaian hasil *welding* maka perlu dilakukan analisis secara statistik. Pada kenyataannya selama ini perusahaan hanya

melakukan analisis dengan cara menampilkan persentase cacat dalam bentuk grafik, sehingga belum dapat diketahui apakah proses *welding* telah kapabel, oleh karena itu pada penelitian ini ingin mengetahui apakah proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan telah kapabel dan apakah level sigma yang diperoleh telah memenuhi ataupun mendekati *six sigma*. Selain itu pada proses *welding* masih sering ditemukan cacat sehingga perlu dilakukan analisis penyebab terjadinya cacat.

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya maka diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mengetahui apakah proses *welding* pada pembuatan bentang utama Jembatan Holtekamp sudah kapabel.
2. Mengetahui level sigma dari *welding* pada pembuatan bentang utama Jembatan Holtekamp.
3. Mengetahui penyebab terjadinya cacat pada pembuatan bentang utama Jembatan Holtekamp.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu perusahaan dapat menggunakan saran-saran perbaikan dari penelitian ini guna meminimalisir variabelitas cacat pada proyek selanjutnya untuk meningkatkan kualitas *welding* yang ada di PT.PAL Indonesia (Persero).

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini antara lain :

1. Objek yang diteliti adalah bentang utama Jembatan Holtekamp Papua.
2. Teknik pengelasan (*welding*) yang digunakan untuk merakit adalah FCAW (*Flux Cored Arc Welding*).
3. *Welding* yang diamati pada penelitian ini hanya *welding* yang memiliki kesulitan tinggi atau kritis *welding*.

4. Tahapan *six sigma* yang digunakan hanya DMA (*Define, Measure, Analyze*), hal ini dikarenakan proyek yang digunakan merupakan proyek yang tidak diulang, sehingga tidak dapat dilakukan *improvement control*.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Peta Kendali

Peta kendali adalah suatu gambar yang terdiri dari batas kendali atas (BKA), batas kendali bawah (BKB) yang menggambarkan penyebaran kualitas hasil produksi. Batas kendali digunakan untuk mengetahui proses tersebut telah terkendali atau tidak. Batas kendali ditentukan berdasarkan hasil proses produksi. 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.

Peta kendali atribut digunakan untuk mengendalikan kualitas produk pada suatu proses produksi yang memiliki variabel kualitas yang tidak dapat di ukur hanya membedakan cacat dan tidak cacat. Salah satu peta kendali atribut yaitu peta kendali demerit (Montgomery, 2013).

2.1.1 Peta Kendali Demerit

Dalam proses produksi seringkali ditemukan ketidaksesuaian atau cacat. Tidak semua jenis cacat memiliki pengaruh yang sama terhadap produk. Dalam kondisi seperti ini, maka jenis cacat tersebut perlu diklasifikasikan menurut tingkat keparahannya. Cara yang digunakan untuk melakukan pengendalian kualitas jika terjadi kasus seperti ini yaitu menggunakan peta kendali demerit. Menurut Montgomery (2013) klasifikasi tingkat keparahan jenis cacat adalah sebagai berikut.

1. Cacat kelas 1 (sangat serius) : merupakan suatu cacat yang tidak mudah untuk diperbaiki atau akan menyebabkan cedera atau kerusakan
2. Cacat kelas 2 (serius) : merupakan suatu cacat yang menyebabkan masalah operasi serius yang tidak sedikit atau akanmenambah biaya perawatan

3. Cacat kelas 3 (sedang) : merupakan suatu cacat yang menyebabkan masalah yang kurang serius dari kegagalan proses
4. Cacat kelas 4 (tidak serius) : merupakan cacat kecil dan tidak mempengaruhi kegunaan produk

Asumsi dari peta kendali demerit adalah independen dan terjadinya cacat di setiap tingkatan berdistribusi *poisson*. Untuk menentukan batas kendali maka dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

$$\begin{aligned} BKA &= \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i \\ \text{Garis Tengah} &= \bar{u} \\ BKB &= \bar{u} - 3\hat{\sigma}_i \end{aligned} \quad (2.1)$$

dimana,

$$\bar{u} = \sum_{i=1}^n w_i c_i \quad (2.2)$$

$$\hat{\sigma}_i = \sum_{i=1}^n w_i^2 c_i \quad (2.3)$$

Untuk menentukan jumlah sambungan cacat per unit dapat dilihat pada Persamaan 2.2

$$u_i = \frac{D}{n} \quad (2.4)$$

dimana, $D = \sum_{i=1}^n d_i$ (2.5)

Organisasi data untuk peta demerit dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Organisasi Data

| <i>Subgrup</i> | N | Karakteristik Kualitas | | | | (d _i) | u _i |
|----------------|----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|
| | | <i>Kelas 1</i> | <i>Kelas 2</i> | <i>Kelas 3</i> | <i>Kelas 4</i> | | |
| Observasi ke-1 | n ₁ | U ₁₁ | C ₁₂ | C ₁₃ | C ₁₄ | d ₁ | u ₁ |
| Observasi ke-2 | n ₂ | U ₂₁ | C ₂₂ | C ₂₃ | C ₂₄ | d ₂ | u ₂ |
| Observasi ke-3 | n ₃ | U ₃₁ | C ₃₂ | C ₃₃ | C ₃₄ | d ₃ | u ₃ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Observasi ke-i | n _i | C _{i1} | C _{i2} | C _{i3} | C _{i4} | d _i | u _i |

Keterangan:

d : Jumlah cacat terbobot pada setiap subgrup

c_i : jumlah cacat pada setiap kelas

w_i : bobot setiap kelas

n : jumlah sampel yang diamati

2.1.2 Kecacatan Data

Pengambilan sampel untuk pengendalian kualitas harus dilakukan dengan cara yang acak. Pola kecacatan yang kurang acak mungkin saja menunjukkan bahwa proses produksi kurang pengawasan. Uji kecacatan digunakan untuk menguji apakah sampel yang diambil untuk mengetahui pola kecacatan telah diambil secara acak atau random.

Daniel (1989) mengatakan bahwa data yang akan dilakukan analisis dicatat berdasarkan urutan diperolehnya. Berikut merupakan hipotesis yang digunakan dalam uji kecacatan.

Hipotesis:

H₀ : Data pengamatan telah diambil secara acak dari suatu populasi

H₁ : Data pengamatan telah diambil secara tidak acak dari suatu populasi

H₀ ditolak pada taraf signifikan α apabila, $r < r_{\text{bawah}}$ atau $r > r_{\text{atas}}$. r_{bawah} dan r_{atas} diperoleh dari tabel kritis r pada Lampiran 6 dan Lampiran 7. n₁ merupakan banyaknya data yang nilainya lebih

dari median sedangkan n_2 merupakan banyaknya data yang nilainya kurang dari median.

Statistik uji yang digunakan yaitu yang merupakan banyaknya runtun.

Jika sampel yang digunakan cukup besar atau baik n_1 maupun n_2 lebih dari 20 maka statistik uji yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$z = \frac{r - \left(\frac{(2n_1n_2)}{(n_1 + n_2)} + 1 \right)}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}} \quad (2.6)$$

Daerah penolakan : H_0 ditolak pada taraf signifikan α apabila $z > z_{\alpha/2}$ yang diperoleh dari tabel pada Lampiran 8.

2.2 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran untuk menunjukkan 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 variabilitas 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) untuk menghitung kapabilitas proses untuk data atribut yaitu dengan mengetahui nilai $\hat{p}_{PK}^{\%}$ yang merupakan performa kapabilitas proses, rumus terdapat dapat dilihat pada Persamaan 2.7.

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

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

Keterangan :

\bar{u} : Rata-rata jumlah cacat

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

2.3 Six Sigma

Menurut Montgomery (2013) kegunaan dari *six sigma* adalah mengurangi variabilitas pada karakteristik kualitas produk pada tingkat dimana kegagalan atau cacat tidak mungkin terjadi. Nilai dari *sigma* mengindikasikan seberapa sering cacat terjadi. Cacat dari *six sigma* tidak lebih dari 3,4 cacat dari satu juta kesempatan untuk mencapai kepuasan pelanggan secara total.

Peningkatan kualitas untuk menuju *six sigma* dilakukan dengan cara DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC digunakan untuk meningkatkan proses bisnis yang telah ada.

2.3.1 Define

Fase *define* merupakan tahapan pertama yang dimaksudkan untuk mengidentifikasi masalah, penentuan tujuan proses dan identifikasi kebutuhan pelanggan secara internal maupun eksternal. Hasil dari fase *define* yaitu mencari tahu masalah dan kebutuhan pelanggan serta untuk perbaikan kualitas dan pengukuran kapabilitas dan acuan dasar untuk perbaikan. Faktor penting penentu keberhasilan dari fase ini adalah persetujuan dari tim bahwa proyek memiliki efisiensi tinggi dan tujuan yang jelas, berfokus pada masalah dan tujuan, ekspektasi yang jelas pada proses (Muis, 2011).

2.3.2 Measure

Tujuan fase *measure* secara objektif menetapkan dasar-dasar perbaikan. *Measure* merupakan langkah pengumpulan data

yang tujuannya untuk menentukan standar kerja sehingga pada fase ini harus dipahami tentang definisi operasional, sistem pengukuran yang diperlukan dan kapabilitas sekarang dari karakteristik item-item CTQ (*Critical to Quality*) agar dapat dilakukan perbaikan kedepannya. Menurut Muis (2011) Fase *measure* terdiri dari 4 bagian utama, yaitu.

1. Membuat definisi operasional untuk item-item CTQ.
2. Merancang validasi sistem pengukuran untuk setiap CTQ.
3. Merancang batas kapabilitas untuk setiap CTQ.
4. Daftar periksa fase *measure*.

2.3.3 Analyze

Analyze merupakan fase ketiga dari proses peningkatan kualitas *six sigma*. Pada fase *analyze* mengisolasi penyebab utama dari ditemukan sumber variasi sehingga dapat dilakukan suatu perbaikan. Dalam kasus biasanya tidak akan ada lebih dari tiga penyebab yang harus dikendalikan untuk mencapai keberhasilan, apabila penyebab diidentifikasi terlalu banyak, artinya tim tidak melakukan pengisolasi masalah utama atau tujuan proyek yang terlalu tinggi untuk dicapai. penentu keberhasilan fase ini adalah penyebab utama harus terbukti, tidak hanya mengandalkan pada diagram ishikawa saja. Alat yang digunakan pada fase ini yaitu berupa *control chart*, diagram pareto, diagram ishikawa dan lain sebagainya (Muis, 2011).

Level *sigma* yang merupakan indikator perbaikan proses yang selama ini berlangsung dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 2.9.

$$Level\ sigma = Z \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (2.9)$$

dengan

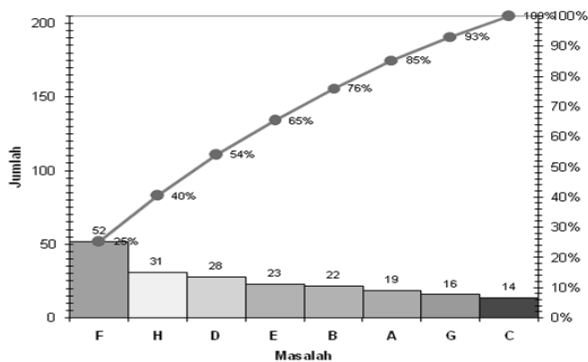
$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2.10)$$

$$DPO = \frac{Jumlah\ cacat\ yang\ diinspeksi}{Jumlah\ produk\ yang\ diperiksa \times DO} \quad (2.11)$$

DPMO merupakan peluang terjadinya cacat pada setiap satu juta kali kesempatan. DPO merupakan peluang terjadinya cacat yang diperoleh dari perbandingan antara jumlah cacat yang diinspeksi dengan jumlah produk yang diinspeksi dikalikan dengan DO yang merupakan kriteria cacat yang telah ditentukan (*critical to quality*).

2.4 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan salah satu alat yang digunakan pada pengendalian kualitas dimana diagram ini berupa histogram yang menunjukkan frekuensi dari data nominal yang diurutkan berdasarkan kategori. Diagram pareto biasanya digunakan pada serangkaian tahapan dalam DMAIC. Diagram pareto tidak secara otomatis mendeteksi cacat yang paling serius, tetapi untuk mendeteksi cacat yang paling sering muncul. Diagram ini merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengendalian kualitas. Diagram pareto dibedakan menjadi dua skala yaitu frekuensi *error* sebenarnya dan persentase *error* lainnya. (Montgomery, 2013). Menurut Heizer (2014) prinsip dari diagram pareto yaitu 80, 20 yang berarti 80% dari cacat yang dihasilkan hanya sebesar 20% dari penyebabnya. Berikut adalah contoh dari diagram pareto sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.



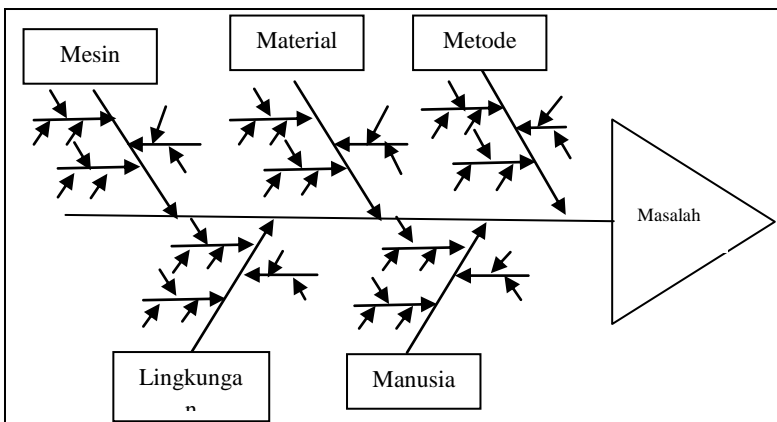
Gambar 2.1 Diagram Pareto

2.5 Diagram *Ishikawa*

Diagram *ishikawa* atau diagram sebab akibat merupakan alat yang sering digunakan untuk mendeteksi penyebab terjadinya masalah, dalam hal ini adalah jenis cacat. Setelah diketahui cacat, maka dilakukan identifikasi untuk mengetahui penyebab utama yang menjadi akar permasalahan dari adanya cacat tersebut. Diagram *ishikawa* sangat berguna dalam menganalisa dan langkah-langkah perbaikan dalam DMAIC. Berikut adalah cara-cara dalam membuat diagram *ishikawa* (Montgomery, 2013).

1. Mendefinisikan masalah yang akan dianalisis
2. Membentuk tim untuk melakukan analisis
3. Menggambar masalah utama yang diperoleh dari diagram pareto sebagai kepala ikan
4. Menentukan kategori penyebab utama dari adanya cacat
5. Mengidentifikasi kemungkinan penyebab dan mengklasifikasikan ke dalam beberapa kategori
6. Mengidentifikasi penyebab yang sepertinya paling mungkin terjadi
7. Melakukan perbaikan

Contoh dari diagram *ishikawa* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram *Ishikawa*

2.6 *Welding* (Pengelasan)

DIN (*Deutsche Industrie Normen*) mengatakan bahwa *welding* atau pengelasan merupakan ikatan metalurgi pada sambungan logam atau penyambungan antar dua atau lebih logam yang dilakukan dalam keadaan cair. Sehingga dapat dikatakan bahwa *welding* merupakan suatu cara yang digunakan untuk menyambung logam padat dengan cara melelehkannya dengan cara pemanasan (Wirjosumarto, 1991).

Flux Cored Arc Welding (FCAW) merupakan sebuah proses *welding* yang menggunakan sumber panas yang berasal dari energi listrik yang dikonversi menjadi panas pada busur listrik. Jenis pelindung yang digunakan pada FCAW adalah *flux* atau serbuk yang berasal di dalam inti kawat las. Selain itu *flux*, FCAW juga menggunakan gas pelindung untuk melindungi logam las yang mencair pada saat proses *welding* berlangsung. Jenis cacat *welding* dibedakan menjadi berikut ini.

1. *Crack*

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*

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

3. *Lack of Fusion*

Lack of fusion merupakan 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*

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

5. *Slag Inclusion*

Slag inclusion merupakan 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.

6. *Porosity*

Porosity merupakan 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*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder yang didapatkan dari Departemen *Quality Assurance/Quality Control* PT.PAL Indonesia (Persero) periode bulan Oktober 2016 – April 2017, hal ini ditunjukkan pada Lampiran 9 dan Lampiran 10. Data yang digunakan adalah data pemeriksaan pada proses *welding* pembuatan bentang utama Jembatan Holtekamp. Bentang utama jembatan terdiri dari 2 *center span* seperti pada gambar di Lampiran 11, tetapi di PT.PAL tidak dibedakan antara *center span* 1 dan *center span* 2.

3.2 Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan setiap sub grup memiliki ukuran yang berbeda-beda. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sambungan kritis *welding* pembuatan bentang utama. Sub grup yang digunakan yaitu tanggal *welding* karena antar tanggal *welding* cenderung memiliki variasi yang tinggi.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah data cacat *welding* pada pembuatan bentang utama yang dibedakan yang dibedakan menjadi 4 tingkatan cacat dengan bobot yang berbeda-beda (PT.PAL Indonesia, 2008). Untuk menentukan bobot pada setiap tingkatan dapat menggunakan cara pada Persamaan 3.1.

$$Bobot = \frac{Skor}{Jumlah\ Skor} \times 100\% \quad (3.1)$$

Hasil dari pembobotan yang digunakan pada analisis ini dapat dilihat pada Lampiran 3. Tabel 3.1 adalah jenis cacat *welding* berdasarkan tingkatan cacat.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

| Tingkat Cacat | Bobot | Jenis Cacat | Batas Spesifikasi |
|---------------|-------|--|-------------------|
| Sangat Serius | 40% | <i>Crack</i> (X_1): yaitu jenis cacat sangat serius yang disebabkan oleh keretakan las akibat tegangan bahan | 0 mm |
| Serius | 30% | <i>Incomplete Penetration</i> (X_2) : cacat serius yang disebabkan oleh penembusan yang tidak sempurna atau garis lurus hitam yang ditengah-tengah jalur las sekitar sumbu las | ≤ 25 mm |
| | | <i>Lack of Fusion</i> (X_3) : cacat serius yang disebabkan oleh pengabungan logam pengisi dengan logam asal yang tidak sempurna | ≤ 25 mm |
| Cukup serius | 20% | <i>Slag Line</i> (X_4) : cacat cukup serius yang terjadi akibat adanya terak las yang terperangkao dalam endapan las yang membentuk garis memanjang tidak beraturan | ≤ 25 mm |
| | | <i>Slag Inclusion</i> (X_5) : Cacat cukup serius yang disebabkan oleh kotoran | ≤ 25 mm |
| Tidak Serius | 10% | <i>Porosity</i> (X_6) : cacat yang terjadi akibat adanya pori-pori di dalam endapan las yang membentuk plot | $\leq 1,5\%$ |
| | | <i>Clustered Porosity</i> (X_7) : cacat porosity yang membentuk kelompok | $\leq 8\%$ |

3.4 Struktur Data

Struktur data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data

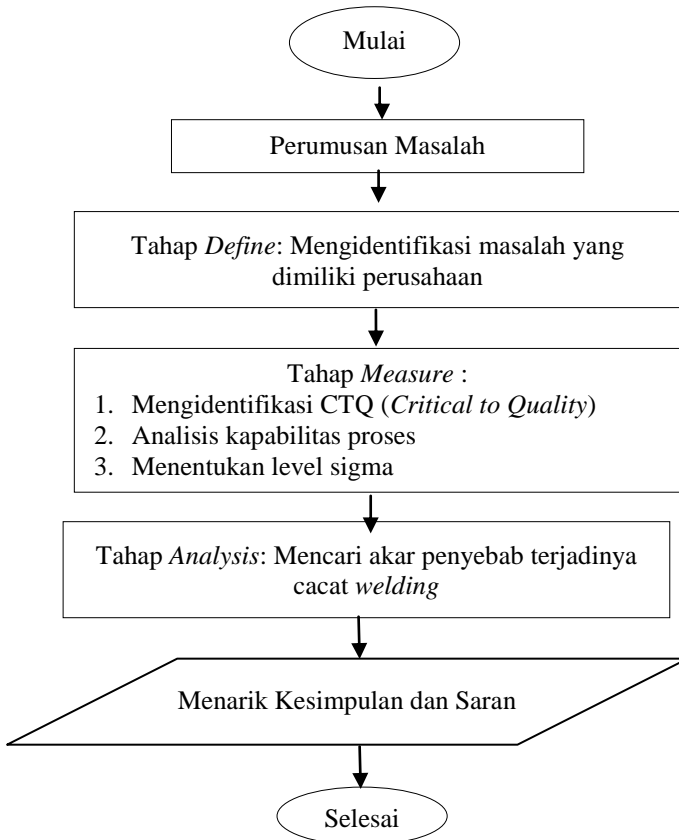
| Sub grup (Tanggalkan proses produksi ke-i) | Banyak Sampel | Sangat Serius | Serius | Sedang | Tidak Serius | | d_i | \bar{u} | | |
|--|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | | | X_6 | X_7 |
| 1 | n_1 | U_{1X1} | U_{1X2} | U_{1X3} | U_{1X4} | U_{1X5} | U_{1X6} | U_{1X7} | d_1 | \bar{u}_1 |
| 2 | n_2 | U_{2X1} | U_{2X2} | U_{2X3} | U_{2X4} | U_{2X5} | U_{2X6} | U_{2X7} | d_2 | \bar{u}_2 |
| \vdots | \vdots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \vdots | \vdots |
| i | n_i | U_{iX1} | U_{iX2} | U_{iX3} | U_{iX4} | U_{iX5} | U_{iX6} | U_{iX7} | d_i | \bar{u}_i |
| \vdots | \vdots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \vdots | \vdots |
| m | n_m | U_{mX1} | U_{mX2} | U_{mX3} | U_{mX4} | U_{mX5} | U_{mX6} | U_{mX7} | d_m | \bar{u}_m |

3.5 Metode dan Langkah Analisis

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

1. Merumuskan masalah dan menentukan tujuan penelitian
2. Melakukan pengumpulan data *welding* pembuatan bentang utama
3. Melakukan analisis *six sigma* dengan metode DMA. Analisis *six sigma* yang dilakukan tanpa IC dikarenakan obyek penelitian yang digunakan merupakan proyek yang tidak dilakukan secara berulang. Berikut adalah tahap DMA yang dilakukan:
 - a. *Define* yaitu identifikasi masalah yang dimiliki perusahaan.
 - b. *Measure* yaitu meliputi identifikasi CTQ (*Critical to Quality*), analisis kapabilitas dan menentukan level sigma
 - c. *Analysis* yaitu mencari akar permasalahan dari terjadinya cacat pada proses *welding*.
4. Menarik kesimpulan dan saran

Berdasarkan langkah analisis diatas maka didapat diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1Diagram Alir

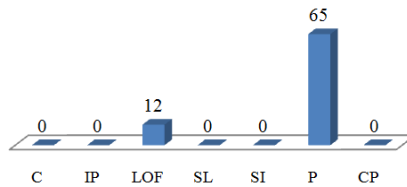
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil proses *welding* bentang utama jembatan Holtekamp Papua akan digunakan tahapan DMA yang meliputi *define, measure, analysis*. Tetapi pada kasus ini adalah suatu proyek yang tidak dikerjakan secara berulang, maka tahap *improvedancontrol* tidak dapat dilakukan.

4.1 Tahap *Define*

Define merupakan tahapan pertama yang harus dilakukan pada metode DMA. Pada tahapan ini dilakukan identifikasi masalah yang dimiliki oleh perusahaan pada preses *welding* pembuatan bentang utama jembatan. Permasalahan yang dimiliki oleh PT.PAL Indonesia (Persero) pada proyek pembuatan bentang utama Jembatan Holtekamp Papua yaitu pada bulan Februari 2016 PT. PAL Indonesia (Persero) menerima proyek diluar kapal yaitu bentang utama jembatan yang memiliki ketinggian 25 Meter dan lebar mencapai 400 Meter.

Pada proses *welding* juga terdapat masalah berupa jumlah cacat yang terjadi hanya pada cacat tertentu saja. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 yang diperoleh dari data pada Lampiran 1.



Gambar 4.1 Jumlah Cacat Hasil *Welding*

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa jenis cacat yang paling sering terjadi pada proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan adalah jenis cacat *porosity* (P) dengan jumlah 65 titik *welding* dan *lack of fusion* (LOF) sebanyak 12 titik *welding*. Sedangkan jenis cacat lainnya tidak terjadi pada proses *welding* ini.

Selanjutnya menentukan DiagramSIPOC untuk mengetahui aktivitas pembuatan bentang utama jembatan. Diagram SIPOC dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.

| <i>Supplier</i> | <i>Input</i> | <i>Process</i> | <i>Output</i> | <i>Costumer</i> |
|---------------------------------------|--------------------------------|--|--|------------------|
| PT. Krakatau Stell Indonesia | 1. Baja 2. <i>Wayer Rod</i> | 1. <i>Marking and cutting</i> 2. <i>Fit up</i> 3. Inspeksi Visual 4. Inspeksi Program | Bentang Utama Jembatan Holtekamp Papua | Pihak Pemerintah |

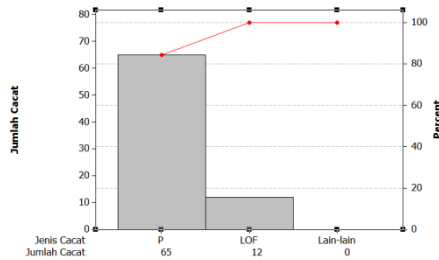
Gambar 4.2 Diagram SIPOC

4.2 Tahap *Measure*

Measure merupakan tahapan kedua pada metode DMA setelah dilakukan *define*. Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi CTQ, analisis kapabilitas proses dan menentukan level sigma dari proses *welding* bentang utama jembatan.

4.2.1 Identifikasi CTQ (*Critical to Quality*)

Pada tahap *measure* dilakukan identifikasi CTQ atau jenis cacat yang memberikan kontribusi terbesar pada pembuatan bentang utama jembatan Holtekamp Papua ini. Untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan dapat dilakukan dengan menggunakan diagram pareto. Gambar 4.3 merupakan hasil analisis diagram pareto.



Gambar 4.3 Diagram Pareto Cacat *Welding*

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa cacat yang paling sering terjadi adalah *porosity* (P) dengan jumlah 65 cacat dari 77 cacat yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa 84,4% dari *porosity* yang dihasilkan hanya sebesar 15,6% dari penyebabnya.

4.2.2 Kapabilitas Proses Hasil *Welding* Bentang Utama Jembatan

Selanjutnya dilakukan analisis kapabilitas proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan. Sebelum menghitung indeks kapabilitas proses haruslah terkendali. Proses dikatakan terkendali jika plot-plot menyebar secara acak dan hanya 0,27% yang berada diluar batas kendali karena *random cause*.

Peta kendali yang digunakan pada analisis ini yaitu peta kendali demerit dimana peta ini memiliki bobot yang berbeda-beda di setiap kelas. Analisis ini menggunakan peta kendali demerit dikarenakan jenis cacat yang terjadi pada hasil *welding* dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu sangat serius, serius, cukup serius dan tidak serius. Pembobotan yang digunakan pada analisis ini dapat dilihat di Lampiran 3.

Sebelum melakukan analisis menggunakan peta kendali data yang digunakan haruslah memenuhi asumsi keacakan. Untuk mengetahui apakah data yang digunakan telah menyebar acak maka dilakukan uji hipotesis dimana hipotesis yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : Jumlah cacat *welding* bentang utama jembatan telah diambil secara acak

H_1 : Jumlah cacat *welding* bentang utama jembatan telah diambil secara tidak acak

Statistik uji yang digunakan sesuai dengan Persamaan 2.4 :

$$z = \frac{r - \left(\frac{(2n_1n_2)}{(n_1 + n_2)} + 1 \right)}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}} = -0,6$$

H_0 ditolak pada taraf signifikan $z > z_{\alpha/2}$ dimana nilai $z_{\alpha/2}$

adalah 1,96. Nilai z yang diperoleh adalah -0,6 atau lebih besar dari -1,96 sehingga dapat diputuskan H_0 gagal ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa data jumlah cacat *welding* bentang utama jembatan telah diambil secara acak. Selain itu hasil juga dapat dilihat pada Lampiran 2.

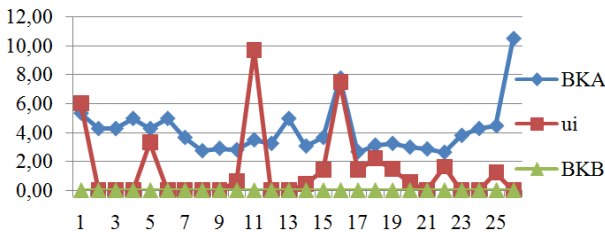
Analisis peta kendali demerit pada proses *welding* bentang utama jembatan menggunakan batas kendali sebagai berikut sesuai dengan Persamaan 1.

$$BKA = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i = 1,14 + 3\hat{\sigma}_i$$

$$\text{Batas Tengah} = \bar{u} = 40\bar{u}_A + 30\bar{u}_B + 20\bar{u}_C + 10\bar{u}_D = 1,14$$

$$BKB = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_i = 1,14 - 3\hat{\sigma}_i$$

Perhitungan lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil dari peta kendali demerit pada proses *welding* bentang utama jembatan adalah sebagai berikut.



Gambar 4.4 Peta Kendali Demerit *Welding* Bentang Utama Jembatan

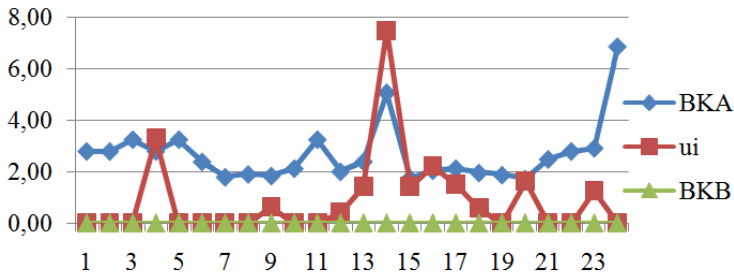
Gambar 4.4 menunjukkan bahwa terdapat 2 tanggal *welding* yang berada di luar batas kendali, antara lain tanggal 18 Oktober 2016 dan 30 Desember 2016. Penyebab adanya data yang diluar batas kendali disebabkan oleh *assignable causes* sehingga perlu dilakukan pengendalian dengan cara mengeliminasi data tersebut. Peta kendali demerit iterasi 1 menggunakan batas kendali sebagai berikut.

$$BKA = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i = 0,76 + 3\hat{\sigma}_i$$

$$\text{Batas_Tengah} = \bar{u} = 40\bar{u}_A + 30\bar{u}_B + 20\bar{u}_C + 10\bar{u}_D = 0,76$$

$$BKB = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_i = 0,756 - 3\hat{\sigma}_i$$

Perhitungan lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran 5. Hasil dari peta kendali demerit iterasi 1 proses *welding* bentang utama jembatan adalah sebagai berikut.



Gambar 4.5 Peta Kendali Demerit *Welding* Bentang Utama Jembatan Iterasi 1

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa setelah dilakukan iterasi masih terdapat 3 tanggal yang berada diluar batas kendali antara lain 16 November 2016, 13 Februari 2017 dan 22 Maret 2017. Hal ini menunjukkan bahwa proses *welding* bentang utama Jembatan Holtekamp Papua tidak terkendali secara statistika.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan indeks kapabilitas meskipun proses tidak terkendali statistik. Hasil analisis indeks kapabilitas proses *welding* bentang utama jembatan adalah sebagai berikut.

$$\bar{u} = 0,5315$$

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

$$\hat{p}' = 1 - e^{-0,75829} = 0,5315$$

$$\begin{aligned} \text{Ekuivalen } \hat{p}'_{PK} &= \frac{z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{z(0,5315)}{3} \\ &= \frac{0,075}{3} \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

Perhitungam diatas menunjukkan bahwa nilai kapabilitas proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan adalah sebesar 0,025. Hal ini menunjukkan bahwa proses tersebut tidak kapabel.

4.2.3 Menentukan Level *Sigma* Hasil *Welding* Bentang Utama Jembatan

Analisis six sigma digunakan untuk mengetahui level sigma sehingga dapat diketahui cacat yang terjadi pada satu juta kesempatan pada proses *welding* yang berlangsung. Nilai sigma yang diperoleh berdasarkan proses *welding* pembuatan bentang utama adalah sebagai berikut dengan kriteria cacat (DO) yang telah ditentukan sebesar 2.

$$\begin{aligned} DPO &= \left(\frac{\text{Jumlah cacat yang diinspeksi}}{\text{Jumlah produk yang diproduksi} \times DO} \right) \\ &= \frac{77}{886 \times 2} = 0,04345372 \\ DPMO &= DPO \times 1.000.000 \\ &= 0,04345372 \times 1.000.000 = 43453,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Level } \sigma &= z \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \\ &= z \left(\frac{1.000.000 - 43453,72}{1.000.000} \right) + 1,5 \end{aligned}$$

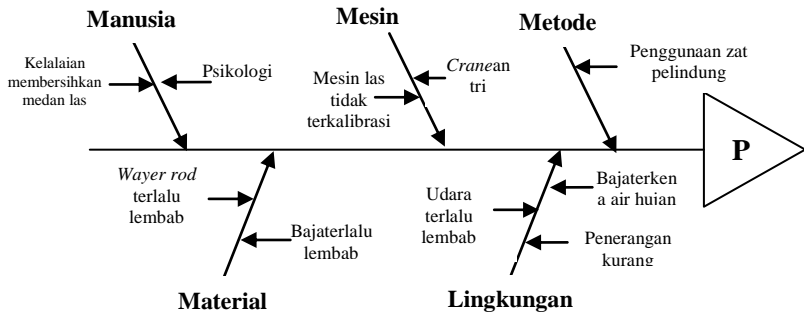
$$= z(0,956546) + 1,5$$

$$= 1,725 + 1,5 = 3,225$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa cacat yang dihasilkan pada proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan sebesar 43454 produk cacat pada satu juta kesempatan, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tersebut memiliki level $3,225 \sigma$. Hal ini menunjukkan bahwa level *sigma* masih jauh dari target 6σ sehingga masih perlu dilakukan perbaikan.

4.3 Tahap Analysis

Tahap *analysis* merupakan tahapan ketiga dari metode DMA. Pada tahapan ini akan dilakukan analisa mengenai akar penyebab terjadinya cacat yang paling mendominasi yaitu *porosity* pada proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan dengan menggunakan diagram *ishikawa*. Berikut adalah analisis dari diagram *ishikawa* dari terjadinya cacat *porosity*.



Gambar 4.9 Diagram *Ishikawa* Cacat *Welding*

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa penyebab terjadinya *porosity* dari faktor manusia yaitu kelalaian membersihkan medan las, psikologi *welder* karena *welding* dilakukan ditinggikan. Penyebab dari faktor mesin meliputi mesin las yang tidak terkalibrasi dan penggunaan *craneyang antri*. Dari faktor metode yaitu dalam penggunaan metode FCAW di perlukan zat pelindung berupa CO_2 . Faktor Penyebab dalam hal material dikarenakan *wayer rod* terlalu lembab dan baja yang akan

disambungkan. Serta faktor penyebab dari lingkungan yaitu udara terlalu lembab, baja terkena air dan kurangnya penerangan saat *welding*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dan analisis yang telah dapat dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan Holtekamp Papua tidak kapabel karena nilai $P_{PK}^{\%}$ adalah 0,025.
2. Proses *welding* pembuatan bentang utama jembatan Holtekamp Papua berada pada level $3,225\sigma$ dengan jumlah produk cacat sebesar 43454 produk cacat pada satu juta kesempatan sehingga masih jauh dari target 6σ dimana pada satu juta kesempatan hanya terdapat 3,4 produk cacat.
3. Penyebab terjadinya cacat adalah:
 - a. Kelalaian membersihkan medan las
 - b. Psikologi *welder* karena proses *welding* dilakukan di ketinggian
 - c. Mesin las yang tidak terkalibrasi
 - d. *Crane* antri
 - e. Penggunaan zat pelindung
 - f. *Wayer rod* terlalu lembab
 - g. Baja terlalu lembab
 - h. Baja terkena air hujan
 - i. Penerangan yang kurang

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah :

1. Bentang utama Jembatan Holtekamp terdiri dari 2 *center span* sehingga disarankan untuk membandingkan antar 2 *center span*, tetapi pada penelitian ini tidak dapat dilakukan dikarenakan data tidak dapat dibedakan menjadi antar *center span*.
2. *Welder* harus memiliki psikologi yang baik meskipun proses *welding* dilakukan di ketinggian 25 meter.

3. Pada proyek selanjutnya jumlah cacat harus ditekan karena jumlah cacat pada proses *welding* bentang utama Jembatan Holtekamp Papua masih tinggi.
4. Perlu dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu pada material karena masih ditemukan *wayer rod* yang berkarat sehingga mengakibatkan hasil *welding* cacat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisyah, Kristiani. 2010. *Analisis Pengendalian Kualitas Statistika pada Proses Welding dalam Pembuatan Kapal Jenis RT Chemical Tanker M000241 di PT.PAL Indonesia*. Surabaya : Laporan Tugas Akhir Diploma III Statistika ITS
- Bothe, Davis R. 1997. *Measuring Process Capability*. New York: McGraw-Hill .
- Daniel, Wayne W. 1989. *Statistik Nonparametrik Terapan*. Jakarta : PT. Gramedia
- Heizer, Jay. 2014. *Manajemen Operasi Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasok Edisi 11*. Jakarta: Salemba Empat.
- Irwanto, M.Amin. 2017. *Analisis Kapabilitas Terhadap Proses Welding pada Proyek Pembuatan Kapal SSV2 PT. PAL Indonesia*. Surabaya : Laporan Tugas Akhir Statistika Bisnis ITS.
- Montgomery, Douglas C. 2013. *Introduction to Statistical Quality Control Seventh Edition*. New York.
- Muis, Saludin. 2011. *Metodologi Six Sigma Menciptakan Kualitas Produk Kelas Dunia*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- PT. PAL Indonesia. 2008. www.pal.co.id Diakses pada 21 Desember 2017 pukul 20.30 WIB.
- Sary, Selfy Atika. 2010. *Analisis Pengendalian Kualitas Statistika pada Proses Welding dalam Pembuatan Kapal Jenis RT Chemical Tanker M000259 di PT.PAL Indonesia*. Surabaya : Laporan Tugas Akhir Diploma III Statistika ITS
- Wiryosumarto, Harsono. 1991. *Teknik Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Jenis Cacat *Welding* Jembatan Holtekamp Papua

| Sub grup | Jumlah Titik <i>Welding</i> | Jumlah Repair | Kelas 1 | | Kelas 2 | | Kelas 3 | | Kelas 4 | |
|---------------------|--------------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| | | | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | |
| 18/10/2016 | 10 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20/10/2016 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27/10/2016 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03/11/2016 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16/11/2016 | 18 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 19/11/2016 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06/12/2016 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17/12/2016 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21/12/2016 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29/12/2016 | 64 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 30/12/2016 | 32 | 13 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 07/01/2017 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11/01/2017 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03/02/2017 | 48 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 08/02/2017 | 28 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 13/02/2017 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21/03/2017 | 77 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 |
| 22/03/2017 | 45 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| 23/03/2017 | 40 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 24/03/2017 | 52 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 29/03/2017 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30/03/2017 | 80 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| 31/03/2017 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03/04/2017 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25/04/2017 | 16 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 27/04/2017 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jumlah Cacat | 887 | 77 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 65 | 0 | 0 |

Lampiran 2 *Output* Pengujian Keacakan Data

| | Jumlah_cacat |
|-------------------------|--------------|
| Test Value ^a | ,50 |
| Cases < Test Value | 13 |
| Cases >= Test Value | 13 |
| Total Cases | 26 |
| Number of Runs | 12 |
| Z | -,600 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | ,548 |

a. Median

Lampiran 3 Pembobotan Setiap Kelas Cacat

| Kelas Cacat | Peringkat | Skor | Bobot |
|-------------|-----------|------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 4 | $\frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$ |
| 2 | 2 | 3 | $\frac{3}{10} \times 100\% = 30\%$ |
| 3 | 3 | 2 | $\frac{2}{10} \times 100\% = 20\%$ |
| 4 | 4 | 1 | $\frac{1}{10} \times 100\% = 10\%$ |
| Jumlah | | 10 | 100% |

Lampiran 4 Perhitungan Manual Batas Kendali pada Peta Kendali Demerit

$$BKA = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i = 1,14 + 3\hat{\sigma}_i$$

$$\text{Batas Tengah} = 40\bar{u}_A + 30\bar{u}_B + 20\bar{u}_C + 10\bar{u}_D$$

$$\text{Batas Tengah} = 40(0) + 30(0,0135) + 20(0) + 10(0,0734) = 1,14$$

$$BKB = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_i = 1,14 - 3\hat{\sigma}_i$$

| i | $\hat{\sigma}_i$ | BKA | Batas Tengah | BKB | BKB yang digunakan | u_i |
|-----|------------------|-------|--------------|-------|--------------------|-------|
| 1 | 1,40 | 5,33 | 1,14 | -3,05 | 0 | 6,00 |
| 2 | 1,04 | 4,26 | 1,14 | -1,98 | 0 | 0,00 |
| 3 | 1,04 | 4,26 | 1,14 | -1,98 | 0 | 0,00 |
| 4 | 1,28 | 4,97 | 1,14 | -2,69 | 0 | 0,00 |
| 5 | 1,04 | 4,26 | 1,14 | -1,98 | 0 | 3,33 |
| 6 | 1,28 | 4,97 | 1,14 | -2,69 | 0 | 0,00 |
| 7 | 0,84 | 3,65 | 1,14 | -1,37 | 0 | 0,00 |
| 8 | 0,53 | 2,72 | 1,14 | -0,44 | 0 | 0,00 |
| 9 | 0,59 | 2,90 | 1,14 | -0,62 | 0 | 0,00 |
| 10 | 0,55 | 2,80 | 1,14 | -0,52 | 0 | 0,63 |
| 11 | 0,78 | 3,48 | 1,14 | -1,20 | 0 | 9,69 |
| 12 | 0,70 | 3,24 | 1,14 | -0,96 | 0 | 0,00 |
| 13 | 1,28 | 4,97 | 1,14 | -2,69 | 0 | 0,00 |
| 14 | 0,64 | 3,05 | 1,14 | -0,77 | 0 | 0,42 |
| 15 | 0,84 | 3,65 | 1,14 | -1,37 | 0 | 1,43 |
| 16 | 2,21 | 7,77 | 1,14 | -5,49 | 0 | 7,50 |
| 17 | 0,50 | 2,65 | 1,14 | -0,37 | 0 | 1,43 |
| 18 | 0,66 | 3,12 | 1,14 | -0,84 | 0 | 2,22 |
| 19 | 0,70 | 3,24 | 1,14 | -0,96 | 0 | 1,50 |
| 20 | 0,61 | 2,98 | 1,14 | -0,70 | 0 | 0,58 |
| 21 | 0,57 | 2,85 | 1,14 | -0,57 | 0 | 0,00 |
| 22 | 0,49 | 2,62 | 1,14 | -0,34 | 0 | 1,63 |
| 23 | 0,88 | 3,79 | 1,14 | -1,51 | 0 | 0,00 |
| 24 | 1,04 | 4,26 | 1,14 | -1,98 | 0 | 0,00 |
| 25 | 1,10 | 4,45 | 1,14 | -2,17 | 0 | 1,25 |
| 26 | 3,12 | 10,51 | 1,14 | -8,23 | 0 | 0,00 |

Lampiran 5 Perhitungan Manual Batas Kendali pada Peta Kendali Demerit Iterasi 1

$$BKA = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_i = 0,76 + 3\hat{\sigma}_i$$

$$\text{Batas Tengah} = 40\bar{u}_A + 30\bar{u}_B + 20\bar{u}_C + 10\bar{u}_D$$

$$\text{Batas Tengah} = 40(0) + 30(0,00118) + 20(0) + 10(0,07227) = 0,76$$

$$BKB = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_i = 0,7583 - 3\hat{\sigma}_i$$

| <i>I</i> | $\hat{\sigma}_i$ | BKA | Batas Tengah | BKB | BKB yang digunakan | u_i |
|----------|------------------|------|--------------|-------|--------------------|-------|
| 1 | 0,68 | 2,79 | 0,76 | -1,28 | 0 | 0,00 |
| 2 | 0,68 | 2,79 | 0,76 | -1,28 | 0 | 0,00 |
| 3 | 0,83 | 3,25 | 0,76 | -1,74 | 0 | 0,00 |
| 4 | 0,68 | 2,79 | 0,76 | -1,28 | 0 | 3,33 |
| 5 | 0,83 | 3,25 | 0,76 | -1,74 | 0 | 0,00 |
| 6 | 0,54 | 2,39 | 0,76 | -0,87 | 0 | 0,00 |
| 7 | 0,34 | 1,79 | 0,76 | -0,27 | 0 | 0,00 |
| 8 | 0,38 | 1,90 | 0,76 | -0,39 | 0 | 0,00 |
| 9 | 0,36 | 1,84 | 0,76 | -0,32 | 0 | 0,63 |
| 10 | 0,46 | 2,12 | 0,76 | -0,61 | 0 | 0,00 |
| 11 | 0,83 | 3,25 | 0,76 | -1,74 | 0 | 0,00 |
| 12 | 0,42 | 2,01 | 0,76 | -0,49 | 0 | 0,42 |
| 13 | 0,54 | 2,39 | 0,76 | -0,87 | 0 | 1,43 |
| 14 | 1,44 | 5,08 | 0,76 | -3,56 | 0 | 7,50 |
| 15 | 0,33 | 1,74 | 0,76 | -0,23 | 0 | 1,43 |
| 16 | 0,43 | 2,05 | 0,76 | -0,53 | 0 | 2,22 |
| 17 | 0,46 | 2,12 | 0,76 | -0,61 | 0 | 1,50 |
| 18 | 0,40 | 1,96 | 0,76 | -0,44 | 0 | 0,58 |
| 19 | 0,37 | 1,87 | 0,76 | -0,36 | 0 | 0,00 |
| 20 | 0,32 | 1,72 | 0,76 | -0,21 | 0 | 1,63 |
| 21 | 0,58 | 2,49 | 0,76 | -0,97 | 0 | 0,00 |
| 22 | 0,68 | 2,79 | 0,76 | -1,28 | 0 | 0,00 |
| 23 | 0,72 | 2,92 | 0,76 | -1,40 | 0 | 1,25 |
| 24 | 2,04 | 6,87 | 0,76 | -5,35 | 0 | 0,00 |

Lampiran 6 Tabel Kritis Atasuntuk r dalam Uji Rangkaian

| $n_1 \backslash n_2$ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | 9 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | | | | | | | | |
| 7 | | | | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | | | | | |
| 8 | | | | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 9 | | | | | 13 | 14 | 14 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 10 | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 |
| 11 | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 | 21 | 21 |
| 12 | | | | | 13 | 14 | 16 | 16 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 |
| 13 | | | | | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 |
| 14 | | | | | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 23 | 24 |
| 15 | | | | | | 15 | 16 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 |
| 16 | | | | | | | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 25 |
| 17 | | | | | | | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 18 | | | | | | | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 |
| 19 | | | | | | | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 |
| 20 | | | | | | | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 |

Lampiran 7 Tabel Kritis Bawah untuk r dalam Uji Rangkaian

| $n_1 \backslash n_2$ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2 | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | | | | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | | | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 7 | | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 8 | | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 9 | | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 10 | | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| 11 | | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 12 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| 13 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 14 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 |
| 15 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 |
| 16 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 |
| 17 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 |
| 18 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 |
| 19 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 |
| 20 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 |


Lampiran 8 Tabel Distribusi Normal Standar

| z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0.0 | 0.50000 | 0.50399 | 0.50798 | 0.51197 | 0.51595 | 0.51994 | 0.52392 | 0.52790 | 0.53188 | 0.53586 |
| 0.1 | 0.53983 | 0.54379 | 0.54776 | 0.55172 | 0.55567 | 0.55962 | 0.56356 | 0.56749 | 0.57142 | 0.57534 |
| 0.2 | 0.57926 | 0.58317 | 0.58706 | 0.59095 | 0.59483 | 0.59871 | 0.60257 | 0.60642 | 0.61026 | 0.61409 |
| 0.3 | 0.61791 | 0.62172 | 0.62551 | 0.62930 | 0.63307 | 0.63683 | 0.64058 | 0.64431 | 0.64803 | 0.65173 |
| 0.4 | 0.65542 | 0.65910 | 0.66276 | 0.66640 | 0.67003 | 0.67364 | 0.67724 | 0.68082 | 0.68438 | 0.68793 |
| 0.5 | 0.69146 | 0.69497 | 0.69847 | 0.70194 | 0.70540 | 0.70884 | 0.71226 | 0.71566 | 0.71904 | 0.72240 |
| 0.6 | 0.72575 | 0.72907 | 0.73237 | 0.73565 | 0.73891 | 0.74215 | 0.74537 | 0.74857 | 0.75175 | 0.75490 |
| 0.7 | 0.75803 | 0.76115 | 0.76424 | 0.76730 | 0.77035 | 0.77337 | 0.77637 | 0.77935 | 0.78230 | 0.78523 |
| 0.8 | 0.78814 | 0.79103 | 0.79389 | 0.79673 | 0.79954 | 0.80234 | 0.80510 | 0.80785 | 0.81057 | 0.81327 |
| 0.9 | 0.81594 | 0.81859 | 0.82121 | 0.82381 | 0.82639 | 0.82894 | 0.83147 | 0.83397 | 0.83646 | 0.83891 |
| 1.0 | 0.84134 | 0.84375 | 0.84613 | 0.84849 | 0.85083 | 0.85314 | 0.85543 | 0.85769 | 0.85993 | 0.86214 |
| 1.1 | 0.86433 | 0.86650 | 0.86864 | 0.87076 | 0.87285 | 0.87493 | 0.87697 | 0.87900 | 0.88100 | 0.88297 |
| 1.2 | 0.88493 | 0.88686 | 0.88877 | 0.89065 | 0.89251 | 0.89435 | 0.89616 | 0.89796 | 0.89973 | 0.90147 |
| 1.3 | 0.90320 | 0.90490 | 0.90658 | 0.90824 | 0.90988 | 0.91149 | 0.91308 | 0.91465 | 0.91621 | 0.91773 |
| 1.4 | 0.91924 | 0.92073 | 0.92219 | 0.92364 | 0.92506 | 0.92647 | 0.92785 | 0.92922 | 0.93056 | 0.93189 |
| 1.5 | 0.93319 | 0.93448 | 0.93574 | 0.93699 | 0.93822 | 0.93943 | 0.94062 | 0.94179 | 0.94295 | 0.94408 |
| 1.6 | 0.94520 | 0.94630 | 0.94738 | 0.94845 | 0.94950 | 0.95053 | 0.95154 | 0.95254 | 0.95352 | 0.95448 |


| Z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1.7 | 0.95543 | 0.95637 | 0.95728 | 0.95818 | 0.95907 | 0.95994 | 0.96080 | 0.96164 | 0.96246 | 0.96327 |
| 1.8 | 0.96407 | 0.96485 | 0.96562 | 0.96637 | 0.96711 | 0.96784 | 0.96856 | 0.96926 | 0.96995 | 0.97062 |
| 1.9 | 0.97128 | 0.97193 | 0.97257 | 0.97320 | 0.97381 | 0.97441 | 0.97500 | 0.97558 | 0.97615 | 0.97670 |
| 2.0 | 0.97725 | 0.97778 | 0.97831 | 0.97882 | 0.97932 | 0.97982 | 0.98030 | 0.98077 | 0.98124 | 0.98169 |
| 2.1 | 0.98214 | 0.98257 | 0.98300 | 0.98341 | 0.98382 | 0.98422 | 0.98461 | 0.98500 | 0.98537 | 0.98574 |
| 2.2 | 0.98610 | 0.98645 | 0.98679 | 0.98713 | 0.98745 | 0.98778 | 0.98809 | 0.98840 | 0.98870 | 0.98899 |
| 2.3 | 0.98928 | 0.98956 | 0.98983 | 0.99010 | 0.99036 | 0.99061 | 0.99086 | 0.99111 | 0.99134 | 0.99158 |
| 2.4 | 0.99180 | 0.99202 | 0.99224 | 0.99245 | 0.99266 | 0.99286 | 0.99305 | 0.99324 | 0.99343 | 0.99361 |
| 2.5 | 0.99379 | 0.99396 | 0.99413 | 0.99430 | 0.99446 | 0.99461 | 0.99477 | 0.99492 | 0.99506 | 0.99520 |
| 2.6 | 0.99534 | 0.99547 | 0.99560 | 0.99573 | 0.99585 | 0.99598 | 0.99609 | 0.99621 | 0.99632 | 0.99643 |
| 2.7 | 0.99653 | 0.99664 | 0.99674 | 0.99683 | 0.99693 | 0.99702 | 0.99711 | 0.99720 | 0.99728 | 0.99736 |
| 2.8 | 0.99744 | 0.99752 | 0.99760 | 0.99767 | 0.99774 | 0.99781 | 0.99788 | 0.99795 | 0.99801 | 0.99807 |
| 2.9 | 0.99813 | 0.99819 | 0.99825 | 0.99831 | 0.99836 | 0.99841 | 0.99846 | 0.99851 | 0.99856 | 0.99861 |
| 3.0 | 0.99865 | 0.99869 | 0.99874 | 0.99878 | 0.99882 | 0.99886 | 0.99889 | 0.99893 | 0.99897 | 0.99900 |
| 3.1 | 0.99903 | 0.99906 | 0.99910 | 0.99913 | 0.99916 | 0.99918 | 0.99921 | 0.99924 | 0.99926 | 0.99929 |
| 3.2 | 0.99931 | 0.99934 | 0.99936 | 0.99938 | 0.99940 | 0.99942 | 0.99944 | 0.99946 | 0.99948 | 0.99950 |
| 3.3 | 0.99952 | 0.99953 | 0.99955 | 0.99957 | 0.99958 | 0.99960 | 0.99961 | 0.99962 | 0.99964 | 0.99965 |
| 3.4 | 0.99966 | 0.99968 | 0.99969 | 0.99970 | 0.99971 | 0.99972 | 0.99973 | 0.99974 | 0.99975 | 0.99976 |

| Z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 3.6 | 0.99984 | 0.99985 | 0.99985 | 0.99986 | 0.99986 | 0.99987 | 0.99987 | 0.99988 | 0.99988 | 0.99989 |
| 3.7 | 0.99989 | 0.99990 | 0.99990 | 0.99990 | 0.99991 | 0.99991 | 0.99992 | 0.99992 | 0.99992 | 0.99992 |
| 3.8 | 0.99993 | 0.99993 | 0.99993 | 0.99994 | 0.99994 | 0.99994 | 0.99994 | 0.99995 | 0.99995 | 0.99995 |
| 3.9 | 0.99995 | 0.99995 | 0.99996 | 0.99996 | 0.99996 | 0.99996 | 0.99996 | 0.99996 | 0.99997 | 0.99997 |

Lampiran 9 Surat Penerimaan Perusahaan



BUMN
Hadir untuk negeri



PAL INDONESIA

Surabaya, 05 Februari 2018

Nomor : PKL / 63 / 71700 / II / 2018
 Perihal : Permohonan Ijin Memperoleh
 Data untuk Tugas Akhir

Kepada Yth :
 Kepala Departemen
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Dengan hormat ,

1. Memperhatikan Surat Nomor 003793/IT2 VI.8.6/TU.00.09/2018 Tanggal 16 Januari 2018 pada dasarnya PT PAL Indonesia (Persero) dapat menerima mahasiswa mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk melaksanakan Penelitian dengan data sebagai berikut :

| NO | N A M A | NRP | PELAKSANAAN | DIVISI |
|----|----------|---------------|------------------------|------------------|
| 1 | Kariyani | 1061150000035 | 19 Feb s/d 29 Mar 2018 | Jaminan Kualitas |

2. Persyaratan yang harus dipenuhi sebelum dan setelah melaksanakan **Penelitian** 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) pada tanggal 15 Februari 2018 untuk mendapatkan Pembekalan,
- Membuat Buku Laporan yang disyahkan oleh Pembimbing dan Manajemen Diklat PT PAL Indonesia (Persero), dikumpulkan paling lambat 1 bulan setelah **Penelitian** selesai.

3. 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, ketelapak, sepatu kerja) bagi yang bekerja di Divisi produksi / lapangan
- Memakai Seragam Mahasiswa (almamater) bagi yang bekerja di Perkantoran

4. Demikian disampaikan dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

DIVISI PEMBINAAN ORG & SDM
 KADEP, DIKLAT & RENBANG SDM



Drs. POENDJOEL KARJONO

PT PAL INDONESIA (PERSERO)
 Kantor Pusat : UIJUNG, SURABAYA 60155, PO BOX 1130 INDONESIA
 Telp. : +62-31-3292275 (HUNTING) FAX : +62-31-3292530, 3292493, 3292516 E-mail : palsub@pal.co.id Web Site : http://www.pal.co.id
 Kantor Perwakilan : JL. TANAH ABANG II/27, JAKARTA 10160, PHONE : +62-21-3846833, FAX : +62-21-3843717 E-mail : paljkt@pal.co.id

Lampiran 10 Surat Pernyataan Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

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

Nama : Kariyani
NRP : 10611500000035

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari PT.PAL Indonesia (PERSERO) yaitu :

Sumber : Departemen *Quality Assurance/Quality Control* PT.PAL Indonesia (PERSERO)
Keterangan : Data hasil pemeriksaan proses *welding* bentang utama Jembatan Holtekamp Papua Periode Oktober 2016 – April 2017

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

Mengetahui,
KADEP QA/QC REKUM

NIP. 104023511
RUSAEFUL ARIEF, ST

Surabaya, 31 Mei 2018
Yang Membuat Pernyataan

(Kariyani)
NRP.10611500000035

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T)
NIP. 19610311 198701 2 0001

Lampiran 11 Dokumentasi Bentang Utama Jembatan Holtekamp
Papua



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Kariyani. Penulis merupakan satu-satunya anak yang ada dikeluarganya dan lahir di Ngawi tanggal 20 Nopember 1997. Penulis telah menyelesaikan studinya antara lain, SDN Purwosari 2 tahun 2003-2009, SMPN 1 Kwadungan tahun 2009-2012, SMAN 1 Barat tahun 2012-2015 dan Statistika Bisnis ITS sejak tahun 2015.

Selama kuliah penulis aktif di beberapa organisasi, pelatihan dan kepanitiaan yang ada di ITS. Organisasi yang pernah diikuti penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Diploma Statistika ITS sebagai Staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa 2016/2017 dan Ketua Biro Kaderisasi Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa 2017/2018. Salah satu pelatihan yang telah diikuti oleh penulis yaitu LKMM Pra-TD, LKMM TD, dan LKMM TM yang merupakan pelatihan yang dinaungi oleh Kemeristekdikti. Sedangkan salah satu kepanitiaan yang telah diikuti yaitu menjadi ketua panitia LKMM TD HIMADATA-ITS 2017. Penulis memiliki hidup "Hidup adalah perjuangan yang harus dimenangkan, rintangan yang harus dihadapi, serta anugerah yang harus disyukuri".

Apabila ingin mengetahui mengenai lebih jauh tentang Tugas Akhir yang telah di tulis maupun sekedar sharing-sharing bisa menghubungi :

No hp/ Whatsapp : +6282233685080

Email : kariyani20@gmail.com

ID line : kariyani20

Instagram : kariyani20