

**PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUK TIANG LISTRIK DENGAN  
PENERAPAN METODE SIX SIGMA DAN POKA YOKE  
DI PT. TONGGAK AMPUH UNIT III YOGYAKARTA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata – 1  
Teknik Industri**



**Disusun Oleh:**

**Nama : Muhammad Hidayat**  
**No. Mahasiswa : 12 522 269**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**2016**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui bahwa karya ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang setiap salah satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

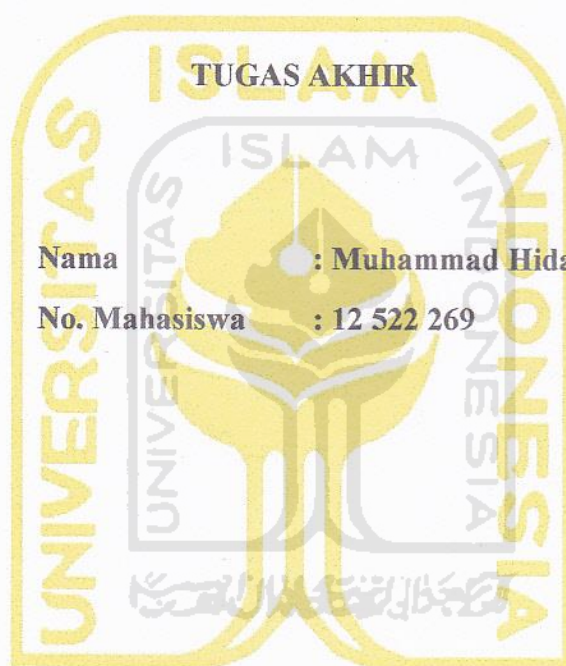
Yogyakarta, 29 September 2016



Muhammad Hidayat

12 522 269



**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING****PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUK TIANG LISTRIK DENGAN  
PENERAPAN METODE SIX SIGMA DAN POKA YOKE  
DI PT. TONGGAK AMPUH UNIT III YOGYAKARTA**

Nama : Muhammad Hidayat

No. Mahasiswa : 12 522 269

Yogyakarta, September 2016

Pembimbing,

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI****PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUK TIANG LISTRIK DENGAN  
PENERAPAN METODE SIX SIGMA DAN POKA YOKE  
DI PT. TONGGAK AMPUH UNIT III YOGYAKARTA****TUGAS AKHIR**

Oleh

Nama : Muhammad Hidayat  
No. Mahasiswa : 12 522 269Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 29 September 2016

Tim Penguji,

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M  
KetuaJoko Sulistio, S.T., M.Sc  
Anggota INashrullah Setiawan, S.T., M.Sc  
Anggota IIMengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam IndonesiaYuli Agusti Rochman, ST., M.Eng

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah rabbil'alamin*

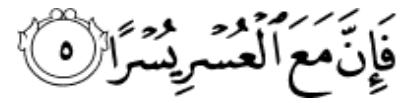
*Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Tuhan yang Maha segalanya dan karena-Nya saya dapat mempersembahkan karya ini kepada orang yang saya cintai.*

*Kepada kedua orang tuaku tercinta, Papa Samiran dan Mama Lela yang tiada henti memberikan kasih sayang, nasihat, doa, dan dukungan yang sangat luar biasa kepada saya selama ini.*

*Kepada abang Fajar Kurniawan dan adik Zulfan, serta Annisa Kamilia Rrekan terbaik semasa kuliah terima kasih untuk semua motivasi dan doanya agar skripsi ini segera terselesaikan.*

*Teruntuk sahabat-sahabat tersayang yang telah berbagi canda, tawa, dan tangis dalam hari-hariku. Terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.*



**MOTTO**

*“Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”*

**(QS. Al – Insyirah ayat 5)**

*“Man Jadda Wa Jadda”*



## KATA PENGANTAR



*Alhamdulillahirabbil'alamin*

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Segala puji dan rasa syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dalam pelaksanaan pengambilan dan sekaligus penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Serta shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW dan penerusnya yang telah membawa Islam sebagai agama Rahmatan Lil'alamin. Alhamdulillah atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengendalian kualitas pada Produk tiang listrik dengan penerapan metode six sigma dan Poka Yoke di PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta”

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana Stratum Satu pada jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak sekali mendapat bantuan, bimbingan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, ijinkan penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M., selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing dengan memberikan petunjuk, dan saran selama penyusunan Tugas Akhir akhir ini.
4. Kedua Orang Tua, serta Keluarga yang selalu memberikan doanya, perhatian, semangat, materi dan nasihat-nasihat yang berharga bagi Penulis.
5. Rekan terbaik semasa kuliah, Annisa Kamilia R, serta rekan-rekan seperjuangan Teknik Industri 2012.
6. Seluruh Karyawan PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta yang telah membantu dalam proses pengambilan data.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih kurang sempurna sehingga Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pembaca demi penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, 29 September 2016

Muhammad Hidayat

## ABSTRAK

*PT. Tonggak Ampuh merupakan salah satu produsen pembuat tiang listrik, tiang pancang dan aneka beton yang ada di Indonesia. Perusahaan ini berdiri sejak tanggal 3 April 1978 yang awal mula bertempat di daerah Tendea, Jakarta Selatan dengan akte pendirian No. 432 dan 433 dengan didukung Surat Ijin Perdagangan (SIUP), Surat Ijin Tetap Industri dan Surat Ijin Tempat Usaha (SITU). Penelitian ini menggunakan metode six sigma Tahapan dalam penelitian ini menggunakan tahap DMAI(define-measure-analyze-improve). Hasil dari penelitian ini adalah Nilai DPMO dan Sigma untuk masing-masing variabel pengukuran pada tiang listrik tipe 9/100E adalah untuk variabel diameter bawah tiang nilai DPMO sebesar 8.9674,76. Dan nilai sigmanya adalah 2,84 sigma. Untuk variabel diameter atas tiang nilai DPMO sebesar 8.3072,44 dan nilai sigmanya adalah 2,88 sigma, dan untuk variabel tinggi tiang memiliki nilai DPMO sebesar 152.931,50 dan nilai sigmanya adalah 2,52 sigma. Dan semua variabel memiliki nilai sigma yang menunjukkan bahwa perusahaan berada pada rata-rata industri indonesia. Faktor penyebab terjadi cacat adalah karena faktor manusia, mesin, sistem kerja dan material. Usulan yang diberikan adalah dengan menerapkan metode pokayoke pada tahap improve dengan membuat menambahkan alat bantu untuk menghilangkan kesalahan pada jarak antar gulungan kawat pada rangkaian tulangan tiang yang menyesuaikan dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh konsumen*

**Kata kunci:** Six sigma, DMAI, DPMO, Nilai Kapabilitas Sigma, Pokayoke.



## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II. KAJIAN LITERATUR.....</b>	<b>6</b>
2.1 Kajian Deduktif.....	6
2.1.1 Definisi Kualitas.....	6
2.1.2 Pengendalian Kualitas .....	7
2.1.3 <i>Six Sigma</i> .....	9
2.1.4 Metode <i>DMAIC</i> dalam <i>Six Sigma</i> .....	10
2.1.5 Prinsip Kualitas dengan <i>Six Sigma</i> .....	12
2.1.6 <i>Tools</i> dalam <i>Six Sigma</i> .....	13
2.1.7 Konsep <i>Poka Yoke (Mistake Proof)</i> .....	23
2.2 Kajian Induktif .....	25
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Objek Penelitian .....	29
3.2 Jenis dan Metode Pengumpulan Data .....	29
3.3 Data Penelitian .....	29
3.4 Pengolahan Data.....	30
3.5 Model Konseptual .....	31
3.6 Alur Penelitian.....	32
<b>BAB IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>	<b>35</b>
4.1 Pengumpulan Data .....	35
4.1.1 Data Umum Perusahaan .....	35
4.1.1.1. Sejarah Singkat Perusahaan.....	35
4.1.1.2. Visi Misi Perusahaan .....	36
4.1.1.3. Proses Produksi .....	37
4.1.1.4. Status Kepemilikan .....	43
4.1.2 Data Variabel.....	44
4.1.3 Data Atribut.....	47

4.2 Pengolahan Data.....	49
4.2.1 Tahap <i>Define</i> .....	49
4.2.1.1 Mendefinisikan Proses Kunci Beserta Pelanggan.....	50
4.2.2 Tahap <i>Measure</i> .....	51
4.2.2.1. <i>Critical to Quality</i> (CTQ) .....	51
4.2.2.2. Pengukuran Tingkat Proses dan Output.....	52
4.2.2.2.1 Data Variabel .....	52
4.2.2.2.2 Data Atribut .....	65
4.2.3 Tahap <i>Analyze</i> .....	72
4.2.3.1. Menentukan Stabilitas Proses dan Kapabilitas Proses .....	72
4.2.3.2. Mengidentifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk ( <i>Fishbone diagram</i> ) .....	78
4.2.4 Tahap <i>Improve</i> .....	83
4.2.4.1 5W+1H.....	83
4.2.4.2 <i>Poka Yoke</i> .....	84
<b>BAB V. PEMBAHASAN</b> .....	<b>87</b>
5.1 Tahap <i>Define</i> .....	87
5.2 Tahap <i>Measure</i> .....	88
5.2.1 Menentukan <i>Critical to Quality</i> (CTQ) .....	88
5.2.2 Pengukuran pada Tingkat Proses dan <i>Output</i> Data Variabel.....	88
5.2.3 Pengukuran pada Tingkat Proses dan <i>Output</i> Data Atribut.....	89
5.3 Tahap <i>Analyze</i> .....	90
5.3.1 Analisis Stabilitas Proses .....	90
5.3.2 Analisis Kapabilitas Proses.....	94
5.3.3 Analisis Sistem Industri Sepanjang Siklus Hidup Proses Industri .....	96
<b>BAB VI. PENUTUP</b> .....	<b>97</b>
6.1 Kesimpulan .....	97
6.2 Saran .....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>99</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>101</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Manfaat Pencapaian Beberapa Tingkat Sigma .....	10
Tabel 2.2 Contoh Perhitungan Data Variabel.....	20
Tabel 2.3 Contoh Perhitungan Data Atribut .....	21
Tabel 2.4 Siklus Hidup Proses Industri .....	22
Tabel 2.5 Analisis Sistem Industri Sepanjang Siklus Hidup Proses Industri .....	23
Tabel 2.6 <i>State of The Art</i> .....	27
Tabel 4.1 Data Spesifikasi Produk.....	44
Tabel 4.2 Data Variabel Diameter Bawah .....	44
Tabel 4.3 Data Variabel Diameter Atas .....	45
Tabel 4.4 Data Variabel Tinggi Tiang .....	46
Tabel 4.5 Jumlah Produk Cacat .....	47
Tabel 4.6 Data Atribut Tiang Listrik .....	47
Tabel 4.7 Presentase Cacat .....	51
Tabel 4.8 Data Spesifikasi Tiang Listrik .....	52
Tabel 4.9 Pengolahan Data untuk Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik .....	52
Tabel 4.10 Pehitungan DPMO & Nilai Sigma Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik.....	53
Tabel 4.11 Cara Memperkirakan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik .....	55
Tabel 4.12 Pengolahan Data untuk Variabel Diameter Atas Tiang Listrik .....	57
Tabel 4.13 Pehitungan DPMO dan Nilai Sigma Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik.....	58
Tabel 4.14 Cara Memperkirakan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Diameter Atas Tiang Listrik .....	60
Tabel 4.15 Pengolahan Data untuk Variabel Tinggi Tiang Listrik.....	62
Tabel 4.16 Pehitungan DPMO dan Nilai Sigma Variabel Tinggi Tiang Listrik .....	64
Tabel 4.17 Cara Memperkirakan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Tinggi Tiang Listrik .....	66
Tabel 4.18 Perhitungan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Data Atribut .....	68
Tabel 4.19 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut .....	70
Tabel 4.20 Peta Pengendali P Data Atribut .....	71
Tabel 4.21 Hasil <i>Improve</i> 5W+1H.....	83
Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Kapabilitas Proses .....	94
Tabel 5.2 Kesimpulan Hasil Stabilitas dan Kapabilitas Data Variabel .....	96

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema <i>Pareto Chart</i> .....	14
Gambar 2.2 Diagram Sebab-Akibat ( <i>Ishikawa Diagram</i> ) .....	15
Gambar 3.1 Model Konseptual .....	31
Gambar 3.2 Alur penelirian .....	35
Gambar 4.1 Rangkaian PC wire, kawat bendrat, ring .....	37
Gambar 4.2 Rangkaian Tulang .....	38
Gambar 4.3 Cetakan Tiang Listrik .....	39
Gambar 4.4 Proses Pengecoran .....	40
Gambar 4.5 Mesin <i>Stressing</i> .....	41
Gambar 4.6 Proses <i>Spinning</i> .....	41
Gambar 4.7 Bak Penampungan Proses Steam .....	42
Gambar 4.8 Pemberian Label .....	43
Gambar 4.9 Diagram SIPOC .....	50
Gambar 4.10 <i>Pareto Diagram</i> .....	51
Gambar 4.11 Peta Kendali DPMO Diameter Bawah Tiang .....	54
Gambar 4.12 Peta Kendali Sigma Diameter Bawah Tiang .....	55
Gambar 4.13 Peta Kendali DPMO Diameter Atas .....	59
Gambar 4.14 Peta Kendali Sigma Diameter Atas .....	60
Gambar 4.15 Peta Kendali DPMO Tinggi Tiang .....	65
Gambar 4.16 Peta Kendali Sigma Tinggi Tiang .....	65
Gambar 4.17 Grafik Pola DPMO Data Atribut .....	69
Gambar 4.18 Grafik Pola Nilai Sigma Data Atribut .....	69
Gambar 4.19 Grafik Peta Kendali P Data Atribut .....	72
Gambar 4.20 Grafik Peta Kendali Diameter Bawah Tiang .....	73
Gambar 4.21 Grafik Peta Kendali Diameter Atas Tiang .....	75
Gambar 4.22 Grafik Peta Kendali Tinggi Tiang .....	77
Gambar 4.23 <i>Fishbone Diagram</i> .....	78
Gambar 4.24 SOP Rangkaian Tulangan Tiang .....	82
Gambar 4.25 Kondisi Awal Kerja di Lapangan .....	85
Gambar 4.26 Alat bantu A .....	85
Gambar 4.27 Alat bantu B .....	85
Gambar 4.28 Alat bantu C .....	86

**DAFTAR LAMPIRAN**

1. Gambar Cetakan .....	A-1
2. Gambar Gudang Penyimpanan .....	A-1
3. Kerangka Tulangan.....	A-1
4. Mesin Boiler .....	A-2
5. Mesin Hoist.....	A-2
6. Cacat Retak.....	A-2
7. Cacat Keropos.....	A-3
8. Cacat Keriput.....	A-3



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pada era persaingan pasar global sekarang ini, tuntutan konsumen atas peningkatan kualitas produk dan jasa bertambah. Satu hal yang sangat berarti dalam meningkatkan kinerja untuk menghadapi tantangan persaingan tersebut adalah melalui perbaikan berkelanjutan (*Continous Improvement*) pada aktivitas bisnis yang terfokus pada konsumen, meliputi keseluruhan organisasi dan penekanan pada fleksibilitas dan kualitas. Oleh karena itu, kualitas dan pengelolaannya dikaitkan dengan perbaikan berkelanjutan dilakukan oleh banyak perusahaan agar dapat mendorong peningkatan pangsa pasar dan memenangkan persaingan. Perusahaan yang tidak mengelola perubahan tersebut akan ketinggalan. Sejalan dengan pergeseran paradigma organisasi dari '*market oriented*' ke '*resources oriented*', maka salah satu cara yang bisa ditempuh oleh perusahaan adalah dengan membenahi sumber daya yang dimilikinya agar bisa bertahan dalam persaingan jangka panjang.

Adanya (persaingan antar perusahaan menyebabkan perusahaan berusaha menemukan berbagai cara untuk meningkatkan kualitas produknya untuk memenuhi kepuasan pelanggan (Crosby, 1979). Kualitas merupakan salah satu jaminan yang diberikan dan harus dipenuhi oleh perusahaan kepada pelanggan, termasuk pada kualitas produk, karena kualitas suatu produk merupakan salah satu kriteria penting yang menjadi pertimbangan pelanggan dalam memilih produk. Selain dimata pelanggan kualitas juga merupakan salah satu indikator penting bagi perusahaan untuk dapat eksis ditengah ketatnya persaingan dalam dunia industri, oleh karena itu diperlukan perbaikan dan peningkatan kualitas secara terus menerus dari perusahaan sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan pelanggan.

Kualitas produk yang berkualitas berperan sangat penting dalam membentuk kepuasan konsumen, selain itu juga kuat kaitannya dalam menciptakan *profit* bagi perusahaan (Lassander, 2013). Semakin berkualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan maka kepuasan yang dirasakan oleh konsumen akan semakin meningkat. Kepuasan konsumen dapat diukur dari kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Pengendalian kualitas pada suatu produk sangat penting untuk menghindari adanya kecacatan atau ketidaksesuaian dalam proses produksi yang hampir terjadi di setiap perusahaan karena adanya kenyataan bahwa tidak ada proses produksi yang selalu baik dan menghasilkan produk yang sama persis, selalu saja ada variasi-variasi dari produk yang dihasilkan. Dengan adanya pengendalian kualitas ini, diharapkan dapat menghasilkan produk yang mempunyai kualitas sesuai dengan standart yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

PT. Tonggak Ampuh Unit III merupakan perusahaan yang memproduksi 3 jenis produk yakni tiang listrik, tiang pancang dan aneka beton. Hasil utama dari perusahaan ini adalah tiang listrik yang mana hanya untuk memenuhi permintaan PT. PLN (Persero) daerah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta dan produk lainnya untuk memenuhi permintaan perusahaan konstruksi. Dalam proses produksi PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta mempunyai masalah setiap periode produksi masih ditemukannya produk cacat. Cacat-cacat produk yang terdapat di perusahaan ini adalah retak, keropos, bengkok, dan keriput. Dan bahkan setiap bulannya terdapat cacat retak yang menyebabkan perusahaan rugi karena cacat ini merupakan cacat berat sehingga produk yang mengalami cacat retak harus dihancurkan.

Dalam penentuan cacat produk, PT. Tonggak Ampuh mempunyai standarisasi tingkat cacat dalam satu periode produksi yang akan merugikan perusahaan. Jika dalam satu periode produksi cacat yang dihasilkan memiliki persentase lebih dari 1% dari total jumlah produksi, maka bisa dikatakan bahwa proses produksi dalam periode tersebut belum dikelola dengan baik. Nilai persentase yang rendah ini didasari oleh tingginya kerugian materi oleh perusahaan jika terjadi cacat produk. Hal ini dikarenakan jika satu produk mengalami cacat, maka kerugian untuk satu produk yang mengalami cacat mencapai 5-6 juta. Selain itu produk tersebut tidak akan dijual ke konsumen dan produk tersebut akan disimpan di gudang produk cacat. Selain kerugian yang disebabkan karena produk gagal dipasarkan, perusahaan juga harus mengeluarkan biaya simpan produk

cacat. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya data produksi untuk satu periode produksi yang melebihi batas standart kualitas yang diinginkan oleh perusahaan yakni pada periode produksi pada bulan januari 2016 yang mencapai total cacat 11 produk dari 981 total produksi dengan persentase cacat 1,2%. Oleh karena itu perusahaan harus mampu meminimalisasi kecacatan dalam setiap periode produksi dengan cara melakukan pengendalian kualitas.

Untuk melakukan pengendalian kualitas, metode yang digunakan adalah metode *Six Sigma*. Metode *six sigma* merupakan metode yang sangat tepat digunakan dalam penelitian ini, hal ini karena *Six Sigma* merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dan peningkatan proses melalui fase DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). DMAIC merupakan jantung analisis *six sigma* yang menjamin *voice of costumer* berjalan dalam keseluruhan proses sehingga produk yang dihasilkan memuaskan pelanggan. Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk pengendalian kualitas. Salah satunya adalah metode *Total Quality Management (TQM)*. *Six Sigma* merupakan penyempurnaan dari metode TQM, adanya perbedaan penting antara *Six Sigma* dan TQM yaitu, TQM hanya memberikan petunjuk secara umum (sesuai dengan istilah manajemen yang digunakan dalam TQM). Petunjuk untuk TQM begitu umumnya sehingga hanya seorang pemimpin bisnis yang berbakat yang mampu menterjemahkan TQM dalam operasional sehari-hari. Antara konsep *Six Sigma* dengan *Total Quality Management (TQM)* terdapat perbedaan yang mendasar, yaitu pada *Total Quality Management (TQM)* hanya fokus pada peningkatan operasional individual pada proses yang tidak berhubungan. Sedangkan pada *Six Sigma*, peningkatan terjadi pada seluruh operasional proses bisnis.

*Tools* yang digunakan dalam *Six sigma* akan diintegrasikan kedalam DMIC. (Ramaswany, 2007). Pada salah satu *tools six sigma*, tepatnya pada bagian *measure* dapat diidentifikasi penyebab dari cacat produk. Penyebab cacat produk tersebut dijadikan sebagai acuan untuk melakukan *improve* untuk memberikan usulan perbaikan. Perbaikan disini dapat dilakukan dengan metode *Poka Yoke*. Metode *poka-yoke* dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif pilihan untuk meminimalisasi terjadinya kesalahan tersebut. *Poka-yoke* merupakan suatu metode untuk mencegah kesalahan yang tidak disengaja dengan prinsip yang sangat sederhana (Maynard, 2004). Beberapa alasan yang dapat memperkuat digunakannya metode ini antara lain: (1) Metode *poka-yoke* mencegah



terjadinya kesalahan pada sumbernya; (2) Metode ini mudah digunakan dan tidak memerlukan biaya yang besar dalam menerapkannya. Dengan kombinasi dua metode tersebut dapat mengurangi bahkan menghilangkan cacat yang terjadi pada produk tiang listrik di PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Berapakah tingkat SIGMA dan DPMO yang ada di PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta?
- b. Bagaimana usulan perbaikan untuk menangani cacat yang terjadi?

## 1.3 Batasan Masalah

Supaya tidak terjadi bias dalam penelitian ini, maka penulis memberikan batasan masalah penelitian. Antara lain:

- a. Penelitian tidak melakukan perubahan pada proses produksi perusahaan.
- b. Peneliti tidak membandingkan metode yang digunakan yakni *six sigma* dengan metode yang lainnya.
- c. Penelitian ini hanya berfokus pada produk tiang listrik tipe 9/100E.
- d. Penelitian ini tidak sampai pada tahap kontrol karena tahap kontrol diserahkan kepada pihak perusahaan.
- e. Pada penelitian ini tidak diterapkan tahap implementasi langsung yang dilakukan terhadap metode *poka yoke*.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menghitung tingkat SIGMA dan DPMO di PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta.
- b. Memberikan usulan perbaikan terhadap cacat yang terjadi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Sebagai bahan masukan dan evaluasi bagi departemen Manajemen Kualitas dan proses produksi perusahaan
- b. Mengetahui permasalahan-permasalahan yang harus diprioritaskan untuk diselesaikan.
- c. Sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan pengambilan keputusan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### **BAB I            PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah yang digunakan, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II           KAJIAN LITERATUR**

Pada bab ini menjelaskan mengenai kajian induktif dan juga kajian deduktif yang menjadi landasan penulisan penelitian ini. Pada bab ini juga menjelaskan mengenai kedudukan perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu.

### **BAB III          METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan mengenai uraian tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penyusunan penelitian ini seperti alur penelitian dan proses penyelesaian masalah seperti analisis data.

### **BAB IV          PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Dalam bab ini menunjukkan data yang telah diperoleh dan yang akan diolah dalam penelitian ini sesuai dengan metode yang akan diterapkan untuk mencapai tujuan dari penelitian yang telah ditentukan.

**BAB V        PEMBAHASAN**

Pembahasan yang akan dijelaskan pada bab ini merupakan hasil analisis pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dengan mengacu pada teori yang digunakan dan alur penelitian yang telah ditentukan.

**BAB VI        PENUTUP**

Bab ini merupakan bab terakhir dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini berisi kesimpulan yang menjawab dari rumusan masalah yang telah ditentukan dan juga saran yang diajukan peneliti untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Kajian Deduktif

Dalam kajian deduktif ini memuat landasan teori yang berkaitan dan menjadi dasar dalam penelitian ini. Dasar teori tersebut meliputi teori mengenai kualitas, pengendalian kualitas, konsep *six sigma*, metode DMAIC dalam *six sigma*, prinsip kualitas dengan *six sigma*, konsep *poka yoke*, perbaikan proses dengan *poka yoke*. Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini merupakan gabungan dari sumber-sumber ilmu seperti jurnal maupun literatur buku.

##### 2.1.1 Definisi Kualitas

Konsep kualitas banyak dibahas dalam studi-studi manajemen, pengertian atau makna atas konsep kualitas sendiri telah diberikan oleh banyak pakar manajemen dengan berbagai sudut pandang, sehingga menghasilkan definisi-definisi yang beragam. Berkaitan dengan konsep kualitas mengemukakan bahwa konsep kualitas sering dianggap sebagai ukuran relatif kebaikan suatu produk barang atau jasa yang terdiri dari kualitas desain dan kualitas kesesuaian (Tjiptono, 1995). Kualitas desain merupakan fungsi spesifikasi produk, sedangkan kualitas kesesuaian adalah suatu ukuran tentang seberapa jauh suatu produk mampu memenuhi persyaratan atau spesifikasi kualitas yang ditetapkan.

Kualitas adalah totalitas dari karakteristik suatu produk yang menunjang kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dispesifikasi atau diterapkan (Gaspersz, Continious Cost Reduction Through Lean-sigma Approach, 2005). Sedangkan menurut pakar lainnya kualitas merupakan keseluruhan karektiristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture*, dan *maintenance*, produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan (Feigenbaum, 1991).

Kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, layanan, manusia, proses, lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan. Pendapat lain mengenai pengertian kualitas adalah suatu standar yang harus dicapai oleh seseorang atau kelompok atau lembaga atau organisasi mengenai kualitas sumber daya manusia, kualitas cara kerja, proses dan hasil kerja atau produk yang berupa barang atau jasa (Trigono, 1997). Dengan demikian, berkualitas mempunyai arti memuaskan kepada yang dilayani, baik internal maupun eksternal, dalam arti optimal pemenuhan atas tuntutan atau persyaratan pelanggan atau masyarakat.

Pengertian yang dikemukakan Triguno menunjukkan bahwa konsep kualitas berkaitan erat dengan pencapaian standar atau target yang diharapkan atau tuntutan dari pihak yang dilayani. Dalam kaitan terlihat bahwa konsep kualitas terkait erat dengan pelanggan atau masyarakat yang dilayani. Sebagian ahli membahas konsep kualitas dan kaitannya dengan pelanggan atau yang lazim disebut juga dengan istilah konsep kualitas berfokus pada pelanggan modern.

### **2.1.2 Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas adalah suatu disiplin yang berkaitan dengan peningkatan kualitas barang dan jasa yang diproduksi Dalam pengendalian kualitas dilakukan aktivitas keteknikan dan manajemen yang dengan aktivitas tersebut dapat mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan dan mengambil solusi yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan dan standar (Montgomery, 1990).

Suatu produk yang memiliki kualitas tinggi, tentu saja akan mendapat tempat tersendiri pada diri konsumen. Konsumen tidak akan membeli produk yang berkualitas

buruk atau tidak sesuai dengan yang diharapkan. Adanya kenyataan ini, maka perusahaan harus selalu menyediakan produk yang berkualitas agar konsumen puas dan selalu percaya untuk menggunakan produk yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut. Untuk itu perusahaan harus selalu menjaga dan melakukan pengendalian kualitas produk.

Pengendalian kualitas ini harus dilakukan oleh perusahaan secara terus menerus untuk mengontrol bahkan meminimasi kecacatan dalam sebuah produk. Dengan adanya pengendalian kualitas yang benar dan teratur, perusahaan dapat segera mengetahui apabila ada penyimpangan yang terjadi (cacat produk), sehingga perusahaan dapat cepat bertindak untuk mengatasi hal tersebut.

Tujuan akhir dari pengendalian kualitas ini adalah perbaikan yang berkesinambungan pada produk untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, memberikan keberhasilan usaha dan mengembalikan investasi kepada para pemegang saham dan pemilik perusahaan. Terdapat empat langkah dalam melakukan *quality control*, yaitu sebagai berikut (Mitra, 1993):

1. Menetapkan standar kualitas produk yang akan dibuat Sebelum produk berkualitas dibuat oleh perusahaan, ada baiknya ditetapkan standar yang jelas batasannya untuk mempermudah pengendalian.
2. Menilai kesesuaian kualitas yang dibuat dengan standar yang ditetapkan sebelum produk berkualitas dibuat oleh perusahaan, ada baiknya ditetapkan standar yang jelas batasannya untuk mempermudah pengendalian.
3. Mengambil tindakan korektif terhadap masalah dan penyebab yang terjadi dimana hal itu mempengaruhi kualitas produksi. Bila suatu kejadian terjadi pada proses produksi dan ini sangat mengganggu kualitas produk sebaiknya mengambil tindakan yang tepat dalam penanggulangan.
4. Merencanakan perbaikan untuk meningkatkan kualitas Bila perusahaan ingin produknya berada dalam posisi pasar yang sangat menguntungkan maka perlu mengadakan perencanaan perbaikan.

### 2.1.3 *Six sigma*

*Six sigma* merupakan metode peningkatan proses bisnis yang bertujuan untuk menemukan dan mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan dan kesalahan, mengurangi waktu siklus dan biaya operasi, meningkatkan produktivitas, memenuhi kebutuhan pelanggan dengan lebih baik, mencapai tingkat penggunaan aset yang lebih tinggi, serta mendapatkan hasil dari investasi yang lebih baik dari segi produksi dan pemasaran (Evans & Lindsay, 2007). *Six sigma* adalah konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat – pada level enam (*six*) *sigma* dengan 3.4 cacat dari sejuta peluang (Brue, 2002). Selain itu *six sigma* juga bertujuan untuk menemukan dan mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan dalam sebuah produk dan kesalahan, mengurangi waktu siklus dan biaya operasi, meningkatkan produktivitas, memenuhi kebutuhan pelanggan dengan lebih baik

Menurut Evan dan Lindsay dalam penerapan *Six sigma* terdapat beberapa inti dan filosofi penting yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Selalu berpikir dalam kerangka proses bisnis utama serta kebutuhan pelanggan dengan tetap berfokus ada tujuan strategis perusahaan.
- Memusatkan perhatian pada para pendukung perusahaan yang bertanggung jawab mensukseskan proyek-proyek penting mendukung kerja kelompok, membantu mengatasi keinginan untuk berubah dan menggalang sumber daya.
- Menekankan sistem pengukuran yang bisa dikuantifikasi, seperti cacat per satu juta kemungkinan (*Defect Per Million Opportunities – DPMO*) yang bisa diterapkan di setiap bagian perusahaan: produksi, rekayasa, administrasi, peranti lunak dan lain-lain.
- Memastikan bahwa sistem pengukuran yang tepat dapat teridentifikasi di awal setiap proses serta memastikan bahwa sistem tersebut berfokus pada pencapaian bisnis, sehingga dapat memberikan sistem insentif dan akuntabilitas.
- Menyediakan pelatihan menyeluruh yang diikuti dengan penugasan tim proyek untuk meningkatkan profitabilitas, mengurangi aktifitas yang tidak bernilai tambah (*non-value added activity*) serta mencapai pengurangan waktu siklus.
- Menciptakan ahli-ahli peningkatan proses berkualitas tinggi yang dapat menerapkan aneka alat untuk meningkatkan kinerja serta dapat memimpin tim.

Tabel 2.1 Manfaat Pencapaian Beberapa Tingkat Sigma

<b>Tingkat Pencapaian Sigma</b>	<b>DPMO</b>
1-sigma	691.462 (sangat tidak kompetitif)
2-sigma	308.538 (rata-rata industri Indonesia)
3-sigma	66.807
4-sigma	6.210 (rata-rata industri AS)
5-sigma	233
6-sigma	3,4 (industri kelas dunia)

#### 2.1.4 Metode DMAIC dalam *six sigma*

Berbagai upaya peningkatan kualitas menuju target *six sigma* dapat dilakukan menggunakan dua metodologi, yaitu *six sigma-DMAIC* (*define, measure, analyze, improve* dan *control*) dan *design for six sigma-DFSS DMADV* (*define, measure, analyze, design dan verify*) (Gaspersz, Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach, 2007). Tujuan utama pada proses DMAIC dalam *six sigma* adalah menemukan permasalahan, mengidentifikasi penyebab masalah hingga akhirnya menemukan solusi atau cara untuk memperbaiki permasalahan tersebut (Evans & Lindsay, 2007). Terdapat lima proses dalam DMAIC, yaitu sebagai berikut:

##### 1. Tahap *Define*

Dalam tahap *define* yang akan dilakukan adalah menentukan masalah yang telah diidentifikasi terhadap proses produksi mulai dari awal hingga akhir menjadi produk. Langkah ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci (Gaspersz, Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach, 2007).

Tahapan dalam *define* adalah sebagai berikut:

- Mengembangkan visi dan misi perusahaan



- Identifikasi masalah dan penetapan tujuan penelitian
- Pembuatan diagram SIPOC. Diagram SIPOC digunakan untuk mengidentifikasi pihak-pihak yang terkait dengan proses produksi.

## 2. Tahap *Measure*

Tahap *measure* bertujuan untuk mengetahui proses yang sedang terjadi, mengumpulkan data mengenai kecepatan proses dan kualitas produk, serta mengukur kinerja dasar proses sebelum dilakukannya upaya perbaikan. *Measure* yang mempunyai arti pengukuran. *Measure* merupakan langkah operasional dalam program peningkatan kualitas *six sigma* (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002). Terdapat tiga pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure*, tahapannya yaitu:

- Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik pelanggan.
- Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output* dan atau *outcome*.
- Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses *output* dan atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*)

## 3. Tahap *Analyze*

Tujuan tahap *analyze* adalah mengkaji data yang telah diperoleh untuk digunakan sebagai sumber informasi mencari akar penyebab masalah. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui seberapa baik proses yang berlangsung dan mengidentifikasi akar permasalahan yang mungkin menjadi penyebab timbulnya variasi dalam proses (Juran, 1962). Tujuan dari tahap ini adalah mengidentifikasi langkah-langkah apa yang dibutuhkan untuk dilaksanakan dalam meningkatkan suatu proses dan menurunkan sumber-sumber utama penyebab variasi (Pande, Newman, & Cavanagh, 2000).

Tahapan pada *analyze* adalah sebagai berikut:

- Penentuan CTQ yang akan diperbaiki

- Pembuatan *control chart* setiap CTQ yang diperbaiki. Dilakukan analisis mengenai data yang telah diperoleh serta proses yang terjadi dengan lebih terperinci. Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui apa akar penyebab masalah yang sebenarnya.
- Identifikasi sumber dan akar penyebab masalah. Penentuan akar penyebab masalah yang terjadi dalam proses dilakukan untuk setiap permasalahan yang terjadi.

#### 4. Tahap *Improve*

Tujuan tahap *Improve* adalah menemukan dan mengusulkan ide solusi, mengimplementasikan solusi dengan tepat, dan merancang proses baru. Tahap *improve* ini dilakukan dengan membuat rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma*. Rencana tersebut mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan dalam implementasi dari rencana itu (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002). Selain itu tahap *improve* ini bisa juga dikatakan sebagai pelaksanaan dari aktivitas perbaikan berdasar hasil analisis dari tahap sebelumnya. Aktivitas yang direkomendasikan merupakan perbaikan atau koreksi terhadap aturan atau prosedur yang telah dipakai.

#### 5. Tahap *Control*

Tujuan tahap *Control* adalah untuk menyusun rencana reaksi yang berkelanjutan, menyampaikan hasil proses perbaikan kepada *up management*, membuat sistem dan melakukan *monitoring* untuk mempertahankan hasil. Melakukan pengendalian terhadap proses secara terus menerus untuk meningkatkan kapabilitas proses menuju target *six sigma* (Gaspersz, Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach, 2007).

### 2.1.5 Prinsip kualitas dengan *six sigma*

Manajemen kualitas modern didasari oleh tiga prinsip dasar, yaitu fokus pada pelanggan, partisipasi dan kerja sama semua individu di dalam perusahaan serta fokus pada proses

yang didukung oleh perbaikan dan pembelajaran secara terus menerus. Prinsip-prinsip tersebut merupakan landasan filosofi *six sigma* (Evans & Lindsay, 2007). Dengan fokus yang sungguh-sungguh pada kualitas, maka sebuah organisasi akan secara aktif berusaha terus menerus memahami kebutuhan serta tuntutan pelanggan, berusaha untuk membangun kualitas dan mengintegrasikannya ke dalam proses-proses kerja dengan cara menimba ilmu serta pengalaman dari para karyawannya dan terus memperbaiki semua sisi organisasi. Memahami dan menerapkan prinsip-prinsip tersebut merupakan kunci dari *six sigma*.

### 2.1.6 Tools dalam *six sigma*

Dalam *six sigma* terdapat *tools*, yang merupakan *tools* perbaikan untuk diterapkan dalam peningkatan kualitas dan *tools* untuk menganalisa masalah, berikut ini adalah *tools* yang digunakan:

#### 1. Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*)

Diagram SIPOC merupakan salah satu cara untuk mengetahui urutan informasi proses pada organisasi tingkat tinggi dengan metode yang terstruktur (Khekale, Chatpalliwar, & Thakur, 2010). Diagram SIPOC merupakan peta tingkat tinggi yang digunakan untuk menentukan batasan proyek dengan cara mengidentifikasi proses yang sedang dipelajari, input dan output proses tersebut serta pemasok dan pelanggannya (Evans & Lindsay, 2007). SIPOC merupakan singkatan dari *Supplier, Input, Process, Output* dan *Customers*. Kriteria dari SIPOC dijabarkan sebagai berikut:

- a. *Supplier* adalah orang, proses, perusahaan yang menyalurkan dan menyediakan bahan atau segala sesuatunya yang dibutuhkan oleh proses selanjutnya atau bisa disebut pemasok.
- b. *Inputs* adalah input yang digunakan dalam proses, diantaranya termasuk material, jasa, informasi, SDM, dan sebagainya yang diproses untuk menghasilkan output.
- c. *Process* adalah proses yang berlangsung atau serangkaian aktivitas yang dapat memberikan nilai bagi input untuk memproduksi output bagi pelanggan.

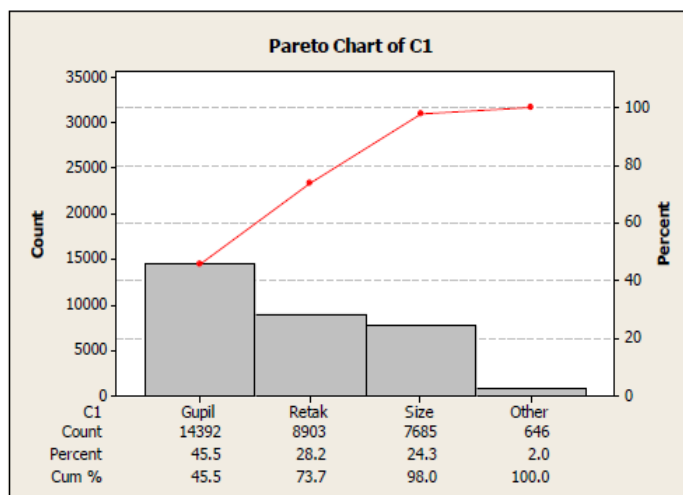
- d. *Outputs* adalah hasil dari proses untuk pelanggan internal dan eksternal. Output ini bisa berupa produk, jasa, informasi, hingga laporan dan dokumen.
- e. *Customers* adalah bagian yang menerima hasil dari proses atau disebut pelanggan.

## 2. *Critical To Quality*

*Output* dari sebuah proses dapat berupa produk maupun jasa. Variabel *output* dapat berupa waktu *delivery* atau dimensi dari produk itu sendiri. Kunci penting dari *output* (*important key process output*) biasanya dikategorikan berdasarkan pengaruhnya (*area of impact*), yaitu *critical to quality*, *critical to cost*, *critical to delivery* dan *critical to process* (Breyfogle, 1999) dalam (Pusporini & Andesta, 2009). *Critical to Quality* adalah atribut yang sangat penting karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. CTQ merupakan elemen yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Merupakan elemen dari suatu produk, proses atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan.

## 3. Diagram Pareto

*Pareto chart* adalah diagram yang dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yang bernama Vilfredo Pareto pada abad ke 19. *Pareto chart* digunakan untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil di sebelah kanan. Diagram Pareto untuk mengetahui jenis kecacatan terbesar pada tiap proses, sehingga upaya perbaikan akan difokuskan pada jenis kecacatan yang besar saja (Ariani, 2005). *Pareto chart* dapat menunjukkan prioritas penyimpangan dan memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan.



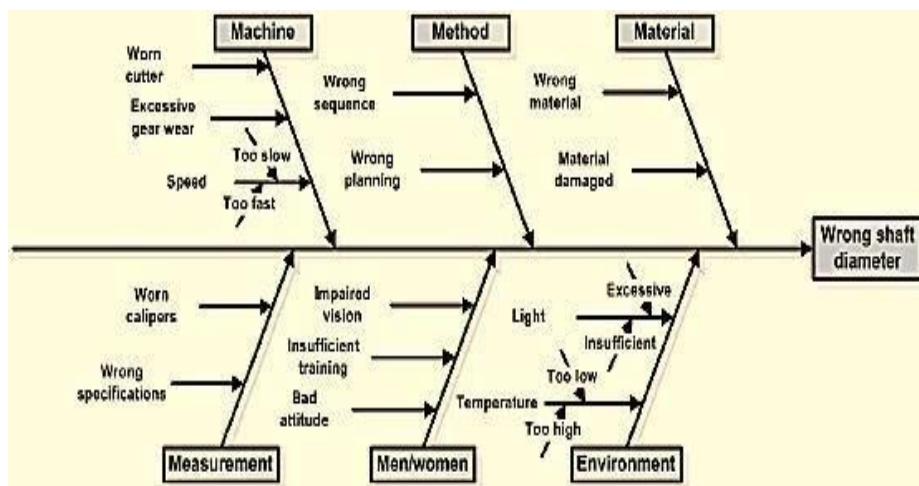
Gambar 2.1. Contoh *Pareto Chart*

Sumber : (Grant, 1993)

#### 4. *Fishbone* diagram

Diagram sebab-akibat (atau juga disebut Diagram Tulang-ikan, Diagram Ishikawa) dikembangkan oleh kaoru Ishikawa dan pada awalnya digunakan oleh bagian pengendali kualitas untuk menemukan potensi penyebab masalah dalam proses manufaktur yang biasanya melibatkan banyak variasi dalam sebuah proses. Konsep dasar dari diagram *fishbone* adalah permasalahan mendasar diletakkan pada bagian kanan dari diagram atau pada bagian kepala dari kerangka tulang ikannya (Scarvada, Tatiana, Susan, Julie, & Arthur, 2004). Penyebab permasalahan digambarkan pada sirip dan durinya. Kegunaan dari diagram sebab-akibat adalah untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab dari permasalahan kualitas agar dapat diperbaiki.

Dalam industri manufaktur, pembuatan diagram sebab-akibat ini dapat menggunakan konsep “5M-1E”, yaitu: *machines, methods measure measurements, men/women*, dan *environment* (Grant, 1993). Sedangkan dalam bidang pelayanan dapat memakai pendekatan “3P-1E” yang terdiri dari: *procedures, policies, people*, serta *equipment*. Berikut adalah gambar diagram sebab akibat yang telah dijelaskan di atas.



Gambar 2.2. Diagram Sebab-Akibat (*Ishikawa Diagram*)

Sumber : (Grant, 1993)

## 5. Peta Pengendali

Peta pengendali atau peta kontrol adalah alat untuk mempelajari perbedaan. Diagram tersebut akan memperlihatkan variasi yang stabil. Proses yang stabil sering disebut dengan proses dalam kendali (*in-control process*), proses yang dapat diprediksi atau proses dengan “penyebab-penyebab umum”. Sedangkan proses yang tidak stabil disebut dengan proses di luar kendali (*out of control*), tidak dapat diprediksi atau proses “penyebab umum dan khusus”.

Variasi adalah ketidakseragaman dalam sistem industri sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas produk barang dan jasa (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002). Variasi diklasifikasikan sebagai berikut:

### 1) Variasi Penyebab Khusus (*special-causes variation*)

Variasi penyebab khusus adalah kejadian-kejadian diluar sistem industri yang mempengaruhi variasi dalam sistem industri itu. Penyebab khusus dapat bersumber dari faktor-faktor seperti manusia, peralatan, material, lingkungan, metode kerja dll.

### 2) Variasi Penyebab Umum (*common-cause variation*)

Variasi penyebab umum adalah faktor-faktor di dalam sistem industri atau yang melekat pada proses industri yang menyebabkan timbulnya variasi dalam sistem industri serta

hasil-hasilnya. Dalam konteks pengendalian proses statistik menggunakan peta-peta kontrol (*control charts*), jenis variasi ini sering ditandai dengan titik-titik pengamatan yang berada dalam batas-batas pengendalian.

Peta kendali (*Control Chart*) dibedakan menjadi 2 yaitu antara lain:

1) Peta kendali untuk data variabel

Peta kendali untuk data variabel digunakan untuk menggambarkan variasi atau penyimpangan yang terjadi pada kecenderungan memusat dan penyebaran observasi (Ariani, 2005). Menurut Dorothea Wahyu Ariani (2005) dalam bukunya yang berjudul “*Pengendalian Kualitas Statistik*” mengutip sebuah buku karangan Betersfield (1998) mengatakan bahwa manfaat pengendalian kualitas proses untuk data variabel adalah memberikan informasi mengenai:

- a. Perbaikan Kualitas
- b. Menentukan kemampuan proses setelah perbaikan kualitas tercapai.
- c. Membuat keputusan yang berkaitan dengan spesifikasi produk.
- d. Membuat keputusan yang berkaitan dengan proses produksi.
- e. Membuat keputusan terbaru yang berkaitan dengan produk yang dihasilkan.

2) Peta kendali untuk data atribut

Peta kendali untuk data atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan, misalnya goresan, kesalahan, warna atau ada bagian yang hilang (Besterfield, 1998). Selain itu, atribut digunakan apabila pengukuran seharusnya dapat dibuat, tetapi tidak dapat dibuat karena alasan waktu ataupun kebutuhan. Peta kendali yang digunakan untuk data atribut ini adalah P-Chart. P-Chart ini digunakan karena perusahaan tersebut melakukan 100% inspeksi. Berikut adalah langkah-langkah peta kendali untuk data atribut (*P-Chart*) (Ariani, 2005):

- a. Menghitung proporsi cacat

$$p = \frac{x}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

- b. Menentukan garis pusat ( $\bar{P}$ )

$$\bar{p} = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produk Yang Dinspeksi}} \dots\dots\dots (2.2)$$

c. Batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB)

$$\text{BPA} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{BPB} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan,

$\bar{p}$  = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

$n$  = banyaknya sampel yang diambil setiap kali observasi

$p$  = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

$x$  = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi

## 6. Kapabilitas Proses

Kapabilitas Proses adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan ekspektasi atau kebutuhan yang diinginkan dan biasanya dinyatakan dalam indeks kapabilitas proses. Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan pelanggan.

Indeks Kapabilitas proses ( $C_{pm}$ ) digunakan untuk mengukur sampai tingkat mana *output* proses berada pada nilai spesifikasi target kualitas ( $T$ ) yang diinginkan pelanggan. Semakin tinggi nilai  $C_{pm}$  menunjukkan bahwa *output* proses semakin mendekati target kualitas yang diinginkan. Hal itu juga berarti bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju target tingkat kegagalan (*no zero defect oriented*) (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002):

Untuk 2 batas spesifikasi (USL dan LSL)

$$C_{pm} = \frac{USL-LSL}{6\sqrt{(\bar{x}-T)^2 + s^2}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dalam upaya peningkatan kualitas *Six sigma*, biasanya digunakan aturan sebagai berikut:



- a.  $C_{pm} \geq 2$ , maka proses dianggap memenuhi target spesifikasi kualitas pelanggan dan dianggap kompetitif.
- b.  $1,00 \leq C_{pm} \leq 1,99$  maka proses dianggap cukup mampu, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol.
- c.  $C_{pm} \leq 1$ , maka proses dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasaran global.

#### 7. Indeks Performansi Kane (Cpk)

Indeks performansi kane ( $C_{pk}$ ), digunakan untuk merefleksikan kedekatan nilai rata-rata dari proses saat ini terhadap suatu batas. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$C_{pk} = \text{minimum} \left[ \frac{USL - \bar{X}}{3S}, \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right] \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan,

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata sampel karakteristik ketidaksesuaian dari proses

S = Standard deviasi

#### 8. Indeks Kapabilitas Proses (CPmk)

Indeks kapabilitas proses kane digunakan untuk mengukur sampai mana tingkat *output* berada dalam batas-batas toleransi (batas spesifikasi atas atau bawah yang diinginkan konsumen). Indeks Kapabilitas Proses Kane dihitung menggunakan rumus:

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + ((\bar{X} - T) / S)^2}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan,

T = spesifikasi target yang diinginkan

$\bar{X}$  = nilai rata-rata *sample* dari proses

S = Standard deviasi

#### 9. Analisis DPMO

Tingkat sigma memiliki tujuan untuk mengetahui posisi sebuah perusahaan berada pada level ke berapa. Untuk menentukan tingkat sigma terlebih dahulu dilakukan perhitungan *Defect per Opportunity* (DPMO). Adapun persamaan dari DPMO (Gaspersz, 2007):

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Unit yang diperiksa} \times \text{Defect Opportunity}} \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2.8)$$

a. Analisis DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel.

Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel (Gaspersz, 2002).

Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL dengan rumus:

$$P \left[ Z \geq \left( \frac{USL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2.9)$$

Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan rumus:

$$P \left[ Z \leq \left( \frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2.10)$$

Sehingga DPMO diperoleh dengan  $P(z > USL) \times 1.000.000 + P(z < LSL) \times 1.000.000$  yang kemudian hasilnya dikonversikan kedalam nilai sigma dengan bantuan tabel.

Namun jika ingin mengetahui tingkat kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO), gunakan formula berikut dalam program Microsoft Excel:

$$= 1000000 - \text{normsdist}(-1.5 + \text{NILAISIGMA}) \times 1000000 \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk nilai sigma = 2.5, maka gunakan formula berikut:

$$= 1000000 - \text{normsdist}(-1.5 + 2.5) \times 1000000 \dots\dots\dots (2.12)$$

Tabel 2.2 Contoh Perhitungan Data Variabel

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?		
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	
5	Berapa nilai rata-rata proses?	$\bar{X}$	
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \geq (USL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \leq (LSL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 7) + (Langkah 8)	
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat tabel)	-	2.50
11	Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma	-	
12	Hitung kapabilitas proses di atas dalam indeks kapabilitas proses	$Cpm = (USL - LSL) / \{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\}$	

b. Analisis DPMO dan tingkat sigma untuk data atribut

Adapun rumus perhitungan tingkat sigma untuk data atribut yang digunakan dalam program *Microsoft Excel* adalah sebagai berikut (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002):

$$\text{Nilai sigma} = \text{normsinv}((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5 \dots \dots \dots (2.13)$$

Tabel 2.3 Contoh Perhitungan Data Atribut

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	
2	Berapa banyak unit transaksi yang dikerakan?	-	
3	Berapa banyak unit yang gagal?	-	
4	Hitung cacat berdasarkan Langkah 3	(langkah 3) / (langkah 2)	
5	Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat	banyaknya karakteristik	
6	Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ	(Langkah 4) / (Langkah 5)	

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
7	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 6) × 1.000.000	
8	Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel)	-	
9	Buat Kesimpulan		

#### 10. Stabilitas Proses

Stabilitas proses dalam analisis *Six sigma* digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi yang ada berada dalam stabilitas (*stability*) untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Berikut beberapa rumus yang digunakan (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002):

$$BPA = T + 1,5 S_{max} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$BPB = T - 1,5 S_{max} \dots\dots\dots (2.15)$$

Nilai S diperoleh dengan formulasi:

a. Untuk 2 batas spesifikasi:

$$S_{max} = \left[ \frac{Cpk}{2 \times \text{Nilai Sigma}} \right] \times (USL - LSL) \dots\dots\dots (2.16)$$

b. Untuk 1 batas spesifikasi:

$$S_{max} = \left[ \frac{Cpk}{2 \times \text{Nilai Sigma}} \right] \times (USL - \bar{X}) \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan,

$S_{max}$  = Nilai batas toleransi maksimum

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

#### 11. Analisis 5W + 1H

Analisis 5W + 1H adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk melakukan penanggulangan terhadap setiap akar permasalahan (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002) yaitu:

a. *What* (apa yang menjadi target utama dari peningkatan kualitas)

- b. Why (mengapa rencana tindakan perlu dilakukan)
- c. *Where* (dimana rencana tindakan ini akan dilaksanakan)
- d. *When* (kapan tindakan akan dilakukan)
- e. *Who* (siapa yang akan melakukan rencana tindakan tersebut)
- f. *How* (bagaimana mengerjakan aktivitas rencana tindakan tersebut)

## 12. Konsep Hidup Siklus Proses

Untuk menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi stabil dan mampu, maka kita membutuhkan alat-alat atau metode statistika sebagai alat analisis (**Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002**):

Tabel 2.4 Siklus Hidup Proses Industri

<b>Stabilitas (<i>Stability</i>)</b>			
<b>Tidak Stabil</b>	<b>Stabil</b>		
1	2	<b>Tidak Mampu</b>	<b>Kemampuan (<i>Capability</i>)</b>
4	3	<b>Mampu</b>	

Tabel 2.5 Analisis Sistem Industri Sepanjang Siklus Hidup Proses Industri

<b>Status Proses</b>				
<b>No</b>	<b>Stabilitas (<i>Stability</i>)</b>	<b>Kemampuan (<i>Capability</i>)</b>	<b>Situasi</b>	<b>Analisis</b>
1	Tidak	Tidak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keadaan proses diluar pengendalian</li> <li>- Proses akan menghasilkan produk terus-menerus (keadaan kronis)</li> </ul>	Sistem industri dalam kondisi paling buruk
2	Ya	Tidak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keadaan proses berada didalam pengendalian</li> <li>- Proses masih menghasilkan produk cacat</li> </ul>	Sistem industri berada dalam statis antara menuju peningkatan kualitas global

Status Proses				
No	Stabilitas (Stability)	Kemampuan (Capability)	Situasi	Analisis
3	Ya	Ya	- Keadaan proses berada didalam pengendalian - Proses tidak menghasilkan produk cacat ( <i>zero defent</i> )	Sistem industri berada didalam kondisi paling baik, merupakan target dari program <i>Six sigma</i>
4	Tidak	Ya	- Proses berada diluar pengendalian proses menimbulkan masalah secara sporadis	Sistem industri tidak dapat diperkirakan ( <i>unpredictable</i> ) dan tidak diinginkan ( <i>undesirable</i> ) oleh manajemen industri

Sumber : (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002)

### 2.1.7 Konsep *poka yoke* (*mistake proof*)

*Poka Yoke* (diucapkan "po-ka-yo-ke") berasal dari bahasa Jepang, *yokeru* yang berarti "menghindari" dan *poka* yang berarti "kesalahan (diakibatkan kelalaian dan/atau ketidaksengajaan)". *Poka* -disebut juga sebagai "fail-safing" atau "mistake-proofing". Jadi secara sederhana *Poka Yoke* adalah menghindari kesalahan dalam produksi atau kerja. Konsep *Poka Yoke* ditemukan oleh Shigeo Shingo, seorang insinyur di Matsushita *manufacturing*, dan merupakan bagian dari Toyota Production System.

*Poka-Yoke* awalnya disebut sebagai *Baka Yoke*, namun karena artinya kurang pantas, yaitu "menghindari ketololan", maka kemudian diubah menjadi *Poka Yoke*. Istilah *poka-yoke* digunakan untuk mekanisme dalam konsep [lean manufacturing](#) yang dilakukan operator mesin dan peralatan untuk meminimalisir atau bahkan menghindari kesalahan (*poka*). *Poka-yoke* ala Shigeo Shingo terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- Metode Kontak

*Poka-yoke* dilakukan dengan cara menganalisa dan mengidentifikasi bentuk produk, ukuran, warna dan ciri fisik lainnya dari produk.

- Metode Nilai-Tetap (*fixed-value* atau *constant number*)

*Poka-yoke* dilakukan dengan cara memastikan beberapa gerakan dan aktifitas yang perlu dilakukan telah dilakukan dengan baik. Metode ini akan memperingatkan operator jika mereka belum melakukan hal yang diperlukan tersebut.

- Metode Tahap-Gerak (*sequence*)

*Poka-yoke* dilakukan dengan memastikan bahwa seluruh proses yang diperlukan telah dijalankan dengan baik.

*Poka-yoke* sebenarnya lebih berfungsi untuk mencegah terjadinya kesalahan, bukan untuk menemukan kesalahan-kesalahan yang sudah terjadi karena, misalnya, kelalaian operator karena kelelahan atau kejenuhan. *Poka-yoke* sangat berguna karena dapat menyediakan solusi pencegahan kesalahan, bahkan jika operator kehilangan konsentrasi atau kelelahan. Fokus poka yoke terdapat pada dua aspek, yaitu prediksi atau menyadari bahwa suatu cacat akan terjadi dan memberikan peringatan; serta deteksi atau pengenalan bahwa cacat telah terjadi dan penghentian proses tersebut (Evans & Lindsay, 2007). Terdapat dua pendekatan dalam konsep *Poka Yoke*, yaitu:

- ***Prevent Mistakes***

Pendekatan “*Prevent Mistakes*” adalah pendekatan untuk mencegah terjadinya Kesalahan sebelum kesalahan atau permasalahan kualitas terjadi. Metode yang dipakai untuk pendekatan *Prevent Mistakes* adalah Metode Pengawasan (*Control Method*) dan Metode Peringatan (*Warning Method*)

- ***Detect Mistakes***

Pendekatan “*Detect Mistakes*” adalah pendekatan yang dilakukan setelah kesalahan atau permasalahan kualitas telah terjadi. Metode yang dipakai untuk pendekatan *Detect Mistakes* adalah *Contact Method*, *Fixed Value Method* dan *Motion Step Method*.

Penerapan konsep *Poka Yoke* dalam kehidupan sehari-hari sangat mudah ditemukan. Contoh paling umum adalah kesalahan pemasangan akan dideteksi dan pemakai seolah “diingatkan” kalau telah terdapat kekeliruan/pemasangan yang tidak tepat atau terbalik. Berikut adalah contoh-contoh kasus penerapan *Poka Yoke* diberbagai kondisi (Evans & Lindsay, 2007):

- Kunci kendaraan (motor dan mobil) didesain sedemikian rupa sehingga pengemudi tidak bisa melepaskan kunci sebelum kunci pada posisi 'OFF'. Pada kendaraan dengan sistem transmisi otomatis, bahkan kunci kendaraan tidak bisa dilepaskan sebelum posisi transmisi di posisi 'PARK'
- Disket komputer berukuran 3,5" didesain sedemikian rupa sehingga bisa masuk ke drivernya jika posisinya benar
- Di beberapa produk, biasa kita jumpai posisi sekrup tidak simetris, sehingga saat akan dipasang kembali, hanya dimungkinkan jika arah dan posisinya sesuai
- Keping SIM card pada telepon genggam, pada salah satu ujungnya di trim sehingga posisi letaknya tidak bisa tertukar

## 2.2 Kajian Induktif

Beberapa penelitian sebelumnya tentang kualitas produk dengan menggunakan menggunakan metode *Six sigma* sebagai berikut:

1. (Lahudin, 2014) “ Usulan Penggunaan *Six sigma* Untuk Peningkatan Kualitas Produksi di PT. A O” Metode penelitian yang digunakan pada penelitian tersebut adalah dengan menggunakan metode *Six sigma* dengan DMAIC sedangkan faktor kegagalan proses dianalisis dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Usulan perbaikan ditentukan berdasarkan hasil penilaian SOD dan nilai RPN dalam analisis. Masalah yang paling dominan pada kasus ini adalah proses hammer dan proses cutting, yang selanjutnya dibuat Tree Diagram untuk mencari secara sistematis metode terbaik penyelesaian masalah.
2. (Fadhil, 2015) dalam penelitiannya berjudul “*Analisis Upaya Peningkatan Kualitas Produk Baja Hot Rolled Coil Dengan Penerapan Metode Six sigma Di PT. Krakatau Steel*” menunjukkan bahwa. Faktor mesin menjadi salah satu penyebab dalam pemborosan yang menyebabkan *coil* bergelombang tengah (*middle wavy*) karena umur mesin sudah 22 tahun serta perawatan yang kurang terhadap mesin tersebut. Faktor lainnya adalah manusia yang dikarenakan kurangnya koordinasi antara operator yang di *crane* dengan operator yang berada di gudang dalam pemindahan produk HRC dari tempat produksi ke gudang, penyebab lainnya adalah *wrong material handling* yang dilakukan oleh operator pada saat penaruhan produk HRC ke



gudang, ketika penaruhan *coil* sedang berlangsung sering terjadinya lepas dari *crane* yang menyebabkan terjatuhnya *coil* dan menyebabkan *middle wavy*. Rencana untuk perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi terjadinya pemborosan adalah diharuskan inspeksi yang berkala dan perlu diadakannya *maintenance* atau perawatan tiap bulannya, sehingga dapat mengurangi pemborosan dan kecacatan. Serta perlu pelatihan dan penghargaan serta bonus untuk operator sehingga operator dapat bekerja dengan baik dan menjalankan pekerjaannya. Selain itu dilakukannya pengecekan berkala terhadap tiap mesin setiap memulai bekerja, agar tidak terjadi kecelakaan yang menyebabkan kecacatan pada produk.

3. (Harisupriyanto, 2013), “ Aplikasi *Lean Six sigma* untuk peningkatan kualitas produk” Penelitian ini mengidentifikasi jenis pemborosan yang terjadi kemudian mengidentifikasi penyebab pemborosan dan memberikan solusi. Berdasarkan hasil pengolahan data, jenis pemborosan yang sering muncul adalah *defect*, *waiting* dan *over processing waste*. Hal disebabkan oleh 3 aspek yakni mesin, material dan sumber daya manusia. Dan solusi yang diberikan adalah penggunaan material yang seragam dan lebih lunak akan membuat proses pengeringan menjadi lebih efisien, karena cacat retak dan bengkok dapat diminimalisir.

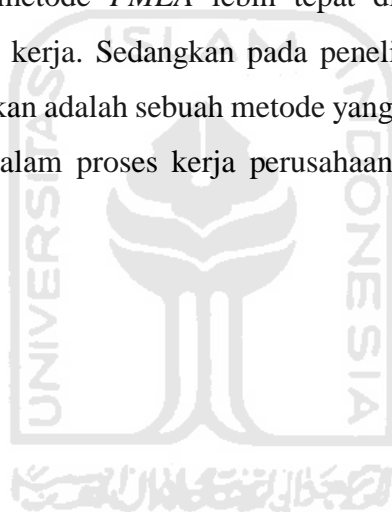
Tabel 2.6 *State of The Art*

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
1	Abdul Haris Lahudin (2014)	Usulan Penggunaan <i>Six sigma</i> Untuk Peningkatan Kualitas Produksi di PT. A O	<i>Six sigma</i> + FMEA	Usulan perbaikan ditentukan berdasarkan hasil penilaian SOD dan nilai RPN dalam analisis. Masalah yang paling dominan pada kasus ini adalah proses hammer dan proses cutting, yang selanjutnya dibuat Tree Diagram untuk mencari secara sistematis metode terbaik penyelesaian masalah
2	Hilman Fadhill, (2015)	Analisis Upaya Peningkatan Kualitas Produk Baja Hot Rolled Coil Dengan Penerapan Metode <i>Six sigma</i> Di PT. Krakatau Steel	<i>Six sigma</i>	Hasil yang didapatkan bahwa faktor mesin menjadi salah satu faktor penyebab pemborosan karena mesin yang sudah terlalu tua, faktor lain adalah manusia karena kurangnya koordinasi antar operator. Usulan yang

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
				diberikan adalah diharuskan inspeksi yang berkala dan perlu diadakannya <i>maintenance</i> atau perawatan tiap bulannya, sehingga dapat mengurangi pemborosan dan kecacatan. Serta perlu pelatihan dan penghargaan serta bonus untuk operator sehingga operator dapat bekerja dengan baik dan menjalankan pekerjaannya. Selain itu dilakukannya pengecekan berkala terhadap tiap mesin setiap memulai bekerja, agar tidak terjadi kecelakaan yang menyebabkan kecacatan pada produk.
3	Harisupriyanto H (2013)	Aplikasi <i>Lean Six sigma</i> untuk peningkatan kualitas produk	<i>Lean Six sigma</i>	Berdasarkan hasil pengolahan data, jenis pemborosan yang sering muncul adalah <i>defect, waiting</i> dan <i>over processing waste</i> . Hal disebabkan oleh 3 aspek yakni mesin, material dan sumber daya manusia. Dan solusi yang diberikan adalah penggunaan material yang seragam dan lebih lunak akan membuat proses pengeringan menjadi lebih efisien, karena cacat retak dan bengkok dapat diminimalisir.

Tabel diatas merupakan beberapa contoh penelitian mengenai pengendalian kualitas yang pernah dilakukan. Penelitian yang pertama dilakukan oleh Abdul Haris Lahudin (2014), pada penelitiannya metode yang digunakan adalah metode six sigma dengan mengkombinasikan metode *FMEA* didalamnya. Penelitian yang lain yakni dilakukan oleh Hilman Fadhil, (2015), pada penelitiannya metode yang digunakan hanyalah metode six sigma saja. Dan penelitian terakhir dilakukan oleh Harisupriyanto H (2013), pada penelitiannya metode yang digunakan adalah metode lean six sigma dan

dikombinasikan dengan metode *FMEA*. Sedangkan penelitian yang diusulkan adalah Pengendalian kualitas pada Produk tiang listrik dengan penerapan metode *six sigma* dan Poka Yoke. Metode six sigma merupakan metode yang sangat tepat digunakan dalam penelitian ini, hal ini karena Six Sigma merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dan peningkatan proses melalui fase DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). DMAIC merupakan jantung analisis six sigma yang menjamin *voice of customer* berjalan dalam keseluruhan proses sehingga produk yang dihasilkan memuaskan pelanggan. Untuk metode improve yang digunakan adalah metode *pokayoke*. Disinilah letak perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sebelumnya. Alasan penulis tidak menggunakan metode *FMEA* yang seperti dilakukan oleh penelitian sebelumnya adalah karena metode *FMEA* lebih tepat digunakan untuk melakukan mitigasi resiko dalam proses kerja. Sedangkan pada penelitian ini resiko (cacat) telah terjadi sehingga yang diperlukan adalah sebuah metode yang mampu memberikan usulan perbaikan secara langsung dalam proses kerja perusahaan. metode yang paling tepat adalah metode *pokayoke*.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Objek Penelitian**

Objek dalam penelitian ini adalah PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta. Jalan Magelang Km 15.2 Kemloko, Caturharjo, Sleman, Yogyakarta.

#### **3.2 Jenis dan Metode Pengumpulan Data**

Penelitian ini menggunakan 2 jenis data, yakni data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari hasil observasi dan wawancara pihak perwakilan perusahaan untuk melengkapi data mengenai proses produksi perusahaan. Selain data primer, data yang diambil adalah data sekunder yang digunakan sebagai pendukung data primer.

#### **3.3 Data Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder

##### **1. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan dan wawancara langsung dari objek penelitian.

##### **a. Observasi**

Penulis melihat langsung bagaimana proses produksi yang dilakukan oleh bagian produksi.

##### **b. Wawancara**

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara atau tanya jawab secara langsung dengan pihak perusahaan.

## 2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari dokumen perusahaan berupa laporan yang meliputi data historis, data kualitas produk dan data perusahaan yang lainnya. Dan ditambah dengan studi literatur dari skripsi penelitian terdahulu, buku buku dan internet.

### 3.4 Pengolahan data

Pada pengolahan data penelitian ini menjelaskan tahap dalam penerapan *six sigma* sebagai penelitian perusahaan dan usaha untuk meminimalkan cacat produk yang ada. Oleh karena itu *tools* yang digunakan adalah:

- SIPOC (*Supplier, Input-Process-Output-Customer*)

Diagram SIPOC ini digunakan untuk menentukan batasan proyek dengan cara mengidentifikasi proses yang sedang dipelajari, input dan output proses tersebut serta pemasok dan pelanggannya.

- Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil di sebelah kanan. Diagram Pareto untuk mengetahui jenis kecacatan terbesar pada tiap proses, sehingga upaya perbaikan akan difokuskan pada jenis kecacatan yang besar saja.

- Peta Kendali (*Control Chart*)

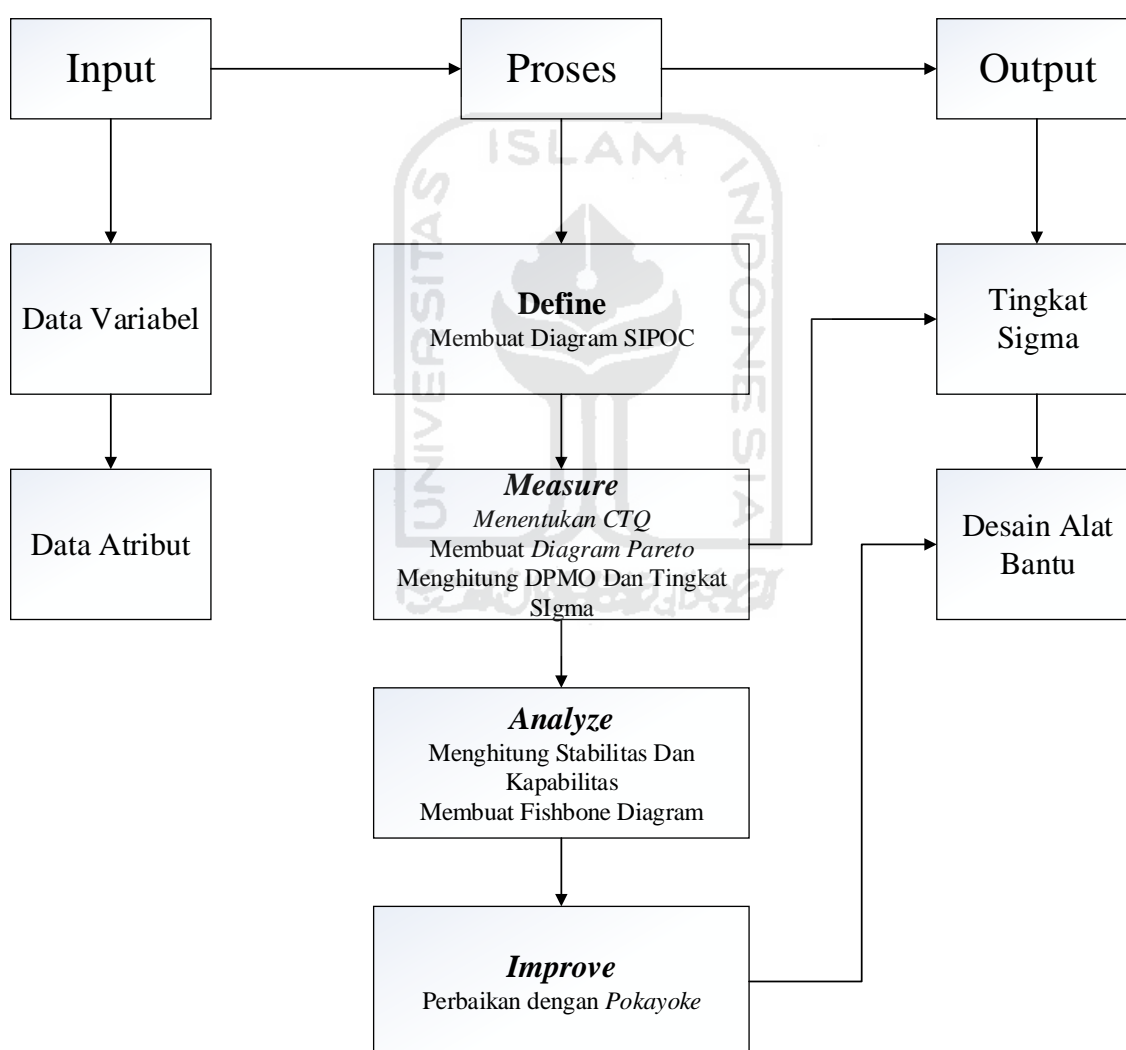
Peta pengendali atau peta kontrol adalah alat untuk mempelajari perbedaan. Diagram tersebut akan memperlihatkan variasi yang stabil. Peta kendali yang digunakan untuk data atribut ini adalah P-Chart. P-Chart ini digunakan karena perusahaan tersebut melakukan 100% inspeksi.

- Diagram *Fishbone*

Diagram *Fishbone* digunakan untuk menemukan potensi penyebab masalah dalam proses manufaktur yang biasanya melibatkan banyak variasi dalam sebuah proses. Selain itu kegunaan dari diagram sebab-akibat adalah untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab dari permasalahan kualitas agar dapat diperbaiki.

### 3.5 Model Konseptual

Model konseptual merupakan rancangan terstruktur yang berisi konsep-konsep yang saling terkait dan saling terorganisasi guna melihat hubungan dan pengaruh logis antar konsep. Model konseptual juga memberikan keteraturan untuk berfikir, mengamati apa yang dilihat dan memberikan arah riset untuk mengetahui sebuah pertanyaan untuk menanyakan tentang kejadian serta menunjukkan suatu pemecahan masalah. Berikut merupakan model konseptual untuk penelitian ini:



Gambar 3.1. Model Konseptual

Model Konseptual diatas terbagi dalam 3 bagian yakni:

**a. Input**

Pada bagian input menjelaskan data-data yang diperlukan untuk proses pengolahan data. Data yang diambil terbagi 2 yakni Data Variabel (data variabel yang merupakan parameter yang diukur untuk menentukan cacat) dan Data Atribut ( data jenis cacat produk ).

**b. Proses**

Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah secara kuantitatif dengan cara menggunakan pengkajian dan penerapan siklus DMAIC sebagai berikut:

1. Tahap *Define*

Dalam tahap *define* yang akan dilakukan adalah menentukan masalah yang telah diidentifikasi terhadap proses produksi mulai dari awal hingga akhir menjadi produk. Langkah ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci (Gaspersz, Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach, 2007).

2. Tahap *Measure*

Tahap kedua adalah tahap *measure*. Pada tahap *measure* ada beberapa hal yang dilakukan antara lain:

a. Menentukan *critical to quality* (CTQ)

*Critical to quality* (CTQ) merupakan semua atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan konsumen.

b. Membuat diagram pareto

*Pareto chart* dapat menunjukkan prioritas penyimpangan dan memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan. *Pareto chart* digunakan untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil di sebelah kanan.

c. *Control chart* ( P-Chart)

Langkah-langkah peta kendali untuk data atribut (*P-Chart*) (Ariani, 2005):

d. Menghitung proporssi cacat

$$p = \frac{x}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

e. Menentukan garis pusat ( $\bar{P}$ )

$$\bar{P} = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produk Yang Dinspeksi}} \dots\dots\dots (3.2)$$

f. Batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB)

$$\text{BPA} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{BPB} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan,

$\bar{p}$  = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

$n$  = banyaknya sampel yang diambil setiap kali observasi

$p$  = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

$x$  = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi

d. Menghitung nilai DPMO dan Tingkat Sigma

Berikut adalah rumus-rumus untuk analisis DPMO data variabel dan data atribut:

1) Analisis DPMO untuk data Variabel

Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002).

- Rumus kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL:

$$P \left[ Z \geq \left( \frac{USL-\bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots (3.5)$$

- Rumus kemungkinnan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan :

$$P \left[ Z \leq \left( \frac{LSL-\bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots (3.6)$$

- DPMO total diperoleh dengan cara :

$$\{P \left[ Z \geq \left( \frac{USL-\bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000\} + \{P \left[ Z \leq \left( \frac{LSL-\bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000\} \dots\dots\dots (3.7)$$

Kemudian hasilnya dikonversikan kedalam nilai sigma dengan bantuan tabel Z.

- Rumus Menggunakan formula pada Microsoft Excel

Jika ingin mengetahui tingkat kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO), gunakan formula berikut dalam program Microsoft Excel :

$$= 1.000.000 - \text{normsdist}(-1.5 + \text{NILAISIGMA}) \times 1.000.000 \dots\dots\dots (3.8)$$



Untuk DPMO memiliki batas spesifikasi atas dan bawah, maka gunakan formula berikut:

$$=1000000 - \text{normsdist}(\text{USL} - \bar{X} / S) \times 1.000.000 + \text{normsdist}((\text{LSL} - \bar{X} / S) \times 1000000) \dots (3.9)$$

- Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv}((1.000.000 - \text{DPMO}) / 1.000.000) + 1,5 \dots (3.10)$$

## 2) Analisis DPMO untuk Data Atribut

Berikut adalah rumus DPMO untuk data atribut (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP, 2002):

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Banyak produk yang cacat}}{\text{Banyak produk yang diperiksa} \times \text{CTQ potensial}} \times 1.000.000 \dots (3.11)$$

## 3. Tahap *Analyze*

Dalam tahap *analyze* adalah fase mencari dan menemukan akar sebab dari suatu masalah. Hal-hal yang diperlukan dilakukan dalam tahap *analyze*:

- Menentukan stabilitas proses
- Menentukan kapabilitas proses
- Membuat *fishbone diagram*

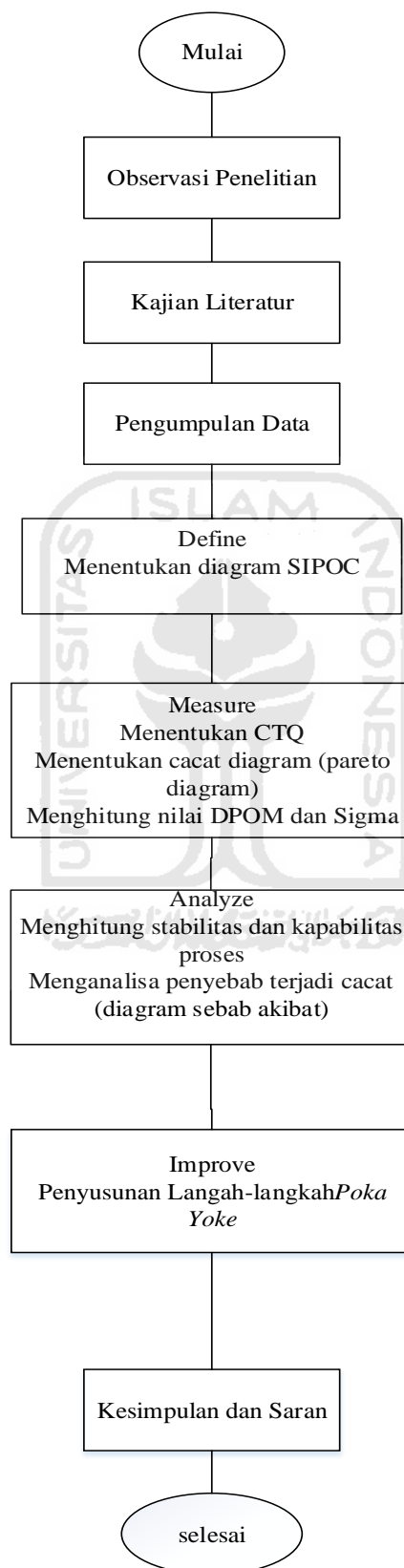
## 4. Tahap *Improve*

Tujuan tahap *Improve* adalah menemukan dan mengusulkan ide solusi, mengimplementasikan solusi dengan tepat, dan merancang proses baru. Tahap *improve* ini dilakukan dengan membuat rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap *improve* ini dilakukan penerapan metode *pokayoke*. Dalam membuat alat bantu ini diperoleh dari hasil analisis fishbone diagram yang telah dibuat dengan pertimbangan persentase penyebab terjadinya cacat terbesar.

### c. Output

Pada bagian output menjelaskan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini yakni tingkat kapabilitas sigma dan desain alat bantu yang telah dibuat dengan menggunakan metode *Pokayoke*.

### 3.6 Alur Penelitian



Gambar 3.2. Alur Penelitian



## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Pada tahap pengumpulan data ini ada beberapa data yang diperoleh dari hasil observasi dengan cara observasi langsung, wawancara dan data historis yang telah ada diperusahaan. Antara lain:

##### **4.1.1 Data Umum Perusahaan**

Pada data umum perusahaan ini terdiri dari sejarah singkat perusahaan, visi dan misi perusahaan, hasil produk, proses produksi, dan status kepemilikan.

##### **4.1.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan**

PT. Tonggak Ampuh merupakan salah satu produsen pembuat tiang listrik, tiang pancang dan aneka beton yang ada di Indonesia. Perusahaan ini berdiri sejak tanggal 3 April 1978 yang awal mula bertempat di daerah Tendean, Jakarta Selatan dengan akte pendirian No. 432 dan 433 dengan didukung Surat Ijin Perdagangan (SIUP), Surat Ijin Tetap Industri dan Surat Ijin Tempat Usaha (SITU). Perusahaan ini mengawali usahanya di bidang konstruksi beton dengan mutu mengacu pada standar SPLN 93:1991, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) dan persyaratan yang sesuai dengan tuntutan pelanggan khususnya untuk memenuhi permintaan pembangunan nasional di bidang pelistrikan PLN dan menerima pesanan dalam skala besar untuk keperluan proyek-proyek pembangunan tingkat nasional antara lain: proyek APLN,

IBRD (*International Bank for Reconstruction Development*), ABD (*Asian Development Bank*) dan lain-lain. PT. Tonggak Ampuh telah mendirikan pabrik di beberapa tempat di Indonesia, diantaranya, di daerah Jawa Barat (Citeureup), D.I Yogyakarta (Sleman), Jawa Tengah (Semarang), Jawa Timur (Singosari-Malang) dan Sumatera Selatan (Baturaja). Pabrik-pabrik ini didirikan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan permintaan dari para pelanggan.

PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta sendiri berdiri sejak tanggal 5 Mei 1986 dengan ijin tempat usaha nomor 503/286/1991 atas nama Sdr Suwito Raharjo atas nama PT. Tonggak Ampuh yang beralamat di Jalan Magelang Km 15.2 Kemloko, Caturharjo, Sleman. Konsumen utama untuk produk tiang listrik di perusahaan ini adalah PLN (Perusahaan Listrik Negara) wilayah Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta

#### **4.1.1.2 Visi Misi Perusahaan**

##### **Visi Perusahaan**

Menjalin kerja sama yang baik dengan seluruh mitra bisnis serta memperluas jaringan bisnis dengan memberikan kualitas terbaik.

##### **Misi Perusahaan**

1. Memberikan jaminan kualitas mutu barang yang diproduksi berdasarkan standar kualitas barang yang telah ada.
2. Memberikan kepuasan kepada pelanggan dengan memberikan pelayanan terbaik dan produk yang sesuai dengan keinginan serta kebutuhan pelanggan.
3. Mengembangkan produk yang dihasilkan agar tetap bisa bersaing dalam dunia bisnis dan berusaha untuk menjadi yang lebih unggul.

#### 4.1.1.3 Proses Produksi

Sistem operasi yang ada pada produksi di PT Tonggak Ampuh unit III Yohyakrta melibatkan material, manusi dan mesin. Proses produksi untuk menghasilkan produksi tiang listrik terdapat 9 tahapan, yaitu:

1. Pembuatan rangkaian tulangan

Pembuatan tulangan utama dari tiang listrik beton dibuat sebagai rangka untuk membuat tiang menjadi kokoh. Dengan proses produksi yaitu:

- a. Mempersiapkan *wedge* dan *cones*.
- b. Mempersiapkan PC wire, ring dan kawat bendrat.
- c. Memotong PC wire yang berdiameter 0,7 mm sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan dengan toleransi 60 cm dengan mesin gerinda.
- d. Pembuatan tulangan beton nesor dengan PC wire berdiameter 0,3 mm menjadi spiral dengan menggunakan mesin penggulungan kawat (mesin spiral).
- e. Seteah wire disusun pada penyusun kerangka, spiral yang dibuat dipasang melalui kerangka.
- f. Ring cincin dipasang diposisi bawah, tengah, dan diatas dengan ukuran kurang dari 5 mm dari diameter cetakan.
- g. Ring di ikat pada wire dengan kawat bendrat sesuai jarak yang ditentukan.
- h. Rangkaian tulangan tiang sudah selesai dikerjakan.



Gambar 4.1 Rangkaian PC wire, kawat bendrat, ring



Gambar 4.2 Rangkaian tulang

2. Pembersihan cetakan, pelumas dan pemasangan rangkaian, arde dan pipa.

Pada tahap ini dilakukan pemasangan cetakan pada rangkaian tulangan yang telah jadi sehingga nantinya rangkaian dapat dicor dengan beton. Cetakan juga disiapkan dan dibersihkan sehingga didapatkan kualitas cetakan yang baik pada proses pengecoran nantinya. Adapun tahapan proses adalah sebagai berikut:

- a. Membersihkan cetakan beton dari sisa-sisa adukan yang menempel pada bagian atas dan bawah serta kedua tutup ujung dan pangkal cetakan sampai bersih.
- b. Membersihkan lubang-lubang wire pada tutup cetakan bagian ujung dan pangkal sehingga memudahkan pemasangan rangkaian.
- c. Melumasi cetakan yang sudah dibersihkan dengan oli atau pelumas cetakan.
- d. Memasang rangkaian dengan cetakan dengan lurus dan sejajar pada cetakan tiang pada bagian bawah.
- e. Memasang beton penutup pada ujung dan pangkal cetakan.
- f. Memasang arde pada lubang-lubang yang tersedia dengan kunci pas atau kunci ring.
- g. Memasang pipa pada lubang pipa dengan benar diantara wire didalam cetakan.
- h. Cetakan yang sudah terpasang dengan benar kemudian dipindahkan kedalam cor.



Gambar 4.3 Cetakan tiang listrik

### 3. Pengecoran

Pada proses ini adalah proses dimana cetakan yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya diisi dengan beton atau biasa disebut pengecoran. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengecoran 1 tiang beton adalah 160 kg semen, 240 kg pasir, 360 kg split, obat beton 600 cc dan air 40-50 liter. Proses kerjanya adalah:

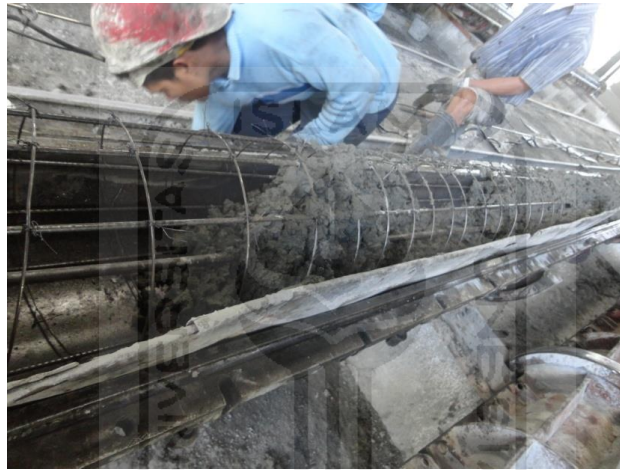
#### a. Proses pencampuran atau pembuatan beton:

- 1) Nyalakan mesin penimbang bahan.
- 2) Tekan tombol pasir untuk mencoba motor penggerak berjalan dengan baik, lalu lakukan secara bergantian penggerak split dan semen.
- 3) Tekan tombol pasir untuk menimbang pasir, tekan tombol split untuk menimbang split dan tombol semen digunakan untuk menimbang semen.
- 4) Tekan tombol *mixer* untuk menyalakan *mixer* dan biarkan berputar selama 5 menit.
- 5) Tuangkan obat pengeras kedalam gelas ukur kemudian dimasukkan kedalam *mixer*.
- 6) Isi air kedalam *mixer* sesuai dengan ketentuan.
- 7) Masukkan bahan yang sudah ditimbang kedalam *mixer* dengan tombol material.
- 8) Bahan atau adonan beton yang sudah jadi siap untuk dituang kedalam mesin konveyor.



b. Proses pengecoran beton kedalam cetakan:

- 1) Adukan yang sudah siap di mesin *conveyor* dituangkan kedalam cetakan yang selalu dimulai dari bagian ujung hingga penuh dan padat dengan cara ditusuk-tusuk kayu atau pipa besi yang ujungnya meuncing.
- 2) Adukan dalam dirapikan dan bibir cetakan dibersihkan dari ujung sampai pangkal agar rapat pada saat ditutup.
- 3) Menutup cetakan yang sudah rapi dan bersih.
- 4) Selanjutnya cetakan dipindahkan keruang pres dan *stressing*.



Gambar 4.4 Proses pengecoran

4. Proses *stressing*

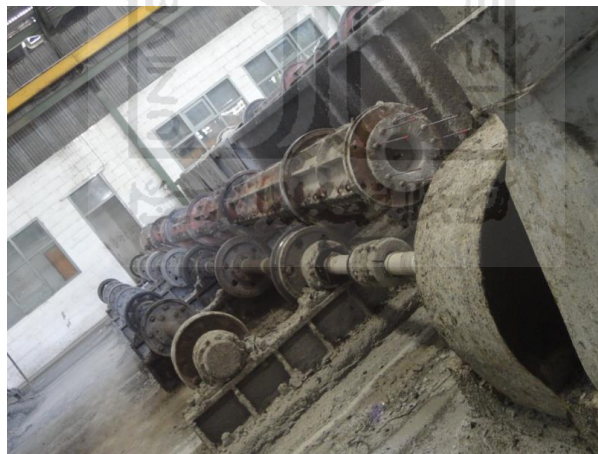
Pada tahap ini dilakukan proses *stressing* atau penegangan kerangka yang sudah dicetak. PC wire ditarik sampai pada tegangan tertentu yaitu sampai pada 300 bar dengan *stressing*. Kemudian PC wire yang sudah pada tegangan tertentu tersebut diberi kancing atau kones agar tidak bergerak.



Gambar 4.5 Mesin *stressing*

#### 5. Proses *spinning*

Pada tahap ini adalah proses *spinning* yaitu cetakan yang sudah *distressing* pada tahap sebelumnya, diangkat dengan mesin hoist dengan menggunakan rantai besar sebagai pengikat cetakan, untuk dipindahkan ke mesin *spinning*. Cetakan diputar dan waktu putar mesin *spinning* untuk memutar cetakan tiang listrik.



Gambar 4.6 Proses *spinning*

#### 6. Proses *steam* (penguap)

Tahap ini dinamakan proses *steam* dengan menggunakan mesin ketel uap air (*boiler*) supaya adonan dalam cetakan terjadi penguapan dan menjadi kering. Cetakan ditempatkan di dalam bak penampungan dengan menggunakan mesin hoist, bak tersebut

dapat menampung sampai 8 cetakan, kemudian bak tersebut ditutup dengan terpal dan diuapkan dengan ketel uap sampai mencapai suhu 85 C selama 1,5 jam.



Gambar 4.7 Bak penampungan poses *steam*

#### 7. Pelepasan cetakan

Pada tahap ini adalah proses pembuatan cetakan, setelah cetakan selesai dari proses steam kemudian diangkat dengan mesin hoist untuk didinginkan terlebih dahulu sampai dingin supaya mempermudah dalam proses pelepasan cetakan. Sebelum pelepasan cetakan dilakukan, panjang PC wire dalam cetakan yang digunakan sebagai pegangan untuk proses *stressing* dipotong terlebih dahulu dengan menggunakan mesin las listrik, kemudian baru pelepasan baut pengencang pada tutup cetakan kemudian selanjutnya tutup cetakan diangkat dan dipindahkan ke tempat aman menggunakan mesin hoist, setelah itu baru tiang listrik yang sudah jadi dikeluarkan dari cetakan dengan cara digulingkan.

#### 8. Pekerjaan *finishing*

Pada tahap ini tiang beton yang sudah jadi mendapatkan pengecekan final untuk memastikan tiang yang dibuat benar-benar dalam keadaan baik. Selain itu dilakukan pembuatan logo perusahaan, tanggal produksi, dan spesifikasi dari tiang beton itu sendiri seperti panjang tiang, diameter atas dan bawah dan kekuatan tiang tersebut.



Gambar 4.8 Pemberian label

#### 4.1.1.4 Status Kepemilikan

Data terkait status perusahaan menjadi sangat penting karena menunjukkan status perusahaan di mata hukum. Data terkait status dan kepemilikan PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta adalah sebagai berikut:

Nama Perusahaan	: PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta
Alamat Perusahaan	: Jalan Magelang Km 15.2 Kemloko, Caturharjo, Sleman, Yogyakarta
No. Telepon	: (0274) 868684
No. Fax	: (0274) 867884
Ijin Tempat Usaha	: 503/286/1991
No. NPWP	: 01.105.1447.5-431.000
Nama Penanggung Jawab	: Soewita Rahardjo
Alamat	: Jalan Pakuningratan 60 Rt 04 Rw 01 Cokrodiningratan, Jetis, Yogyakarta

#### 4.1.2 Data Variabel

Data variabel berisi data pengukuran variabel serta batas spesifikasi masing-masing variabel produk. Produk yang diteliti adalah tiang listrik dengan tipe 9/100 E. Data variabel tersebut meliputi diameter atas, diameter bawah tiang, dan tinggi tiang.

Berikut ini merupakan keterangan spesifikasi produk tang listrik Tipe 9/100 E:

Tabel 4.1 Data Spesifikasi Produk

No	Dimensi	Standar Ukuran		
		Normal	Toleransi	
			Lower	Upper
1	Diameter Bawah Tiang (mm)	277	267	287
2	Diameter Atas Tiang (mm)	157	147	167
3	Tinggi Tiang (cm)	900	897	903

Sumber: Data Perusahaan, 2016

Pengukuran-pengukuran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Diameter Bawah

Tabel 4.2 Data Variabel Diameter Bawah

No	n = 5, X dalam (mm)				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	268	268	277	281	271
2	278	280	270	268	270
3	287	286	280	278	285
4	272	278	282	282	285
5	267	279	283	268	278
6	287	272	272	276	278
7	273	279	272	287	273
8	267	269	286	273	275
9	267	269	275	271	270
10	283	283	284	285	268
11	276	282	275	276	284
12	279	280	270	273	269
13	271	281	270	284	282
14	279	281	280	286	282
15	268	281	278	278	275
16	287	267	269	268	284

No	n = 5, X dalam (mm)				
	X1	X2	X3	X4	X5
17	267	269	277	278	275
18	280	273	283	270	275
19	286	272	275	277	276
20	270	277	275	285	273
21	278	270	275	280	283
22	273	286	271	285	285
23	268	275	284	278	274
24	274	276	284	281	269
25	276	272	268	287	285

Sumber: Data Perusahaan, 2016

## 2. Diamater Atas

Tabel 4.3 Data Variabel Diameter Atas

No	n = 5, X dalam (mm)				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	150	151	162	154	155
2	159	165	167	150	161
3	158	152	156	157	166
4	160	162	167	156	157
5	157	151	151	163	151
6	166	162	167	161	158
7	159	161	158	162	166
8	161	156	159	156	161
9	164	160	148	160	150
10	160	150	150	150	159
11	163	155	158	154	152
12	152	164	150	148	152
13	167	162	157	167	152
14	148	165	147	152	161
15	151	155	166	161	149
16	154	150	161	158	167
17	166	156	150	164	150
18	166	154	165	160	158
19	162	155	152	163	151
20	149	163	150	166	153
21	150	160	159	163	161
22	167	162	167	151	163
23	149	160	158	155	165
24	157	163	162	155	152

No	n = 5, X dalam (mm)				
	X1	X2	X3	X4	X5
25	167	157	162	164	161

Sumber: Data Perusahaan, 2016

### 3. Tinggi Tiang

Tabel 4.4 Data Variabel Tinggi Tiang

No	n = 5, X dalam (m)				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	902	897	899	900	903
2	899	900	899	900	903
3	899	898	903	903	898
4	903	902	897	900	901
5	897	899	897	901	901
6	901	902	903	902	900
7	900	899	903	898	900
8	901	897	897	902	903
9	900	900	900	898	897
10	901	900	902	901	897
11	903	897	900	897	903
12	900	900	899	900	901
13	899	902	902	903	903
14	898	898	898	901	898
15	901	901	899	902	897
16	903	900	901	900	897
17	901	899	901	897	903
18	897	901	897	902	902
19	898	901	900	902	901
20	900	897	898	897	903
21	901	898	901	903	903
22	902	897	899	901	902
23	903	901	900	897	899
24	900	897	903	898	899
25	903	897	897	899	903

Sumber: Data Perusahaan, 2016

#### 4.1.3 Data Atribut

Data-data yang berisi produk cacat dari setiap proses serta jenis cacat yang terjadi pada proses tersebut. Jenis cacat dalam produk tiang listrik dari data produksi bulan Januari 2016 seperti berikut:

Tabel 4.5 Jumlah Produk Cacat

No	Jenis Cacat	Jumlah Produk Cacat (Unit)
1	Cacat Retak	7
2	Cacat Keropos	3
3	Cacat Bengkok	1
4	Cacat Keriput	0
Jumlah		11

Sumber: Data Perusahaan, 2016

Tabel 4.6 Data Atribut Tiang Listrik

Tanggal	Total Produksi	Cacat Bengkok	Cacat Keropos	Cacat Keriput	Cacat Retak	Total Cacat
2	26				1	1
3	47	1				1
4	48					0
5	37					0
6	42				1	1
7	26				1	1
8	47				1	1
9	38				1	1
10	39					0
11	51					0
12	39					0
13	46					0
14	29					0
15	39					0
16	37				1	1
17	39		1			1
18	34		1			1
19	29					0
20	29					0
21	29					0
22	27					0
23	23					0
24	32					0



Tanggal	Total Produksi	Cacat Bengkok	Cacat Keropos	Cacat Keriput	Cacat Retak	Total Cacat
25	29					0
26	31		1			1
27	30					0
29	27				1	1
30	31					0
Jumlah	981	1	3	0	7	11

Sumber: Data Perusahaan, 2016

Berikut adalah keterangan dari setiap jenis *defect* yang terdapat pada produk tiang listrik:

**d. Bengkok**

Bengkok merupakan jenis cacat pada tiang listrik dengan karakteristik cacat yaitu produk tiang listrik bengkok dengan ukuran lebih dari 5 mill/panjangnya. Jenis cacat ini akan mengakibatkan kekuatan tiang dan kekuatan tarik tiang tidak sesuai spesifikasi.

Produk tiang listrik mengalami bengkok antara 0,0 – 5 mill/panjang tiang merupakan produk yang tidak cacat dan masih bisa digunakan, tetapi jika produk mengalami bengkok lebih dari 5 mill/panjangnya merupakan produk cacat dan tidak bisa diperbaiki.

**e. Keropos**

Keropos merupakan jenis cacat pada tiang listrik dengan karakteristik cacat yaitu pada bagian luar produk tiang listrik terdapat rongga-rongga dengan ukuran kedalaman lebih dari 2 cm sehingga bagian luar tiang listrik kasar/tidak rata. Jenis cacat ini akan mengakibatkan kekuatan tiang tidak sesuai standar, tidak tahan korosi, dan badan tiang tidak halus/kasar.

**f. Keriput**

Keriput merupakan jenis cacat pada tiang listrik dengan karakteristik cacat yaitu bagian luar tiang listrik tidak halus/kasar dan ukuran diameter tidak sesuai spesifikasi. Jenis cacat ini akan mengakibatkan kekuatan tarik tiang listrik tidak sesuai standar, ukuran diameter tiang listrik tidak sesuai spesifikasi dan badan tiang listrik tidak halus/kasar.

**g. Retak**

Retak merupakan jenis cacat pada tiang listrik dengan karakteristik cacat yaitu pada bagian luar produk tiang listrik terdapat garis retakan dengan panjang lebih dari 4 cm sehingga bagian dalam (rangka beton) terlihat. Cacat retak dapat mengakibatkan kekuatan tiang tidak sesuai standar, tidak tahan korosi, dan badan tiang tidak halus/kasar.

## 4.2 Pengolahan Data

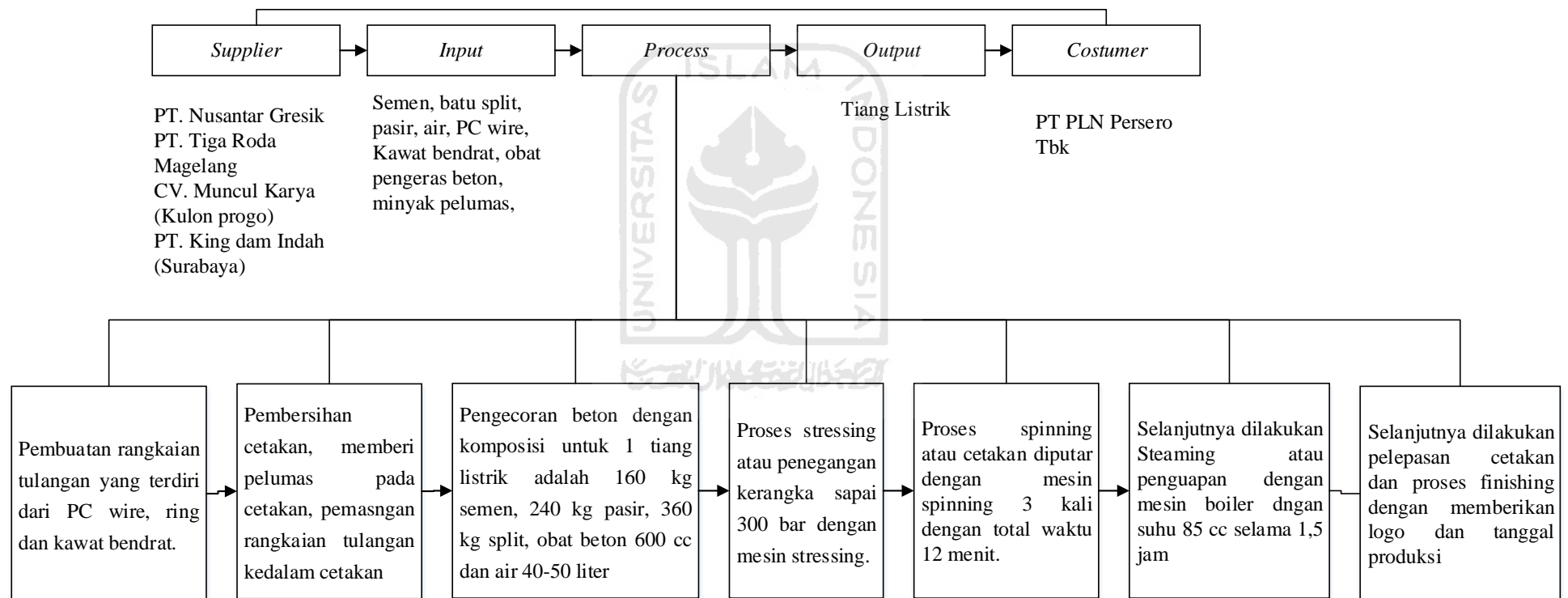
### 4.2.1 Tahap *Define*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi *waste* yang ada pada proses produksi dan mengidentifikasi penyebab cacat.



#### 4.2.1.1 Mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan

Proses pendefinisian aktivitas yang terjadi mulai dari kedatangan material, proses produksi hingga sampai output ke tangan konsumen maka digunakan diagram SIPOC seperti dibawah ini:



Gambar 4.9 Diagram SIPOC  
Sumber: Pengolahan Data, 2016

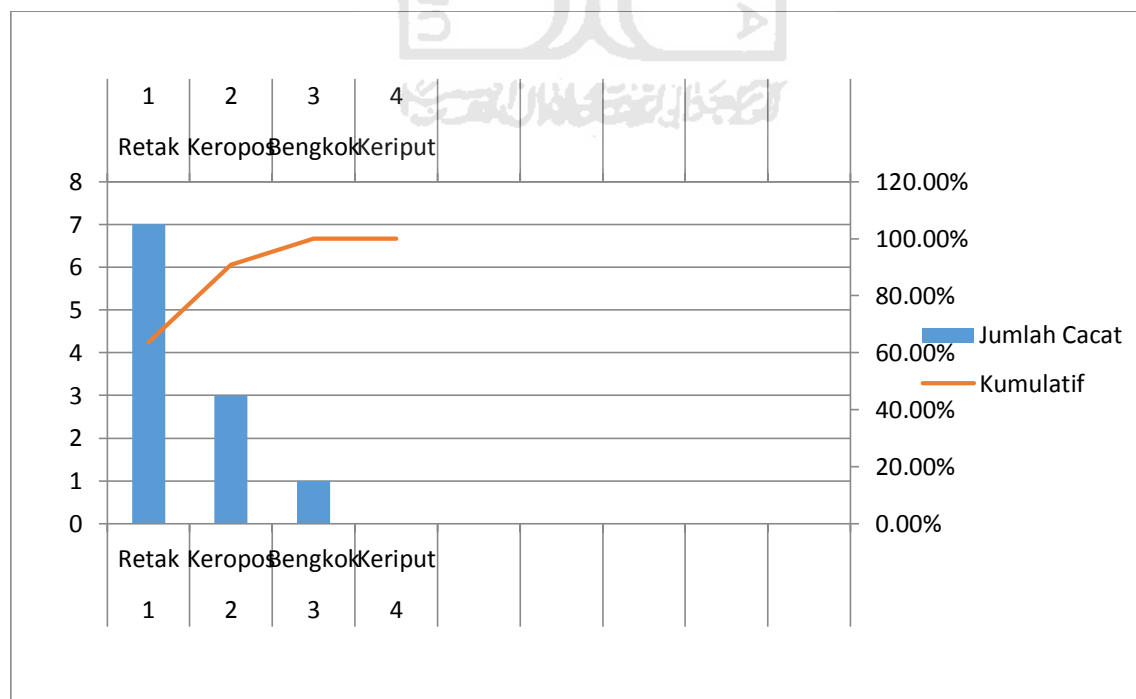
## 4.2.2 Tahap Measure

### 4.2.2.1 Critical to Quality (CTQ)

*Critical to quality* (CTQ) merupakan semua atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan konsumen. Dalam produksi tiang listrik, PT. Tonggak Ampuh Unit III ditentukan berdasarkan *Defect* atau kecacatan dari hasil produksi. Jadi dapat dinyatakan bahwa CTQ potensial yang dapat menimbulkan kecacatan (banyak Karakteristik CTQ) adalah empat. Adapun persentase karakteristik potensial produksi tiang listrik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Presentase Cacat

No	Jenis Cacat	Jumlah	%	Kumulatif
1	Cacat Retak	7	63%	63%
2	Cacat Keropos	3	27%	90%
3	Cacat Bengkok	1	10%	100%
4	Cacat Keriput	0	0%	100%
<b>Total</b>		<b>11</b>	<b>100%</b>	



Gambar 4.10 Pareto Diagram

#### 4.2.2.2 Pengukuran Tingkat Proses dan Output

##### 4.2.2.2.1 Data Variabel

Data variabel yang akan dianalisis pada penelitian ini yaitu diameter bawah tiang, diameter atas tiang, dan tinggi tiang listrik tipe 9/100 E. Spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Data Spesifikasi Tiang Listrik

No	Dimensi	Standar Ukuran		
		Normal	Toleransi	
			Lower	Upper
1	Diameter Bawah Tiang (mm)	277	267	287
2	Diameter Atas Tiang (mm)	157	147	167
3	Tinggi Tiang (cm)	900	897	903

Berikut ini adalah data pengukuran tingkat kestabilan proses dan output produk tiang listrik tipe 9/100 E PT Tonggak Ampuh:

##### 1. Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik

###### a. Pengukuran variabel Diameter Bawah Tiang Listrik

Tabel 4.9 Pengolahan Data untuk Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik

Proses Produksi Tiang Listrik Tipe 9/100						Spesifikasi: T= 277, USL=287, LSL=267			
Karakteristik kualitas : Diameter Bawah Tiang						Unit Pengukuran: millimeter (mm)			
Alat Ukur: Jangka Sorong									
No	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Jumlah	X-bar	R	S=R/d2
1	268	268	277	281	271	1365	273	13	5,5890
2	278	280	270	268	270	1366	273,2	12	5,1591
3	287	286	280	278	285	1416	283,2	9	3,8693
4	272	278	282	282	285	1399	279,8	13	5,5890
5	267	279	283	268	278	1375	275	16	6,8788
6	287	272	272	276	278	1385	277	15	6,4488
7	273	279	272	287	273	1384	276,8	15	6,4488
8	267	269	286	273	275	1370	274	19	8,1685
9	267	269	275	271	270	1352	270,4	8	3,4394
10	283	283	284	285	268	1403	280,6	17	7,3087

Proses Produksi Tiang Listrik Tpie 9/100						Spesifikasi: T= 277, USL=287, LSL=267			
Karakteristik kualitas : Diameter Bawah Tiang						Unit Pengukuran: millimeter (mm)			
Alat Ukur: Jangka Sorong									
No	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Jumlah	X-bar	R	S=R/d2
11	276	282	275	276	284	1393	278,6	9	3,8693
12	279	280	270	273	269	1371	274,2	11	4,7291
13	271	281	270	284	282	1388	277,6	14	6,0189
14	279	281	280	286	282	1408	281,6	7	3,0095
15	268	281	278	278	275	1380	276	13	5,5890
16	287	267	269	268	284	1375	275	20	8,5985
17	267	269	277	278	275	1366	273,2	11	4,7291
18	280	273	283	270	275	1381	276,2	13	5,5890
19	286	272	275	277	276	1386	277,2	14	6,0189
20	270	277	275	285	273	1380	276	15	6,4488
21	278	270	275	280	283	1386	277,2	13	5,5890
22	273	286	271	285	285	1400	280	15	6,4488
23	268	275	284	278	274	1379	275,8	16	6,8788
24	274	276	284	281	269	1384	276,8	15	6,4488
25	276	272	268	287	285	1388	277,6	19	8,1685
<b>Jumlah</b>							6916,0	342,00	147,034
<b>Rata-Rata</b>							276,64	13,680	5,881

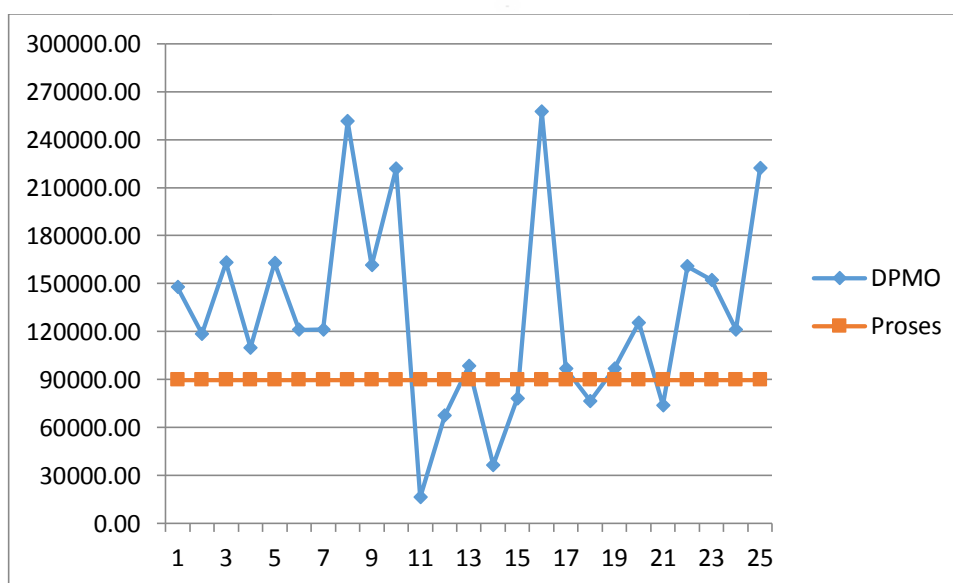
- 1) Menghitung rata-rata (*mean*) proses =  $\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{25} = \frac{6916}{25} = 276,64$
- 2) Range Proses ( $\bar{R}$ ) =  $\bar{R} = \frac{\sum R}{25} = \frac{342}{25} = 13,68$
- 3) Nilai d<sub>2</sub> untuk ukuran n = 5 adalah 2,326
- 4) Standar deviasi Proses =  $S = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{13,68}{2,326} = 5,881$

b. Menentukan DPMO dan Tingkat Sigma

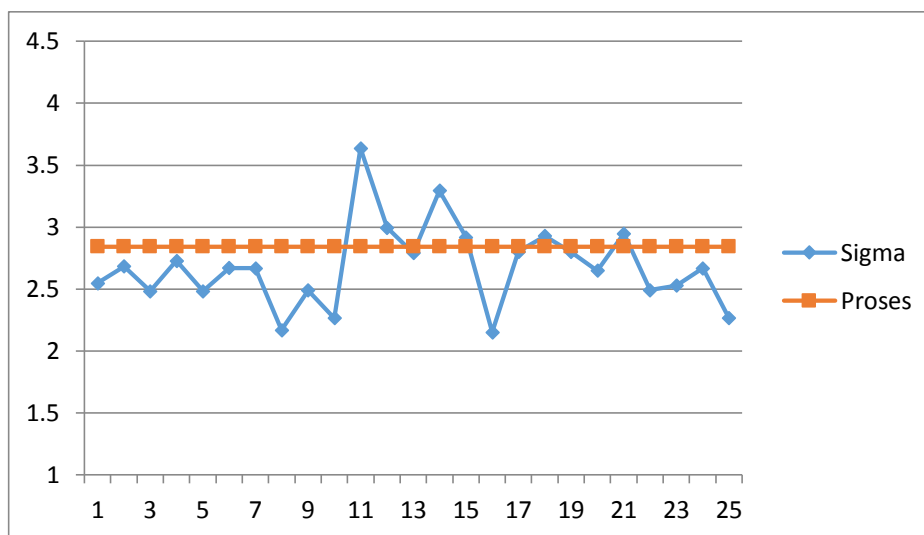
Tabel 4.10 Pehitungan DPMO dan Nilai Sigma Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik

No	X-bar (mm)	R	S=R/d2	DPMO	Sigma
1	273	13	5,5890	147638,70	2,546614538
2	273,2	12	5,1591	118464,55	2,682697393
3	283,2	9	3,8693	163042,18	2,482031459
4	279,8	13	5,5890	109834,56	2,727408417

No	X-bar (mm)	R	S=R/d2	DPMO	Sigma
5	275	16	6,8788	162950,72	2,482402807
6	277	15	6,4488	120981,59	2,670093924
7	276,8	15	6,4488	121160,38	2,669205696
8	274	19	8,1685	251488,49	2,169813031
9	270,4	8	3,4394	161442,37	2,488547161
10	280,6	17	7,3087	221990,78	2,265487067
11	278,6	9	3,8693	16327,09	3,63630962
12	274,2	11	4,7291	67343,96	2,995868554
13	277,6	14	6,0189	98283,82	2,791392414
14	281,6	7	3,0095	36379,84	3,294335171
15	276	13	5,5890	78190,52	2,917348576
16	275	20	8,5985	257499,50	2,151073563
17	273,2	11	4,7291	96686,82	2,800663553
18	276,2	13	5,5890	76529,35	2,928810507
19	277,2	14	6,0189	96811,48	2,799935826
20	276	15	6,4488	125446,36	2,648183734
21	277,2	13	5,5890	73762,08	2,948332215
22	280	15	6,4488	160764,47	2,491320841
23	275,8	16	6,8788	152136,96	2,52731127
24	276,8	15	6,4488	121160,38	2,669205696
25	277,6	19	8,1685	222117,48	2,265061439
<b>Proses</b>	<b>276,64</b>	<b>13,68</b>	<b>5,8813</b>	<b>89674,76</b>	<b>2,842760527</b>



Gambar 4.11 Peta Kendali DPMO Diameter Bawah Tiang



Gambar 4.12 Peta Kendali Sigma Diameter Bawah Tiang

Berdasarkan hasil grafik DPMO dan sigma pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa pola grafik DPMO dan pola grafik tingkat sigma yang telah dihasilkan oleh variabel diameter bawah tiang listrik tipe 9/100E masih naik turun selama periode produksi. Pola yang naik turun menunjukkan bahwa proses produksi perusahaan belum dikelola secara tepat. Proses yang dikendalikan dan ditingkatkan secara terus menerus akan menunjukkan pola DPMO yang akan terus menurun dan pola kapabilitas sigma yang akan terus meingkat. Dalam *baseline* kinerja dapat digunakan nilai DPMO sebesar 89.674,76 unit dan nilai sigma sebesar 2,84. Dibawah ini merupakan langkah perhitungannya:

Tabel 4.11 Cara Memperkirakan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	Pembuatan Tiang Listrik
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	287 mm
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	267 mm
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	277 mm



Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
5	Berapa nilai rata-rata proses?	$\bar{X}$	276,64
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	5,881
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \geq (USL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	39076,659
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \leq (LSL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	50598,105
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 7) + (Langkah 8)	89674,76429
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat Tabel konversi DPMO ke nilai sigma)	-	2,84376
11	Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma	-	Nilai Sigma 2,84376
12	Hitung kapabilitas proses di atas dalam indeks kapabilitas proses	$Cpm = (USL - LSL) / \{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\}$	0,565705

Cara perhitungan untuk proses secara keseluruhan pada Tabel 4.11:

1) Langkah 7

Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO):

$$\begin{aligned}
 &= P \{ z \geq (USL - \bar{X}) / S \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \geq (287 - 276,64) / 5,881 \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \geq (1,76) \} \times 1.000.000 \\
 &= \{ 1 - P ( z \leq 1,76) \} \times 1.000.000 \\
 &= ( 1 - 0.9608) \times 1000.000 = 39.076,659 \text{ unit.}
 \end{aligned}$$

2) Langkah 8

$$\begin{aligned}
 &= P \{ z \geq (LSL - \bar{X}) / S \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \geq (267 - 276,64) / 5,881 \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \geq (-1,64) \} \times 1.000.000
 \end{aligned}$$

$$= P(z \leq -1,64) \times 1.000.000$$

$$= (0.505) \times 1000.000 = 50.598,105 \text{ unit.}$$

- 3) Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)  
 =Langkah 7 + Langkah 8  
 = 39.076,659 + 50.598,105 = 89.674,76 unit.
- 4) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel  
 = normsinv ((1000000-DPMO)/1000000)+1,5  
 = normsinv ((1000000-89674,76)/1000000)+1,5  
 = 2,84 sigma
- 5) Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}}$$

$$= \frac{287 - 267}{6\sqrt{(276,64 - 277)^2 + 5,881^2}}$$

$$= \frac{20}{6\sqrt{0,1296 + 0,4382}}$$

$$= 0,565705$$

## 2. Variabel Diameter Atas Tiang

### a. Perhitungan Variabel Diameter Atas Tiang

Tabel 4.12 Pengolahan Data untuk Variabel Diameter Atas Tiang Listrik

Proses Produksi Tiang Listrik Tipe 9/100						Spesifikasi: T= 157, USL=167, LSL=147			
Karakteristik kualitas: Diameter Atas Tiang						Unit Pengukuran: millimeter (mm)			
Alat Ukur: Jangka Sorong									
No	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Jumlah	X-bar	R	S=R/d2
1	150	151	162	154	155	772	154,4	12	5,1591
2	159	165	167	150	161	802	160,4	17	7,3087
3	158	152	156	157	166	789	157,8	14	6,0189
4	160	162	167	156	157	802	160,4	11	4,7291
5	157	151	151	163	151	773	154,6	12	5,1591
6	166	162	167	161	158	814	162,8	9	3,8693
7	159	161	158	162	166	806	161,2	8	3,4394

Proses Produksi Tiang Listrik Tipe 9/100 Karakteristik kualitas: Diameter Atas Tiang Alat Ukur: Jangka Sorong						Spesifikasi: T= 157, USL=167, LSL=147 Unit Pengukuran: millimeter (mm)			
No	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Jumlah	X-bar	R	S=R/d <sub>2</sub>
8	161	156	159	156	161	793	158,6	5	2,1496
9	164	160	148	160	150	782	156,4	16	6,8788
10	160	150	150	150	159	769	153,8	10	4,2992
11	163	155	158	154	152	782	156,4	11	4,7291
12	152	164	150	148	152	766	153,2	16	6,8788
13	167	162	157	167	152	805	161	15	6,4488
14	148	165	147	152	161	773	154,6	18	7,7386
15	151	155	166	161	149	782	156,4	17	7,3087
16	154	150	161	158	167	790	158	17	7,3087
17	166	156	150	164	150	786	157,2	16	6,8788
18	166	154	165	160	158	803	160,6	12	5,1591
19	162	155	152	163	151	783	156,6	12	5,1591
20	149	163	150	166	153	781	156,2	17	7,3087
21	150	160	159	163	161	793	158,6	13	5,5890
22	167	162	167	151	163	810	162	16	6,8788
23	149	160	158	155	165	787	157,4	16	6,8788
24	157	163	162	155	152	789	157,8	11	4,7291
25	167	157	162	164	161	811	162,2	10	4,2992
<b>Jumlah</b>							3948,600	331,000	142,304
<b>Rata-Rata</b>							157,944	13,240	5,692

$$1) \text{ Menghitung rata-rata (mean) proses} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{25} = \frac{3948,6}{25} = 157,944$$

$$2) \text{ Range Proses } (\bar{R}) = \bar{R} = \frac{\sum R}{25} = \frac{331}{25} = 13,24$$

3) Nilai d<sub>2</sub> untuk ukuran n = 5 adalah 2,326

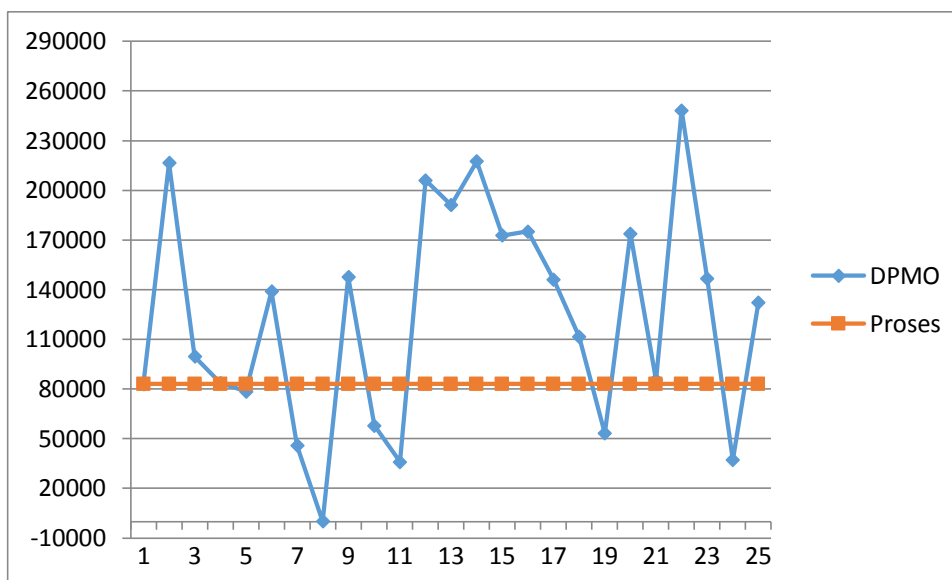
$$4) \text{ Standar deviasi Proses} = S = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{13,24}{2,326} = 5,692$$

b. Menentukan DPMO dan Tingkat Sigma

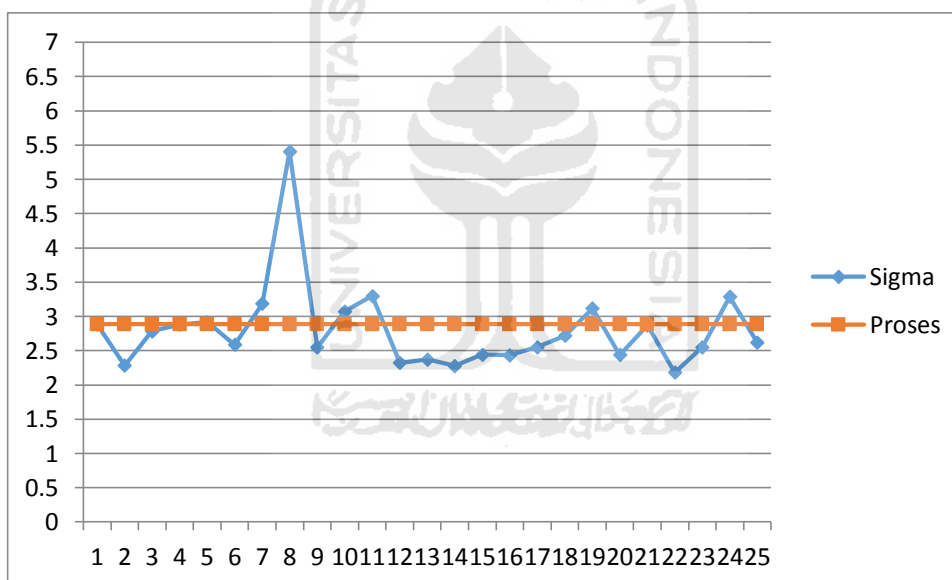
Tabel 4.13 Pehitungan DPMO dan Nilai Sigma Variabel Diameter Bawah Tiang Listrik

No	X-bar (mm)	R	S=R/d <sub>2</sub>	DPMO	Sigma
1	154,4	12	5,1591	83030,83	2,88496991

No	X-bar (mm)	R	S=R/d2	DPMO	Sigma
2	160,4	17	7,3087	216622,51	2,283650822
3	157,8	14	6,0189	99571,68	2,783995983
4	160,4	11	4,7291	83719,62	2,880478892
5	154,6	12	5,1591	78476,29	2,915395482
6	162,8	9	3,8693	138879,70	2,585366425
7	161,2	8	3,4394	45882,45	3,186160468
8	158,6	5	2,1496	46,63	5,407503645
9	156,4	16	6,8788	147548,56	2,547005351
10	153,8	10	4,2992	57930,47	3,072386531
11	156,4	11	4,7291	35923,45	3,300087032
12	153,2	16	6,8788	206126,56	2,319935066
13	161	15	6,4488	191050,12	2,374033095
14	154,6	18	7,7386	217566,53	2,280438072
15	156,4	17	7,3087	172680,24	2,443626634
16	158	17	7,3087	175238,93	2,433662813
17	157,2	16	6,8788	146186,04	2,552932169
18	160,6	12	5,1591	111581,94	2,718158175
19	156,6	12	5,1591	53293,17	3,113728425
20	156,2	17	7,3087	173800,38	2,439253219
21	158,6	13	5,5890	85395,23	2,86966835
22	162	16	6,8788	248256,85	2,179985412
23	157,4	16	6,8788	146697,14	2,550704592
24	157,8	11	4,7291	37058,84	3,285886268
25	162,2	10	4,2992	132311,85	2,61552923
<b>Proses</b>	<b>157,944</b>	<b>13,24</b>	<b>5,6922</b>	<b>83072,44</b>	<b>2,88469787</b>



Gambar 4.13 Peta Kendali DPMO Diameter Atas



Gambar 4.14 Peta Kendali Sigma Diameter Atas

Berdasarkan hasil grafik DPMO dan sigma pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa pola grafik DPMO dan pola grafik tingkat sigma yang telah dihasilkan oleh variabel diameter atas tiang listrik tipe 9/100E masih naik turun selama periode produksi. Pola yang naik turun menunjukkan bahwa proses produksi perusahaan belum dikelola secara tepat. Proses yang dikendalikan dan ditingkatkan secara terus menerus akan menunjukkan pola DPMO yang akan terus menurun dan pola kapabilitas sigma yang akan terus meingkat. Dalam *baseline* kinerja dapat digunakan nilai DPMO sebesar

83.072,44 unit dan nilai sigma sebesar 2,88. Dibawah ini merupakan langkah perhitungannya:

Tabel 4.14 Cara Memperkirakan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Diameter Atas Tiang Listrik

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	Pembuatan Tiang Listrik
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	167 mm
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	147 mm
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	157 mm
5	Berapa nilai rata-rata proses?	$\bar{X}$	157,944
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	142,304
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \geq (USL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	55809,751
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \leq (LSL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	27262,684
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 7) + (Langkah 8)	83072,44
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat Tabel konversi DPMO ke nilai sigma)	-	2,88469787
11	Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma	-	Nilai Sigma 2,88469787
12	Hitung kapabilitas proses di atas dalam indeks kapabilitas proses	$C_{pm} = (USL - LSL) / \{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\}$	0,5777085

Cara perhitungan untuk proses secara keseluruhan pada Tabel 4.14:

## 1) Langkah 7

Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO):

$$\begin{aligned}
 &= P\{z \geq (USL - \bar{X}) / S\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (167 - 157,944) / 5,692\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (1,59)\} \times 1.000.000 \\
 &= \{1 - P(z \leq 1,59)\} \times 1.000.000 \\
 &= (1 - 0.7224) \times 1000.000 = 55.809,751 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

## 2) Langkah 8

$$\begin{aligned}
 &= P\{z \geq (LSL - \bar{X}) / S\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (147 - 157,944) / 5,692\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (-1,92)\} \times 1.000.000 \\
 &= P(z \leq -1,92) \times 1.000.000 \\
 &= (0.0274) \times 1000.000 = 27.262,684 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Langkah 7} + \text{Langkah 8} \\
 &= 55.809,751 + 27.262,684 = 83.072,44 \text{ unit.}
 \end{aligned}$$

## 3) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$\begin{aligned}
 &= \text{normsinv}((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5 \\
 &= \text{normsinv}((1000000 - 83.072,44) / 1000000) + 1,5 \\
 &= 2,88 \text{ sigma}
 \end{aligned}$$

## 4) Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

$$\begin{aligned}
 C_{pm} &= \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}} \\
 &= \frac{167 - 147}{6\sqrt{(157,944 - 157)^2 + 5,692^2}} \\
 &= \frac{20}{6\sqrt{0,89 + 32,39}} \\
 &= 0.578
 \end{aligned}$$

## 3. Variabel Tinggi Tiang

## a. Perhitungan variabel Tinggi Tiang

Tabel 4.15 Pengolahan Data untuk Variabel Tinggi Tiang Listrik

Proses Produksi Tiang Listrik Tipe 9/100						Spesifikasi: T= 900, USL=903, LSL=897			
Karakteristik kualitas: Tinggi Tiang Tipe 9/100						Unit Pengukuran: millimeter (cm)			
Alat Ukur: Meteran									
No	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Jumlah	X-bar	R	S=R/d <sub>2</sub>
1	902	897	899	900	903	4501	900,2	6	2,5795
2	899	900	899	900	903	4501	900,2	4	1,7197
3	899	898	903	903	898	4501	900,2	5	2,1496
4	903	902	897	900	901	4503	900,6	6	2,5795
5	897	899	897	901	901	4495	899	4	1,7197
6	901	902	903	902	900	4508	901,6	3	1,2898
7	900	899	903	898	900	4500	900	5	2,1496
8	901	897	897	902	903	4500	900	6	2,5795
9	900	900	900	898	897	4495	899	3	1,2898
10	901	900	902	901	897	4501	900,2	5	2,1496
11	903	897	900	897	903	4500	900	6	2,5795
12	900	900	899	900	901	4500	900	2	0,8598
13	899	902	902	903	903	4509	901,8	4	1,7197
14	898	898	898	901	898	4493	898,6	3	1,2898
15	901	901	899	902	897	4500	900	5	2,1496
16	903	900	901	900	897	4501	900,2	6	2,5795
17	901	899	901	897	903	4501	900,2	6	2,5795
18	897	901	897	902	902	4499	899,8	5	2,1496
19	898	901	900	902	901	4502	900,4	4	1,7197
20	900	897	898	897	903	4495	899	6	2,5795
21	901	898	901	903	903	4506	901,2	5	2,1496
22	902	897	899	901	902	4501	900,2	5	2,1496
23	903	901	900	897	899	4500	900	6	2,5795
24	900	897	903	898	899	4497	899,4	6	2,5795
25	903	897	897	899	903	4499	899,8	6	2,5795
<b>Jumlah</b>							22501,6	122	52,451
<b>Rata-Rata</b>							900,064	4,88	2,098

$$1) \text{ Menghitung rata-rata (mean) proses} = \bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{25} = \frac{22501,6}{25} = 900,064$$

$$2) \text{ Range Proses } (\bar{R}) = \bar{R} = \frac{\sum R}{25} = \frac{122}{25} = 4,88$$

3) Nilai d<sub>2</sub> untuk ukuran n = 5 adalah 2,326

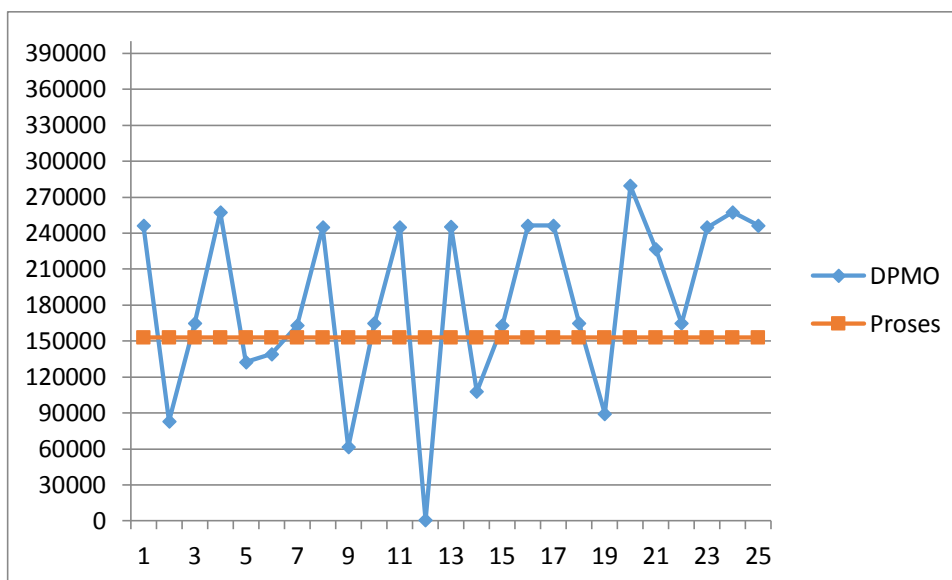


$$4) \text{ Standar deviasi Proses} = S = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{4,88}{2,326} = 2,098$$

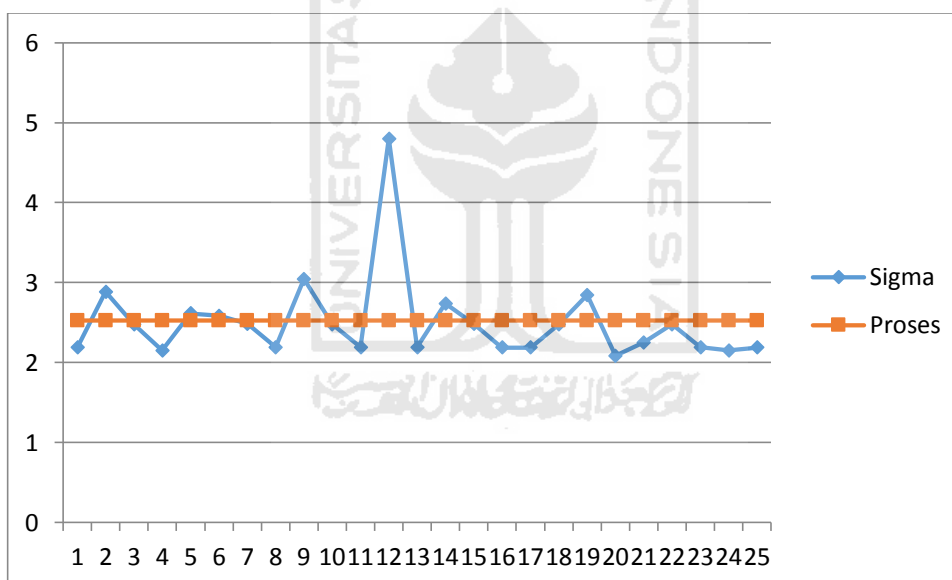
b. Menghitung DPMO dan Tingkat Sigma

Tabel 4.16 Pehitungan DPMO dan Nilai Sigma Variabel Tinggi Tiang Listrik

No	X-bar (mm)	R	S=R/d2	DPMO	Sigma
1	900,2	6	2,5795	246246,61	2,186348753
2	900,2	4	1,7197	83127,46	2,884338239
3	900,2	5	2,1496	164653,61	2,475510262
4	900,6	6	2,5795	257499,50	2,151073563
5	899	4	1,7197	132424,03	2,615005527
6	901,6	3	1,2898	139038,38	2,58464988
7	900	5	2,1496	162834,98	2,482872965
8	900	6	2,5795	244829,50	2,190851282
9	899	3	1,2898	61454,05	3,042681389
10	900,2	5	2,1496	164653,61	2,475510262
11	900	6	2,5795	244829,50	2,190851282
12	900	2	0,8598	484,83	4,799184292
13	901,8	4	1,7197	245276,79	2,189428616
14	898,6	3	1,2898	107712,17	2,738787142
15	900	5	2,1496	162834,98	2,482872965
16	900,2	6	2,5795	246246,61	2,186348753
17	900,2	6	2,5795	246246,61	2,186348753
18	899,8	5	2,1496	164653,61	2,475510262
19	900,4	4	1,7197	89294,82	2,845110255
20	899	6	2,5795	279562,15	2,084142707
21	901,2	5	2,1496	226555,19	2,250239646
22	900,2	5	2,1496	164653,61	2,475510262
23	900	6	2,5795	244829,50	2,190851282
24	899,4	6	2,5795	257499,50	2,151073563
25	899,8	6	2,5795	246246,61	2,186348753
<b>Proses</b>	<b>900,064</b>	<b>4,88</b>	<b>2,0980</b>	<b>152931,50</b>	<b>2,523941292</b>



Gambar 4.15 Peta Kendali DPMO Tinggi Tiang



Gambar 4.16 Peta Kendali Sigma Tinggi Tiang

Berdasarkan hasil grafik DPMO dan sigma pada Gambar 15 dan Gambar 16 dapat diketahui bahwa pola grafik DPMO dan pola grafik tingkat sigma yang telah dihasilkan oleh variabel tinggi tiang listrik tipe 9/100E masih naik turun selama periode produksi. Pola yang naik turun menunjukkan bahwa proses produksi perusahaan belum dikelola secara tepat. Proses yang dikendalikan dan ditingkatkan secara terus menerus akan menunjukkan pola DPMO yang akan terus menurun dan pola kapabilitas sigma yang akan

terus meingkat. Dalam *baseline* kinerja dapat digunakan nilai DPMO sebesar 152.931,50 unit dan nilai sigma sebesar 2,52. Dibawah ini merupakan langkah perhitungannya:

Tabel 4.17 Cara Memperkirakan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Tinggi Tiang Listrik

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	Pembuatan Tiang Listrik
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	903 cm
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	987 cm
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	900 cm
5	Berapa nilai rata-rata proses?	$\bar{X}$	900,064
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	2,098
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \geq (USL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	80844,568
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \leq (LSL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	72086,932
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 7) + (Langkah 8)	152931,50
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat Tabel konversi DPMO ke nilai sigma)	-	2,523941292
11	Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma	-	Nilai Sigma 2,523941292
12	Hitung kapabilitas proses di atas dalam indeks kapabilitas proses	$Cpm = (USL - LSL) / \{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\}$	0,4764177

Cara perhitungan untuk proses secara keseluruhan pada Tabel 4.17:

1) Langkah 7

Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO):

$$\begin{aligned}
 &= P\{z \geq (USL - \bar{X}) / S\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (903 - 900,064) / 2,098\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (1,46)\} \times 1.000.000 \\
 &= \{1 - P(z \leq 1,46)\} \times 1.000.000 \\
 &= (1 - 0,9279) \times 1000.000 = 80.844,568 \text{ unit.}
 \end{aligned}$$

2) Langkah 8

$$\begin{aligned}
 &= P\{z \geq (LSL - \bar{X}) / S\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (897 - 900,064) / 2,098\} \times 1.000.000 \\
 &= P\{z \geq (-1,46)\} \times 1.000.000 \\
 &= P(z \leq -1,46) \times 1.000.000 \\
 &= (0,0721) \times 1000.000 = 72.086,932 \text{ unit.}
 \end{aligned}$$

3) Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Langkah 7} + \text{Langkah 8} \\
 &= 80.844,568 + 72.086,932 = 152.931,50 \text{ unit.}
 \end{aligned}$$

4) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$\begin{aligned}
 &= \text{normsinv}((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5 \\
 &= \text{normsinv}((1000000 - 152931,50) / 1000000) + 1,5 \\
 &= 2,52 \text{ sigma}
 \end{aligned}$$

5) Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

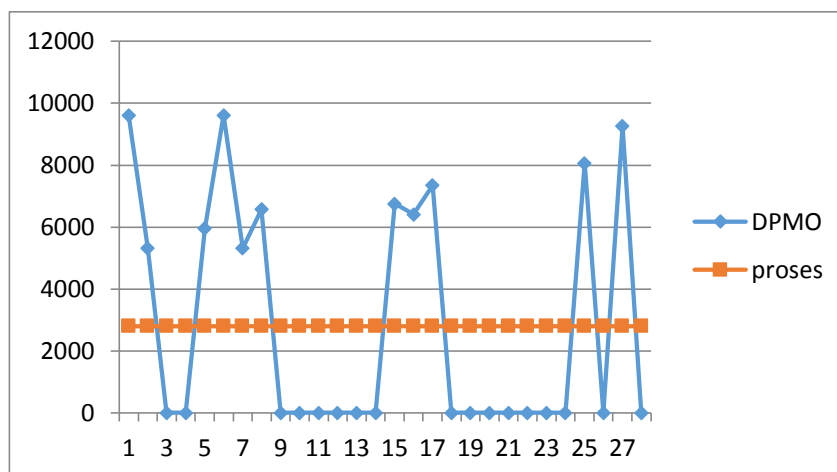
$$\begin{aligned}
 C_{pm} &= \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}} \\
 &= \frac{903 - 897}{6\sqrt{(900,064 - 900)^2 + 2,098^2}} \\
 &= \frac{6}{6\sqrt{0,004 + 4,4}} \\
 &= 0,48
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Data Atribut

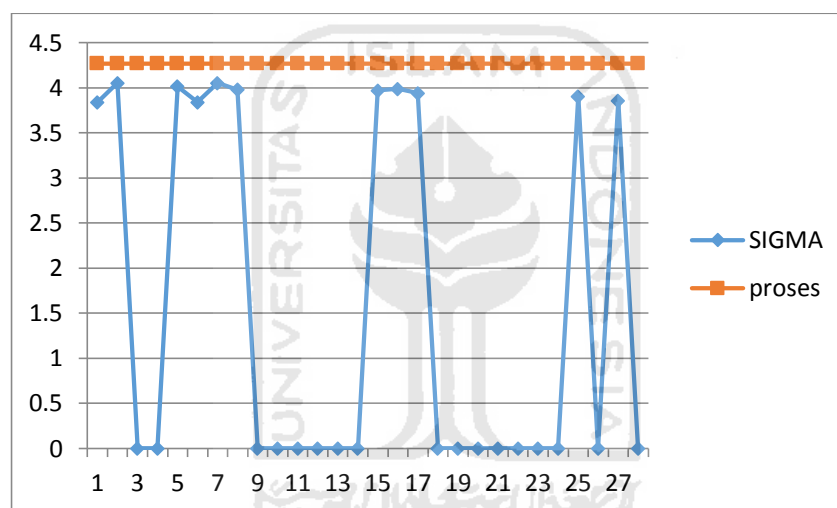
Berikut adalah perhitungan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Data Atribut:

Tabel 4.18 Perhitungan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Data Atribut

No	Jumlah Tiang Listrik yang diperiksa (n)	Jumlah Produk Cacat ( C )	Banyaknya CTQ Potensial	Proporsi P= C/n	DPMO	SIGMA
1	26	1	4	0,03846	9615,385	3,841027
2	47	1	4	0,02128	5319,149	4,054361
3	48	0	4	0	0	0
4	37	0	4	0	0	0
5	42	1	4	0,02381	5952,381	4,014955
6	26	1	4	0,03846	9615,385	3,841027
7	47	1	4	0,02128	5319,149	4,054361
8	38	1	4	0,02632	6578,947	3,979467
9	39	0	4	0	0	0
10	51	0	4	0	0	0
11	39	0	4	0	0	0
12	46	0	4	0	0	0
13	29	0	4	0	0	0
14	39	0	4	0	0	0
15	37	1	4	0,02703	6756,757	3,969942
16	39	1	4	0,02564	6410,256	3,988717
17	34	1	4	0,02941	7352,941	3,939542
18	29	0	4	0	0	0
19	29	0	4	0	0	0
20	29	0	4	0	0	0
21	27	0	4	0	0	0
22	23	0	4	0	0	0
23	32	0	4	0	0	0
24	29	0	4	0	0	0
25	31	1	4	0,03226	8064,516	3,905983
26	30	0	4	0	0	0
27	27	1	4	0,03704	9259,259	3,855084
28	31	0	4	0	0	0
<b>Proses</b>	<b>981</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>0,01121</b>	<b>2803,262</b>	<b>4,269948</b>



Gambar 4.17 Grafik Pola DPMO Data Atribut



Gambar 4.18 Grafik Pola Nilai Sigma Data Atribut

Berdasarkan hasil grafik DPMO dan sigma pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 dapat diketahui bahwa pola grafik DPMO dan pola grafik tingkat sigma tiang listrik tipe 9/100E masih naik turun selama periode produksi. Pola yang naik turun menunjukkan bahwa proses produksi perusahaan belum dikelola secara tepat. Proses yang dikendalikan dan ditingkatkan secara terus menerus akan menunjukkan pola DPMO yang akan terus menurun dan pola kapabilitas sigma yang akan terus meingkat.

Dalam *baseline* kinerja dapat digunakan nilai DPMO sebesar 2803,26 unit dan nilai sigma sebesar 4,27. Dibawah ini merupakan langkah perhitungannya:

Tabel 4.19 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	Pembuatan Tiang Listrik
2	Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses?	-	981
3	Berapa banyak unit yang gagal?	-	11
4	Hitung cacat berdasarkan Langkah 3	(langkah 3) / (langkah 2)	0.01
5	Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat	banyaknya karakteristik	4
6	Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ	(Langkah 4) / (Langkah 5)	0.0025
7	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 6) $\times 1.000.000$	2803,262
8	Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan Tabel)	-	4,269948
9	Buat Kesimpulan		Nilai Sigmanya adalah 4,269948

Cara perhitungan menghitung nilai sigma (Langkah 8) pada Tabel 4.19:

Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$\begin{aligned}
 &= \text{normsinv}((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5 \\
 &= \text{normsinv}((1000000 - 2801,262) / 1000000) + 1,5 \\
 &= 4,269948 \text{ sigma}
 \end{aligned}$$

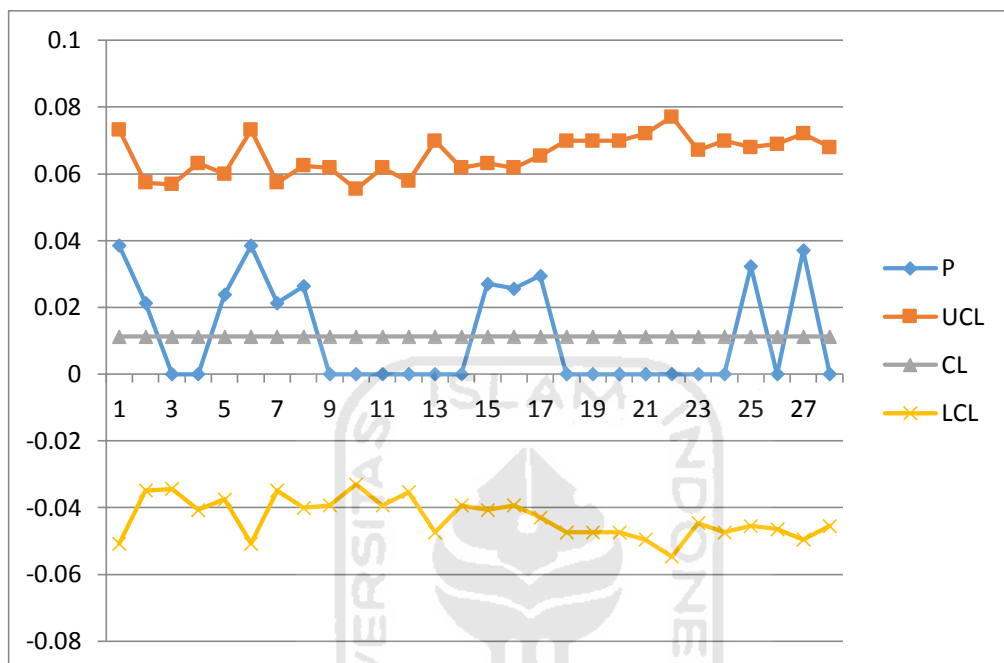
Untuk menentukan batas kendali atas dan batas kendali bawah maka membuat grafik pengendali P. Berikut adalah peta kendali P untuk data atribut:

Tabel 4.20 Peta Pengendali P Data Atribut

No	Jumlah Tiang Listrik yang diperiksa (n)	Jumlah Produk Cacat ( C )	Proporsi $P= C/n$	UCL	CL	LCL
1	26	1	0,0385	0,0732	0,0112	-0,0507
2	47	1	0,0213	0,0573	0,0112	-0,0349
3	48	0	0,0000	0,0568	0,0112	-0,0344
4	37	0	0,0000	0,0631	0,0112	-0,0407
5	42	1	0,0238	0,0600	0,0112	-0,0375
6	26	1	0,0385	0,0732	0,0112	-0,0507
7	47	1	0,0213	0,0573	0,0112	-0,0349
8	38	1	0,0263	0,0625	0,0112	-0,0400
9	39	0	0,0000	0,0618	0,0112	-0,0394
10	51	0	0,0000	0,0554	0,0112	-0,0330
11	39	0	0,0000	0,0618	0,0112	-0,0394
12	46	0	0,0000	0,0578	0,0112	-0,0354
13	29	0	0,0000	0,0699	0,0112	-0,0474
14	39	0	0,0000	0,0618	0,0112	-0,0394
15	37	1	0,0270	0,0631	0,0112	-0,0407
16	39	1	0,0256	0,0618	0,0112	-0,0394
17	34	1	0,0294	0,0654	0,0112	-0,0430
18	29	0	0,0000	0,0699	0,0112	-0,0474
19	29	0	0,0000	0,0699	0,0112	-0,0474
20	29	0	0,0000	0,0699	0,0112	-0,0474
21	27	0	0,0000	0,0720	0,0112	-0,0496
22	23	0	0,0000	0,0771	0,0112	-0,0547
23	32	0	0,0000	0,0671	0,0112	-0,0446
24	29	0	0,0000	0,0699	0,0112	-0,0474
25	31	1	0,0323	0,0679	0,0112	-0,0455
26	30	0	0,0000	0,0689	0,0112	-0,0465
27	27	1	0,0370	0,0720	0,0112	-0,0496
28	31	0	0,0000	0,0679	0,0112	-0,0455
<b>Proses</b>	<b>981</b>	<b>11</b>				



Setelah melakukan perhitungan pada Tabel 4.16, setelah itu membuat grafik pengendali P sesuai perhitungan pada Tabel tersebut untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik. Grafik pengendali P adalah sebagai berikut:



Gambar 4.19 Grafik Peta Kendali P Data Atribut

### 4.2.3 Tahap *Analyze*

#### 4.2.3.1 Menentukan Stabilitas Proses dan Kapabilitas Proses

Pada tahap *analyze* ini bertujuan untuk menentukan nilai stabilitas dan kapabilitas proses yang terjadi dalam pembuatan tiang listrik type 9/100 E.

##### 1. Variabel Diameter Bawah Tiang

###### a. Stabilitas Proses

Untuk mengetahui stabilitas proses dapat menggunakan peta pengendali dengan mendefinisikan batas-batas pengendaliannya.

UCL	= T + 1,5 S <sub>max</sub>
LCL	= T - 1,5 S <sub>max</sub>
Nilai Kapabilitas Sigma	= 2,843
USL	= 287 mm
LSL	= 267 mm
T	= 277 mm
S	= 5,881
$\bar{X}$	= 276,64

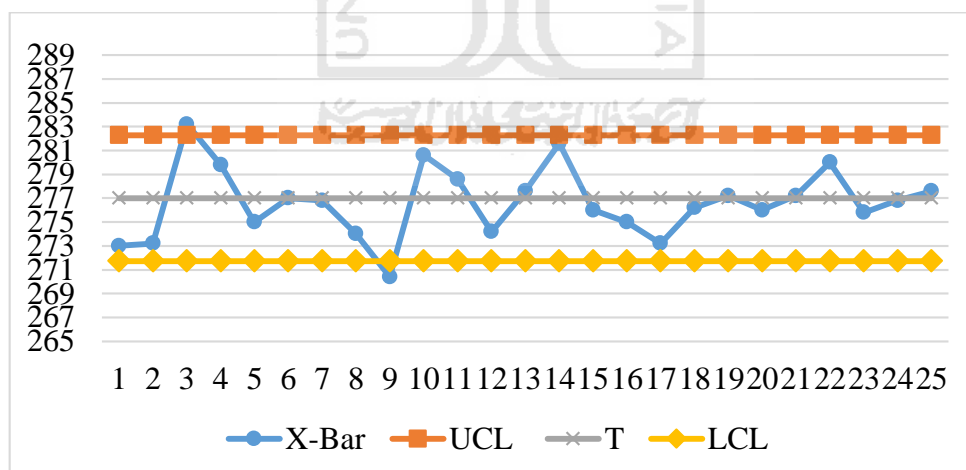
Maka batas toleransi maksimum adalah sebagai berikut:

$$S_{\max} = \left[ \frac{1}{2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times (\text{USL} - \text{LSL})$$

$$= \left[ \frac{1}{2 \times 2,843} \right] \times (287 - 267) = 3,518$$

$$\text{UCL} = T + 1,5 S_{\max} = 277 + 1,5 \times (3,518) = 282,277 \text{ mm}$$

$$\text{LCL} = T - 1,5 S_{\max} = 277 - 1,5 \times (3,518) = 271,723 \text{ mm}$$



Gambar 4.20 Grafik Peta Kendali Diameter Bawah Tiang

Grafik peta pengendali diameter bawah tiang pada Gambar 4.20 dalam keadaan tidak terkendali karena ada yang berada di luar batas kendali.

## b. Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}}$$

$$= \frac{287 - 267}{6\sqrt{(276,64 - 277)^2 + 5,881^2}} = 0,5657$$

## c. Indeks Performansi Kane (Cpk)

$$C_{pk} = \text{minimum} \left[ \frac{USL - \bar{X}}{3S}; \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right]$$

$$= \text{minimum} \left[ \frac{287 - 276,64}{3(5,881)}; \frac{276,64 - 264}{3(5,881)} \right]$$

$$= \text{minimum} [0,58717; 0,54636] = 0,54636$$

## d. Indeks Kapabilitas Performansi Kane (Cpmk)

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + ((\bar{X} - T)/S)^2}}$$

$$= \frac{0,50333}{\sqrt{1 + ((276,64 - 277)/5,881)^2}} = 0,54534$$

## 2. Variabel Diameter Atas Tiang

## a. Stabilitas Proses

Untuk mengetahui stabilitas proses dapat menggunakan peta pengendali dengan mendefinisikan batas-batas pengendaliannya.

UCL	= T + 1,5 S <sub>max</sub>
LCL	= T - 1,5 S <sub>max</sub>
Nilai Kapabilitas Sigma	= 2,884
USL	= 167 mm
LSL	= 147 mm
T	= 157 mm
S	= 5,692
$\bar{X}$	= 157,944

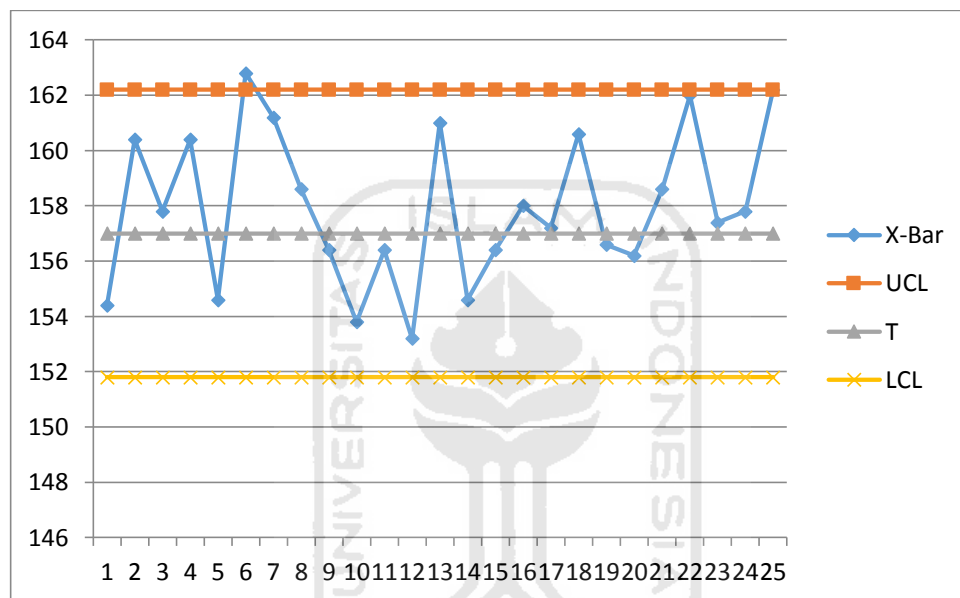
Maka batas toleransi maksimum adalah sebagai berikut :

$$S_{\max} = \left[ \frac{1}{2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times (\text{USL} - \text{LSL})$$

$$= \left[ \frac{1}{2 \times 2,884} \right] \times (167 - 147) = 3,467$$

$$\text{UCL} = T + 1,5 S_{\max} = 157 + 1,5 \times (3,467) = 162,199 \text{ mm}$$

$$\text{LCL} = T - 1,5 S_{\max} = 157 - 1,5 \times (3,467) = 151,8 \text{ mm}$$



Gambar 4.21 Grafik Peta Kendali Diameter Atas Tiang

Grafik peta pengendali diameter atas tiang pada Gambar 4.21 dalam keadaan tidak terkendali karena ada yang berada diluar batas kendali.

b. Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

$$C_{pm} = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}}$$

$$= \frac{167 - 147}{6\sqrt{(157,944 - 1577)^2 + 5,692^2}} = 0,5778$$

c. Indeks Performansi Kane (Cpk)

$$\begin{aligned} Cpk &= \text{minimum} \left[ \frac{USL - \bar{X}}{3S}; \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right] \\ &= \text{minimum} \left[ \frac{167 - 157,944}{3(5,692)}; \frac{157,944 - 147}{3(5,692)} \right] \\ &= \text{minimum} [0,53033; 0,64088] = 0,53033 \end{aligned}$$

d. Indeks Kapabilitas Performansi Kane (Cpmk)

$$\begin{aligned} Cpmk &= \frac{Cpk}{\sqrt{1 + ((\bar{X} - T) / S)^2}} \\ &= \frac{0,2755}{\sqrt{1 + ((157,944 - 157) / 5,692)^2}} = 0,63224 \end{aligned}$$

### 3. Variabel Tinggi Tiang Listrik

a. Stabilitas Proses

Untuk mengetahui stabilitas proses dapat menggunakan peta pengendali dengan mendefinisikan batas-batas pengendaliannya.

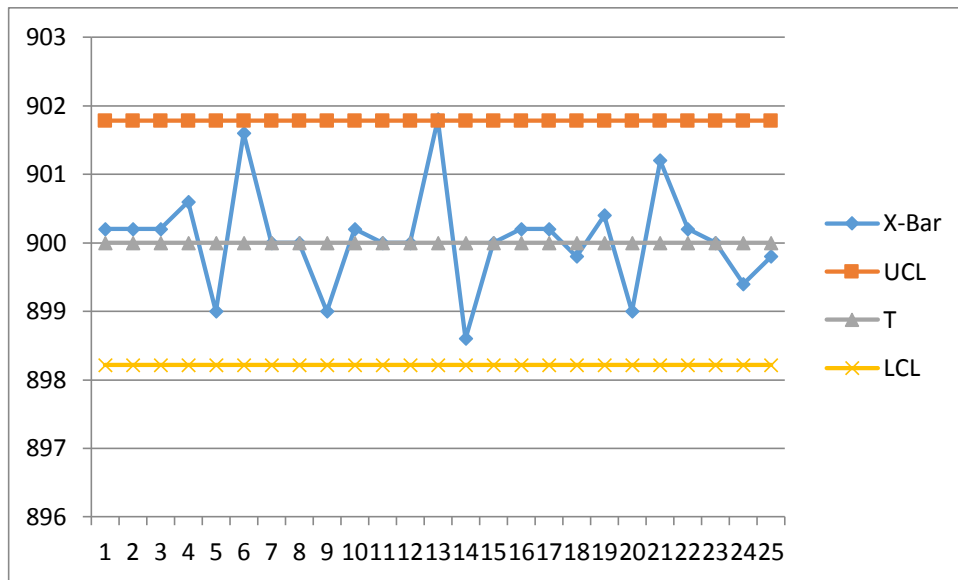
UCL	= T + 1,5 S <sub>max</sub>
LCL	= T - 1,5 S <sub>max</sub>
Nilai Kapabilitas Sigma	= 2,5239
USL	= 903 cm
LSL	= 897 cm
T	= 900 cm
S	= 2,098
$\bar{X}$	= 900,064

Maka batas toleransi maksimum adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \left[ \frac{1}{2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times (USL - LSL) \\ &= \left[ \frac{1}{2 \times 2,5239} \right] \times (903 - 897) = 1,1886 \end{aligned}$$

$$UCL = T + 1,5 S_{\max} = 900 + 1,5 \times (1,1886) = 901,7829 \text{ cm}$$

$$LCL = T - 1,5 S_{\max} = 900 - 1,5 \times (1,1886) = 898,2171 \text{ cm}$$



Gambar 4.22 Grafik Peta Kendali Tinggi Tiang

Pada peta kendali tinggi tiang listrik pada Gambar 4.22 dalam keadaan tidak terkendali karena masih ada diluar batas kendali.

b. Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{\bar{X}} - T)^2 + S^2}}$$

$$= \frac{167 - 147}{6\sqrt{(900,064 - 900)^2 + 2,098^2}} = 0,4764$$

c. Indeks Performansi Kane (Cpk)

$$C_{pk} = \text{minimum} \left[ \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3S}; \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3S} \right]$$

$$= \text{minimum} \left[ \frac{903 - 900,064}{3(2,098)}; \frac{900,064 - 897}{3(2,098)} \right]$$

$$= \text{minimum} [0,46647; 0,4868] = 0,46647$$

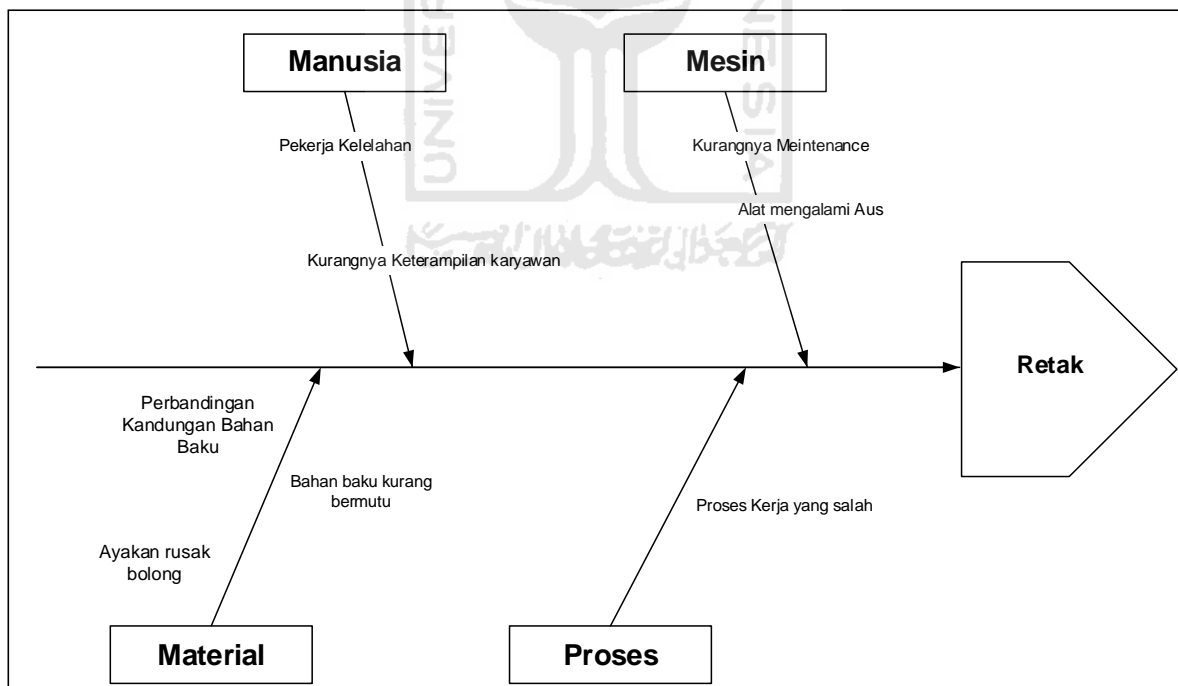
d. Indeks Kapabilitas Performansi Kane (Cpmk)

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + ((\bar{X} - T) / S)^2}}$$

$$= \frac{0,46647}{\sqrt{1 + ((900,064 - 900) / 2,098)^2}} = 0,48658$$

#### 4.2.3.2 Mengidentifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk (*Fishbone diagram*)

*Fishbone* diagram adalah diagram analisis sebab akibat yang digunakan untuk menggambarkan hubungan hubungan antara faktor penyebab ketidaksuai pada produk dan jasa. Dari hasil diagram pareto diketahui bahwa retak memiliki kecacatan yang paling banyak terjadi pada Tiang Tiang Listrik Tipe 9/100E sehingga membutuhkan analisis untuk diketahui penyebabnya. Jadi dalam *Fishbone* diagram ini difokuskan pada kecacatan Retak. Berikut adalah analisa faktor penyebab terjadinya cacat:



Gambar 4.23 **Fishbone Diagram**

Retak adalah jenis cacat yang sering terjadi pada produk tiang pancang di PT Tonggak Ampuh. Dalam *Fishbone* diagram tersebut memuat penyebab khusus (*special-causes*

*variation*) seperti dari manusia, material, proses, dan mesin yang kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu:

a. Manusia

Sistem kerja yang kontrak, membuat operator produksi sering berhenti-ganti dan tidak ada pelatihan yang memadai tentang proses produksi dan penting kualitas produk dalam proses produksi menyebabkan operator kurang terampil dalam berkerja dan menyelesaikan permasalahan di tempat kerja.

Memberdayakan karyawan berarti memungkinkan memungkinkan karyawan untuk mencapai kemampuan prestasi tertinggi. Proses pemberdayaan karyawan dilakukan melalui memberikan kewenangan kepada karyawan untuk membuat lebih banyak keputusan yang berkaitan dengan tugas dan tanggung jawab.

Pendidikan dan pelatihan merupakan elemen penting untuk pengembangan manajemen kualitas. Pada dasarnya pendidikan bertujuan mendidik seluruh anggota organisasi tentang mengapa suatu aktivitas dilakukan, sedangkan pelatihan bertujuan melatih seluruh anggota organisasi tentang bagaimana melakukan aktivitas.

Operator pada setiap stasiun produksi bekerja dengan posisi berdiri tegak dengan posisi tempat kerja lebih pendek pada stasiun kerja mesin spiral, press/stessing, dan pengecoran sehingga pekerja sering membungkuk. Sedangkan pada stasiun kerja pemasangan rangka operator bekerja dengan posisi lengan tidak menyiku 90. Operator mengalami kelelahan disebabkan karena beberapa hal antara lain

- Jarak antar stasiun kerja lumayan jauh dan pekerja harus membawa beberapa material dengan cara memanggul secara berulang.
- Kebisingan di PT Tonggak Ampuh sekitar 85-100dB yang bersumber dari mesin spinning yang berputar terus selama waktu kerja. Sedangkan batas maksimum kebisingan adalah 85dB.
- Suhu ruangan pada PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta adalah 31C – 35 C yang disebabkan oleh tempat steam produk. Sedangkan suhu yang nyaman untuk orang indonesia adalah 22,8C – 25,8C.

Dalam mengantisipasi dan mencegah kelelahan kerja perlu diadakan dengan memberikan waktu istirahat kecil sekitar 10 menit setelah bekerja 2 jam lebih, memperbaiki layout



kerja yang berjauhan, memberikan alat pelindung diri (APD) berupa *ear plug* untuk mengurangi kebisingan.

#### b. Material

Material yang digunakan untuk pengecoran adalah semen, pasir, split dan air. Kandungan material tersebut berisi semen 100 kg, pasir 200 kg, split 300 kg, air 60 liter untuk pasir dan split basah serta 400 liter obat pengeras. Kandungan material seperti ini akan mengakibatkan coran basah (kebanyakan air).

Kandungan material yang seharusnya memenuhi standar adalah semen 160 kg, pasir 240 kg, split 360 kg, air 30 liter apabila kondisi pasir dan split basah, apabila kondisi kering penambahan air 70 liter dan obat pengeras 600 liter. Pada saat melakukan ayakan split/koral terjadi bolong pada ayakan sehingga ukuran-ukuran split tidak sama 1 cm dimana ukuran standar split adalah 1 cm. Bolongnya pada ayakan disebabkan karena pemakaian yang terlalu sering namun tidak ada perawatan ayakan.

#### c. Mesin

Mesin yang digunakan adalah mesin stressing dan mesin spinning. Mesin stressing digunakan untuk menarik Pewire dengan kekuatan tarik 100 psi. Mesin spinning digunakan untuk memutar cetakan supaya terjadi pemadatan adukan dengan rangka pada cetakan dengan putaran yang sudah ditentukan yaitu 600rpm, 900rpm dan 1200 rpm. Masalah yang terjadi pada mesin yaitu menurunnya kinerja mesin karena kurangnya perawatan dan mesin digunakan dalam waktu yang lama tanpa adanya penggantian komponen.

Mesin stressing mengalami penurunan kinerja sampai 65psi hingga 50psi. Untuk mesin spinning biasanya terjadi penurunan kinerja saat dinaikkan putarannya menjadi 1200rpm, namun putaran tersebut tercapai hanya 1000rpm. Jika sudah mengalami penurunan kinerja, baru melakukan perbaikan mesin. Mesin spinning dan mesin stressing harus dilakukan perawatan secara terjadwal seperti pemberian pelumas, pembersihan mesin dan penggantian komponen yang rusak.

#### d. Proses

Proses kerja sangat mempengaruhi dari hasil kerja atau produk yang dihasilkan oleh perusahaan. proses kerja harus sesuai dari *Standar Operation Procedur* yang telah ditetapkan oleh perusahaan. PT.Tonggak ampuh sudah menerapkan beberapa SOP kerja terhadap beberapa proses produk seperti proses pemasangan rangkaian tulang, proses press/stressing, pengecoran, dan spinning. Berikut merupakan SOP-nya:

#### 1. Proses pemasangan rangka

- Membersihkan cetakan beton dari sisa-sisa adukan yang menempel pada baian atas dan bawah serta kedua tutup ujung dan pangkal cetakan sampai bersih.
- Membersihkan lubang-lubang wire pada tutup cetakan bagian ujung dan pangkal sehingga memudahkan pemasangan rangkaian.
- Melumasi cetakan yang sudah dibersihkan dengan oli atau pelumas cetakan.
- Mamasang rangkaian dengan cetakan dengan lurus dan sejajar pada cetakan tiang pada bagian bawah.
- Memasang beton penutup pada ujung dan pangkal cetakan.
- Memasang arde pada lubang-lubang yang tersedia dengan kunci pas atau kunci ring.
- Memasang pipa pada lubang pipa dengan benar diantara wire didalam cetakan.
- Cetakan yang sudah terpasang dengan benar kemudian dipindahkan kebagian pengecoran dengan mesin *hoist*.

#### 2. Proses Pengecoran

- Memeriksa kerapian dan keseluruhan rangka dengan cetakan
- Memastikan komposisi adukan sesuai dengan ketetapan perusahaan yakni 160 kg semen, 240 kg pasir, 360 kg split, obat beton 600 cc dan air 40-50 liter.

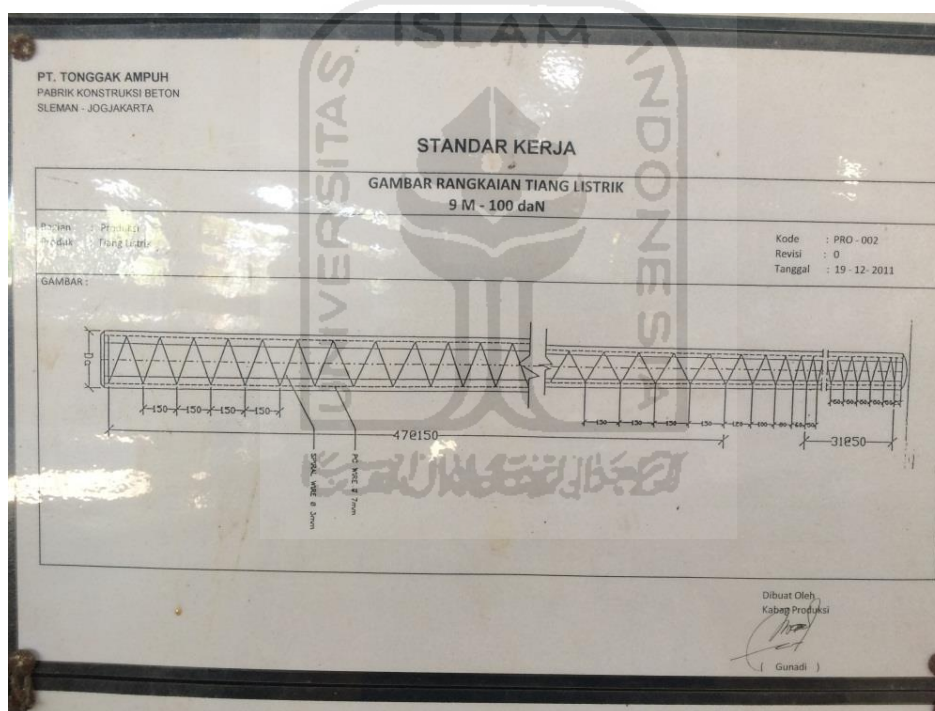
#### 3. Proses press/stressing

- Memasang penutup cetakan
- Membuang adukan sisa pada pipa bagian atas yang masuk pada saat pengecoran
- Mengencangkan baut cetakan.
- Melakukan penarikan PC Wire dengan mesin stressing sebesar 100psi

#### 4. Proses spinning

- Cetakan harus diletakkan dengan posisi lurus dan rata agar pada saat diputar adukan didalam cetakan bisa merata
- Sesuaikan waktu putar spinning: 600 rpm selama dua menit, 900 rpm selama tiga menit, 200 rpm selama tujuh menit

Selain SOP yang telah ditetapkan oleh perusahaan ada juga SOP yang telah ditetapkan oleh konsumen yang harus diikuti oleh pihak perusahaan. konsumen utama dari PT Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta adalah PT. PLN Persero tbk teruma untuk region jawa tengah dan sekitarnya. PT. PLN Persero telah memiliki SOP seperti salah satunya adalah mengenai pembuatan rangkaian tulangan tiang yang memiliki jarak sesuai dengan permintaan dari PT.PLN Persero seperti Gambar dibawah ini:



Gambar 4.24 SOP Rangkaian Tulangan Tiang

Dari Gambar di atas PT.PLN Persero telah dengan jelas memberikan SOP yang harus diikuti oleh perusahaan dalam proses pembuatan rangkaian tulangan tiang listrik yang masing-masing memiliki spesifikasi jarak tertentu. Namun dalam penerapannya dilapangan penulis tidak menemukan SOP yang ada diikuti oleh pekerja PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta.

#### 4.2.4 Tahap *Improve*

Berdasarkan analisis akar penyebab terjadinya cacat dengan menggunakan *Fishbone Diagram*, selanjutnya pada tahap *improve* adalah menerapkan suatu rencana tindakan peningkatan kualitas melalui perbaikan terhadap sumber-sumber masalah dengan menggunakan metode 5W+1H (*What, Why, Where, When, Who, dan How*) dan metode *Poka Yoke*. Berikut merupakan analisis tindakan menggunakan 5W+1H adalah sebagai berikut:

#### 4.2.4.1 5W + 1H

Tabel 4.21 Hasil *Improve* 5W+1H

5W+1H	Deskripsi
<i>What</i> (apa)	Tiang listrik beton retak, Bengkok, Keropos, dan Keriput
<i>Why</i> (mengapa)	<ol style="list-style-type: none"> <li>SOP tidak berjalan (30%)</li> <li>Pekerja kelelahan (5%)</li> <li>Karyawan yang kurang terampil (5%)</li> <li>Perbandingan bahan baku (10%)</li> <li>Bahan baku kurang bermutu (20%)</li> <li>Ayakan rusak bolong (5%)</li> <li>Kurangnya maintenance terhadap mesin (10%)</li> <li>Alat mengalami aus (10%)</li> <li>Cetakan tidak bersih (5%)</li> </ol>
<i>Where</i> (dimana)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pemasangan rangka tiang listrik</li> <li>Proses pengecoran</li> <li>Proses <i>press/stressing</i></li> </ol>
<i>When</i> (kapan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Sebelum proses produksi</li> <li>Pada saat proses produksi berlangsung</li> <li>Penggunaan alat</li> </ol>
<i>Who</i> (siapa)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Kepala proses produksi</li> <li>Operator produksi</li> </ol>
<i>How</i> (bagaimana)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Kepala produksi membuat SOP proses kerja dan diletakkan di dekat operasi <i>press/stressing</i>, pengecoran dan proses spinning</li> <li>Lakukan perekrutan karyawan dengan sistem karyawan tetap dan lakukan pelatihan kerja kepada pegawai kontrak</li> <li>Lakukan pelatihan standar operation procedure kepada para pekerja/operator</li> <li>Aktivitas kerja jangan sering membungkuk, lakukan istirahat disaat pekerjaan senggang</li> <li>Pada saat pengencangan baut, lakukan dengan putaran alat yang maksimal dan ganti baut yang alurnya sudah habis atau longgar</li> <li>Operator <i>stressing</i> menangani 2-3 pengencangan baut sekaligus dengan posisi kerja yang tetap</li> </ol>

5W+1H	Deskripsi
	g. Penggunaan bahan baku untuk setiap supplier dibedakan atau bahan baku tidak boleh dicampur dengan supplier yang lain
	h. Lakukan pembersihan cetakan dari atas ke bawah dan sebaliknya dari bawah ke atas sebanyak dua kali dan kemudian dilumasi cetakan dengan minyak oli bekas
	i. Adukan harus masuk ke dalam lubang-lubang Pewire dalam cetakan
	j. Proses menusuk-nusuk isi coran ke dalam cetakan harus bersamaan dengan memasukkan adukan coran ke dalam cetakan
	k. Bahan baku harus ditimbang sebelum diproses ke dalam mesin mixer
	l. Ayakan pasir dan split harus dicek kerapatannya

#### 4.2.4.2 Poka Yoke

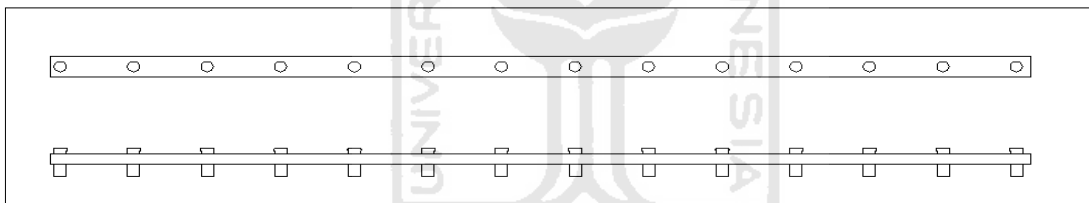
Poka yoke merupakan konsep pencegahan kesalahan kerja akibat dari kelalaian sehingga kesalahan tidak mungkin terjadi atau setidaknya kesalahan tersebut dapat mudah dideteksi dan diperbaiki dengan biaya yang relatif murah. Berdasarkan analisis improve dengan metode 5W+1H, pihak perusahaan telah memberikan persentase penyebab-penyebab terjadinya cacat pada tiang listrik dengan tipe 9/100E. Persentase penyebab cacat terbesar dari analisis *fishbone diagram* adalah pada bagian proses kerja tepatnya karena disebabkan oleh SOP kerja yang telah ditetapkan oleh perusahaan tidak diikuti oleh karyawan. Selain SOP dari perusahaan, pihak konsumen yang pada kasus ini adalah PT. PLN Persero Tbk juga telah memberikan SOP terutama pada proses pembuatan rangkaian tulangan tiang listrik seperti pada Gambar 4.24, pihak PLN telah memberikan spesifikasi jarak untuk tiap lilitan kawat rangkaian tulangan tiang. Berdasarkan Gambar SOP kerja tersebut tiang listrik dengan tipe 9/100 dibagi dalam 6 bagian pembagian jarak gulungan kawat tiang, yakni 50 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm, 120 mm dan 150 mm.

Dengan SOP yang telah ditentukan oleh konsumen tersebut, perusahaan seharusnya menjalankannya. Namun pada kenyataannya dilapangan penulis tidak menemukan alat yang digunakan untuk memastikan jarak tersebut digunakan sebagai acuan jarak gulungan kawat tulangan tiang listrik. Hal inilah yang menyebabkan masih ditemukannya cacat pada produk tiang listrik di PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta. Oleh karena itu penulis memberikan rekomendasi alat yang bisa digunakan untuk

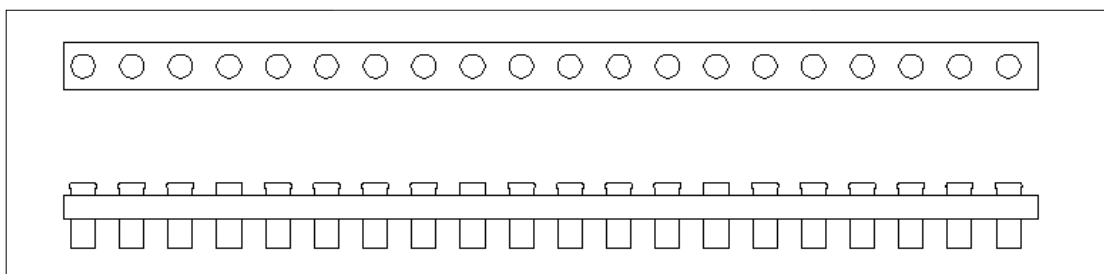
memastikan jarak antar gulungan tulangan tiang listrik sesuai dengan SOP dari PT. PLN Persero Tbk. Berikut merupakan kondisi kerja yang ada dilapangan dan desain dari alat bantu untuk menghilangkan kesalahan dalam pembuatan tulangan tiang:



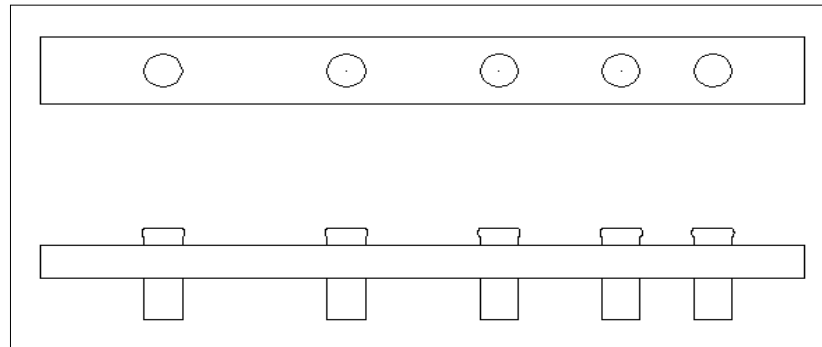
Gambar 4.25. Kondisi awal kerja dilapangan



Gambar 4.26 Alat bantu A

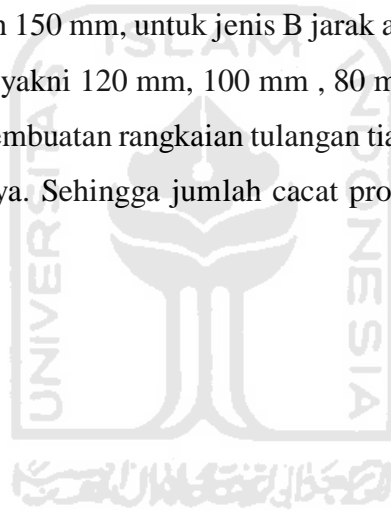


Gambar 4.27 Alat bantu B



Gambar 4.28 **Alat bantu C**

Alat bantu yang didesain terbagi dalam 3 jenis, jenis A,B dan C. Perbedaan setiap jenis alat bantu ini terletak pada jarak antar baut pada alat tersebut. Jarak antar baut tersebut menyesuaikan dengan ketentuan yang telah diberikan oleh PT. PLN Persero Tbk. Untuk jenis A jarak antar baut adalah 150 mm, untuk jenis B jarak antar baut adalah 50 mm, dan jenis C terbagi dalam 4 jarak yakni 120 mm, 100 mm , 80 mm, dan 60 mm. Dengan alat bantu ini diharapkan dalam pembuatan rangkaian tulangan tiang sesuai dengan spesifikasi jarak antar gulungan kawatnya. Sehingga jumlah cacat produk dapat dikurangi bahkan dihilangkan.



## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Tahap *Define*

Berdasarkan diagram SIPOC (*Suppliers-Input-Process-Output-Customer*) yang telah dibuat oleh penulis pada gambar 4.9 . pada bagian *supplier* PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta memilih beberapa perusahaan yang menjadi *supplier* seperti Pt. Nusantara Gresik, PT Tiga Roda Magelang, CV. Muncul Karya (Kulon progo), dan PT. King Dam Indah (Surabaya). Selanjutnya adalah tahap *Input*, bahan baku pembuat tiang listrik adalah semen, batu split, pasir, air, PC Wire, kawat bendrat, obat pengeras beton, dan minyak pelumas. Selanjutnya adalah masuk ke bagian proses pembuatan tiang listrik adalah yang pertama adalah pembuatan rangkaian tulangan tiang, kedua adalah proses pembersihan cetakan dan memasukkan rangkaian tulangan ke dalam cetakan, ketiga adalah proses pengecoran beton dengan komposisi bahan baku yang telah ditetapkan perusahaan, keempat adalah proses *stressing* atau penegangan kerangka tiang, kelima adalah proses *spinning* atau cetakan diputar 3 kali menggunakan mesin *spinning* dengan total waktu 12 menit, keenam adalah proses *steaming* atau penguapan menggunakan mesin *boiler* selama 1,5 jam. Dan proses terakhir adalah proses pelepasan cetakan dan proses *finishing*. Selanjutnya adalah tahap *Output*, produk yang dihasilkan oleh PT. Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta adalah Tiang Listrik. Dengan konsumen utama adalah PT. PLN Persero Tbk.



## 5.2 Tahap *Measure*

### 5.2.1 Menentukan *Critical To Quality (CTQ)*

Persentase karakteristik potensial produksi Tiang listrik Tipe 9/100E adalah sebagai berikut:

1. Cacat Retak dengan jumlah cacat sebanyak 7 batang dengan presentase sebesar 63%.
2. Cacat Keropos dengan jumlah cacat sebanyak 3 batang dengan presentase sebesar 27%.
3. Cacat Bengkok dengan jumlah cacat sebanyak 1 batang dengan presentase sebesar 10%.
4. Cacat Keriput dengan jumlah cacat sebanyak 0 batang dengan presentase sebesar 0%.

### 5.2.2 Pengukuran Pada Tingkat Proses dan *Output Data Variabel*

Analisis pengukuran pada tingkat proses dan *output* nilai DPMO dan nilai kapabilitas sigma pada data variabel adalah sebagai berikut:

#### 1. Variabel Diameter Bawah Tiang

Berdasarkan gambar grafik 4.11 dan 4.12 diketahui bahwa pola DPMO dari kecacatan tiang listrik tipe 9/100E dan pola nilai kapabilitas sigma yang dihasilkan oleh variabel diameter bawah tiang masih bervariasi naik turun sepanjang proses produksi. Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.10, nilai DPMO dari variabel diameter bawah tiang sebesar 89.674,76. Dan dengan hasil perhitungan nilai DPMO tersebut menunjukkan bahwa dari tabel perhitungan diameter bawah tiang dalam proses produksi memiliki kemungkinan cacat sebanyak 89.674,76 batang per satu juta produksi. Sedangkan untuk nilai kapabilitas sigma yang dihasilkan sebesar 2,84 sigma. Dan dengan nilai DPMO dan nilai sigma yang telah diperoleh diatas pihak perusahaan sebaiknya meningkatkan kinerjanya dalam proses produksi dan meningkatkan kualitas produk sehingga nilai DPMO bisa menurun dan nilai sigma yang dihasilkan akan meningkat mendekati 6.

#### 2. Variabel Diameter Atas Tiang

Berdasarkan gambar grafik 4.13 dan 4.12 diketahui bahwa pola DPMO dari kecacatan tiang listrik tipe 9/100E dan pola nilai kapabilitas sigma yang dihasilkan oleh variabel diameter atas tiang masih bervariasi naik turun sepanjang proses produksi. Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.16, nilai DPMO dari variabel diameter bawah tiang yang diperoleh sebesar 83.072,44. Dan dengan hasil perhitungan nilai DPMO tersebut menunjukkan bahwa dari tabel perhitungan diameter atas tiang dalam proses produksi memiliki kemungkinan cacat sebanyak 83.072,44 batang per satu juta produksi. Sedangkan untuk nilai kapabilitas sigma yang dihasilkan sebesar 2,89 sigma. Dan dengan nilai DPMO dan nilai sigma yang telah diperoleh diatas pihak perusahaan sebaiknya meningkatkan kinerjanya dalam proses produksi dan meningkatkan kualitas produk sehingga nilai DPMO bisa menurun dan nilai sigma yang dihasilkan akan meningkat mendekati 6.

### 3. Variabel Tinggi Tiang

Berdasarkan gambar grafik 4.15 dan 4.16 diketahui bahwa pola DPMO dari kecacatan tiang listrik tipe 9/100E dan pola nilai kapabilitas sigma yang dihasilkan oleh variabel tinggi tiang masih bervariasi naik turun sepanjang proses produksi. Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.16, nilai DPMO dari variabel tinggi tiang yang diperoleh sebesar 152.931,5. Dan dengan hasil perhitungan nilai DPMO tersebut menunjukkan bahwa dari tabel perhitungan diameter atas tiang dalam proses produksi memiliki kemungkinan cacat sebanyak 152.931,5 batang per satu juta produksi. Sedangkan untuk nilai kapabilitas sigma yang dihasilkan sebesar 2,52 sigma. Dan dengan nilai DPMO dan nilai sigma yang telah diperoleh diatas pihak perusahaan sebaiknya meningkatkan kinerjanya dalam proses produksi dan meningkatkan kualitas produk sehingga nilai DPMO bisa menurun dan nilai sigma yang dihasilkan akan meningkat mendekati 6.

### 5.2.3 Pengukuran Pada Tingkat Proses dan *Output Data Atribut*

Analisis pengukuran pada tingkat proses dan *output* nilai DPMO dan nilai kapabilitas sigma pada data atribut adalah dapat dilihat dari gambar 4.17 dan 4.18, diketahui bahwa grafik pola DPMO dari kecacatan produk tiang listrik tipe 9/100E dan pola nilai kapabilitas tingkat sigma yang dihasilkan oleh data atribut menunjukkan hasil yang

bervariasi, dikarenakan masih ada variasi nilai yang naik turun sepanjang periode produksi. Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.19 Nilai DPMO dari data atribut sebesar 2.803,26. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data atribut memiliki 2.803,26 unit cacat per satu juta produk (DPMO) sedangkan nilai kapabilitas sigma yang diperoleh sebesar 4,27 yang menunjukkan bahwa perusahaan berada pada rata-rata industri Indonesia. Namun sebaiknya perusahaan harus meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan dan kinerja dalam proses produksi karena nilai sigma data atribut tiang listrik masih berada dibawah nilai kapabilitas 6 sigma, sekaligus mengendalikan proses terus-menerus agar nilai DPMO nya turun dan pola nilai kapabilitas sigma juga akan meningkat.

Pada hasil gambar 4.19 peta kendali P-Chart menunjukkan proporsi kesalahan masih terkendali (*in statistical control*) karena tidak ada yang di luar batas pengendalian (*out statistical control*) oleh karena itu peta kendali ini bisa digunakan untuk perencanaan pengendalian kualitas statistik data atribut untuk periode mendatang.

### 5.3 Tahap *Analyze*

#### 5.3.1 Analisis Stabilitas Proses

Berikut adalah analisis stabilitas proses data variabel yang dilakukan pada Bab IV. Analisis stabilitas proses adalah sebagai berikut:

##### 1. Analisis Stabilitas Proses Diameter bawah tiang listrik tipe 9/100E.

Berdasarkan hasil perhitungan pada tahap *analyze* bab IV, stabilitas proses diameter bawah tiang listrik memiliki batas maksimum toleransi kontrol atas (UCL) adalah 287 mm dan batas minimum toleransi kontrol bawah (LCL) adalah 267 mm dengan targetnya adalah 277 mm. Untuk hasil analisisnya dapat pada gambar 4.20 grafik  $\bar{X}$  stabilitas diameter bawah tiang diketahui bahwa stabilitas proses untuk rata-rata data variabel diameter bawah tiang dalam keadaan tidak stabil atau tidak terkendali (*out statistical control*) hal ini dapat dibuktikan dari hasil observasi ke-3 dan ke-9 yang berada diluar batas kontrol UCL dan LCL. Penyebab dari stabilitas proses tidak terkendali adalah karena penyebab khusus (*special-cause variation*) yaitu bersumber dari faktor manusia,

material, proses kerja, mesin, dll. Selain menggunakan grafik  $\bar{X}$ , perlu dilakukan uji hipotesis chi kuadrat apakah variasi telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum ( $S_{maks}$ ) pada tingkat sigma 2,843. Langkah-langkah uji hipotesis variabel diameter bawah tiang dapat dilakukan seperti berikut:

a. Membuat hipotesis

$$H_0 : X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel} \text{ (keadaan stabil)}$$

$$H_1 : X^2_{hitung} > X^2_{tabel} \text{ (keadaan tidak stabil)}$$

b. Harga Statistik Penguji

$$X^2_{hitung} = \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} = \frac{(125-1)5,881^2}{12,37} = 346,621$$

c. Menentukan nilai kritis dengan besar signifikansi  $\alpha = 5\%$  atau tingkat kepercayaan  $1-0,05 = 95\%$ , dengan menggunakan software Microsoft Excel maka rumusnya:

$$X^2_{tabel} = [ 0,05 ; (125-1) ] = 150,989$$

$$= \text{CHIINV}(0,05,124) = 150,989$$

d. Membandingkan  $X^2_{hitung}$  dengan  $X^2_{tabel}$

$$X^2_{hitung} = 346,621 > X^2_{tabel} = 150,989$$

e. Membuat keputusan

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa  $H_0$  ditolak karena  $X^2_{hitung} = 346,621 > X^2_{tabel} = 150,989$  yang menunjukkan variasi diameter bawah tiang listrik pada tingkat 2,84 sigma lebih besar dari pada batas toleransi standar deviasi maksimum ( $S_{maks}$ ) yang diharuskan pada tingkat 2,84 sigma atau bisa dikatakan nilai-nilai individual sangat bervariasi atau tidak stabil. Hal itu berarti perusahaan harus secara serius melakukan reduksi terhadap variasi proses yang ada.

## 2. Analisis Stabilitas Proses diameter atas tiang listrik tipe 9/100E

Berdasarkan hasil perhitungan pada tahap *analyze* bab IV, stabilitas proses diameter bawah tiang listrik memiliki batas maksimum toleransi kontrol atas (UCL) adalah 167 mm dan batas minimum toleransi kontrol bawah (LCL) adalah 147 mm dengan targetnya adalah 157 mm. Untuk hasil analisisnya dapat pada gambar 4.21 grafik  $\bar{X}$  stabilitas diameter atas tiang diketahui bahwa stabilitas proses untuk rata-rata data variabel

diameter atas tiang dalam keadaan tidak stabil atau tidak terkendali (*out statistical control*) hal ini dapat dibuktikan dari hasil observasi ke-6 yang berada diluar batas kontrol UCL dan LCL. Penyebab dari stabilitas proses tidak terkendali adalah karena penyebab khusus (*special-cause variation*) yaitu bersumber dari faktor manusia, proses kerja, material, mesin, dll. Selain menggunakan grafik  $\bar{X}$ , perlu dilakukan uji hipotesis chi kuadrat apakah variasi telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum ( $S_{maks}$ ) pada tingkat sigma 2,884. Langkah-langkah uji hipotesis variabel diameter bawah tiang dapat dilakukan seperti berikut:

a. Membuat hipotesis

$$H_0 : X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel} \text{ (keadaan stabil)}$$

$$H_1 : X^2_{hitung} > X^2_{tabel} \text{ (keadaan tidak stabil)}$$

b. Harga Statistik Penguji

$$X^2_{hitung} = \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} = \frac{(125-1)5,692^2}{12,02} = 334,22$$

c. Menentukan nilai kritis dengan besar signifikansi  $\alpha = 5\%$  atau tingkat kepercayaan  $1-0,05 = 95\%$ , dengan menggunakan software Microsoft Excel maka rumusnya:

$$X^2_{tabel} = [ 0,05 ; (125-1) ]$$

$$= \text{CHIINV}(0,05,124) = 150,989$$

d. Membandingkan  $X^2_{hitung}$  dengan  $X^2_{tabel}$

$$X^2_{hitung} = 334,22 > X^2_{tabel} = 150,989$$

e. Membuat keputusan

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa  $H_0$  ditolak karena  $X^2_{hitung} = 334,33 > X^2_{tabel} = 150,989$  yang menunjukkan variasi diameter atas tiang pada tingkat 2,89 sigma lebih besar dari pada batas toleransi standar deviasi maksimum ( $S_{maks}$ ) yang diharuskan pada tingkat 2,89 sigma atau bisa dikatakan nilai rata-rata individual sangat bervariasi atau tidak stabil. Hal itu berarti perusahaan harus secara serius melakukan reduksi terhadap variasi proses yang ada.

3. Analisis Stabilitas Proses tinggi tiang listrik tipe 9/100E

Berdasarkan hasil perhitungan pada tahap *analyze* bab IV, stabilitas proses diameter bawah tiang listrik memiliki batas maksimum toleransi kontrol atas (UCL) adalah 903m dan batas minimum toleransi kontrol bawah (LCL) adalah 987cm dengan targetnya adalah 900 cm. Untuk hasil analisisnya dapat pada gambar 4.22 grafik  $\bar{X}$  stabilitas tinggi tiang diketahui bahwa stabilitas proses untuk rata-rata data variabel tinggi tiang dalam keadaan keadaan tidak stabil atau tidak terkendali (*out statistical control*) hal ini dapat dibuktikan dari hasil observasi ke-10 yang berada diluar batas kontrol UCL dan LCL. Penyebab dari stabilitas proses tidak terkendali adalah karena penyebab khusus (*special-cause variation*) yaitu bersumber dari faktor manusia, proses kerja, material, mesin, dll. Selain menggunakan grafik  $\bar{X}$ , perlu dilakukan uji hipotesis chi kuadrat apakah variasi telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum ( $S_{maks}$ ) pada tingkat sigma 2,52. Langkah-langkah uji hipotesis variabel diameter bawah tiang dapat dilakukan seperti berikut:

- a. Membuat hipotesis

$$H_0 : X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel} \text{ (keadaan stabil)}$$

$$H_1 : X^2_{hitung} > X^2_{tabel} \text{ (keadaan tidak stabil)}$$

- b. Harga Statistik Penguji

$$X^2_{hitung} = \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} = \frac{(125-1)2,098^2}{1,42} = 386,329$$

- c. Menentukan nilai kritis dengan besar signifikansi  $\alpha = 5\%$  atau tingkat kepercayaan  $1-0,05 = 95\%$ , dengan menggunakan software Microsoft Excel maka rumusnya:

$$X^2_{tabel} = [ 0,05 ; (125-1) ]$$

$$= \text{CHIINV}(0,05,124) = 150,989$$

- d. Membandingkan  $X^2_{hitung}$  dengan  $X^2_{tabel}$

$$X^2_{hitung} = 386,329 > X^2_{tabel} = 150,989$$

- e. Membuat keputusan

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa  $H_0$  ditolak karena  $X^2_{hitung} = 386,329 > X^2_{tabel} = 150,989$  yang menunjukkan variasi tinggi tiang listrik tipe 9/100E pada tingkat 2,52 sigma lebih besar dari pada batas toleransi standar deviasi maksimum ( $S_{maks}$ ) yang diharuskan pada tingkat 2,52 sigma atau bisa dikatakan nilai-nilai

individual sangat bervariasi atau tidak stabil. Hal itu berarti perusahaan harus secara serius melakukan reduksi terhadap variasi proses yang ada.

### 5.3.2 Analisis Kapabilitas Proses

Berikut adalah tabel hasil perhitungan indeks kapabilitas proses yang telah dilakukan pada Bab IV. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Kapabilitas Proses

No	Variabel	$C_{pm}$	$CP_{mk}$	Target	Toleransi
1	Diameter Bawah Tiang	0,57	0,54	277 mm	$\pm 10$ mm
2	Diameter Atas Tiang	0,58	0,63	157 mm	$\pm 10$ mm
3	Tinggi Tiang Listrik	0,48	0,49	900 cm	$\pm 3$ cm

Berdasarkan Tabel 5.1 variabel pertama adalah diameter bawah tiang listrik tipe 9/100E mempunyai nilai  $C_{pm}$  sebesar 0,57. Dengan hasil tersebut, proses produksi di PT.Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta dianggap belum mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Hal ini disebabkan karena nilai kapabilitas proses untuk variabel diameter bawah tiang listrik tipe 9/100E masih kurang dari satu ( $C_{pm} < 1$ ) Hasil  $C_{pm}$  tersebut dapat dilihat dari nilai DPMO sebesar 89.674,76 dan kapabilitas sigma sebesar 2,84 sigma yang berarti dari satu juta kesempatan yang ada, maka terdapat kemungkinan 89.674,76 batang tiang listrik tidak akan mampu memenuhi spesifikasi target pada variabel diameter bawah tiang listrik yang mempunyai target 277 mm dengan toleransi  $\pm 10$ mm. Sementara itu berdasarkan hasil  $CP_{mk}$  dengan nilai 0,54 yang masih kurang dari satu ( $CP_{mk} < 1$ ), hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi tiang listrik tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas maupun bawah pada variabel diameter bawah tiang listrik yang diinginkan konsumen. Berdasarkan hasil  $CP_{mk}$  tersebut maka, dari DPMO total sebesar 89.674,76 batang tiang listrik maka, terdapat sekitar 39.076,66 batang tiang listrik yang dihasilkan oleh perusahaan berpeluang untuk tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (diameter bawah lebih dari  $UCL = 287$  mm) dan sekitar 50.598,105 batang tiang listrik yang dihasilkan oleh perusahaan berpeluang untuk tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (diameter bawah kurang dari  $LCL = 267$  mm).

Variabel kedua adalah diameter atas tiang listrik tipe 9/100E mempunyai nilai  $C_{pm}$  sebesar 0,58. Dengan hasil tersebut, proses produksi di PT.Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta dianggap belum mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Hal ini disebabkan karena nilai kapabilitas proses untuk variabel diameter atas tiang listrik tipe 9/100E masih kurang dari satu ( $C_{pm} < 1$ ) Hasil  $C_{pm}$  tersebut dapat dilihat dari nilai DPMO sebesar 83.072,44 dan kapabilitas sigma sebesar 2,88 sigma yang berarti dari satu juta kesempatan yang ada, maka terdapat kemungkinan 83.072,44 batang tiang listrik tidak akan mampu memenuhi spesifikasi target pada variabel diameter atas tiang listrik yang mempunyai target 157 mm dengan toleransi  $\pm 10$ mm. Sementara itu berdasarkan hasil  $CP_{mk}$  dengan nilai 0,63 yang masih kurang dari satu ( $CP_{mk} < 1$ ), hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi tiang listrik tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas maupun bawah pada variabel diameter atas tiang listrik yang diinginkan konsumen. Berdasarkan hasil  $CP_{mk}$  tersebut maka, dari DPMO total sebesar 83.072,44 batang tiang listrik maka, terdapat sekitar 55.809,76 batang tiang listrik yang dihasilkan oleh perusahaan berpeluang untuk tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (diameter atas lebih dari  $UCL = 167$  mm) dan sekitar 27.262,68 batang tiang listrik yang dihasilkan oleh perusahaan berpeluang untuk tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (diameter atas kurang dari  $LCL = 147$  mm).

Variabel ketiga adalah tinggi tiang listrik tipe 9/100E mempunyai nilai  $C_{pm}$  sebesar 0,48. Dengan hasil tersebut, proses produksi di PT.Tonggak Ampuh Unit III Yogyakarta dianggap belum mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Hal ini disebabkan karena nilai kapabilitas proses untuk variabel tinggi tiang listrik tipe 9/100E masih kurang dari satu ( $C_{pm} < 1$ ) Hasil  $C_{pm}$  tersebut dapat dilihat dari nilai DPMO sebesar 152.931,5 dan kapabilitas sigma sebesar 2,52 sigma yang berarti dari satu juta kesempatan yang ada, maka terdapat kemungkinan 152931,5 batang tiang listrik tidak akan mampu memenuhi spesifikasi target pada variabel tinggi tiang listrik yang mempunyai target 900 cm dengan toleransi  $\pm 3$  cm. Sementara itu berdasarkan hasil  $CP_{mk}$  dengan nilai 0,49 yang masih kurang dari satu ( $CP_{mk} < 1$ ), hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi tiang listrik tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas maupun bawah pada variabel tinggi tiang listrik yang diinginkan konsumen. Berdasarkan hasil  $CP_{mk}$  tersebut maka, dari DPMO total sebesar 152.931,5 batang tiang listrik maka, terdapat sekitar 80.844,56 batang tiang listrik yang dihasilkan oleh perusahaan



berpeluang untuk tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (tinggi tiang lebih dari  $UCL = 903$  cm) dan sekitar 72.086,93 batang tiang listrik yang dihasilkan oleh perusahaan berpeluang untuk tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (tinggi tiang kurang dari  $LCL = 897$  cm).

### 5.3.3 Analisis Sistem Industri Sepanjang Siklus Hidup Proses Industri

Setelah mengetahui hasil stabilitas dan kapabilitas, maka melakukan analisis sistem industri sepanjang siklus hidup proses industri. Berikut adalah kesimpulan hasil dari stabilitas dan kapabilitas pada data variabel yang sudah dihitung:

Tabel 5.2 Kesimpulan Hasil Stabilitas dan Kapabilitas Data Variabel

No	Variabel	Stabilitas Rata-Rata	Kapabilitas
1	Diameter Bawah Tiang	Tidak	Tidak
2	Diameter Atas Tiang	Tidak	Tidak
3	Tinggi Tiang	Tidak	Tidak

Berdasarkan hasil Tabel 5.2 semua variabel Diameter Bawah Tiang, variabel Diameter Atas tiang, dan variabel Tinggi tiang berada pada dalam posisi nomor 1, yaitu dalam situasi keadaan proses di luar pengendalian dan proses akan menghasilkan produk cacat terus menerus, sehingga sistem industri berada dalam kondisi paling buruk.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Nilai DPMO dan Sigma untuk masing-masing variabel pengukuran pada tiang listrik tipe 9/100E adalah untuk variabel diameter bawah tiang nilai DPMO sebesar 8.9674,76. Dan nilai sigmanya adalah 2,84 sigma. Untuk variabel diameter atas tiang nilai DPMO sebesar 8.3072,44 dan nilai sigmanya adalah 2,88 sigma, dan untuk variabel tinggi tiang memiliki nilai DPMO sebesar 152.931,50 dan nilai sigmanya adalah 2,52 sigma. Dan semua variabel memiliki nilai sigma yang menunjukkan bahwa perusahaan berada pada rata-rata industri Indonesia.
2. Perbaikan yang diusulkan untuk mengurangi tingkat kecacatan produk yang dihasilkan adalah dengan menambahkan alat bantu untuk menghilangkan kesalahan pada jarak antar gulungan kawat pada rangkaian tulangan tiang yang menyesuaikan dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh konsumen utama perusahaan yakni PT. PLN Persero Tbk.

#### 6.2 Saran

Berikut adalah saran yang direkomendasikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan:

1. Perusahaan sebaiknya selalu mengevaluasi dan memperbaiki kinerja karyawan supaya karyawan lebih produktif dalam bekerja.

2. Perusahaan seharusnya mengimplementasikan *pokayoke* yang telah dibuat agar cacat produk dapat dikurangi bahkan dihilangkan.
3. Memberi pelatihan dan pengawasan serta penghargaan pada operator agar setiap operator dapat bekerja dengan baik.
4. Segera melakukan perbaikan berdasarkan saran yang sudah diberikan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. W. (2005). *Pengendalian Kualitas Statistik : Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kalitatif*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Besterfield, D. H. (1998). *Quality Control*. New Jersey: Prentice Hall.
- Breyfogle, F. W. (1999). *Implementing Six Sigma*. New York: John Wiley & Sons.
- Brue, G. (2002). *Six Sigma for managers*. New York: McGraw-Hill.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality Is Free*. New York: McGraw-Hill Book.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2007). *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- Fadhil, H. (2015). *Skripsi: Analisis Upaya Peningkatan Kualitas Produk Baja Hot Rolled Coil Dengan Penerapan Metode Six Sigma Di PT. Krakatau Steel*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
- Feigenbaum, A. V. (1991). *Total quality control (third edition)*. New York: McGraw-Hill.
- Gaspersz, V. (2002). Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP.
- Gaspersz, V. (2005). *Continious Cost Reduction Through Lean-sigma Approach*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V. (2007). *Continious Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Grant. (1993). Perbaikan Proses Striping dengan Metode DMAIC pada PT.SIP. *Industrial and Systems Engineering Assessment Journal (INASEA)*, Vol 10-1.
- Harisupriyanto, H. (2013). Aplikasi Lean Six Sigma untuk peningkatan kualitas produk. *Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya*.
- Juran, J. M. (1962). *Quality Control Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Khekale, S. N., Chatpalliwar, A. S., & Thakur, D. N. (2010). Minimization of Cord Wastages in Belt Industry using DMAIC. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3687-3694.
- Lahudin, H. A. (2014). Usulan Penggunaan Six Sigma Untuk Peningkatan Kualitas Produksi di PT. A O. *Institut Teknologi Indonesia*.
- Lassander, C. (2013). *Fundamentals Of Quality Control and Improvement, Second Edition*. United States Of America.
- Maynard, H. (2004). *Maynard's Industrial Engineering Handbook, 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.

- Mitra, A. (1993). *Fundamentals of Quality Control and Improvement Second Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Montgomery, D. C. (1990). *Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta. Perusahaan Pembuat Filaman Lampu). *Jurnal Teknik Industri*, Vol 7,2 pp.168.
- Pande, P., Newman, R., & Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way, How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing Their Performance*. New York: McGraw-Hill.
- Pusporini, P., & Andesta, D. (2009). Integrasi Model Lean Sigma Untuk Peningkatan Kualitas produk. *Jurnal Teknik Industri Universitas Muhamadiyah Malang*, 91-97.
- Ramaswany, R. (2007). Implementasi Metode Six Sigma pada PT. Surya Milinia Abadi (SMA) di Ngoro Industri Mojokerto. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, Vol 2,2.
- Scarvada, A. J., Tatiana, B. C., Susan, M. G., Julie, M. H., & Arthur, V. H. (2004). A Review of the Causal Mapping Practice and Research Literature. *Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference*. Mexico.
- Tjiptono, F. (1995). *Total Quality Management*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Trigono. (1997). *Implementasi Lean Six Sigma*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.