



**TUGAS AKHIR - SS145561**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN  
CARBODY KERETA REL LISTRIK RAILINK  
BANDARA SOEKARNO HATTA DI  
PT. INKA (PERSERO) MADIUN**

Rizki Rianis Putri  
NRP 10611500000034

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

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



**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN  
CARBODY KERETA REL LISTRIK RAILINK  
BANDARA SOEKARNO HATTA DI  
PT. INKA (PERSERO) MADIUN**

Rizki Rianis Putri  
NRP 10611500000034

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

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



**FINAL PROJECT - SS 145561**

**CAPABILITY ANALYSIS OF WELDING PROCESS  
ON CARBODY ELECTRICAL TRAIN RAILINK  
SOEKARNO HATTA AIRPORT IN  
PT. INKA (PERSERO) MADIUN**

Rizki Rianis Putri  
NRP 10611500000034

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

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN  
CARBODY KERETA REL LISTRIK RAILINK BANDARA  
SOEKARNO HATTA DI PT. INKA (PERSERO) MADIUN**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh:

**RIZKI RIANIS PUTRI  
NRP 10611500000034**

Surabaya, 8 Juni 2018

Menyetujui,  
Pembimbing Tugas Akhir



**Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.**  
**NIP. 19610311 198701 2 001**



Mengetahui,  
Kepala Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi ITS

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



# ANALISIS KAPABILITAS PROSES PENGELASAN CARBODY KERETA REL LISTRIK RAILINK BANDARA SOEKARNO HATTA DI PT. INKA (PERSERO) MADIUN

**Nama** : Rizki Rianis Putri  
**NRP** : 1061150000034  
**Departemen** : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dra. Sri Mumpuni Renaningsih, MT

## ABSTRAK

PT. INKA (Persero) Madiun merupakan sebuah perusahaan industri manufaktur yang memproses pembuatan kereta api. Proses pembuatan kereta api dimulai dari proses *incoming*, fabrikasi, *finishing*, dan *final testing*. Kereta api terdiri dari beberapa bagian antara lain lokomotif, *bogie*, *carbody*. *Carbody* merupakan salah satu bagian terpenting karena berkaitan dengan keselamatan penumpang. *Carbody* terdiri dari beberapa bagian yaitu *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* yang saling disambung dengan menggunakan teknik pengelasan. Hasil dari proses pengelasan dilakukan pemeriksaan oleh divisi *Quality Control* dan apabila ditemukan ketidaksesuaian dicatat dalam NCR (*Nonconformity Report for Product*). Selama ini pengendalian kualitas di PT. INKA (Persero) dilakukan secara deskriptif dengan menggunakan data yang telah diperoleh dari NCR. Data pemeriksaan proses pengelasan *carbody* KRL Railink Bandara Soetta dilakukan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui apakah proses pengelasan pada setiap bagian *carbody* telah kapabel atau tidak. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil pengelasan pada bagian *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* tidak terkendali secara statistik karena ada titik pengamatan yang berada diluar batas kendali. Hasil analisis kapabilitas proses pengelasan *carbody* tidak kapabel ditunjukkan dengan nilai equivalent  $P^%_{PK} < 1$ , nilai  $P^%_{PK}$  untuk bagian *underframe* sebesar 0.1709, nilai  $P^%_{PK}$  untuk bagian *roof* sebesar 0.1687, nilai  $P^%_{PK}$  untuk bagian *sidewall* sebesar 0.1685, dan nilai  $P^%_{PK}$  untuk bagian *endwall* sebesar 0.1805.

**Kata Kunci** : *Carbody*, Kapabilitas proses, KRL Railink Bandara Soetta, Peta kendali *u*, Proses pengelasan, *Quality control*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **CAPABILITY ANALYSIS OF WELDING PROCESS ON CARBODY ELECTRICAL TRAIN RAILINK SOEKARNO HATTA AIRPORT IN PT. INKA (PERSERO) MADIUN**

**Student Name : Rizki Rianis Putri**  
**NRP : 10611500000034**  
**Department : Business of Statistics Faculty of Vocations ITS**  
**Supervisor : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

## **ABSTRACT**

*PT INKA (Persero) Madiun is a company manufacturing industry in the making of trains. The process of making trains begins with incoming, fabrication, finishing, and final testing. The train consists of several parts such as locomotives, bogies, carbody. Carbody is one of the most important parts as it relates to passenger safety. Carbody consists of several parts underframe, roof, sidewall, and endwall are connected by using welding techniques. The results of the welding process are examined by the Quality Control division and if nonconformities are recorded at NCR (Nonconformity Report for Product). During this quality control in PT. INKA (Persero) is done descriptively using data obtained from NCR. Data examination of the carbody welding process KRL Railink Soetta Airport carried out the analysis of process capability to determine whether the welding process on each part of the carbody has been capable or not. The results of the analysis is welding process on the underframe, roof, sidewall, and endwall uncontrolled statistically because there is a plot outside the control limits. The results of capability process analysis are welding process of carbody is not capable with the value for equivalent equivalent  $P\%_{PK} < 1$ , a value of  $P\%_{PK}$  for underframe is 0.1709, a value of  $P\%_{PK}$  for roof is 0.1687, a value of  $P\%_{PK}$  for sidewall is 0.1685 and a value of  $P\%_{PK}$  for endwall is 0.1805.*

**Keywords :** *Carbody, Control chart attribute, KRL Railink Soetta Airport, Process capability, Quality control, Welding process*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya yang tidak pernah berhenti sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kapabilitas Proses Pengelasan Carbody KRL Railink Bandara Soetta di PT. INKA (Persero) Madiun**”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan serta memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir
2. Dra. Lucia Aridinanti, MT., selaku dosen penguji serta validator Tugas Akhir dan Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji atas dukungan, ilmu, kritik dan saran yang membantu dalam penyempurnaan Tugas Akhir
3. Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si., selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS yang memberikan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir
4. Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si., selaku Kepala Program Studi DIII Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan bekal ilmu dan selalu memberikan fasilitas terkait Tugas Akhir
5. Dr. Brodjol Sutijo Ulama, M.Si selaku Sekretaris Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
6. Bapak Sutoro selaku Kepala Divisi *Quality Control* yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di PT. INKA (Persero) Madiun bagian *Quality Control*
7. Bapak Dadang selaku pembimbing lapangan yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam melakukan penelitian di Divisi *Quality Control*
8. Bapak Eko Cahyono, Bapak Edy, Bapak Mahendra, dan seluruh karyawan PT. INKA yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian di PT. INKA dari awal hingga akhir

9. Seluruh Ibu/Bapak dosen atas segala ilmu yang telah diberikan serta seluruh staf dan karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS atas kerja keras dan bantuannya selama ini.
10. Bapak, Ibu, dan Kakak yang senantiasa memberikan iringan doa, kasih sayang, kesabaran, dukungan, motivasi, semangat, dan segalanya yang selalu diberikan kepada penulis hingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar
11. Teman terdekat penulis Zhafirah, Sabila, Aufia, Rani, Amyl, Nafia, Ines, Heni, Era, Kikik, Lizza, Umma, Alifia, Dinar, Ela, Yunita, dan Selvi yang selalu memberikan bantuan, dukungan, doa, serta kenangan yang indah selama kuliah.
12. Teman-teman seperjuangan HEROES 2015 terimakasih untuk segalanya selama 3 tahun ini. Selamat menempuh kehidupan pasca kampus dan semoga sukses selalu.
13. Teman-teman Badan Pengurus Harian, Tim Litbang, dan seluruh fungsionaris HIMADATA-ITS 17/18 yang telah memberikan semangat, doa, dan pengertiannya.
14. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Peta Kendali.....	5
2.1.1 Peta Kendali <i>u</i> .....	6
2.1.2 Pengujian Asumsi Peta Kendali Atribut.....	8
2.2 Indeks Kapabilitas Proses.....	10
2.3 Diagram Pareto.....	11
2.4 Diagram Ishikawa .....	13
2.5 Teknik Pengelasan.....	14
2.5.1 Pengelasan <i>Spot Welding</i> .....	14
2.5.2 Pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i> .....	14
2.5.3 Pengelasan <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> .....	15
2.6 Peta Proses Produksi <i>Carbody</i> .....	15
2.7 Kereta Rel Listrik (KRL) Railink Bandara Soetta.....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Sumber Data .....	21
3.2 Variabel Penelitian .....	21
3.3 Teknik Pengambilan Sampel.....	23
3.4 Langkah Analisis .....	24

## **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1	Analisis Peta Kendali <i>u</i> .....	27
4.1.1	Analisis Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Underframe</i> .....	27
4.1.2	Analisis Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Roof</i> .....	29
4.1.3	Analisis Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Sidewall</i> .....	31
4.1.4	Analisis Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Endwall</i> .....	32
4.2	Asumsi Peta Kendali <i>u</i> .....	34
4.2.1	Keacakan Data Pengelasan <i>Carbody</i> .....	34
4.2.2	Asumsi Ketidaksesuaian Pengelasan <i>Carbody</i> Berdistribusi Poisson .....	35
4.3	Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan <i>Carbody</i> .....	36
4.4	Diagram Pareto .....	37
4.5	Diagram Ishikawa.....	39

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	41
5.2	Saran .....	42

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Organisasi Data Peta Kendali $u$ .....	7
<b>Tabel 3.1</b> Organisasi Data.....	23
<b>Tabel 4.1</b> Keacakan Data Pemeriksaan Pengelasan <i>Carbody</i> .....	35
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian Distribusi Poisson.....	36
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses .....	37

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Diagram Pareto .....	12
<b>Gambar 2.2</b> Diagram Ishikawa .....	13
<b>Gambar 2.3</b> KRL Railink Bandara Soetta.....	17
<b>Gambar 2.4</b> Peta Proses Produksi <i>Carbody</i> Tipe MC.....	18
<b>Gambar 2.5</b> Peta Proses Produksi <i>Carbody</i> Tipe TC.....	19
<b>Gambar 3.1</b> Bagian <i>Carbody</i> .....	21
<b>Gambar 3.2</b> Karakteristik Kualitas <i>Crack</i> .....	22
<b>Gambar 3.3</b> Karakteristik Kualitas <i>Porosity</i> .....	22
<b>Gambar 3.4</b> Karakteristik Kualitas <i>Undercut</i> .....	22
<b>Gambar 3.5</b> Karakteristik Kualitas <i>Reinforcement</i> .....	23
<b>Gambar 3.6</b> Diagram Alir .....	25
<b>Gambar 4.1</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Underframe</i> .....	28
<b>Gambar 4.2</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Underframe</i> Perbaikan .....	29
<b>Gambar 4.3</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Roof</i> .....	30
<b>Gambar 4.4</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Roof</i> Perbaikan .....	30
<b>Gambar 4.5</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Sidewall</i> .....	31
<b>Gambar 4.6</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Sidewall</i> Perbaikan .....	32
<b>Gambar 4.7</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Endwall</i> .....	33
<b>Gambar 4.8</b> Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Endwall</i> Perbaikan.....	34
<b>Gambar 4.9</b> Diagram Pareto .....	37
<b>Gambar 4.10</b> Diagram Ishikawa .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1A.</b> Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan <i>Carbody</i> KRL Railink Bandara Soetta bagian <i>Underframe</i>	45
<b>Lampiran 1B.</b> Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan <i>Carbody</i> KRL Railink Bandara Soetta Bagian <i>Roof</i> .....	46
<b>Lampiran 1C.</b> Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan <i>Carbody</i> KRL Railink Bandara Soetta Bagian <i>Sidewall</i> .....	47
<b>Lampiran 1D.</b> Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan <i>Carbody</i> KRL Railink Bandara Soetta Bagian <i>Endwall</i> .....	48
<b>Lampiran 2A.</b> Hasil Analisis Peta Kendali <i>u</i> bagian <i>Underframe</i>	49
<b>Lampiran 2B.</b> Hasil Analisis Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Roof</i> .....	50
<b>Lampiran 2C.</b> Hasil Analisis Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Sidewall</i> ....	51
<b>Lampiran 2D.</b> Hasil Analisis Peta Kendali <i>u</i> Bagian <i>Endwall</i> ....	52
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Pengujian Asumsi Keacakan .....	53
<b>Lampiran 4.</b> Hasil Pengujian Asumsi Distribusi Poisson .....	54
<b>Lampiran 5A.</b> Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian <i>Underframe</i> .....	55
<b>Lampiran 5B.</b> Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian <i>Roof</i> .....	55
<b>Lampiran 5C.</b> Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian <i>Sidewall</i> .....	56
<b>Lampiran 5D.</b> Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian <i>Endwall</i> .....	56
<b>Lampiran 6.</b> Tabel Distribusi <i>z</i> .....	57
<b>Lampiran 7.</b> Tabel <i>Kolmogorov-Smirnov</i> .....	58
<b>Lampiran 8.</b> Surat Perijinan Untuk Pengambilan Data .....	59
<b>Lampiran 9.</b> Surat Pernyataan Keaslian Data .....	60



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang manufaktur semakin pesat, sehingga harus didukung dengan kemajuan teknologi di bidang produksi. Industri manufaktur pada era globalisasi ini dihadapkan pada tantangan yang cukup berat. Tuntutan konsumen akan kualitas produk semakin meningkat, sehingga diperlukan suatu upaya untuk mempertahankan kualitas produk. Pengendalian kualitas statistika sangat berperan dalam menjawab tantangan yang dihadapi para pelaku bisnis di dunia industri.

PT. INKA (Persero) merupakan perusahaan satu-satunya di Indonesia yang berjalan di dunia industri manufaktur khususnya produk kereta api. Proses produksi kereta api akan dimulai ketika mendapatkan *order*. Perusahaan yang sering memberikan *order* adalah PT. Kereta Api Indonesia (KAI) dan perusahaan dari luar negeri. PT. INKA (Persero) memproduksi berbagai jenis kereta api antara lain kereta penumpang, Kereta Rel Diesel (KRD), Kereta Rel Listrik (KRL), serta gerbong barang (INKA, 2018).

Proses produksi kereta api dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kualitas dan kelayakan yang menjadi salah satu faktor utama keberhasilan produk yang dihasilkan. Kualitas dan kelayakan dari suatu produk akan tercapai melalui sistem proses produksi yang baik. Proses produksi kereta api dimulai dari *incoming*, fabrikasi, *finishing*, dan *final testing*.

Salah satu produk PT. INKA (Persero) Madiun yang baru saja diresmikan pada Desember 2017 adalah Kereta Rel Listrik (KRL) Railink Bandara Soetta yaitu kereta rel listrik AC produksi yang digunakan untuk layanan ekspres dari Stasiun Manggarai di Jakarta menuju Bandara Internasional Soekarno-Hatta di Tangerang. KRL Railink Bandara Soetta memiliki desain eksterior aerodinamis dengan bentuk seperti kereta-kereta ekspres pada umumnya, namun terdapat perbedaan pada material *carbody* yang digunakan yaitu menggunakan material *stainless steel* sedangkan pada

produksi kereta api biasanya menggunakan material baja SS400 sehingga diperlukan perlakuan yang berbeda dalam produksi *carbody*. Proses produksi *carbody* sebagian besar menggunakan teknik pengelasan. Teknik pengelasan yang baik dan benar akan menghasilkan kekuatan las yang maksimal pula, sehingga teknik pengelasan memegang peranan penting dalam proses produksi *carbody*. *Carbody* merupakan salah satu bagian terpenting pada kereta api, apabila terdapat kesalahan pengelasan sangat berkaitan dengan faktor keselamatan penumpang.

Teknik pengelasan yang digunakan dalam proses produksi *carbody* adalah *spot welding*, *GMAW*, dan *GTAW*. Metode yang digunakan untuk memeriksa tiap sambungan las pada *carbody* adalah NDT (*Non Destructive Test*) yakni menggunakan pemeriksaan secara visual. Variabel penelitian yang digunakan merupakan jumlah ketidaksesuaian yang berdasarkan jenis ketidaksesuaian sambungan las terdiri dari *crack*, *undercut*, *porosity*, dan *reinforcement*. Ketidaksesuaian sambungan las tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu faktor mesin, manusia, metode, material, dan lingkungan.

Pada proses produksi PT. INKA (Persero) sering ditemukan ketidaksesuaian dalam suatu komponen produksi. Ketidaksesuaian komponen dicatat dalam NCR (*Nonconformity Report for Product*). Ketidaksesuaian tersebut paling banyak ditemukan pada saat proses pengelasan. Untuk itu diperlukan peningkatan kualitas pada proses pengelasan produk kereta api dengan cara menganalisis ketidaksesuaian sambungan las yang terjadi dengan menggunakan analisis kapabilitas proses.

Penelitian sebelumnya mengenai analisis kapabilitas proses pengelasan *carbody* di PT. INKA (Persero) belum pernah dilakukan. Namun terdapat penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam analisis yang dilakukan oleh Firmansyah (2017) mengenai Analisis Pengendalian Kualitas Statistika Proses Pengelasan di PT. DOK dan Perkapalan Surabaya menghasilkan kesimpulan bahwa proses pengelasan tidak kapabel, yang ditunjukkan dengan nilai  $P^{%}_{PK}$  untuk bagian *bottom and side shell*

sebesar 0.31, nilai  $P\%_{PK}$  untuk bagian *main deck* sebesar -0.046, dan nilai  $P\%_{PK}$  untuk bagian *tank top* sebesar 0.173.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kereta Rel Listrik (KRL) Railink Bandara Soekarna-Hatta merupakan salah satu produk baru yang diproduksi oleh PT. INKA (Persero). Material yang digunakan pada kerangka *carbody* berbeda dari produk kereta sebelumnya yakni menggunakan *stainless steel*, sehingga diperlukan perlakuan yang berbeda dalam proses pengelasan *carbody*. *Carbody* terdiri dari *underframe* (bagian bawah), *roof* (bagian atap), *sidewall* (dinding bagian samping), dan *endwall* (dinding bagian depan dan belakang). Setiap bagian dari *carbody* dilakukan pemeriksaan pada tiap sambungan yang telah dilas. Sambungan las yang tidak sesuai dengan standar akan mempengaruhi faktor keselamatan penumpang dan secara tidak langsung akan mempengaruhi mutu dari produk yang dihasilkan. PT. INKA (Persero) melakukan pengendalian kualitas proses produksi berdasarkan data NCR (*Nonconformity Report for Product*) yang diperoleh melalui inspeksi oleh divisi *Quality Control (QC)*. Data NCR tersebut hanya dilakukan analisis secara deskriptif yaitu hanya mengetahui persentase cacat pada sambungan las yang terjadi dalam kurun waktu satu proyek, belum dapat menyimpulkan apakah proses pengelasan kapabel atau tidak. Untuk itu diperlukan analisis kapabilitas proses guna mengetahui proses pengelasan kapabel atau tidak.

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kapabilitas proses pengelasan komponen pada setiap bagian *carbody* KRL Railink Bandara Soetta di PT. INKA (Persero) Madiun
2. Mengetahui faktor-faktor penyebab dari sambungan cacat pada proses pengelasan di setiap bagian *carbody* KRL Bandara Soetta di PT. INKA (Persero) Madiun

## **1.4 Manfaat**

Manfaat penelitian ini adalah dapat memberikan bahan masukan dan informasi dalam meningkatkan kualitas pembuatan kereta api khususnya pada proses pengelasan pada bagian *carbody*, serta dapat dijadikan bahan evaluasi sehingga meminimalkan ketidaksesuaian dalam proses produksi khususnya pada proses pengelasan *carbody*.

## **1.5 Batasan Masalah**

Penelitian ini hanya mengamati proses produksi kereta api KRL Railink Bandara Soetta pada proses fabrikasi khususnya pada proses pengelasan. Jenis ketidaksesuaian pengelasan yang ditemukan sangatlah beragam, namun penulis hanya mengamati jenis ketidaksesuaian yang muncul pada pemeriksaan secara visual yaitu *crack*, *porosity*, *undercut*, dan *reinforcement*. Data pemeriksaan proses pengelasan *part-part* pada bagian *carbody* KRL Railink Bandara Soetta). Data pemeriksaan sambungan las didapatkan selama waktu proyek pembuatan KRL Railink Bandara Soetta yakni dimulai pada Januari hingga November tahun 2017 di PT. INKA (Persero) Madiun.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Kapabilitas proses berguna untuk mengukur kemampuan suatu proses produksi dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan target atau spesifikasi perusahaan. Proses dikatakan telah kapabel apabila telah dalam kondisi sebagai berikut.

1. Terkendali secara statistik, yang dibuktikan dengan menggunakan peta kendali
2. Tingkat presisi dan akurasi tinggi yang diperoleh dari indeks kapabilitas proses

Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali  $u$ , karena dalam proses pengelasan hanya dibedakan cacat atau tidak cacat berdasarkan jenis ketidaksesuaian pengelasan.

Indeks kapabilitas proses yang digunakan untuk data atribut adalah *equivalent*  $P\%_{PK}$  dan *equivalent*  $P\%_p$ .

Bab ini akan menjelaskan prinsip peta kendali, indeks kapabilitas proses, syarat asumsi yang diperlukan, serta teori-teori yang mendukung pada penelitian ini.

#### **2.1 Peta Kendali**

Peta kendali adalah salah satu alat statistik dari pengendalian kualitas yang berfungsi untuk memonitor suatu proses produksi yang menggambarkan penyebaran kualitas dari hasil proses produksi yang terdiri dari Batas Kendali Atas (BKA), Batas Kendali Bawah (BKB), dan Garis Tengah (GT). Garis tengah adalah ekspektasi dari karakteristik kualitas. Batas kendali adalah ekspektasi dari karakteristik kualitas dengan penambahan atau pengurangan dari nilai *Confidence Interval* (CI).

Peta kendali digunakan untuk mengontrol variabilitas yang terjadi selama proses produksi. Peta kendali dapat memisahkan penyebab variabilitas yaitu antara variasi alami dan variasi yang tidak normal. Variasi alami merupakan penyebab dari banyak hal kecil yang pada dasarnya tidak dapat dihindarkan atau disebut *random causes*. Variasi tidak normal biasanya muncul dari tiga

sumber yakni mesin yang tidak dikontrol, kesalahan operator, atau bahan baku yang rusak, penyebab-penyebab tersebut biasa disebut *assignable causes*.

Peta kendali dibedakan menjadi dua berdasarkan jenis karakteristik kualitasnya, yaitu peta kendali variabel dan peta kendali atribut. Peta kendali variabel digunakan jika karakteristik kualitasnya bisa diukur dalam skala pengukuran interval dan rasio, sedangkan peta kendali atribut digunakan jika karakteristik kualitasnya hanya bersifat membedakan dalam skala pengukuran nominal dan ordinal.

Peta kendali atribut dibedakan menjadi peta kendali  $p$ ,  $np$ ,  $c$ , dan  $u$  berdasarkan jumlah jenis cacat yang ada. Peta kendali  $p$  dan  $np$  hanya memiliki satu jenis cacat. Peta kendali  $c$  dan  $u$  memiliki lebih dari satu jenis cacat (Montgomery, 2013).

### **2.1.1 Peta Kendali $u$**

Karakteristik kualitas tidak hanya dinyatakan secara numerik. Tiap unit produk yang diperiksa dapat diklasifikasikan sebagai sesuai atau tidak sesuai dengan spesifikasi. Karakteristik kualitas tersebut dinamakan sifat atau atribut.

Produk yang tidak sesuai adalah unit produk yang tidak memenuhi satu atau beberapa spesifikasi yang ditetapkan untuk produk tersebut. Pada setiap produk di satu bagian tertentu yang tidak memenuhi spesifikasi menghasilkan satu ketidaksesuaian. Akibatnya satu produk yang tidak sesuai akan memuat paling sedikit satu ketidaksesuaian.

Pada peta kendali  $u$  menganggap terjadinya ketidaksesuaian tiap sampel dapat dimodelkan dengan distribusi Poisson. Distribusi Poisson mensyaratkan bahwa bagian yang berkesempatan untuk tidak sesuai haruslah besar tak berhingga dan probabilitas akan terjadinya ketidaksesuaian suatu bagian adalah kecil dan konstan.

Peta kendali  $u$  adalah peta kendali yang digunakan untuk menggambarkan ketidaksesuaian dimana jumlah karakteristik kualitas lebih dari satu dengan sampel yang digunakan adalah sama atau berbeda. Organisasi data ditunjukkan pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Organisasi Data Peta Kendali  $u$ 

Subgrup ( $i$ )	Sampel ( $n_i$ )	Jenis Ketidaksesuaian ( $j$ )						$c_i$	$u_i$
		$x_1$	$x_2$	...	$x_j$	...	$x_p$		
1	$n_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1p}$	$c_1$	$u_1$
2	$n_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2p}$	$c_2$	$u_2$
$\vdots$	$\vdots$	...	...	...	...	...	...	...	...
$i$	$n_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{ip}$	$c_i$	$u_i$
$\vdots$	$\vdots$	...	...	...	...	...	...	...	...
$m$	$n_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{jm}$	...	$x_{mp}$	$c_m$	$u_m$

Keterangan:

$n_i$  : sampel yang diperiksa tiap subgrup ke- $i$

$x_{ij}$  : jumlah unit yang tidak sesuai pada setiap unit pemeriksaan ke- $i$  dan jenis ketidaksesuaian ke- $j$

$c_i$  : jumlah ketidaksesuaian tiap subgrup ke- $i$  yang diperoleh dari penjumlahan nilai  $x_{ij}$

$u_i$  : rata - rata jumlah ketidaksesuaian setiap subgrup yang ditunjukkan pada Persamaan 2.1.

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

Apabila diketahui suatu variabel random  $u_i$  dengan mean sama dengan varians yaitu  $\bar{u}$ . Batas kendali untuk peta kendali  $u$  ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ \text{GT} &= \bar{u} \\ \text{BKB} &= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Dimana  $\bar{u}$  menyatakan jumlah rata-rata ketidaksesuaian yang diamati per unit dalam suatu set data awal yang ditunjukkan pada Persamaan 2.3.

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (2.3)$$

(Montgomery, 2013).

### 2.1.2 Pengujian Asumsi Peta Kendali Atribut

Asumsi yang digunakan untuk peta kendali  $u$  adalah pengambilan data secara acak dan data berdistribusi Poisson. Proses terkendali secara statistik jika titik pengamatan berada dalam batas kendali dan pola data menyebar secara acak. Jika data tidak mengikuti distribusi Poisson maka diasumsikan dengan melihat proses pengelasan sudah berjalan sesuai aturan perusahaan.

#### A. Pengujian Keacakan Data

Keacakan data mernggambarkan pola data sampel yang diambil pada suatu populasi. Pengamatan dikatakan acak ketika pola data yang terbentuk menyebar secara acak atau tidak membentuk suatu pola tertentu. Uji keacakan data digunakan untuk mengetahui apakah suatu rangkaian kejadian, hal, atau simbol merupakan hasil suatu proses acak. Pengujian keacakan data juga digunakan untuk memeriksa apakah proses telah terkendali secara statistik, apabila pola data menyebar secara acak maka proses telah terkendali secara statistik. Untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan pengujian keacakan yang ditunjukkan seperti berikut.

$H_0$  : Data pengamatan telah diambil secara acak dari suatu populasi

$H_1$  : Data pengamatan telah diambil secara tidak acak dari suatu populasi

Statistik uji ( $r$ ) menyatakan banyaknya runtun yang terjadi dan diperoleh melalui jumlah runtun  $+$  dan  $-$  yang terbentuk setelah data diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar. Apabila sampel besar dengan  $n_1$  dan  $n_2 > 20$  maka menggunakan Persamaan 2.4.

$$z = \frac{r - \left[ \frac{(2n_1n_2)/(n_1 + n_2) + 1}{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)} \right]}{\sqrt{\frac{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}}} \quad (2.4)$$

dimana,

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

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

$H_0$  ditolak dengan taraf signifikan sebesar  $\alpha$  ketika  $r < r_{bawah}$  atau  $r > r_{atas}$ , dimana  $r_{atas}$  dan  $r_{bawah}$  diperoleh dari tabel nilai kritis. Sedangkan pada sampel besar  $H_0$  ditolak jika  $Z < -Z_{\alpha/2}$  atau  $Z > Z_{\alpha/2}$ , dimana nilai  $Z_{\alpha/2}$  diperoleh melalui tabel  $z$  yang ditunjukkan pada Lampiran 6 (Daniel, 1989).

## B. Pengujian Distribusi Poisson

Distribusi Poisson merupakan sebaran peluang bagi peubah acak Poisson  $X$  yang menyatakan banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada selang waktu atau daerah tertentu. Distribusi Poisson adalah distribusi diskrit yang berperan dalam pengendalian kualitas. Distribusi Poisson menggambarkan kejadian yang jarang terjadi dan tidak terduga. Fungsi peluang distribusi poisson ditunjukkan pada Persamaan 2.5.

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (2.5)$$

Parameter  $x$  menyatakan jumlah ketidaksesuaian dan  $\lambda$  menyatakan rata-rata jumlah ketidaksesuaian pada suatu waktu dan. Rata-rata dan variasi distribusi Poisson adalah sama yaitu  $\lambda$ . Penerapan distribusi Poisson dalam pengendalian kualitas adalah sebagai model untuk melihat banyak ketidaksesuaian yang terdapat dalam suatu unit produk (Montgomery, 2013).

Adapun pengujian distribusi Poisson ditunjukkan seperti berikut.

$H_0$  : Data pengamatan telah berdistribusi poisson ( $F(x) = F_0(x)$ )

$H_1$  : Data pengamatan tidak berdistribusi poisson ( $F(x) \neq F_0(x)$ )

Statistik uji  $(D) = \sup_x |F_n(x) - F_0(x)|$  (2.6)

dimana,

sup : *supremum* (nilai selisih maksimum)

$F_n(x)$ : fungsi distribusi empiris yang diperoleh dari nilai peluang kumulatif berdasarkan data sampel

$F_0(x)$ : fungsi distribusi teoritis yang diperoleh dari nilai peluang kumulatif berdasarkan distribusi Poisson

$H_0$  ditolak dengan taraf signifikan sebesar  $\alpha$  ketika  $D_{hitung} > D_{1-\alpha/2,n}$  dengan  $n$  merupakan jumlah sampel dan nilai  $D_{1-\alpha/2,n}$  diperoleh dari Tabel *Kolmogorov Smirnov* yang ditunjukkan pada Lampiran 7 (Daniel, 1989).

## 2.2 Indeks Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses berguna untuk mengukur kemampuan suatu proses produksi dalam menghasilkan produk atau jasa yang sesuai dengan target atau spesifikasi perusahaan. Suatu proses dikatakan kapabel jika proses terkendali, memenuhi batas spesifikasi, serta memiliki tingkat presisi dan akurasi proses tinggi.

Peta kendali yang mengikuti distribusi Poisson yaitu peta  $u$  dapat diukur indeks kapabilitas proses dengan taksiran nilai  $p$  menggunakan nilai proporsi dari jumlah ketidaksesuaian tiap produk. Berdasarkan fungsi peluang distribusi poisson pada Persamaan 2.5, perhitungan kapabilitas proses dengan menggunakan parameter  $\bar{u}$  ditunjukkan pada Persamaan 2.7.

$$P(X = x) = \frac{e^{-\bar{u}} \bar{u}^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots \quad (2.7)$$

Dimana  $x$  merupakan jumlah ketidaksesuaian per unit, nilai  $e$  sebesar 2,718, dan  $\bar{u}$  adalah rata-rata jumlah ketidaksesuaian per unit pemeriksaan.

Jika  $P(X = 0)$  adalah persentase produk yang tidak terjadi ketidaksesuaian maka persentase produk yang mengalami ketidaksesuaian atau  $p'$  ditunjukkan pada Persamaan 2.8.

$$p' = 1 - P(X = 0) = 1 - e^{-\bar{u}} \quad (2.8)$$

Beberapa pengukuran kapabilitas untuk data atribut yaitu menggunakan *equivalent*  $P\%_{PK}$  untuk mengukur akurasi dari kualitas hasil produksi yang merupakan kedekatan pengamatan dengan nilai target yang diperoleh menggunakan Persamaan 2.9. *Equivalent*  $P\%_P$  untuk mengukur presisi dari kualitas hasil produksi yang merupakan suatu kedekatan pengamatan dengan pengamatan yang lain yang ditunjukkan pada Persamaan 2.10.

$$P\%_{PK} = \frac{Zp'}{3} \quad (2.9)$$

$$P\%_P = \frac{Z\left(\frac{p'}{2}\right)}{3} \quad (2.10)$$

dimana,

$p'$  : proporsi produk yang tidak sesuai setiap subgroup  
 $Z(p')$ : *inverse cumulative distribution function* dari distribusi normal standar

Semakin kecil nilai *equivalent*  $P\%_{PK}$  merepresentasikan kondisi yang buruk untuk kapabilitas proses pada data atribut tersebut. Jika nilai *equivalent*  $P\%_{PK} > 1$  maka proses dapat dikatakan kapabel (Bothe, 1997).

### 2.3 Diagram Pareto

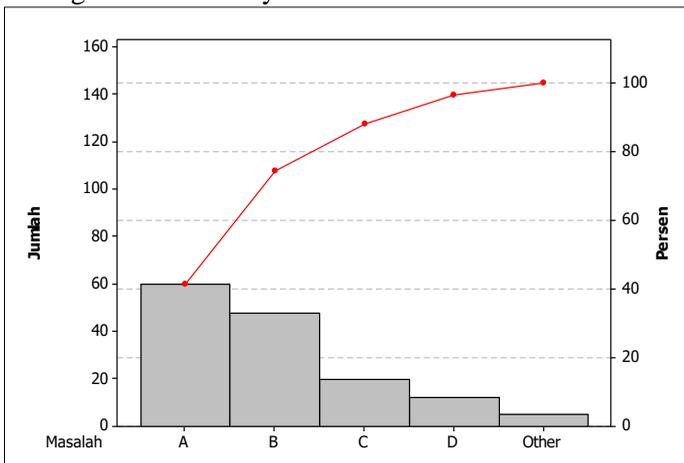
Diagram pareto adalah metode pengorganisasian kesalahan atau cacat untuk membantu memfokuskan pada usaha-usaha pemecahan masalah. Diagram ini digunakan untuk mengklasifikasi masalah menurut penyebabnya. Masalah akan didiagramkan menurut prioritas atau kepentingannya dengan menggunakan diagram batang. Diagram pareto populer dengan menyatakan 80% permasalahan perusahaan merupakan hasil dari penyebab yang

20% saja, artinya analisis Pareto mengindikasikan masalah yang dapat mempunyai sumbangsih terbesar akan hasil (Heizer & Render, 2009).

Diagram Pareto diperkenalkan pertama kali oleh Alfredo Pareto dan pertama kali digunakan oleh Joseph Juran yaitu diagram balok dan grafik garis yang menggambarkan perbandingan dari masing-masing jenis data terhadap keseluruhan data.

Cara menyusun diagram Pareto adalah menghitung frekuensi dari setiap penyebab masalah dan dibandingkan dengan keseluruhan data dalam bentuk persentase selanjutnya diagram batang disusun berdasarkan urutan penyebab masalah terbesar hingga terkecil.

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



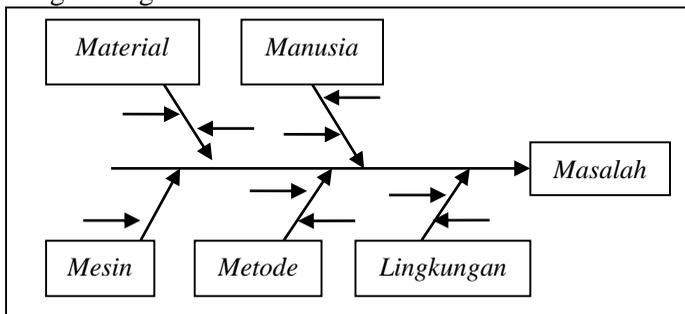
**Gambar 2.1** Diagram Pareto

## 2.4 Diagram Ishikawa

Diagram Ishikawa disebut juga dengan diagram tulang ikan atau diagram sebab akibat. Diagram Ishikawa digunakan untuk memperlihatkan faktor-faktor terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama yang dapat mempengaruhi kualitas suatu produk. Pada umumnya di dalam proses produksi terdapat lima hal penyebab terjadinya masalah yaitu manusia, material, metode, mesin, dan lingkungan. Diagram ini menggambarkan hubungan antara permasalahan dengan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya sehingga lebih mudah dalam penanganannya karena dapat melukiskan dengan jelas berbagai penyebab ketidaksesuaian (Heizer & Render, 2009).

Langkah-langkah dalam membuat diagram Ishikawa:

1. Menentukan masalah atau akibat yang dianggap kritis dan penting kemudian meletakkan pada bagian kepala ikan.
2. Menentukan faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya masalah atau akibat kritis tersebut.
3. Menuliskan faktor-faktor penyebab utama yang mempengaruhi masalah kualitas sebagai tulang besar. Kategori-kategori penyebab utama dapat dikembangkan ke dalam pengelompokan dari faktor-faktor yaitu manusia, material, metode, mesin, dan lingkungan.
4. Menuliskan penyebab-penyebab sekunder yang mempengaruhi penyebab utama yang dinyatakan sebagai tulang sedang.



**Gambar 2.2** Diagram *Ishikawa*

## 2.5 Teknik Pengelasan

Teknik pengelasan yang digunakan pada *carbody* kereta yang terdiri dari *underframe*, *roof*, *sidewall*, *endwall* antara lain *spot welding*, *GMAW*, dan *GTAW*. Menurut American Welding Society (1997) definisi setiap teknik pengelasan dijelaskan seperti berikut.

### 2.5.1 Pengelasan *Spot Welding*

*Spot welding* merupakan teknik pengelasan dimana dua atau lebih lembaran logam dijepit di antara elektroda logam. Siklus pengelasan dimulai ketika elektroda bersinggungan dengan logam dibawah pengaruh tekanan sebelum arus listrik dialirkan. Kemudian arus listrik bertegangan rendah dialirkan di antara elektroda sehingga logam yang bersinggungan menjadi panas dan suhu naik hingga mencapai suhu pengelasan. Ketika suhu pengelasan itu tercapai, maka tekanan antara elektroda memaksa logam untuk menjadi satu dan terbentuklah sambungan las. Mutu dan karakteristik dari hasil *spot welding* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain waktu pengelasan, besarnya arus pengelasan dan tekanan yang diberikan pada saat pengelasan. *Spot welding* merupakan proses pengelasan yang paling banyak digunakan dalam pembuatan *sidewall* kereta api.

### 2.5.2 Pengelasan *Gas Metal Arc Welding*

Proses las *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dikerjakan dengan mempergunakan elektroda solid atau tubular sesuai dengan komposisi diinginkan, yang diumpankan melalui suatu *spool* atau gulungan. Elektroda ini diumpankan secara kontinyu dari sebuah *gun* atau *torch* sambil mempertahankan busur yang terbentuk antara ujung elektroda dengan *base metal*. Di dalam pengelasan GMAW, elektroda umumnya berbentuk solid dan semua gas pelindung berasal dari sumber luar. *Flux cored arc welding* atau las busur berinti *flux*, yaitu menggunakan elektroda solid dan tubular yang diumpankan secara kontinyu dari sebuah gulungan. Elektroda

diumpkan melalui *gun* atau *torch* sambil menjaga busur yang terbentuk diantara ujung elektroda dengan *base metal*.

### **2.5.3 Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding**

Proses pengelasan pada *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) panas dihasilkan dari busur yang terbentuk dalam perlindungan *inert gas* (gas mulia) antara elektroda tidak terumpun dengan benda kerja. GTAW mencairkan daerah benda kerja di bawah busur tanpa elektroda tungsten itu sendiri ikut meleleh. Proses ini dapat dikerjakan secara manual dan otomatis. GTAW otomatis membutuhkan sumber listrik dan pengontrolan terprogram serta sistem pengumpanan dan mesin pemandu gerak.

## **2.6 Peta Proses Produksi Carbody**

Peta proses produksi atau *flow chart* merupakan peta kerja yang menggambarkan urutan kerja dengan membagi pekerjaan tersebut ke dalam elemen-elemen operasi secara jelas dan terperinci. Peta proses operasi untuk membuat produk *carbody* mengalami beberapa tahapan proses produksi. Tahapan proses produksi *carbody* untuk tipe MC dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan untuk tipe TC dapat dilihat pada Gambar 2.5. Tahapan proses produksi *carbody* dijelaskan sebagai berikut.

### **1. Setting**

Proses *setting* merupakan proses persiapan untuk merangkai komponen. Proses *setting* terdiri dari proses *cutting*/ pemotongan dan proses *bending*/ pembentukan. *Cutting* merupakan proses pemotongan plat yang didasari dengan terbentuknya *chip* atau *gram* sebagai akibat proses pemotongan tersebut. *Bending* adalah proses pembentukan material atau plat secara plastis menjadi bentuk-bentuk yang diinginkan pada suhu kamar. *Setting* juga mempersiapkan frame yang akan dirangkai serta komponen-komponen yang diperlukan.

## **2. *Welding***

Proses *welding* atau proses pengelasan merupakan suatu cara untuk menyambung logam padat dengan cara mencairkannya melalui pemanasan. Teknik pengelasan yang digunakan untuk merakit komponen *carboby* telah dijelaskan pada subab 2.7

## **3. *Grinding***

Proses penghalusan atau *grinding* merupakan salah satu proses pengerjaan plat yang berupa menghaluskan *part-part* yang telah dilas, hal ini dilakukan untuk memudahkan merakit bagian selanjutnya.

## **4. *Inspection***

Hasil dari setiap proses *welding* selanjutnya dilakukan pemeriksaan untuk melihat apakah ada sambungan las yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan terdapat kecacatan, selanjutnya dilakukan perbaikan/ *repair*.

## **5. *Chemical Cleaning***

Apabila hasil inspeksi dari proses *welding* ditemukan ketidaksesuaian atau hasil pengelasan yang menimbulkan bekas (*spatter*) maka perlu dilakukan *chemical cleaning*, yaitu pembersihan komponen kereta api menggunakan bahan kimia.

## **6. *Inspection Dimension and Weight***

Hasil dari semua proses yang telah dilakukan selnjutnya diperiksa dimensi dan beratnya apakah sudah sesuai spesifikasi *carboby* yang telah ditentukan. Apabila sudah sesuai dapat dilanjutkan ke tahap proses *finishing* yakni pengecatan dan pemasangan interior *carboby*.

## 2.7 Kereta Rel Listrik (KRL) Railink Bandara Soetta

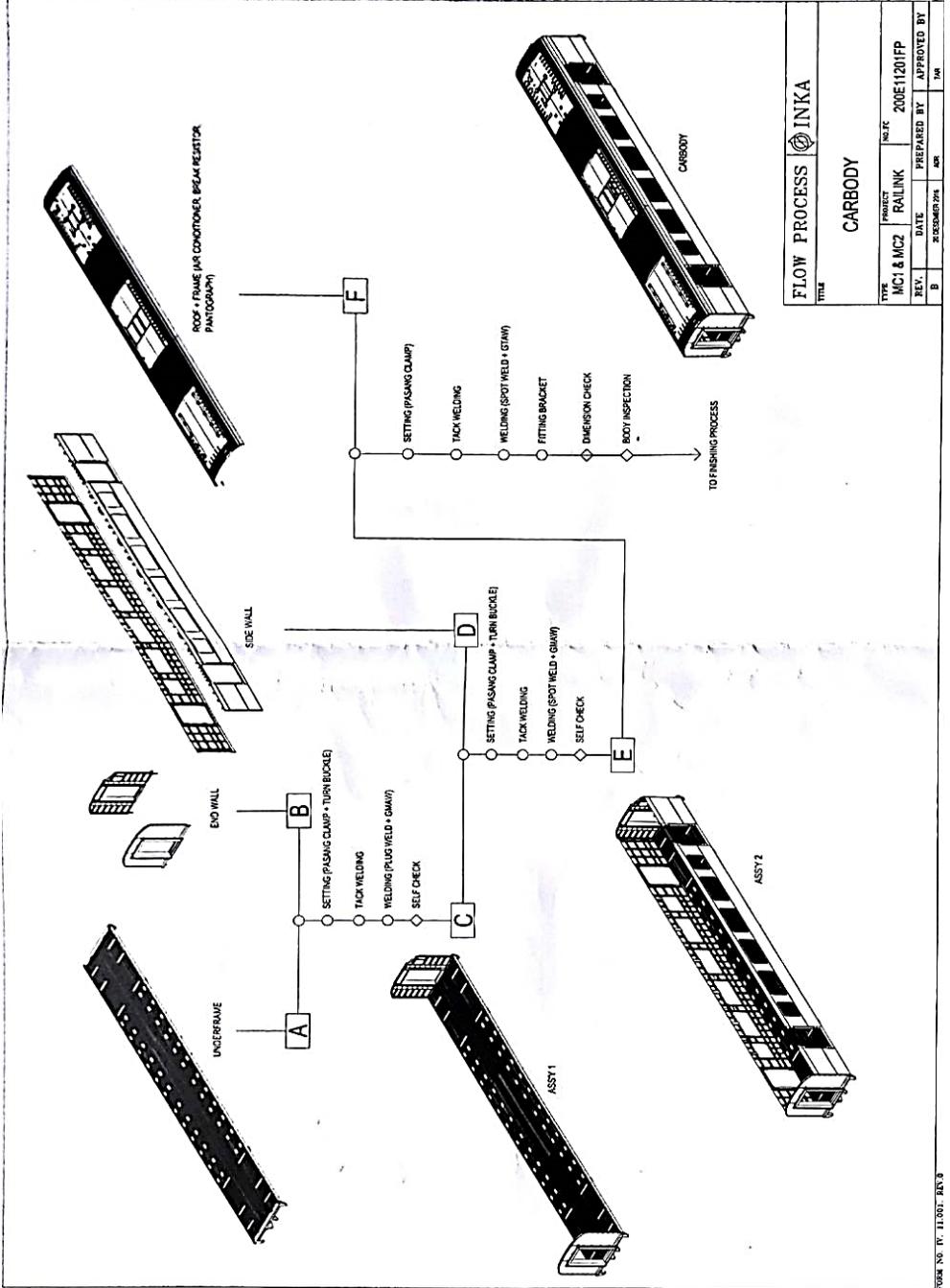
KRL Railink Bandara Soetta adalah kereta rel listrik AC produksi PT. INKA Madiun yang digunakan untuk layanan ekspres dari Stasiun Manggarai di Jakarta menuju Bandara Internasional Soekarno-Hatta di Tangerang, Banten. KRL ini dibeli oleh PT Railink, perusahaan patungan antara PT. Kereta Api Indonesia dan PT. Angkasa Pura II yang menjadi operator kereta bandara di Indonesia. KRL Railink ini diproduksi sebanyak 60 unit kereta yang dibagi ke dalam 10 rangkaian *trainset* dengan formasi 6 kereta per *trainset*. Spesifikasi dari KRL Bandara Soetta adalah sebagai berikut.

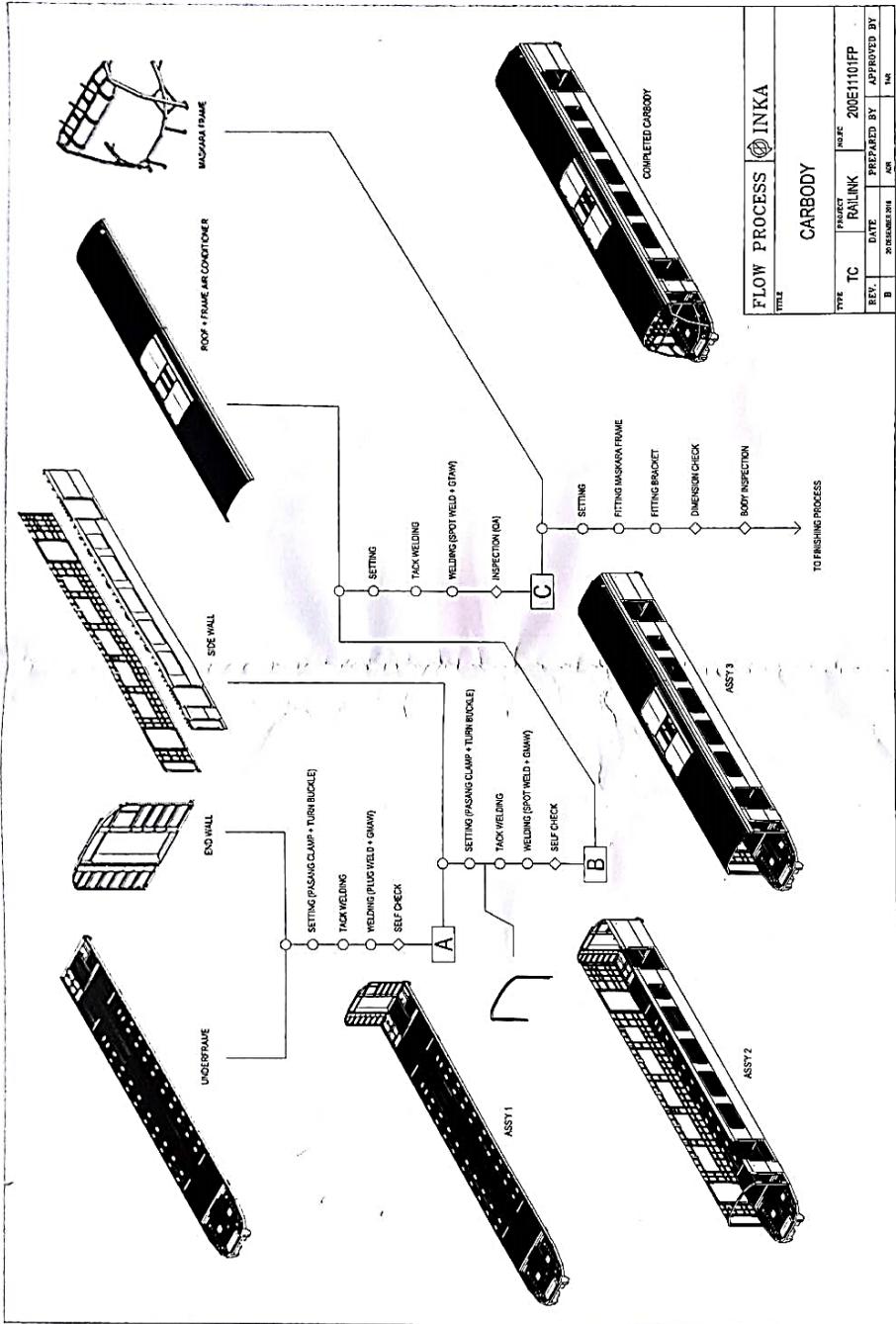
Panjang	: 20.000 mm	Berat	: 35,5 – 39 ton
Lebar	: 2.990 mm	Kecepatan Maks	: 120 km/jam
Tinggi	: 3.820 mm	Bodi gerbong	: <i>Stainless steel</i>



Gambar 2.3 KRL Railink Bandara Soetta

Gambar 2.4 Peta Proses Produksi Carbody Tipe MC





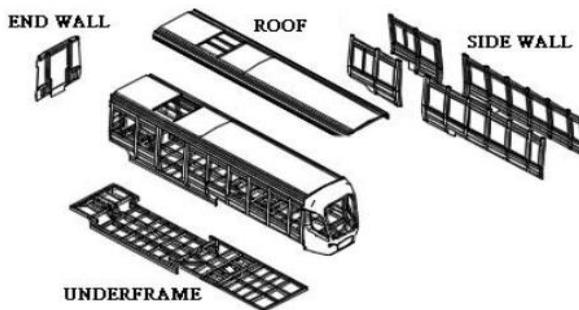
Gambar 2.5 Peta Proses Produksi Carbody Tipe TC

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METEDOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari Divisi *Quality Control* di PT. INKA (Persero) Madiun. Data yang digunakan berupa data pemeriksaan proses pengelasan pada setiap bagian dari *carbody* yaitu *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* pada KRL Railink Bandara Soetta yang dimulai pada Januari hingga November 2017 yang ditunjukkan pada Lampiran 1. Surat perizinan dan surat pernyataan keaslian data dapat dilihat pada Lampiran 8 dan 9. Gambar setiap bagian *carbody* ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagian *Carbody*

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan adalah jumlah ketidaksesuaian menurut jenis ketidaksesuaian pengelasan. Jenis ketidaksesuaian pengelasan menurut dokumen INKA (2018) antara lain ditunjukkan seperti berikut.

#### a) *Crack* ( $x_1$ )

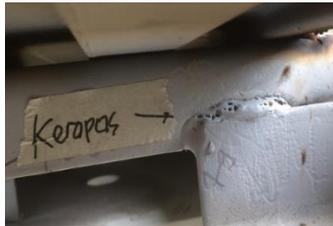
*Crack* merupakan jenis ketidaksesuaian sambungan las berupa retakan las akibat dari tegangan sisa bahan yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Karakteristik Kualitas *Crack*

**b) Porosity ( $x_2$ )**

*Porosity* merupakan jenis ketidaksesuaian berupa jumlah udara yang terjebak dalam *weld metal* yang berbentuk bintang hitam berpola bulat. Batas *porosity* maksimum 1 titik dengan diameter <4 mm yang ditunjukkan. Contoh *porosity* terdapat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Karakteristik Kualitas *Porosity*

**c) Undercut ( $x_3$ )**

*Undercut* merupakan sebuah alur benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi/kaki lasan di mana alur benda kerja yang mencair tersebut tidak terisi oleh cairan las. Batas spesifikasi *undercut* < 0.4 mm. Contoh *undercut* pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Karakteristik Kualitas *Undercut*

#### d) *Reinforcement* ( $x_4$ )

*Reinforcement* merupakan jenis ketidaksesuaian las yang berupa permukaan las yang tidak rata atau cembung. Batas kecembungan tidak boleh lebih dari 2.4 mm. Contoh *reinforcement* yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Karakteristik Kualitas *Reinforcement*

### 3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel ini berdasarkan organisasi data peta kendali  $u$  pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Organisasi Data

Subgrup (Kereta)	Luas ( $m^2$ )	Jenis Ketidaksesuaian				$c_i$	$u_i$
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$		
1	$n_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$c_1$	$u_1$
2	$n_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$c_2$	$u_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$i$	$n_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	$x_{i3}$	$x_{i4}$	$c_i$	$u_i$
$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
60	$n_{60}$	$x_{601}$	$x_{602}$	$x_{603}$	$x_{604}$	$c_m$	$u_m$

Pengambilan sampel dilakukan selama waktu proses produksi KRL Railink Bandara Soetta berlangsung, yakni dimulai pada bulan Januari 2017 sampai November 2017. Proses produksi yang diamati adalah proses pengelasan dengan produk yang diamati adalah 60 unit kereta atau gerbong. Setiap kereta terdiri dari satu *underframe* berada di bawah, satu *roof* berada di atas, dua *sidewall* yang berada disamping kanan dan kiri kereta, dan dua *endwall* yang berada di depan dan belakang. Subgrup yang digunakan adalah kereta, dimana  $i$  merupakan ukuran subgrup sebanyak 60

dengan ukuran sampel yang digunakan merupakan luas setiap bagian dari *carbody*. Ukuran sampel dari setiap bagian *carbody* berbeda-beda, karena terdapat perbedaan ukuran pada tipe kereta MC dan kereta TC. Kereta MC terdapat pada susunan kereta nomor 2 sampai 5, sedangkan kereta TC terletak pada susunan kereta nomor 1 dan 6. Variabel yang diperiksa adalah jenis ketidaksesuaian pengelasan yaitu *crack*, *porosity*, *undercut*, dan *reinforcement*.  $c_i$  menunjukkan jumlah ketidaksesuaian pada setiap kereta dan  $u_i$  menunjukkan rata-rata ketidaksesuaian tiap kereta.

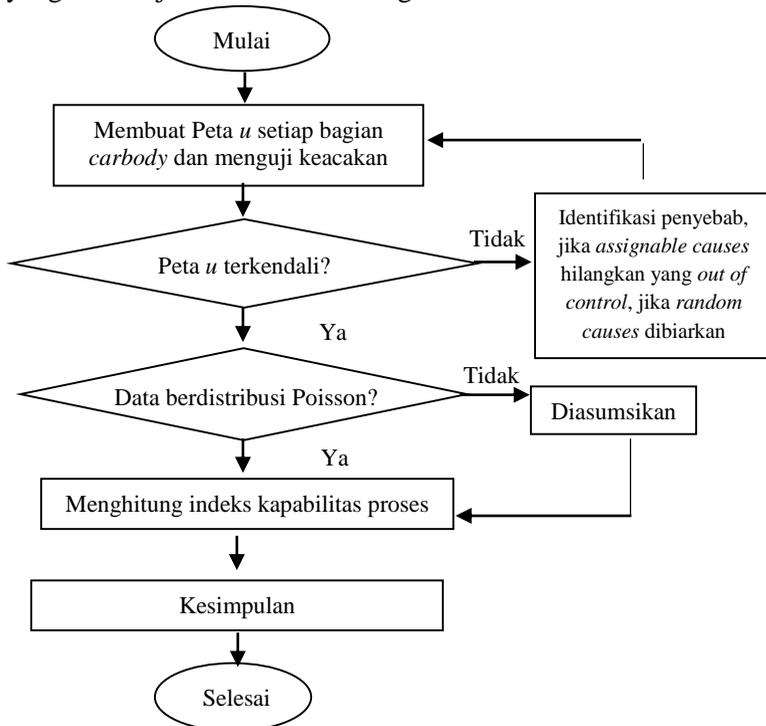
### 3.4 Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat peta kendali  $u$  untuk masing-masing bagian pada *carbody*, antara lain *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* yang digunakan untuk mengetahui apakah proses pengelasan pada setiap bagian *carbody* telah terkendali secara statistik.
2. Melakukan pengujian asumsi peta kendali atribut  $u$  pada setiap bagian *carbody*:
  - a. Pengujian keacakan untuk mengetahui apakah data hasil pemeriksaan proses pengelasan telah diambil secara acak
  - b. Pengujian keselarasan distribusi Poisson untuk mengetahui apakah data proses pengelasan berdistribusi Poisson atau tidak
3. Menghitung indeks kapabilitas proses pada data hasil pemeriksaan proses pengelasan pada setiap bagian *carbody* antara lain *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* untuk mengetahui apakah proses pengelasan telah kapabel atau tidak
4. Menganalisis ketidaksesuaian pengelasan pada setiap bagian *carbody* dengan menggunakan diagram Pareto dan diagram Ishikawa
  - a. Menganalisis penyebab utama permasalahan dengan menggunakan diagram pareto.

- b. Menganalisis faktor-faktor penyebab masalah berdasarkan faktor penyebab masalah yang utama dengan menggunakan diagram Ishikawa
5. Menginterpretasikan hasil analisis data yang telah diperoleh
6. Menarik kesimpulan dan memberikan saran

Diagram alir yang digunakan berdasarkan langkah analisis yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.6** Diaram Alir

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

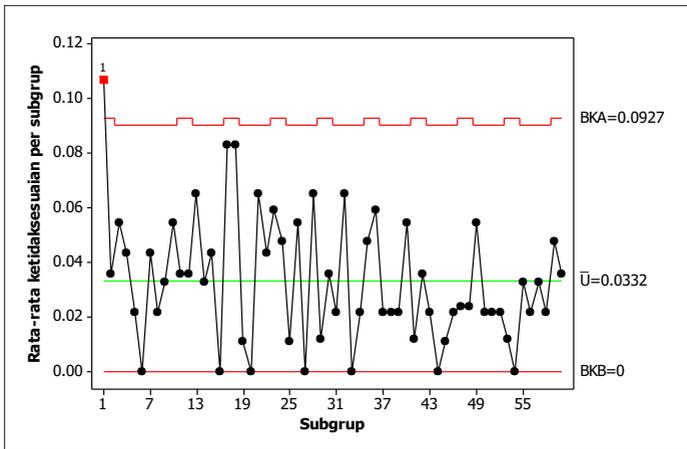
Analisis kapabilitas proses terdiri dari membuat peta kendali  $u$  pada masing-masing bagian *carbody* antara lain *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* untuk mengetahui apakah proses pengelasan pada tiap bagian telah terkendali secara statistik. Apabila tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali maka dilanjutkan untuk pengujian keacakan dan pengujian distribusi Poisson. Jika pengujian keacakan terpenuhi maka peta telah terkendali secara statistik dan dapat dilanjutkan untuk menghitung nilai indeks kapabilitas proses guna mengetahui apakah proses pengelasan telah kapabel atau tidak. Selanjutnya dilakukan analisis ketidaksesuaian pengelasan dengan menggunakan diagram Pareto dan diagram Ishikawa untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya ketidaksesuaian pengelasan pada setiap bagian *carbody*.

#### **4.1 Analisis Peta Kendali $u$**

Data pemeriksaan pengelasan pada masing-masing bagian *carbody* sebanyak 60 subgrup dengan subgrup berupa kereta dan sampel yang digunakan adalah luas bidang yang ditunjukkan pada Lampiran 1 selanjutnya dilakukan analisis peta kendali  $u$  dengan menggunakan Persamaan 2.2 dan hasil analisis ditunjukkan pada Lampiran 2 dan dijelaskan seperti berikut.

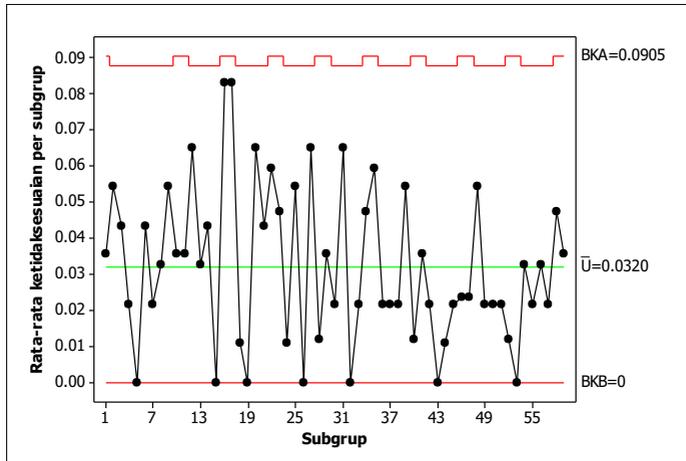
##### **4.1.1 Analisis Peta Kendali $u$ Bagian *Underframe***

*Underframe* merupakan bagian dari *carbody* yang terletak pada bagian bawah atau pada permukaan lantai. *Underframe* memiliki luas yang paling besar dibanding bagian *carbody* yang lain. Data pemeriksaan pengelasan pada *underframe* pada Lampiran 1A dilakukan analisis peta kendali  $u$  yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Peta Kendali  $u$  Bagian *Underframe*

Rata-rata jumlah ketidaksesuaian sambungan las per unit pemeriksaan pada *underframe* dengan pengamatan sebanyak 60 kereta adalah sebesar 0.033 dengan batas kendali untuk setiap unit pemeriksaan ditunjukkan pada Lampiran 2A. Gambar 4.1 menunjukkan titik pengamatan ke-1 keluar dari batas kendali yaitu pada kereta nomor TC 013. Penyebab kereta TC 013 keluar dari batas kendali adalah personil atau tenaga kerja yang kurang teliti dalam melakukan pengelasan sehingga menyebabkan membentuk *porosity* dan terdapat jenis ketidaksesuaian *undercut* yaitu terdapat beberapa bagian belum di las sempurna sehingga mengakibatkan visual las yang kurang rapi. Oleh sebab itu, pengamatan ke-1 dikeluarkan dari analisis dan dilakukan perbaikan. Hasil perbaikan peta kendali  $u$  ditunjukkan pada Gambar 4.2.

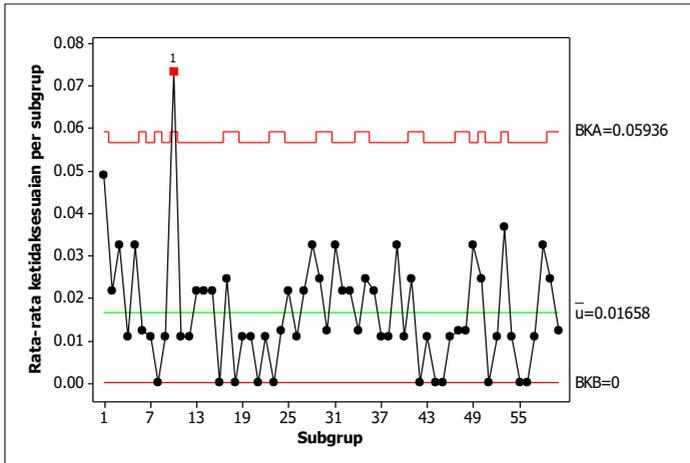


**Gambar 4.2** Peta Kendali *u* Bagian *Underframe* Perbaikan

Gambar 4.2 merupakan peta kendali *u* setelah dilakukan perbaikan dengan 59 subgrup tanpa pengamatan ke-1 dengan rata-rata jumlah ketidaksesuaian tiap subgrup sebesar 0.032. Peta kendali *u* perbaikan menunjukkan secara visual tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali sehingga dapat dilakukan pengujian keacakan data yang terdapat pada subbab 4.2 untuk membuktikan apakah proses pengelasan pada bagian *underframe* telah terkendali secara statistik.

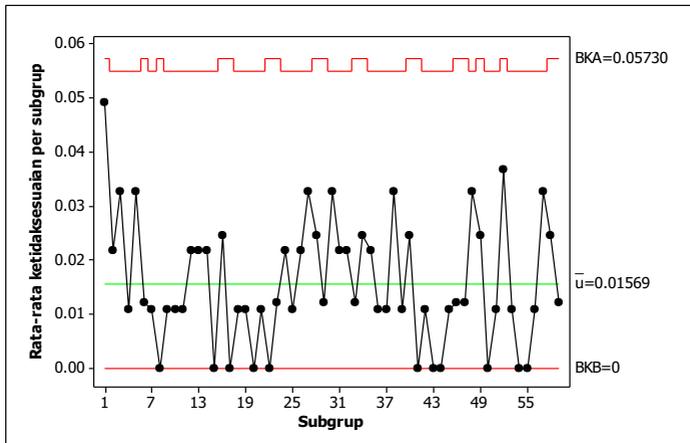
#### 4.1.2 Analisis Peta Kendali *u* Bagian *Roof*

*Roof* merupakan bagian dari *carbody* yang terletak pada bagian atas atau bagian atap. Data pemeriksaan pengelasan di bagian *roof* berdasarkan 60 kereta dengan sampel yang digunakan adalah luas bagian *roof* dalam satuan  $m^2$  yang ditunjukkan pada Lampiran 1B. Data tersebut dilakukan analisis peta kendali *u* dengan menggunakan Persamaan 2.2 dan hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 4.3. Batas kendali untuk masing-masing subgrup dapat dilihat pada Lampiran 2B.



Gambar 4.3 Peta Kendali  $u$  Bagian Roof

Gambar 4.3 menunjukkan terdapat titik pemeriksaan yang keluar batas kendali yaitu kereta nomor TC 007. Penyebab kereta TC 007 keluar dari batas kendali adalah tenaga kerja tidak teliti dalam melakukan pengelasan sehingga menyebabkan beberapa bagian belum di las sempurna dan menimbulkan *porosity*. Sehingga kereta TC 007 dikeluarkan dari analisis dan dilakukan perbaikan pada Gambar 4.4.

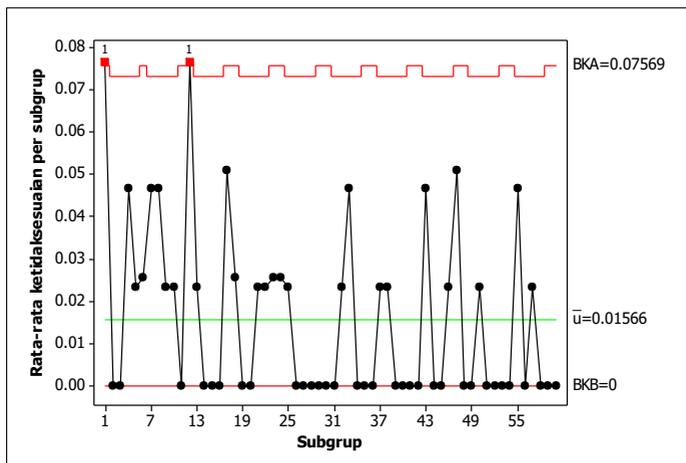


Gambar 4.4 Peta Kendali  $u$  Bagian Roof Perbaikan

Gambar 4.4 menjelaskan bahwa hasil pemeriksaan ketidaksesuaian pengelasan bagian *roof* dengan rata-rata sebesar 0.016 tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali. Selanjutnya dilakukan pengujian keacakan pada subbab 4.2 untuk membuktikan apakah proses telah terkendali secara statistik

#### 4.1.3 Analisis Peta Kendali $u$ Bagian *Sidewall*

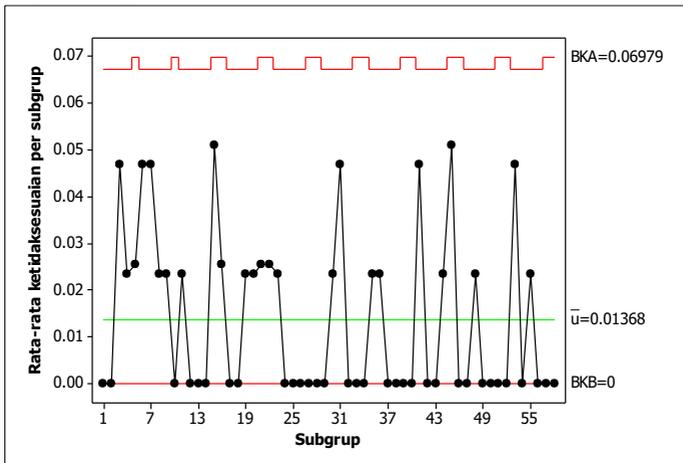
*Sidewall* merupakan bagian dari *carbody* yang terletak pada bagian samping kanan dan kiri. Setiap *carbody* terdapat dua *sidewall*. Data pemeriksaan pengelasan bagian *sidewall* pada Lampiran 1C dilakukan analisis peta kendali  $u$  dengan menggunakan Persamaan 2.2 ditunjukkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Peta Kendali  $u$  Bagian *Sidewall*

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah ketidaksesuaian sambungan las per unit pemeriksaan pada *sidewall* sebesar 0.016. Batas kendali untuk tiap subgrup dapat dilihat pada Lampiran 2C. Peta kendali  $u$  secara visual menunjukkan terdapat titik pemeriksaan yang diluar batas kendali yaitu pada pengamatan ke-1 dan 12 yakni kereta nomor TC 013 dan TC 012. Penyebab kereta TC 013 keluar dari batas

kendali adalah metode pengelasan yang tidak sesuai dengan prosedur menimbulkan *porosity* dan *spatter* hasil pengelasan tidak sibernihkan dengan baik yang mengakibatkan visual las kurang rapi dan penyebab yang lain adalah tenaga kerja yang kurang teliti. Sedangkan penyebab kereta TC 012 berada diatas batas kendali atas adalah tenaga kerja yang tidak teliti dalam melakukan pengelasan yang mengakibatkan timbulnya lubang hitam atau *porosity*. Oleh sebab itu, observasi ke-1 dan 12 dikeluarkan dari analisis dan dilakukan analisis kembali yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.

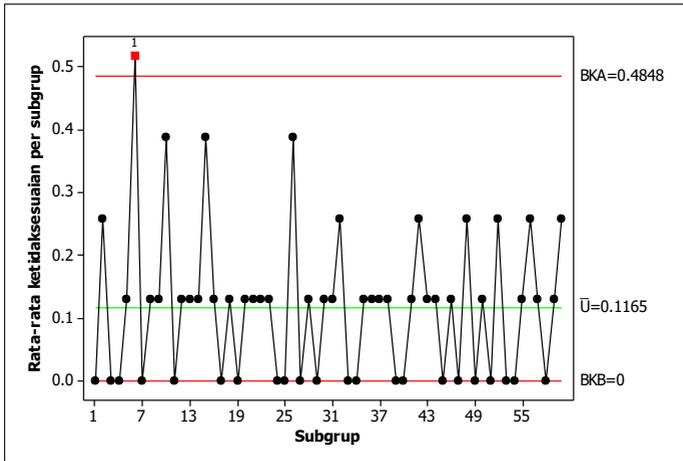


**Gambar 4.6** Peta Kendali  $u$  Bagian *Sidewall* Perbaikan

Gambar 4.6 menunjukkan secara visual bahwa tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali dengan rata-rata ketidaksesuaian pengelasan pada *sidewall* sebesar 0.014. Untuk membuktikan apakah proses benar-benar telah terkendali secara statistik maka perlu dilakukan pengujian keacakan data yang dijelaskan pada subab 4.2.

#### 4.1.4 Analisis Peta Kendali $u$ Bagian *Endwall*

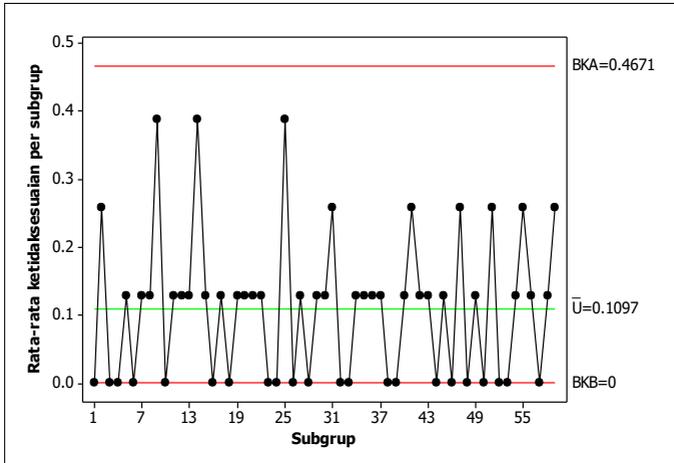
*Endwall* merupakan bagian dari *carbody* yang terletak pada bagian depan dan belakang atau bagian yang digunakan untuk memasang pintu *gangway* yang digunakan untuk memudahkan penumpang berpindah antar gerbong kereta. Data pemeriksaan pengelasan *endwall* pada Lampiran 1D dilakukan analisis peta kendali  $u$  dengan menggunakan Persamaan 2.2. Hasil analisis peta kendali  $u$  ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Peta Kendali  $u$  Bagian *Endwall*

Gambar 4.7 menunjukkan rata-rata ketidaksesuaian pengelasan pada *endwall* sebesar 0.116 dengan batas kendali sebesar 0.116. Pada peta kendali untuk tiap subgrup dapat dilihat pada Lampiran 2D. Pada peta kendali  $u$  terdapat plot yang keluar batas kendali yaitu pada pengamatan ke-6 yakni kereta nomor TC 020. Penyebab kereta TC 020 keluar dari batas kendali adalah personil atau tenaga kerja yang tidak teliti dan kurang konsentrasi sehingga menghasilkan visual las yang kurang baik karena banyak membentuk lubang hitam atau *porosity*, sehingga observasi ke-6 dikeluarkan dari analisis dan selanjutnya dilakukan analisis kembali yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan ketidaksesuaian pengelasan bagian *endwall* tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali. Selanjutnya dilakukan pengujian keacakan data pada subab 4.2 untuk membuktikan apakah proses telah terkendali secara statistik.



Gambar 4.8 Peta Kendali  $u$  Bagian *Endwall* Perbaikan

## 4.2 Asumsi Peta Kendali $u$

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

### 4.2.1 Keacakan Data Pengelasan *Carbody*

Keacakan data digunakan untuk memeriksa data yang diambil dari suatu pengamatan hasil pemeriksaan pengelasan KRL Railink Bandara Soetta yang diambil dari empat bagian kereta telah terambil secara acak. Apabila pengujian keacakan terpenuhi maka proses pengelasan dapat dikatakan telah terkendali secara statistik. Untuk mengetahui hal tersebut, maka dilakukan pengujian seperti berikut.

$H_0$ : Data pemeriksaan pengelasan telah diambil secara acak

$H_1$ : Data pemeriksaan pengelasan tidak diambil secara acak

Sampel yang digunakan berukuran besar sehingga statistik uji yang digunakan adalah Persamaan 2.4 serta diperoleh hasil *output* pada Lampiran 3 dan dirangkum pada Tabel 4.1

$H_0$  ditolak dengan taraf signifikan sebesar 5% ketika  $Z < -Z_{\alpha/2}$  atau  $Z > Z_{\alpha/2}$ , dimana nilai  $Z_{\alpha/2}$  diperoleh melalui tabel normal standar yang ditunjukkan pada Lampiran 6.

**Tabel 4.1** Keacakan Data Pemeriksaan Pengelasan *Carbody*

Bagian Kereta	Hasil Pengujian Keacakan					Keputusan
	$n_1$	$n_2$	$r$	$Z$	$Pvalue$	
<i>Underframe</i>	30	29	31	0.134	0.894	$H_0$ gagal ditolak
<i>Roof</i>	24	35	26	-0.946	0.344	$H_0$ gagal ditolak
<i>Sidewall</i>	23	25	23	-1.742	0.081	$H_0$ gagal ditolak
<i>Endwall</i>	37	22	34	1.520	0.128	$H_0$ gagal ditolak

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa  $H_0$  gagal ditolak dengan menggunakan taraf signifikan 5% diperoleh nilai  $Z_{0.025}$  sebesar 1.96 berdasarkan tabel  $z$  pada Lampiran 6. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa data hasil pemeriksaan pengelasan KRL Railink Bandara Soetta di bagian *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* telah diambil secara acak, sehingga proses pengelasan pada setiap bagian *carbody* telah terkendali secara statistik dan dapat dilakukan analisis selanjutnya yaitu menghitung nilai indeks kapabilitas proses.

#### 4.2.2 Asumsi Ketidaksesuaian Pengelasan *Carbody* Berdistribusi Poisson

Pengujian distribusi Poisson dengan metode *Kolmogorov-Smirnov* berdasarkan data pada Lampiran 1 dengan menggunakan Persamaan 2.6 dimana uji hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Data hasil pemeriksaan pengelasan berdistribusi Poisson

$H_1$  : Data pemeriksaan pengelasan tidak berdistribusi Poisson

Statistik uji yang digunakan adalah  $D$  pada Persamaan 2.6 serta diperoleh hasil *output* pada Lampiran 4 dan dirangkum pada Tabel 4.2.  $H_0$  ditolak dengan taraf signifikan sebesar 5% ketika  $D > D_{1-\alpha/2,n}$ , dimana nilai  $D_{1-\alpha/2,n}$  diperoleh melalui tabel *Kolmogorov-Smirnov* yang ditunjukkan pada Lampiran 7.

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Distribusi Poisson

Bagian Kereta	$\lambda$	$D$	$D_{1-\alpha/2,n}$	$Pvalue$	Keputusan
<i>Underframe</i>	2.860	0.062	0.198	0.978	$H_0$ gagal ditolak
<i>Roof</i>	1.389	0.063	0.198	0.975	$H_0$ gagal ditolak
<i>Sidewall</i>	0.570	0.026	0.199	1.000	$H_0$ gagal ditolak
<i>Endwall</i>	0.850	0.056	0.198	0.993	$H_0$ gagal ditolak

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa  $H_0$  gagal ditolak dengan taraf signifikan sebesar 5%, hal tersebut ditunjukkan pada nilai  $D$  pada masing-masing bagian *carbody* kurang dari nilai  $D_{1-\alpha/2,n}$  yang diperoleh melalui tabel *Kolmogorov-Smirnov* yang ditunjukkan pada Lampiran 7. Kesimpulan dari hasil pengujian distribusi Poisson menjelaskan bahwa data hasil pemeriksaan pengelasan KRL Railink Bandara Soetta di bagian *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* telah berdistribusi Poisson.

### 4.3 Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan *Carbody*

Analisis kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui apakah proses pengelasan pada masing-masing bagian *carbody* KRL Railink Bandara Soetta telah kapabel. Kapabilitas proses dilihat dari nilai indeks kapabilitas proses. Analisis kapabilitas proses dapat dilakukan setelah proses terkendali secara statistik. Berikut merupakan hasil perhitungan analisis kapabilitas proses pada masing-masing bagian *carbody*.

Pembahasan analisis kapabilitas proses pengelasan pada setiap bagian *carbody* dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses menggunakan Persamaan 2.9 dan 2.10 diperoleh hasil perhitungan pada Lampiran 5 dan disajikan pada Tabel 4.3.

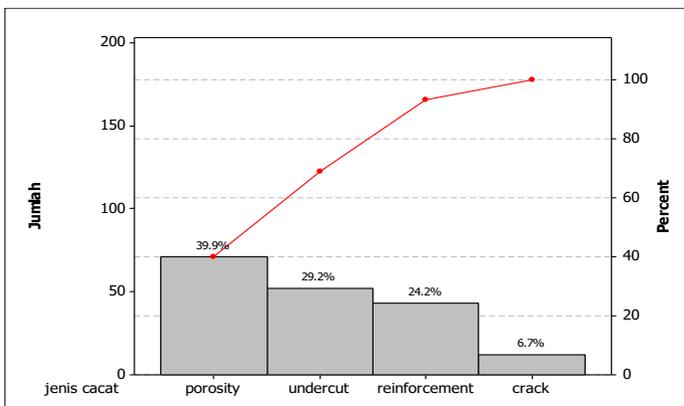
**Tabel 4.3** Hasil Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses

Indeks	<i>Underframe</i>	<i>Roof</i>	<i>Sidewall</i>	<i>Endwall</i>
<i>Equivalent P%<sub>PK</sub></i>	0.1709	0.1687	0.1685	0.1805
<i>Equivalent P%<sub>P</sub></i>	0.1688	0.1677	0.1676	0.1736

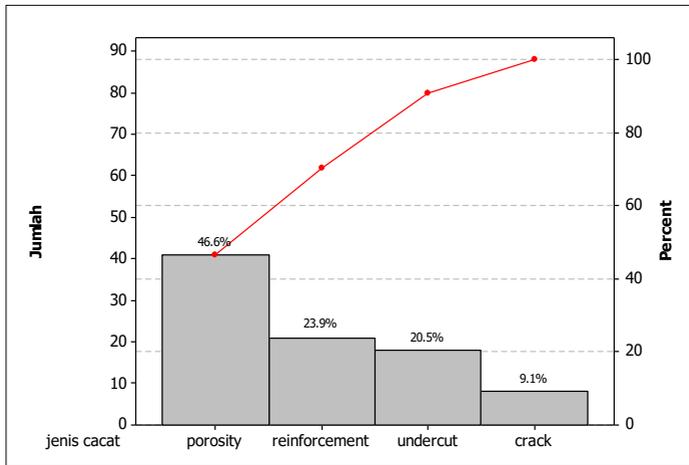
Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai  $P\%_{PK}$  pada bagian *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* tergolong rendah karena nilai  $P\%_{PK} < 1$ . Sedangkan nilai  $P\%_P$  pada setiap bagian *carbody* juga tergolong rendah ditunjukkan dengan nilai  $P\%_P < 1$ . Kapabilitas proses ditunjukkan pada nilai  $P\%_{PK}$  dan  $P\%_P$  dimana nilai untuk masing-masing bagian *carbody* menunjukkan bahwa nilai  $P\%_{PK}$  dan  $P\%_P < 1$ , sehingga proses pengelasan pada setiap bagian *carbody* tidak kapabel. Hal ini menunjukkan kemampuan proses pengelasan yang dilakukan oleh *welder* pada proses pengelasan di setiap bagian *carbody* ini masih belum mencapai nilai target kualitas pengelasan.

#### 4.4 Diagram Pareto

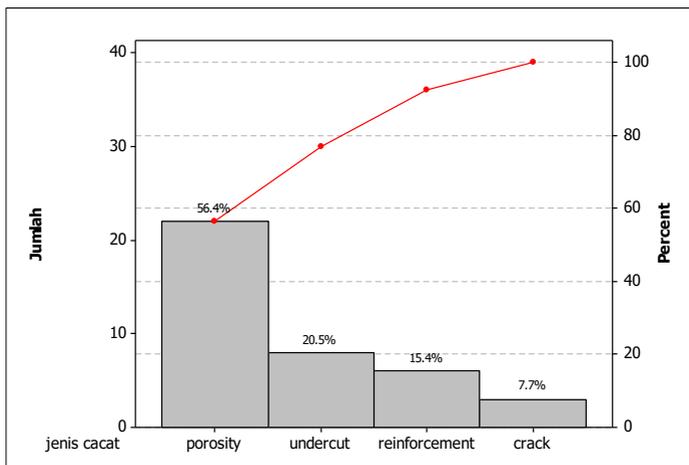
Diagram Pareto digunakan untuk mengetahui penyebab ketidaksesuaian terbesar pada proses pengelasan setiap bagian *carbody*. Diagram Pareto bertujuan untuk mengetahui penyebab ketidaksesuaian yang lebih dominan sehingga peneliti dapat menyelesaikan masalah dengan lebih mudah yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



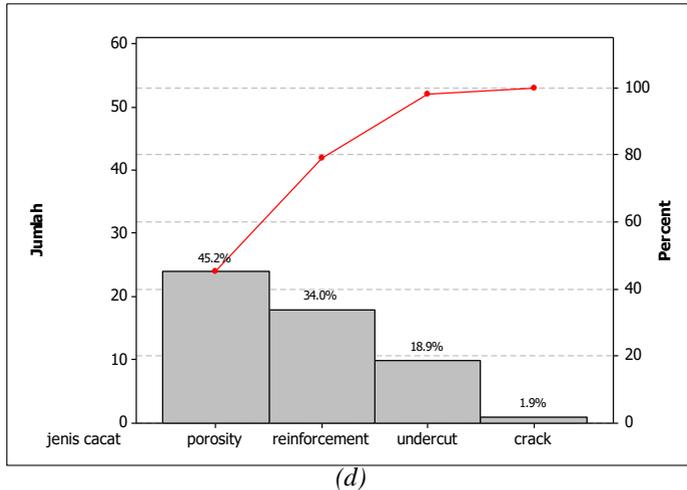
(a)



(b)



(c)

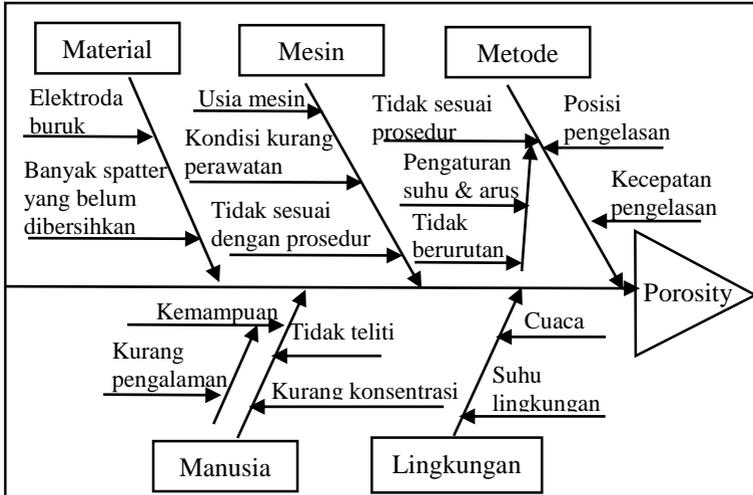


**Gambar 4.9** Diagram Pareto;  
 (a) Underframe (b) Roof (c) Sidewall (d) Endwall

Gambar 4.9 menunjukkan diagram Pareto yang menunjukkan frekuensi jenis ketidaksesuaian pengelasan dari hasil pemeriksaan pengelasan pada masing-masing bagian *carbody*. Kesimpulan yang didapatkan bahwa penyebab ketidaksesuaian terbesar pada *underframe*, *roof*, *sidewall*, *endwall* adalah sama yaitu *porosity*. Diagram Pareto menunjukkan 80% masalah ketidaksesuaian pengelasan disebabkan oleh 20% jenis cacat yaitu *porosity*. Selanjutnya membuat diagram Ishikawa untuk mengetahui faktor-faktor penyebab dari ketidaksesuaian *porosity*.

#### 4.5 Diagram Ishikawa

Diagram Ishikawa digunakan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab dari ketidaksesuaian terbesar pada setiap bagian *carbody*. Diagram Ishikawa untuk penyebab *porosity* pada bagian *underframe*, *roof*, *sidewall*, *endwall* adalah sama yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Diagram Ishikawa

Gambar 4.10 menjelaskan faktor-faktor penyebab terjadinya jenis ketidaksesuaian *porosity* pada hasil pengelasan KRL Railink Bandara Soetta yang disebabkan oleh faktor material, mesin, metode, manusia, dan lingkungan. Untuk kategori faktor bahan baku PT. INKA (Persero) telah memilih bahan baku yang sesuai dan telah ditetapkan standar, namun karena pengaruh lingkungan dan kecerobohan manusia dalam menyimpan bahan baku tersebut sering terindikasi mengalami perubahan seperti elektroda lembab, material yang telah selesai digunakan tidak dibersihkan dengan maksimal sehingga mengakibatkan proses pengelasan terganggu. Penggunaan peralatan mesin yang tidak sesuai dengan prosedur seperti pengaturan suhu, arus, dan waktu untuk proses pengelasan serta kurangnya perawatan pada mesin. Teknik pengelasan yang kurang baik, pengerjaan yang tidak sesuai prosedur dan urutan pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan saat proses produksi. Operator *welder* yang tidak teliti, kurang konsentrasi, juga mempengaruhi kinerja operator saat dilokasi produksi. Suhu lingkungan dan cuaca dapat mempengaruhi hasil pengelasan saat proses produksi.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari analisis kapabilitas proses pengelasan *carbody* pada KRL Railink Bandara Soetta adalah sebagai berikut.

1. Proses pengelasan *carbody* bagian *underframe*, *roof*, *sidewall*, dan *endwall* tidak kapabel dengan nilai  $P\%_{PK}$  bagian *underframe* sebesar 0.1709,  $P\%_{PK}$  bagian *roof* sebesar 0.1687,  $P\%_{PK}$  bagian *sidewall* sebesar 0.1685, dan  $P\%_{PK}$  bagian *endwall* sebesar 0.1805, artinya kemampuan proses pengelasan yang dilakukan oleh operator *welder* yang bertanggung jawab pada proses produksi di bagian tersebut masih belum mencapai nilai target kualitas pengelasan.
2. Faktor penyebab dari jenis ketidaksesuaian pengelasan *porosity* yang menjadi penyumbang 80% masalah antara lain disebabkan oleh faktor material, mesin, metode, manusia dan lingkungan. Faktor penyebabnya antara lain adalah sebagai berikut.
  - a. Material yang digunakan untuk proses pengelasan memiliki kualitas yang buruk, seperti elektroda yang lembab dan sisa spatter las belum dibersihkan
  - b. Alat yang digunakan untuk pengelasan sudah terlalu tua dan kurang perawatan
  - c. Pengaturan mesin pengelasan tidak sesuai dengan prosedur
  - d. Teknik pengelasan yang tidak sesuai dengan prosedur, seperti proses tidak dilaksanakan secara berurutan
  - e. Metode pengelasan yang tidak sesuai dengan pengaturan yang telah ditentukan seperti suhu, arus, kecepatan, dan posisi pengelasan

- f. Kualifikasi *welder* kurang memenuhi persyaratan, termasuk kepedulian terhadap *self inspection* atas hasil pengelasan yang dikerjakan
- g. *Welder* tidak disiplin dalam pembersihan *layer to layer* pada proses welding
- h. Suhu dan cuaca lingkungan yang mempengaruhi proses pengelasan

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil analisis tersebut, saran yang dapat diberikan kepada PT. INKA (Persero) adalah sebagai berikut.

1. Mengendalikan kualitas *welding* dengan peta kendali agar dapat mengontrol sambungan cacat yang terjadi pada saat proses produksi kereta berlangsung.
2. Memberikan perhatian lebih terhadap jenis ketidaksesuaian pengelasan *porosity* yang merupakan jenis ketidaksesuaian yang paling sering terjadi.
3. Memberikan fasilitas yang memadai agar *welder* dapat dengan nyaman dan lebih optimal dalam melakukan proses pengelasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society (AWS). 1997. *Evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials*. Miami: American Welding Society
- Bothe, Davis R. 1997. *Measuring Process Capability: Techniques and Calculation for Quality and Manufacturing Engineers*. New York: McGraw Hill.
- Daniel, Wayne W. 1989. *Statistik Nonparametrik Terapan*. Jakarta: Gramedia.
- Dokumen PT. INKA. 2018. *Standar Keberterimaan Las Untuk Semua Proyek*. Madiun: Teknologi Produksi
- Firmansyah, Arizal A. 2017. *Pengendalian Kualitas Statistika Proses Pengelasan di PT. DOK dan Perkapalan Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Heizer, J. and Render, B. 2009. *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management*. Edisi ke-12. Boston: Pearson Education, Inc.
- INKA. 2018. *Produk PT. INKA (Persero) Madiun*. URL: <http://inka.co.id> diakses pada 24 Januari 2018
- Montgomery, Douglas C. 2013. *Introduction to Statistical Quality Control Eighth Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1A. Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan Carbody KRL Railink Bandara Soetta pada Bagian Underframe

No.	Train set	No. Kereta	Luas (m <sup>2</sup> )	Jenis Ketidaksiesuaian				Jumlah cacat
				Cr	Por	Uc	Rf	
1	1	TC 013	84.3045	2	1	2	4	9
2		TC 020	84.3045	1	2	0	0	3
3		MC1 008	91.9826	1	2	0	2	5
4		MC2 007	91.9826	0	1	0	3	4
5		MC2 008	91.9826	0	1	1	0	2
6		MC1 011	91.9826	0	0	0	0	0
7	2	MC1 009	91.9826	0	3	1	0	4
8		MC2 003	91.9826	0	2	0	0	2
9		MC2 010	91.9826	1	2	0	0	3
10		MC1 010	91.9826	0	3	1	1	5
11		TC 012	84.3045	0	3	0	0	3
12		TC 007	84.3045	0	1	2	0	3
13	3	MC1 012	91.9826	0	2	3	1	6
14		MC1 015	91.9826	0	3	0	0	3
15		MC2 004	91.9826	1	2	0	1	4
16		MC2 005	91.9826	0	0	0	0	0
17		TC 017	84.3045	2	2	2	1	7
18		TC 014	84.3045	0	3	2	2	7
19	4	MC1 001	91.9826	0	0	0	1	1
20		MC1 006	91.9826	0	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	10	TC 016	84.3045	0	0	3	0	3

**Lampiran 1B.** Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan  
*Carbody* KRL Railink Bandara Soetta pada  
Bagian *Roof*

No.	Train set	No. Kereta	Luas (m <sup>2</sup> )	Jenis Ketidaksesuaian				Jumlah cacat
				Cr	Por	Uc	Rf	
1	1	TC 013	81.5184	1	2	1	0	4
2		MC1 011	91.9584	0	1	0	1	2
3		MC2 007	91.9584	0	3	0	0	3
4		MC2 008	91.9584	0	1	0	0	1
5		MC1 008	91.9584	0	3	0	0	3
6		TC 020	81.5184	0	0	0	1	1
7	2	MC1 009	91.9584	0	0	0	1	1
8		TC 012	81.5184	0	0	0	0	0
9		MC2 003	91.9584	0	1	0	0	1
10		TC 007	81.5184	1	3	1	1	6
11		MC1 010	91.9584	0	1	0	0	1
12		MC2 010	91.9584	0	1	0	0	1
13	3	MC2 005	91.9584	0	0	2	0	2
14		MC1 015	91.9584	0	1	0	1	2
15		MC2 004	91.9584	0	1	0	1	2
16		MC1 012	91.9584	0	0	0	0	0
17		TC 017	81.5184	0	1	0	1	2
18		TC 014	81.5184	0	0	0	0	0
19	4	MC1 001	91.9584	0	1	0	0	1
20		MC2 001	91.9584	0	1	0	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	10	TC 016	81.5184	0	0	3	0	3

**Lampiran 1C.** Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan  
*Carbody* KRL Railink Bandara Soetta pada  
Bagian *Sidewall*

No.	Train set	No. Kereta	Luas (m <sup>2</sup> )	Jenis Ketidaksesuaian				Jumlah cacat
				Cr	Por	Uc	Rf	
1	1	TC 013	39.1245	0	2	0	1	3
2		MC1 011	42.6878	0	0	0	0	0
3		MC2 007	42.6878	0	0	0	0	0
4		MC2 008	42.6878	0	1	0	1	2
5		MC1 008	42.6878	0	1	0	0	1
6		TC 020	39.1245	0	0	0	1	1
7	2	MC1 009	42.6878	1	1	0	0	2
8		MC1 010	42.6878	0	0	1	1	2
9		MC2 003	42.6878	0	0	0	1	1
10		MC2 010	42.6878	0	1	0	0	1
11		TC 017	39.1245	0	0	0	0	0
12		TC 012	39.1245	0	3	0	0	3
13	3	MC1 012	42.6878	0	0	1	0	1
14		MC1 015	42.6878	0	0	0	0	0
15		MC2 004	42.6878	0	0	0	0	0
16		MC2 005	42.6878	0	0	0	0	0
17		TC 017	39.1245	0	2	0	0	2
18		TC 014	39.1245	0	1	0	0	1
19	4	MC1 001	42.6878	0	0	0	0	0
20		MC1 006	42.6878	0	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	10	TC 016	39.1245	0	0	0	0	0

**Lampiran 1D.** Data Hasil Pemeriksaan Proses Pengelasan  
*Carbody* KRL Railink Bandara Soetta pada  
 Bagian *Endwall*

No.	Train set	No. Kereta	Luas (m <sup>2</sup> )	Jenis Ketidaksesuaian				Jumlah cacat
				Cr	Por	Uc	Rf	
1	1	MC1 008	7.7264	0	0	0	0	0
2		TC 013	7.7264	0	1	0	1	2
3		MC1 011	7.7264	0	0	0	0	0
4		MC2 008	7.7264	0	0	0	0	0
5		MC2 007	7.7264	0	0	0	1	1
6		TC 020	7.7264	0	1	0	3	4
7	2	MC1 009	7.7264	0	0	0	0	0
8		MC1 010	7.7264	0	0	1	0	1
9		TC 017	7.7264	0	1	0	0	1
10		MC2 010	7.7264	0	3	0	0	3
11		MC2 003	7.7264	0	0	0	0	0
12		TC 012	7.7264	0	1	0	0	1
13	3	MC1 012	7.7264	0	1	0	0	1
14		MC1 015	7.7264	0	0	0	1	1
15		MC2 004	7.7264	0	1	0	2	3
16		MC2 005	7.7264	0	0	1	0	1
17		TC 017	7.7264	0	0	0	0	0
18		TC 014	7.7264	0	1	0	0	1
19	4	MC1 001	7.7264	0	0	0	0	0
20		MC1 006	7.7264	0	1	0	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	10	TC 016	7.7264	0	0	0	0	0

**Lampiran 2A.** Hasil Analisis Peta Kendali  $u$  Bagian *Underframe*

No.	No. Kereta	Sampel (m <sup>2</sup> )	Jumlah cacat ( $c_i$ )	Rata-rata cacat ( $u_i$ )	GT ( $\bar{u}$ )	BKA	BKB
1	TC 013	84.304	9	0.107	0.0332	0.0927	0
2	TC 020	84.304	3	0.036	0.0332	0.0927	0
3	MC1 008	91.983	5	0.054	0.0332	0.0901	0
4	MC2 007	91.983	4	0.043	0.0332	0.0901	0
5	MC2 008	91.983	2	0.022	0.0332	0.0901	0
6	MC1 011	91.983	0	0.000	0.0332	0.0901	0
7	MC1 009	91.983	4	0.043	0.0332	0.0901	0
8	MC2 003	91.983	2	0.022	0.0332	0.0901	0
9	MC2 010	91.983	3	0.033	0.0332	0.0901	0
10	MC1 010	91.983	5	0.054	0.0332	0.0901	0
11	TC 012	84.304	3	0.036	0.0332	0.0927	0
12	TC 007	84.304	3	0.036	0.0332	0.0927	0
13	MC1 012	91.983	6	0.065	0.0332	0.0901	0
14	MC1 015	91.983	3	0.033	0.0332	0.0901	0
15	MC2 004	91.983	4	0.043	0.0332	0.0901	0
16	MC2 005	91.983	0	0.000	0.0332	0.0901	0
17	TC 017	84.304	7	0.083	0.0332	0.0927	0
18	TC 014	84.304	7	0.083	0.0332	0.0927	0
19	MC1 001	91.983	1	0.011	0.0332	0.0901	0
20	MC1 006	91.983	0	0.000	0.0332	0.0901	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	TC 016	84.304	3	0.036	0.0332	0.093	0

**Lampiran 2B.** Hasil Analisis Peta Kendali  $u$  Bagian *Roof*

No.	No. Kereta	Sampel (m <sup>2</sup> )	Jumlah cacat ( $c_i$ )	Rata-rata cacat ( $u_i$ )	GT ( $\bar{u}$ )	BKA	BKB
1	TC1 013	81.518	4	0.0491	0.0166	0.0594	0
2	MC1 011	91.958	2	0.0217	0.0166	0.0571	0
3	MC2 007	91.958	3	0.0326	0.0166	0.0571	0
4	MC2 008	91.958	1	0.0109	0.0166	0.0571	0
5	MC1 008	91.958	3	0.0326	0.0166	0.0571	0
6	TC 020	81.518	1	0.0123	0.0166	0.0596	0
7	MC1 009	91.958	1	0.0109	0.0166	0.0571	0
8	TC 012	81.518	0	0.0000	0.0166	0.0596	0
9	MC2 003	91.958	1	0.0109	0.0166	0.0571	0
10	TC 007	81.518	6	0.0736	0.0166	0.0596	0
11	MC1 010	91.958	1	0.0109	0.0166	0.0571	0
12	MC2 010	91.958	1	0.0109	0.0166	0.0571	0
13	MC2 005	91.958	2	0.0217	0.0166	0.0571	0
14	MC1 015	91.958	2	0.0217	0.0166	0.0571	0
15	MC2 004	91.958	2	0.0217	0.0166	0.0571	0
16	MC1 012	91.958	0	0.0000	0.0166	0.0571	0
17	TC1 017	81.518	2	0.0245	0.0166	0.0596	0
18	TC2 014	81.518	0	0.0000	0.0166	0.0596	0
19	MC1 001	91.958	1	0.0109	0.0166	0.0571	0
20	MC2 001	91.958	1	0.0109	0.0166	0.0571	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	TC 016	81.518	3	0.0123	0.0166	0.0594	0

**Lampiran 2C.** Hasil Analisis Peta Kendali  $u$  Bagian *Sidewall*

No.	No. Kereta	Sampel (m <sup>2</sup> )	Jumlah cacat ( $c_i$ )	Rata-rata cacat ( $u_i$ )	GT ( $\bar{u}$ )	BKA	BKB
1	TC1 013	39.125	3	0.0767	0.0157	0.0757	0
2	MC1 011	42.688	0	0.0000	0.0157	0.0731	0
3	MC2 007	42.688	0	0.0000	0.0157	0.0731	0
4	MC2 008	42.688	2	0.0469	0.0157	0.0731	0
5	MC1 008	42.688	1	0.0234	0.0157	0.0731	0
6	TC 020	39.125	1	0.0256	0.0157	0.0757	0
7	MC1 009	42.688	2	0.0469	0.0157	0.0731	0
8	MC1 010	42.688	2	0.0469	0.0157	0.0731	0
9	MC2 003	42.688	1	0.0234	0.0157	0.0731	0
10	MC2 010	42.688	1	0.0234	0.0157	0.0731	0
11	TC1 017	39.125	0	0.0000	0.0157	0.0757	0
12	TC2 012	39.125	3	0.0767	0.0157	0.0757	0
13	MC1 012	42.688	1	0.0234	0.0157	0.0731	0
14	MC1 015	42.688	0	0.0000	0.0157	0.0731	0
15	MC2 004	42.688	0	0.0000	0.0157	0.0731	0
16	MC2 005	42.688	0	0.0000	0.0157	0.0731	0
17	TC1 017	39.125	2	0.0511	0.0157	0.0757	0
18	TC2 014	39.125	1	0.0256	0.0157	0.0757	0
19	MC1 001	42.688	0	0.0000	0.0157	0.0731	0
20	MC1 006	42.688	0	0.0000	0.0157	0.0731	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	TC 016	39.125	0	0.0000	0.0157	0.0757	0

**Lampiran 2D.** Hasil Analisis Peta Kendali  $u$  Bagian *Endwall*

No.	No. Kereta	Sampel (m <sup>2</sup> )	Jumlah cacat (c <sub>i</sub> )	Rata-rata cacat (u <sub>i</sub> )	GT ( $\bar{u}$ )	BKA	BKB
1	MC1 008	7.7264	0	0.0000	0.1165	0.4848	0
2	TC1 013	7.7264	2	0.2589	0.1165	0.4848	0
3	MC1 011	7.7264	0	0.0000	0.1165	0.4848	0
4	MC2 008	7.7264	0	0.0000	0.1165	0.4848	0
5	MC2 007	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
6	TC 020	7.7264	4	0.5177	0.1165	0.4848	0
7	MC1 009	7.7264	0	0.0000	0.1165	0.4848	0
8	MC1 010	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
9	TC1 017	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
10	MC2 010	7.7264	3	0.3883	0.1165	0.4848	0
11	MC2 003	7.7264	0	0.0000	0.1165	0.4848	0
12	TC2 012	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
13	MC1 012	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
14	MC1 015	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
15	MC2 004	7.7264	3	0.3883	0.1165	0.4848	0
16	MC2 005	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
17	TC1 017	7.7264	0	0.0000	0.1165	0.4848	0
18	TC2 014	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
19	MC1 001	7.7264	0	0.0000	0.1165	0.4848	0
20	MC1 006	7.7264	1	0.1294	0.1165	0.4848	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	TC 016	7.7264	2	0.2589	0.1165	0.4848	0

### Lampiran 3. Hasil Pengujian Asumsi Keacakan

<b>Runs Test</b>				
	underframe	roof	sidewall	endwall
Test Value <sup>a</sup>	2.86	1.39	.57	.85
Cases < Test Value	29	35	33	22
Cases >= Test Value	30	24	25	37
Total Cases	59	59	58	59
Number of Runs	31	26	23	34
Z	.134	-.946	-1.742	1.520
Asymp. Sig. (2-tailed)	.894	.344	.081	.128

a. Mean

**Lampiran 4.** Hasil Pengujian Asumsi Distribusi Poisson**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		underframe	roof	sidewall	endwall
N		59	59	58	59
Poisson Parameter <sup>a,b</sup>	Mean	2.86	1.39	.57	.85
Most Extreme	Absolute	.062	.063	.026	.056
Differences	Positive	.062	.036	.020	.039
	Negative	-.058	-.063	-.026	-.056
Kolmogorov-Smirnov Z		.473	.481	.199	.427
Asymp. Sig. (2-tailed)		.978	.975	1.000	.993

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

**Lampiran 5A.** Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian *Underframe*

Rata-rata jumlah ketidaksesuaian  $\bar{u} = 0.032$

$$\begin{aligned} \hat{p}' &= 1 - e^{-\bar{u}} & P_{PK}^{%} &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} & P_P^{%} &= \frac{Z(\frac{\hat{p}'}{2})}{3} \\ &= 1 - e^{-0.032} & &= \frac{Z(0.0315)}{3} & &= \frac{Z(0.0157)}{3} \\ &= 0.9685 & &= \frac{0.5126}{3} & &= \frac{0.5063}{3} \\ & & &= 0.1709 & &= 0.1688 \end{aligned}$$

Kesimpulan: Nilai  $P_{PK}^{%}$  dan  $P_P^{%} < 1$ , sehingga proses pengelasan pada *underframe* tidak kapabel

**Lampiran 5B.** Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian *Roof*

Rata-rata jumlah ketidaksesuaian  $\bar{u} = 0.0157$

$$\begin{aligned} \hat{p}' &= 1 - e^{-\bar{u}} & P_{PK}^{%} &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} & P_P^{%} &= \frac{Z(\frac{\hat{p}'}{2})}{3} \\ &= 1 - e^{-0.0157} & &= \frac{Z(0.0156)}{3} & &= \frac{Z(0.0078)}{3} \\ &= 0.9844 & &= \frac{0.5062}{3} & &= \frac{0.5031}{3} \\ & & &= 0.1687 & &= 0.1677 \end{aligned}$$

Kesimpulan: Nilai  $P_{PK}^{%}$  dan  $P_P^{%} < 1$ , sehingga proses pengelasan pada *roof* tidak kapabel

**Lampiran 5C.** Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian *Sidewall*

Rata-rata jumlah ketidaksesuaian  $\bar{u} = 0.0137$

$$\begin{aligned} \hat{p}' &= 1 - e^{-\bar{u}} & P^{%}_{PK} &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} & P^{%}_{P} &= \frac{Z\left(\frac{\hat{p}'}{2}\right)}{3} \\ &= 1 - e^{-0.0132} & &= \frac{Z(0.0136)}{3} & &= \frac{Z(0.0068)}{3} \\ &= 1 - 0.9864 & &= \frac{0.5054}{3} & &= \frac{0.5027}{3} \\ &= 0.0136 & &= 0.1685 & &= 0.1676 \end{aligned}$$

Kesimpulan: Nilai  $P^{%}_{PK}$  dan  $P^{%}_{P} < 1$ , sehingga proses pengelasan pada *sidewall* tidak kapabel

**Lampiran 5D.** Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses Pengelasan Bagian *Endwall*

Rata-rata jumlah ketidaksesuaian  $\bar{u} = 0.1097$

$$\begin{aligned} \hat{p}' &= 1 - e^{-\bar{u}} & P^{%}_{PK} &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} & P^{%}_{P} &= \frac{Z\left(\frac{\hat{p}'}{2}\right)}{3} \\ &= 1 - e^{-0.1097} & &= \frac{Z(0.1039)}{3} & &= \frac{Z(0.0519)}{3} \\ &= 1 - 0.8961 & &= \frac{0.5414}{3} & &= \frac{0.5207}{3} \\ &= 0.1039 & &= 0.1805 & &= 0.1736 \end{aligned}$$

Kesimpulan: Nilai  $P^{%}_{PK}$  dan  $P^{%}_{P} < 1$ , sehingga proses pengelasan pada *endwall* tidak kapabel

**Lampiran 6. Tabel Distribusi  $z$** 

$z$	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	...	<b>0.09</b>
<b>1.0</b>	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	...	0.8621
<b>1.1</b>	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	...	0.8830
<b>1.2</b>	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	...	0.9015
<b>1.3</b>	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	...	0.9177
<b>1.4</b>	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	...	0.9319
<b>1.5</b>	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	...	0.9441
<b>1.6</b>	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	...	0.9545
<b>1.7</b>	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	...	0.9633
<b>1.8</b>	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	...	0.9706
<b>1.9</b>	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	<b>0.9750</b>	...	0.9767
<b>2.0</b>	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	...	0.9817
...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>3.5</b>	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	...	0.998

**Lampiran 7.** Tabel *Kolmogorov-Smirnov*

n	Uji Satu Sisi				
	p=0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
	Uji Dua Sisi				
	p=0.80	0.9	0.95	0.98	0.99
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
35	0.177	0.202	0.224	0.251	0.269
40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252
45	0.156	0.179	0.198	0.222	0.238
50	0.148	0.170	0.188	0.211	0.226
58	0.140	0.160	0.179	0.199	0.214
59	0.139	0.159	0.177	0.198	0.212
60	0.136	0.155	0.172	0.193	0.207
Aproksimasi Untuk n > 40	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.52}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

## Lampiran 8. Surat Perijinan Untuk Pengambilan Data



Madiun, 29 Desember 2017

No : SD -237/233.BS/INKA/2017  
 Lampiran : -  
 Perihal : Persetujuan penelitian

Kepada Yth.  
 Kepala Fakultas Vokasi  
 Departemen Statistika Bisnis  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
 SURABAYA

Menunjuk surat Bapak No.079869/IT2.VI.8.6/TU.00.09/2017 tertanggal 21 Desember 2017 perihal sesuai dengan pokok surat, dengan ini kami sampaikan jadwal pelaksanaan Penelitian Industri di PT INKA (Persero) sebagaimana nama tersebut dibawah ini:

NO	NAMA	NIM	Program Studi
1	Rizki Rianis Putri	10611500000034	D3 - Statistika

Yang sudah dapat kami setuju dengan jadwal sebagai berikut :

antara : 02 Januari 2018  
 tanggal  
 s.d. tanggal : 31 Januari 2018

Pelaksanaan Penelitian adalah di Unit Kerja Q C

Dengan persyaratan :

- A. Foto copy KTP / Kartu Mahasiswa dan pas foto ukuran 3 x 4 sebanyak 1 lembar dan diserahkan ke Div. Human Capital pada hari pertama KP/ PKL.
- B. Jam penelitian mulai pukul 07.30 WIB s.d 11.30 WIB.
- C. Selama menjalankan penelitian di PT. INKA memakai baju atasan warna putih, bawahan warna hitam formal (bukan jeans), sepatu formal warna hitam.
- D. Tidak diperbolehkan mengambil gambar di Area PT. INKA ( Persero ) dalam bentuk apapun.
- E. Pelanggaran dalam bentuk apapun dapat dikenakan sanksi mulai pembatalan penelitian, sampai black list almamater yang bersangkutan.
- F. Membawa Materai 6.000 ( 1 lembar )

Demikian kami sampaikan, dan atas kerjasamanya diucapkan terima kasih.

PT INDUSTRI KERETA API (Persero)

Pj. M. Pengembangan SDM



Erlinda Permata sari

PT INDUSTRI KERETA API (Persero)

Kantor Pusat : Jl. Yos Sudarso No. 71 Madiun, Telp. (62-351) 452271 - 74, Facs (62-351) 452275, Website: www.inka.co.id, email: sekretariat@inka.co.id  
 Kantor Perwakilan : Gedung Arthaaloka 8, III Jl. Jend Sudirman Kav. 2 Jakarta, Telp. (62-21) 2514424, Facs (62-21) 2514423

## Lampiran 9. Surat Pernyataan Keaslian Data

### SURAT PERNYATAAN

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

Nama : Rizki Rianis Putri  
NRP : 1061150000034

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data  
sekunder yang diambil dari :

Sumber : PT. INKA (Persero) Madiun  
Keterangan : Data Pemeriksaan Proses Pengelasan pada KRL. Railink  
Bandara Soekarno-Hatta

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

Mengetahui,  
Pejabat Pemberi Data



(Dadang T.H)  
NIK. 999900034

Surabaya, Mei 2018  
Yang membuat Pernyataan,

(Rizki Rianis Putri)  
NRP. 1061150000034

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT)  
NIP. 19610311 198701 2 001

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Rizki Rianis Putri yang biasa dipanggil Rianis. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara yang lahir dari pasangan Slamet Hariyono dan Nanik Pontjorini yang dilahirkan di Madiun pada tanggal 9 April 1997. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal dimulai dari TK Pertiwi tahun 2002, Sekolah Dasar di SDN 03 Kartoharjo Kota Madiun tahun 2009, SMP Negeri 6 Madiun tahun 2012, SMA Negeri 3 Madiun tahun 2015, dan melanjutkan studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis ITS tahun 2015 dengan NRP 10611500000034.

Selama mengikuti masa perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, penulis aktif mengikuti dalam beberapa organisasi, pelatihan dan kepanitiaan. Organisasi yang diikuti oleh penulis antara lain menjadi elemen kaderisasi HIMADATA-ITS 16/17 sebagai *Steering Committee* (SC) dan Ketua Tim Penelitian dan Pengembangan (Litbang) HIMADATA-ITS 17/18. Penulis mendapatkan kesempatan kerja praktek di PT. PLN (Persero) Kota Madiun pada bulan Juni 2017. Segala kritik dan saran akan diterima penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan berdiskusi dengan penulis dapat melalui email rianis.putri.rp@gmail.com atau 081357110589.