



TUGAS AKHIR - SS141501

**ANALISIS SIX SIGMA PADA PRODUK CASING POMPA
TIPE X DI PT. ZENITH ALLMART PRECISINDO
SEBAGAI METODE PERBAIKAN KUALITAS PRODUK**

Nanda Praba Pramudita
NRP 1311 100 110

Dosen Pembimbing
Drs. Haryono, M.Sc

PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SS141501

**ANALYSIS OF SIX SIGMA AT CASING POMPA
PRODUCT TYPE X IN PT. ZENITH ALLMART
PRECISINDO AS PRODUCT QUALITY IMPROVEMENT
METHODS**

Nanda Praba Pramudita
NRP 1311 100 110

Supervisor
Drs. Haryono, M.Sc

Undergraduate Programme Of Statistics
Faculty Of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS SIX SIGMA PADA PRODUK CASING POMPA
TIPE X DI PT. ZENITH ALLMART PRECISINDO SEBAGAI
METODE PERBAIKAN KUALITAS PRODUK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada

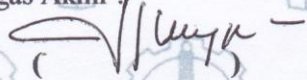
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**NANDA PRABA PRAMUDITA
NRP. 1311 100 110**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Drs. Haryono, M.Sc
NIP. 19520919 197901 1 001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

Dr. Muhammad Mashuri, MT.
NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2015



**Analisis Six Sigma Pada Produk *Casing Pompa Tipe X* di PT.
Zenith Allmart Precisindo Sebagai Metode Perbaikan
Kualitas Produk**

Nama : Nanda Praba Pramudita
NRP : 1311100110
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Drs. Haryono, M.Sc

ABSTRAK

Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur baja adalah PT. Zenith Allmart Precisindo (ZAP). Namun pada proses produksi casing pompa Tipe X terjadi reject yang melebihi batasan perusahaan. Reject pada bulan Februari mencapai 3,2% (level sigma 3,35). Padahal batasan reject hanya 2% (level Sigma 3,55). Selain itu sistem pengukuran visual masih belum diketahui kapabilitasnya. Penelitian ini bertujuan menganalisis kapabilitas proses produksi serta level sigmanya dan kapabilitas sistem pengukuran menggunakan metode six sigma yang didalamnya terdapat metode kappa statistik. Setelah dilakukan analisis terhadap data inspeksi visual terhadap produk pada Maret dan April 2015 diperoleh hasil bahwa sistem pengukuran inspeksi visual di PT. ZAP sudah kapabel untuk masing-masing hasil within appraiser dan between appraiser. Hal ini menandakan bahwa sistem pengukuran visual tidak memerlukan perbaikan. Level Sigma dari proses produksi casing pompa tipe x secara keseluruhan di PT ZAP adalah 3,65 yang artinya terdapat 15647 produk cacat dari 1 juta produksi casing pompa tipe x. Jenis defect bocor menjadi jenis defect yang paling sering dijumpai di dalam area produksi Dipping. Area produksi tersebut memiliki level sigma terkecil yaitu hanya 3.25. Hal-hal yang paling berpengaruh terhadap jenis defect bocor adalah cetakan keramik kurang tebal dan bahan campuran yang kurang sesuai dengan spesifikasi.

Kata Kunci : PT ZAP, Six Sigma, Casing Pompa Tipe X, kapabilitas sistem pengukuran, reject, kapabilitas proses produksi, inspeksi visual

Analysis of Six Sigma At Casing Pompa Product Type X in PT. Zenith Allmart Precisindo As Product Quality Improvement Methods

Name : Nanda Praba Pramudita
NRP : 1311100110
Department : Statistics FMIPA-ITS
Supervisor : Drs. Haryono, M.Sc

ABSTRAK

One company that is engaged in the manufacturing of steel is PT. Zenith Allmart Precisindo (ZAP). But in the process of production casing pompa X type occurs reject that exceeds the limits of the company. Reject in February reached 3.2% (3.35 sigma level). Whereas restrictions reject only 2% (Sigma level 3.55). Besides the visual measurement system is still unknown capabilities. This study aims to analyze the production process capability and level measurement system sigmanya and capabilities using the method in which there are six sigma kappa statistical method. After analyzing the data a visual inspection of the product in March and April 2015 showed that the visual inspection measurement system in PT. ZAP has been capable for each outcome within and between appraiser appraiser. This indicates that the visual measurement system does not require repair. Sigma level of the production process casing pompa type x overall in PT ZAP is 3.65, which means there are 15 647 defective products than 1 million production casing pompa type x. Type defect leaking into the type of defect is most often encountered in the production area Dipping. The production area has the smallest sigma level is only 3:25. The things that most influence on the type of defect leaking is less thick ceramic mold and mixed materials that are less in accordance with the specification

Keyword : PT ZAP, Six Sigma, Casing Pompa Type X, measurement system capability, reject, production process capability, visual inspection

Kata Pengantar

Alhamdulillahirabbilalamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Analisis Six Sigma Pada Produk Casing Pompa Tipe X di PT. Zenith Allmart Precisindo Sebagai Metode Perbaikan Kualitas Produk** tepat waktu.

Selesaiannya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Keluarga penulis khususnya Ibu dan Ayah yang selalu menyemangati dan memberi nasihat sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Drs. Haryono, M.Sc selaku dosen pembimbing yang memberikan waktu, ilmu dan saran untuk membimbing penulis
3. Bapak Teguh selaku direktur PT Zenith Allmart Precisindo yang telah memberikan izin kepada penulis untuk mengambil bahan tugas akhir di perusahaan tersebut.
4. Bapak Diksa sebagai QC *Engginer* PT Zenith Allmart Precisindo yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membantu menyelesaikan buku ini.
5. Bapak Dr. Muhammad Mashuri. MT selaku Ketua Jurusan Statistika ITS, Ibu Dra Lucia Aridinanti, MT selaku Ketua prodi S1 Jurusan Statistika ITS dan Ibu Santi Wulan Purnami, S.Si, M.Si., Ph.D selaku dosen wali penulis.
6. Ibu Dra Lucia Aridinanti, MT dan Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik untuk kebaikan Tugas Akhir ini.
7. Semua dosen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
8. Teman-teman seangkatan sigma 22 khususnya teman-teman seperjuangan PW 112 yang senasib seperjuangan .

9. Redha Arazy Chayrani yang telah meluangkan waktu untuk berbagi dan memberikan semangat.
10. Teman-teman Kontrakan, Iلمان, Zulfikar, Epa, Suwarno, Mere dan Wildan yang menemani selalu menghibur penulis.
11. Dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis memohon maaf serta mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Harapannya semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi ilmu pengetahuan.

Surabaya, Juli 2015

Nanda Praba Pramudita

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
ABSTRAK	v
Kata Pengantar	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Statistika Deskriptif.....	7
2.2. Six Sigma	8
2.2.1. Define	8
2.2.2. Measure	9
2.2.2.1. Measurement System Analysis.....	9
2.2.2.2. Analisis Kapabilitas.....	13
2.2.2.3. Analisis Sigma Proses	13
2.2.3. Analyze.....	14
2.2.3.1. Peta Kendali P	14
2.3. PT. Zenith Allmart Precisindo.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Sumber Data	19
3.2. Variabel Penelitian	19
3.3. Langkah Analisis	24
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Analisis <i>Six Sigma</i>	27
4.1.1. Define.....	27
4.1.2. Measure	29

4.1.2.1.	<i>Measurement System Analysis (MSA)</i>	29
4.1.2.2.	Analisis Kapabilitas dan Sigma Proses Produksi	35
4.1.3.	Analyze	36
4.1.3.1.	Diagram Pareto Proses Dipping	37
4.1.3.2.	Peta kendali P	38
4.1.3.3.	Diagram Ishikawa/Fishbone diagram.....	40
Bab V	Kesimpulan dan Saran	43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
Lampiran	47

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 <i>Project Charter</i>	27
Tabel 4. 2 Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>within appraiser (Assessmnt Agreement)</i>	30
Tabel 4. 3 Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>within appraiser (Fleiss Kappa Statistics)</i>	32
Tabel 4. 4 Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>between appraiser (Assessment Agreement)</i>	33
Tabel 4. 5 Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>between appraiser (Fleiss Kappa Statistics)</i>	34
Tabel 4. 6 Analisis Kapabilitas Proses Produksi <i>Casing Pompa tipe x</i>	35
Tabel 4. 7 Analisis Sigma Proses Produksi <i>Casing Pompa tipe x</i>	36

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram SIPOC	9
Gambar 3. 1	Peta Proses Operasi	21
Gambar 3. 2	Diagram Alir Langkah Analisis.....	25
Gambar 4. 1	SIPOC diagram Proses produksi.....	28
Gambar 4. 2	Grafik hasil within appraiser (Assessmnt Agreement).....	31
Gambar 4. 3	Diagram Pareto Jenis Defect pada Area Dipping .	37
Gambar 4. 4	<i>Pie Chart</i> jenis bocor	38
Gambar 4. 5	Peta Kendali P Jenis Defect Bocor Belum Terkendali	39
Gambar 4. 6	Peta Kendali P Jenis Defect Bocor Sudah Terkendali	40
Gambar 4. 7	Fishbone Diagram Penyebab Bocor	41

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data <i>Attribute Agreement Analysis</i>	47
Lampiran 2	Data Laporan Produksi <i>Casing Pompa Tipe X Area Assembly</i>	49
Lampiran 3	Data Laporan Produksi <i>Casing Pompa Tipe X Area Dipping</i>	51
Lampiran 4	Data Laporan Produksi <i>Casing Pompa Tipe X Area Pouring</i>	53
Lampiran 5	Data Jumlah Reject dan Proporsi cacat tiap area. ...	55
Lampiran 6	Hasil Output Kappa.....	57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	<i>Project Charter</i>	27
Tabel 4. 2	Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>within appraiser (Assessmnt Agreement)</i>	30
Tabel 4. 3	Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>within appraiser (Fleiss Kappa Statistics)</i>	32
Tabel 4. 4	Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>between appraiser (Assessment Agreement)</i>	33
Tabel 4. 5	Hasil <i>attribute agreement analysis</i> bagian <i>between appraiser (Fleiss Kappa Statistics)</i>	34
Tabel 4. 6	Analisis Kapabilitas Proses Produksi <i>Casing Pompa tipe x</i>	35
Tabel 4. 7	Analisis Sigma Proses Produksi <i>Casing Pompa tipe x</i>	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram SIPOC	9
Gambar 3. 1	Peta Proses Operasi	21
Gambar 3. 2	Diagram Alir Langkah Analisis.....	25
Gambar 4. 1	SIPOC diagram Proses produksi.....	28
Gambar 4. 2	Grafik hasil within appraiser (Assessmnt Agreement).....	31
Gambar 4. 3	Diagram Pareto Jenis Defect pada Area Dipping .	37
Gambar 4. 4	<i>Pie Chart</i> jenis bocor	38
Gambar 4. 5	Peta Kendali P Jenis Defect Bocor Belum Terkendali	39
Gambar 4. 6	Peta Kendali P Jenis Defect Bocor Sudah Terkendali	40
Gambar 4. 7	Fishbone Diagram Penyebab Bocor	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data <i>Attribute Agreement Analysis</i>	47
Lampiran 2	Data Laporan Produksi <i>Casing Pompa Tipe X Area Assembly</i>	49
Lampiran 3	Data Laporan Produksi <i>Casing Pompa Tipe X Area Dipping</i>	51
Lampiran 4	Data Laporan Produksi <i>Casing Pompa Tipe X Area Pouring</i>	53
Lampiran 5	Data Jumlah Reject dan Proporsi cacat tiap area. ...	55
Lampiran 6	Hasil Output Kappa.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Baja pada dasarnya ialah besi (*Fe*) dengan tambahan unsur karbon (*C*) maksimal sampai dengan kadar 1.67%. Apabila kadar unsur karbon (*C*) lebih dari 1.67% maka material tersebut biasanya disebut sebagai besi cor (*Cast Iron*). Makin tinggi kadar karbon dalam baja akan mengakibatkan kuat leleh dan kuat tarik baja akan naik sedangkan keliatan (elongasi) baja berkurang sehingga akan mengakibatkan semakin sukar dilas. Penambahan unsur-unsur ini dikombinasikan dengan proses heat treatment akan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi, tetapi keuletan dan keliatan, dan kemampuan khusus lainnya tetap baik. Unsur-unsur tersebut antara lain: *Mangan (Mn)*, *Chromium (Cr)*, *Molybdenum (Mo)*, *Nikel (Ni)* dan tembaga (*Cu*). Tetapi proporsional pertambahannya tidak sebesar karbon. Pertambahan kekuatannya semata –mata karena unsur tersebut memperbaiki struktur mikro baja. (SteelIndonesia, 2014).

Data dari *Bereau of Resources and Energy Economics, World Steel* menunjukkan kebutuhan baja dunia surplus 21 juta ton dari total produksi sebesar 1,6 miliar ton pada 2013. Sementara itu, China sebagai produsen baja terbesar di dunia dengan total produksi 775 harus menelan pil pahit dengan surplus produksi sebesar 46 juta ton pada tahun yang sama. Berdasarkan data Indonesia Iron and Steel Asosiation (IISIA) menunjukan produksi baja nasional 6 juta ton pada 2014 dari total kapasitas 9 juta ton per tahun. Sementara kebutuhan nasional mencapai 13 juta ton per tahun, sehingga sisanya sebesar 55% kebutuhan baja nasional dipenuhi oleh produk impor. Hal ini mengalami penurunan dari tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2013 Indonesia mengimpor 8,19 juta ton baja atau sama dengan 65% dari total kebutuhan baja di Indonesia sebesar 12,69 juta ton(Kementrian Perindustrian, 2015).

Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur baja adalah PT. Zenith Allmart Precisindo (ZAP) yang beralamat di Krian, Sidoarjo, Jawa Timur. PT. ZAP memproduksi berbagai *sparepart* mesin kendaraan, pompa air, kaliber, dan sebagainya. Meskipun sebagian besar produk yang dihasilkan PT. ZAP diekspor ke luar negeri, ternyata proses produksinya masih banyak menggunakan tenaga kerja manusia daripada mesin produksi otomatis. Mereka (operator, *quality controller* (QC), inspektor) bekerja dalam 2 tim berbeda, dan dalam 1 hari terdiri dari 2 *shift* dengan masing-masing 10 jam kerja.

Pada penelitian Desai dan Shrivastava (2008) menggunakan pengaplikasian metode six sigma DMAIC untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas. Penelitian ini menggunakan produk SAW A101 *Boom machine* yang merupakan produk suatu industri *manufactur* skala besar di Gujarat, India. Fokus khusus penelitian ini adalah untuk meningkatkan produktivitas proses dari produk tersebut yang rendah yaitu hanya 61,8%. Pada akhir penelitian hasil dari produktivitas proses berhasil ditingkatkan menjadi 93%. Hasil lain yang didapat adalah peningkatan level sigma dari hanya 1,8 meningkat menjadi 3 sigma.

Rizki, Limbong dan Suharjo (2011) melakukan kajian manajemen mutu perspektif six sigma pada perusahaan Elsari Brownies dan Bakery Bogor. Penelitian ini merupakan kegiatan pengendalian dan peningkatan mutu pada pengadaan bahan baku, proses produksi dan produk yang dihasilkan sesuai standar perusahaan. Berdasarkan penelitian tersebut, proyek *six sigma* dengan metode DMAIC dapat diaplikasikan dalam peningkatan mutu dan kuantitas produksi pada kue *brownies*, khususnya perbaikan proses produksi dengan titik kritis permasalahan (CTQ) pada proses adonan pemanggangan dan pendinginan. Langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk mempertahankan dan meningkatkan mutu produk adalah perusahaan yang memiliki SOP, sistem pencatatan, peningkatan kinerja SDM, pembenahan alat-alat produksi dan tata letak

penempatan mesin dan alat. Selain itu, perusahaan perlu mengetahui kepuasan pelanggan dalam proses pengambilan keputusan pembelian brownies.

Pengaplikasian metode six sigma dengan pendekatan DMAIC juga digunakan oleh Vanany dan Emilasari (2007) untuk menganalisa dan melakukan perbaikan produk *Pocket Clear File* di suatu perusahaan. Alasan pemilihan produk tersebut adalah karena tingginya variabilitas dan cacat dibanding produk lain. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tidak semua rencana perbaikan mampu menurunkan DPMO atau meningkatkan nilai sigma. Hal ini bisa terjadi karena pelaksanaan perbaikan di lapangan tidak berjalan dengan baik atau kurang efektif. Oleh karena itu penting bagi perusahaan melakukan evaluasi secara berkala untuk memastikan langkah pelaksanaan perbaikan di lapangan benar-benar berjalan dengan baik dan mengikuti prosedur yang telah direncanakan.

Rakasiwi (2014) melakukan penelitian pada produk *casing* pompa di PT Zenith Allmart Precisindo, dimana tipe produk *casing* pompa tidak dibedakan. Hasil penelitian didapatkan bahwa level sigma proses produksi *casing* pompa sebesar 3,925. Sedangkan dari 3 tahap proses produksi (*assembly*, *dipping* dan *pouring*) yang menyebabkan cacat dilakukan analisis lebih lanjut pada proses *dippin*. Pada akhir penelitian didapatkan peningkatan level sigma sebesar 0,191 sehingga menjadi 3,878.

Pada kasus yang terjadi di PT. Zenith Allmart Precisindo, dilakukan pengamatan banyaknya produk *reject* yang terjadi. Dengan menggunakan analisis serupa untuk data atribut, digunakan metode *Six Sigma* untuk memberikan saran perbaikan proses kepada perusahaan, sehingga diharapkan jumlah produk *reject* akan berkurang dan level sigma meningkat.

1.2. Rumusan Masalah

Langkah pertama dalam metode DMAIC yaitu *define* salah satu kegiatannya adalah mengidentifikasi permasalahan. Permasalahan yang dijumpai di PT. ZAP ada 2. Permasalahan

yang pertama adalah keadaan dari sistem pengukuran apakah sudah baik atau belum sehingga diperlukan adanya perbaikan atau pelatihan terhadap inspektornya.

Sedangkan permasalahan kedua adalah banyaknya produk *reject* yang dihasilkan. Produk *reject* adalah produk yang cacat namun sudah tidak dapat diperbaiki lagi, sehingga harus dilebur kembali untuk dicetak menjadi produk baru. Perusahaan menetapkan target produk yang *reject* sebesar 2% (Level sigma 3,55) per bulan. Pada bulan Februari 2015 produk yang paling banyak diproduksi adalah *casing* pompa dengan jumlah lebih dari sepertiga total produksi. Namun *reject* yang dihasilkan mencapai 3,2% (Level sigma 3,35) dan untuk tipe X mengalami *reject* paling besar. PT. ZAP mempunyai visi yaitu menjadi perusahaan terbaik dalam memproduksi produk metal yang berkualitas tinggi untuk pasar dalam negeri dan internasional, sehingga persentase *reject* harus dikurangi menjadi dibawah 2% per bulan apabila terdapat produk yang memiliki *reject* yang lebih dari 2%. Banyaknya produk yang *reject* mengakibatkan perusahaan melakukan *rework* produk yang *reject* tersebut. Hal ini tentu saja merupakan pemborosan waktu dan keuangan.

Berdasarkan uraian tersebut maka rumusan permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana keadaan sistem pengukuran di PT Zenith Allmart Precisindo?
2. Bagaimana kapabilitas proses produksi produk *casing* pompa tipe X di PT Zenith Allmart Precisindo?
3. Bagaimana level sigma saat ini pada proses produksi produk *casing* pompa tipe X di PT Zenith Allmart Precisindo?
4. Hal-hal apa saja yang mempengaruhi cacat produk *casing* pompa tipe X?

1.3. Tujuan Penelitian

Pada tahap *define* selanjutnya ditetapkan tujuan. Berdasarkan rumusan permasalahan yang akan diselesaikan, maka tujuan yang diharapkan dengan adanya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui keadaan sistem pengukuran di PT Zenith Allmart Precisindo.
2. Menentukan kapabilitas proses produksi produk *casing* pompa tipe X di PT Zenith Allmart Precisindo.
3. Menentukan level sigma saat ini pada proses produksi Produk *casing* pompa tipe X di PT. Zenith Allmart Precisindo.
4. Menentukan hal-hal yang mempengaruhi cacat produk *casing* pompa tipe X.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perusahaan dapat mengetahui bagaimana kemampuan inspektur dari Departemen *Quality Control* dalam menilai secara visual hasil proses produksi.
2. Perusahaan dapat mengetahui sejauh mana proses produksi telah berjalan dengan baik di dalam batas toleransi yang telah ditentukan sehingga membantu dalam proses pengembangan dan usaha untuk mengurangi variability.
3. Dapat memberikan masukan dalam rangka memperbaiki proses produksi dengan menentukan hal-hal yang mempengaruhi cacat produk *casing* pompa tipe X.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahwa kondisi fisik dan psikis semua QC selama penelitian dianggap sama/homogen, tidak ada pergantian QC, dan jumlah QC tidak berubah.
2. Pembahasan pada penelitian ini dibatasi hanya sampai fase *analyze* saja diarenakan berbagai pertimbangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan data dan penyajian suatu gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna. Statistika deskriptif merupakan agian dari statistika yang berkaitan dengan cara-cara meringkas data, dalam ukuran-ukuran tertentu, berbentuk tabel, diagram, grafik, dan besaran-besaran lain. Statistika deskriptif ini tidak menarik kesimpulan apapun tentang gugus data induknya yang lebih besar

Salah satu ukuran untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dan singkat tentang sekumpulan data. Rata-rata dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah semua data dengan banyaknya data. Rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1).

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan :

μ = rata-rata,

x_i = data ke-i,

n = banyaknya data (Walpole, 1995).

Standard deviasi atau simpangan baku didefinisikan sebagai akar kuadrat dari varians. Rumus untuk standar deviasi atau simpangan baku dari data populasi adalah persamaan (2.2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad (2.2)$$

Sedangkan, rumus untuk standar deviasi dari data sampel menggunakan persamaan (2.3)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

S = standar deviasi,

x_i = data ke-i,

μ = rata-rata,

n = banyaknya data (Walpole, 1995).

2.2. Six Sigma

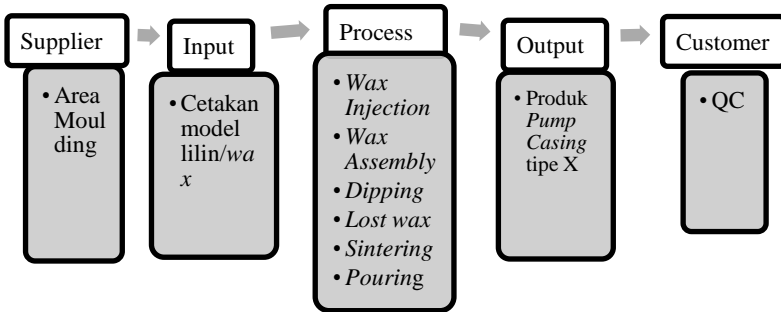
Six Sigma merupakan suatu level dari kinerja proses yang sama dengan memproduksi 3,4 produk cacat untuk setiap 1 juta peluang atau operasi produksi. Istilah ini digunakan untuk mendeskripsikan peningkatan proses menggunakan sigma berdasarkan pengukuran proses dan/atau usaha untuk mencapai kinerja level *Six Sigma*. Nilai sigma mengindikasikan seberapa sering cacat atau sejenisnya terjadi. Saat nilai sigma meningkat, maka biaya turun, *cycle time* turun, dan kepuasan konsumen meningkat (Stamatis, 2002).

Menurut Stamatis (2002), DMAIC adalah model umum metodologi *Six Sigma*. DMAIC merupakan singkatan dari *define, measure, analyze, improve, dan control*.

2.2.1. Define

Pada fase *define* didefinisikan permasalahannya, kemudian mengidentifikasi konsumen dan CTQ (*Critical To Quality*), pemetaan proses, mendefinisikan lingkup penelitian, dan memperbarui *project charter*. CTQ yang digunakan didapatkan dari *voice of customer* (VOC) di tahap *customer* pada *supplier, input, process, output and customer* (SIPOC) *diagram* (Hamza,

2008). Berikut disajikan *SIPOC* diagram pada produksi *casing* pompa tipe X di PT ZAP.



Gambar 2. 1 Diagram SIPOC

QC (Quality Controller) menentukan beberapa CTQ, antara lain berupa bocor, coldshut, inklusi keramik, kurang cairan, patah terbelah, patah tidak kuat, porosity, keramik jatuh, dan salah komposisi kimia.

2.2.2. Measure

Measure merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Kegiatan yang dilakukan pada fase measure yaitu mengidentifikasi pengukuran dan variasi, menentukan tipe data, mengembangkan rencana pengumpulan data dan mengukur kinerja sekarang. Pada tahap pengukuran kinerja sekarang dilakukan measurement system analysis (MSA), mengumpulkan data, membuat capability analysis dan menentukan level sigma proses.

2.2.2.1. Measurement System Analysis

Brook (2004) menjelaskan bahwa MSA merupakan suatu teknik yang dapat membantu mengidentifikasi penyebab *error* dari suatu data. *Measurement system* tidak hanya berupa alat, seperti penggaris atau penghitung waktu, namun juga meliputi orang (karyawan), standar dan prosedur, dan juga pelatihan-pelatihan yang melingkupi proses pengukuran itu sendiri.

Measurement system errors dapat dikategorikan menjadi 2 kategori berbeda, yaitu *bias errors* dan *precision errors*. *Bias errors* adalah tipe *error* konsisten yang tidak meningkatkan variasi yang terlihat pada sebuah pengamatan, tapi hasil pengamatan selanjutnya selalu konsisten tinggi atau rendah. Sedangkan *precision errors* tidak terjadi pada tempat yang sama selamanya, dengan kata lain menambah variasi dalam data. Variasi pada data lebih besar daripada variasi pada prosesnya. *Precision errors* dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *repeatability* dan *reproducibility*. *Repeatability* merupakan variasi yang disebabkan oleh *gauge* (alat ukur) itu sendiri. Sedangkan *reproducibility* merupakan variasi yang disebabkan oleh orang (karyawan) yang berbeda.

Montgomery (2009) menjelaskan bahwa pada kasus dimana nilai pengukurannya merupakan data nominal atau ordinal (data atribut), maka dapat digunakan sistem pengukuran *attribute agreement analysis* untuk menunjukkan sistem pengukuran dapat membedakan produk yang *reject* atau *good*. Pada *attribute agreement analysis*, beberapa *appraiser*/penilai akan diminta untuk memberikan keputusan terhadap kondisi beberapa bagian (*reject* atau *good*) dari suatu produk, dan penilaian tersebut dilakukan berulang-ulang pada 8 produk yang sama. Hasil dari penilaian masing-masing *appraiser* tersebut akan saling dibandingkan (*reproducibility*), kemudian juga dibandingkan dengan penilaiannya sendiri dalam beberapa kali pengulangan tersebut (*repeatability*), apakah konsisten atau tidak (Brook, 2004).

Untuk mengevaluasi kesesuaian beberapa penilaian menurut Fleiss, Lavin dan Paik (2003) dapat menggunakan koefisien dari Kappa (κ). Koefisien ini mengungkapkan sejauh mana jumlah kesepakatan yang diamati antara beberapa *appraiser* dengan jumlah kesesuaian yang diharapkan. Kappa dapat dihitung dengan persamaan (2.4) dan (2.5) berikut.

$$\hat{\kappa}_j = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}(m - x_{ij})}{nm(m-1)\bar{p}_j\bar{q}_j} \quad (2.4)$$

$$\hat{\kappa} = 1 - \frac{nm^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_{ij}^2}{nm(m-1)\sum_{j=1}^k p_j q_j} \quad (2.5)$$

dengan

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} = m \quad (2.6)$$

dimana:

$\hat{\kappa}_j$: *Kappa* untuk kategori j

$\hat{\kappa}$: *Kappa* secara *overall*

x_{ij} : banyaknya penilaian pada titik pengamatan (*subject*) ke- i ($i = 1, \dots, n$) yang dikelompokkan ke dalam kategori ke- j ($j = 1, \dots, k$)

m : banyaknya penilaian tiap titik pengamatan (*subject*)

n : banyaknya titik pengamatan (*subject*)

\bar{p}_j : proporsi banyaknya penilaian secara keseluruhan yang dikelompokkan ke kategori j

\bar{q}_j : proporsi banyaknya penilaian secara keseluruhan yang tidak dikelompokkan ke kategori j

Landis & Koch (1977) menyebutkan klasifikasi untuk nilai *kappa-statistics* yang disajikan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi *Kappa-Statistics*

<i>Kappa-Statistics</i>	<i>Agreement</i>
<0	Tidak ada konsistensi
0,00-0,20	Konsistensi rendah
0,21-0,40	Konsistensi sedang

0,41-0,60	Konsistensi cukup
0,61-0,80	Konsistensi baik
0,81-1,00	Konsistensi sempurna

Jika *kappa-statistics* kurang dari 0,7 maka sistem penilaian perlu perbaikan, dan jika *kappa-statistics* lebih besar daripada 0,9 maka sistem penilaian sudah baik (Fleiss, Levin, & Paik, 2003).

Hipotesis yang digunakan pada *attribute agreement analysis* adalah sebagai berikut.

$H_0: \kappa_j = 0$ (pengelompokan penilaian tidak sesuai)

$H_1: \kappa_j > 0$ (pengelompokan penilaian telah sesuai)

Statistik uji:

$$Z = \frac{\hat{\kappa}_j}{se_0(\hat{\kappa}_j)} = \frac{\hat{\kappa}_j}{\sqrt{\frac{2}{nm(m-1)}}} \quad (2.7)$$

Tolak H_0 jika nilai $Z > Z_\alpha$.

Pada *attribute agreement analysis*, terdapat *assessment agreement* (terdiri dari persentase kesesuaian dan interval kepercayaan) untuk mengetahui seberapa sesuai penilaian pada sistem pengukuran. Rumus menentukan persentase kesesuaian adalah sebagai berikut,

$$\% \text{ kesesuaian} = \frac{100(y)}{n} \quad (2.8)$$

dimana y merupakan jumlah penilaian yang sesuai. Johnson & Kotz (1969), menjelaskan rumus menentukan batas bawah interval kepercayaan dengan $\alpha = 5\%$ adalah sebagai berikut,

$$v_1 = 2(y)$$

$$v_2 = 2(n - y + 1)$$

$$u = F_{0,025;v_1;v_2}$$

$$\text{Batas bawah} = \frac{v_1(u)}{v_2 + v_1(u)} \quad (2.9)$$

Batas atas interval kepercayaan diperoleh dengan persamaan (2.9)

$$\begin{aligned}
 v_3 &= 2(y + 1) \\
 v_4 &= 2(n - y) \\
 w &= F_{0,975;v_3;v_4} \\
 \text{Batas atas} &= \frac{v_3(w)}{v_4 + v_3(w)} \quad (2.10)
 \end{aligned}$$

Jika persentase kesesuaian adalah 100%, maka untuk batas bawah digunakan $u = F_{0,05;v_1;v_2}$ dan batas atas = 1 = 100%.

2.2.2.2. Analisis Kapabilitas

Menurut Bothe (1997), beberapa pengukuran kapabilitas untuk data atribut yaitu menggunakan *Equivalent P_{PK}[%]* dan *ppm_{TOTAL,LT}*. Persamaan (2.11) merupakan rumus untuk menentukan kedua pengukuran kapabilitas tersebut,

$$\text{Equivalent P}_{PK}^{\%} = \frac{\text{Equivalent } Z_{MIN.LT}}{3} \quad (2.11)$$

dengan

$$\text{Equivalent } Z_{MIN.LT} = \text{Equivalent } Z = Z(p') = Z(\bar{p}) \quad (2.12)$$

$$\text{ppm}_{TOTAL,LT} = \bar{p} \times 1.000.000 \quad (2.13)$$

dimana:

p : proporsi produk yang *reject* tiap subgrup

$Z(\bar{p})$: *inverse cumulative distribution function* dari distribusi normal standar dengan nilai probabilitas adalah *mean* proporsi produk yang *reject*.

Semakin kecil nilai *Equivalent P_{PK}[%]* merepresentasikan kondisi yang buruk untuk kapabilitas proses pada data atribut tersebut.

2.2.2.3. Level Sigma Proses

Pada tahap *measure* juga dicari level sigma perusahaan mula-mula. Evans & Lindsay (2007) menjelaskan rumus untuk

menentukan level sigma dan DPMO pada persamaan (2.14) berikut,

$$\text{Level sigma} = Z\left(\frac{1.000.000 - \text{DPMO}}{1.000.000}\right) + 1,5 \quad (2.14)$$

dengan

$$\text{DPMO} = \text{DPO} \times 1.000.000 \quad (2.15)$$

$$\text{DPO} = \frac{\text{jumlah produk reject}}{\text{jumlah produk yang diperiksa} \times \text{DO}} \quad (2.16)$$

dimana:

$Z\left(\frac{1.000.000 - \text{DPMO}}{1.000.000}\right)$: *inverse cumulative distribution function* dari distribusi normal standar dengan nilai probabilitas sebesar $1.000.000 - \text{DPMO} / 1.000.000$.

DPMO : *defect per million opportunities*

DPO : *defect per opportunities*

DO : *defect opportunities*, yaitu kriteria *reject* yang ditetapkan (CTQ)

Jika level sigma sebesar 6 sigma, berarti perusahaan hanya menghasilkan 3,4 produk *reject* dalam 1 juta produk.

2.2.3. Analyze

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Pada fase analyze dilakukan kegiatan pemilihan alat analisis, menerapkan alat analisis dalam bentuk grafik, yaitu dengan Pareto chart dan fishbone diagram, dan mengidentifikasi sumber variance (Stamatis, 2002). Pareto chart adalah plot frekuensi yang cukup penting untuk data kategori/kontekstual dimana frekuensi terbesar berada dalam urutan mulai dari sisi kiri chart (Brook, 2004). Pada situasi dimana penyebab cacat tidak jelas (kadang-kadang), fishbone diagram adalah alat yang paling sering digunakan untuk penyebab potensial yang tidak tampak (Montgomery D. C., 2005)

2.2.3.1. Peta Kendali P

Pada fase *analyze* ini dilihat peta kendali prosesnya. Untuk data produk *reject* maka digunakan peta kendali untuk data

atribut, salah satunya adalah peta kendali p . Pada peta kendali p setiap unit diinspeksi dan diputuskan *conforming* (*good*) atau *nonconforming* (*reject*). Jumlah produk dalam setiap subgrup bervariasi dan persentase produk yang *nonconforming* disebut p . Persentase ini dihitung dari pembagian jumlah produk yang *nonconforming* pada setiap subgrup (np) terhadap ukuran subgrup (n). Garis tengah peta ini disebut \bar{p} , yang merupakan estimasi dari persentase populasi *nonconforming* (p'). Estimasi dari rata-rata proses ditunjukkan pada persamaan (2.17) berikut,

$$p' = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (2.17)$$

dimana:

$(np)_i$: jumlah produk yang *nonconforming* pada subgrup ke- i

n_i : ukuran subgrup ke- i

Jika ukuran subgrup berbeda, maka nilai batas kendali atas dan bawah pada peta p juga berbeda-beda pada tiap subgrup. Persamaan (2.18) dan persamaan (2.19) berikut menjelaskan rumus perhitungan batas kendali pada peta p ,

$$BKB_i = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.18)$$

$$BKA_i = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.19)$$

dimana:

BKB_i : Batas kendali bawah subgrup ke- i

BKA_i : Batas kendali atas subgrup ke- i

Nilai \bar{p} selalu sama pada semua subgrup sebab merupakan estimasi dari proses semua persentase produk *nonconforming* (Bothe, 1997).

2.3. PT. Zenith Allmart Precisindo

PT. Zenith Allmart Precisindo merupakan perusahaan yang memproduksi produk-produk baja yang berlokasi di Jalan Raya Krian – Mojokerto Km. 2,1 No. 168, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

Visi PT. Zenith Allmart Precisindo adalah menjadi yang terbaik dalam memproduksi produk metal yang berkualitas tinggi untuk pasar dalam negeri dan internasional dengan melengkapi kemampuan teknik serta pelayanan yang terbaik kepada pelanggan. Salah satu misinya adalah menjunjung tinggi kualitas produk, pelayanan pelanggan dan pengiriman tepat waktu.

Produk yang diproduksi di pabrik ini meliputi suku cadang otomotif, *casing* pompa, katup dan perabot, sistem daya, pemesinan, arsitektur bangunan, peralatan kesehatan, komponen elektronik, dan produk industri lain yang berkaitan dengan komponen baja. Beberapa CTQ yang ditetapkan perusahaan yang ditemukan pada proses produksi antara lain sebagai berikut:

1. Bocor

Produk yang bocor biasanya disebabkan pembuatan cetakan keramik kurang sempurna, masih ada lubang pada cetakannya, sehingga ketika dilakukan *pouring* (penuangan cairan baja ke dalam cetakan) cairan baja akan keluar dari cetakan melalui lubang-lubang yang ada.

2. Cold shut

Cold shut merupakan jenis CTQ yang terjadi karena suhu saat *pouring* terlalu rendah dan terlalu lama *handling* sebelum *pouring*. *Handling* merupakan kegiatan membawa cetakan keramik dari proses *ceramic sintering* ke area *casting* dengan bantuan alat tertentu. Jika dilihat secara visual, maka produk baja terlihat tidak menyambung pada suatu bagian tertentu, sehingga membuat produk terlihat ada celah memanjang.

3. Inklusi keramik
Cacat ini disebabkan karena pengeringan cetakan keramik yang kurang sempurna.
4. Kurang cairan
Kesalahan operator *pouring* dalam memperkirakan jumlah cairan.
5. Patah terbentur
Patah terbentur merupakan kesalahan operator *pouring* saat *handling*, sehingga cetakan keramik menjadi patah.
6. Patah tidak kuat
Patah tidak kuat terjadi karena desain tangkai yang kurang kuat saat *assembly*.
7. Porosity
Porosity disebabkan oleh suhu *pouring* terlalu tinggi, pembekuan produk setelah *pouring* di area *hotspot* terlalu lama, dan *sintering* keramik kurang lama, sehingga cetakan keramik belum matang, terlihat berlubang.
8. Keramik terjatuh
Cetakan keramik terjatuh merupakan kesalahan operator *pouring* ketika *handling*.
9. Salah komposisi kimia
Cacat jenis ini merupakan kesalahan dalam pemuatan material peleburan.
10. Penetrasi logam
Penetrasi logam terjadi pada proses *dipping*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data

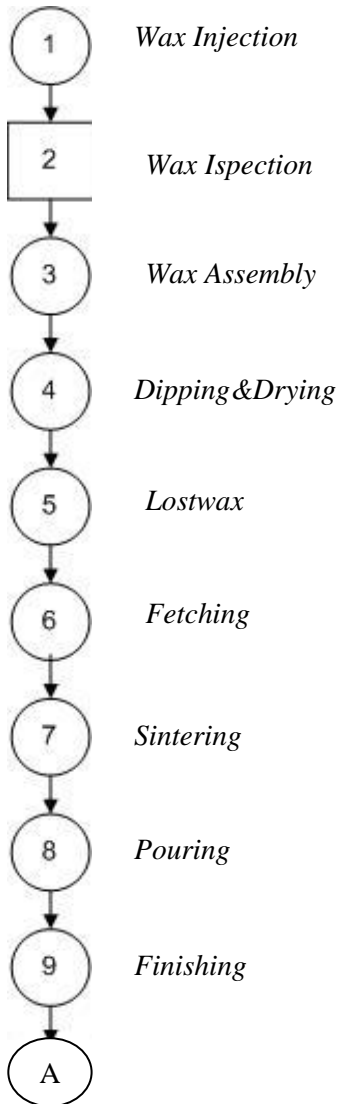
Sumber data yang digunakan pada penelitian ini terdapat 2 kelompok data utama. Seluruh data yang digunakan adalah data sekunder. Data diperoleh di PT ZAP mengenai cacat produk *casing* pompa tipe X. Kelompok data pertama tentang hasil inspeksi visual pada 3 produk *reject* oleh Inspektur QC.

Sedangkan kelompok data kedua tentang jumlah produk *casing* pompa tipe X yang *reject* berdasarkan variabel CTQ yaitu bocor, *coldshut*, inklusi keramik, kurang cairan, patah terbentur, patah tidak kuat, *porosity*, keramik jatuh, salah komposisi kimia, dan penetrasi logam oleh QC pada bulan Maret dan April 2015 dengan subgrup adalah hari dan data yang digunakan merupakan adalah total dari produksi pada hari tersebut. Total hari produksi pada 2 bulan tersebut adalah 50 hari sehingga jumlah subgrup yang ada adalah 50.

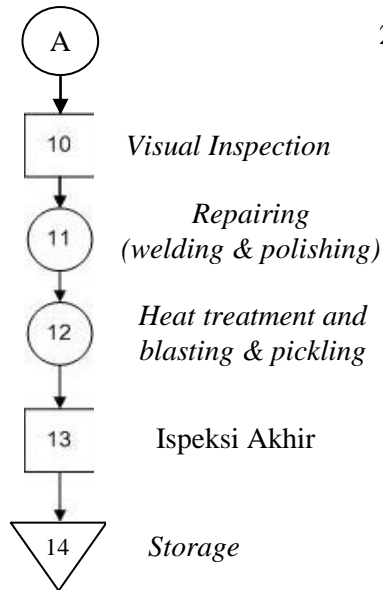
3.2. Peta Proses Operasi

Peta proses produksi merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan-bahan baku mengenai urutan-urutan operasi dan pemeriksaan dari tahap awal sampai menjadi produk jadi atau komponen, dan memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk menganalisis lebih lanjut seperti waktu, material, tempat, alat, dan mesin yang digunakan. Berikut pada Gambar 3. 2 merupakan peta proses produksi produk *casing pump* tipe x di PT ZAP.

Fokus penelitian ini adalah pada area produksi yang menghasilkan cacat yaitu pada proses produksi yaitu area *wax assembly* (proses nomor 2), area *dipping & drying* (proses nomor 3) dan juga pada area *pouring* (proses nomor 7). Inspeksi secara visual dilakukan pada proses nomor 10.



Gambar 3. 1 Peta Proses Operasi



Gambar 3. 2 Lajutan Peta Proses Operasi

3.3. Variabel Penelitian

Langkah kedua dari metode DMAIC adalah *measure*. Pada tahap tersebut salah satu kegiatan yang dilakukan adalah pengukuran terhadap variabel yang diteliti. Variabel yang diteliti adalah data atribut hasil inspeksi mengenai jenis-jenis cacat yang telah dijelaskan di bab sebelumnya mengenai produk *casing* pompa tipe X di PT ZAP. Data ini dianalisis dengan *measurement system analysis* data atribut, yaitu *attribute agreement analysis*. Tabel 3.1 merupakan struktur data yang digunakan.

Pada tabel 3.1, x_{ijkl} merupakan hasil pengamatan visual yang telah dikoding (0=*reject* dan 1=*good*) terhadap produk *casing* pompa ke- i ($i = 1, 2, 3$), pada titik pengamatan ke- j ($j = 1, 2, \dots, 10$), perulangan ke- k ($k = 1, 2, 3$) oleh inspektor QC ke- l ($l = 1, 2, 3, 4$). Setiap inspektor QC melakukan pengamatan pada waktu yang berbeda untuk setiap kali *trial* dan setiap kali *trial* masing-masing inspektor QC akan disediakan lembar

jawaban yang baru. Dengan demikian setiap inspektor QC tidak tahu hasil inspeksi yang dilakukan oleh inspektor QC lain dan hasil inspeksi yang dilakukannya pada *trial* sebelumnya. Misalkan x_{numr} dapat dikatakan bahwa x tersebut adalah penilaian sampel ke- n di titik pengamatan ke- u pada percobaan ke- m oleh inspektor QC ke- r .

Tabel 3.1 Struktur data *attribute agreement analysis*

Sam- pel (i)	Titik pengamatan (j)	Inspektor 1			...	Inspektor 3		
		<i>Trial</i> 1	<i>Trial</i> 2	<i>Trial</i> 3	...	<i>Trial</i> 1	<i>Trial</i> 2	<i>Trial</i> 3
1	1	x_{1111}	x_{1121}	x_{1131}	...	x_{1113}	x_{1123}	x_{1133}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	10	x_{1u11}	x_{1u21}	x_{1u31}	...	x_{1u13}	x_{1u23}	x_{1u33}
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	
3	1	x_{3111}	x_{3121}	x_{3131}	...	x_{3113}	x_{3123}	x_{3133}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	10	x_{3u11}	x_{3u21}	x_{3u31}	...	x_{3u13}	x_{3u23}	x_{3u33}

Pada data tersebut digunakan 3 inspektor QC yang merupakan petugas yang menetapkan *defect* terhadap produk yang tidak sesuai spesifikasi di PT ZAP. Untuk pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali. Sedangkan untuk titik pengamatan terdapat 10 titik pada tiap prodak. Sehingga apabila digunakan 3 prodak menghasilkan total 30 titik pengamatan tiap inspektor QC pada tiap pengulangannya.

Pengamatan kedua adalah pengamatan data atribut tentang banyaknya produk *reject* berdasarkan CTQ pada produk *casing* pompa, antara lain jenis cacat yang berupa bocor (b), *coldshut*(c), inklusi keramik (i), kurang cairan (kc), patah terbentur (pt), patah tidak kuat (pk), *porosity*(po), keramik jatuh (kj), salah komposisi kimia (kk), dan penetrasi logam (pl). Tabel 3.2 berikut menunjukkan struktur data dari data atribut *casing* pompa yang *reject* berdasarkan variabel CTQ. Data pada tabel 3.2 digunakan untuk analisis dengan diagram Pareto.

Tabel 3.2 Struktur data atribut *casing* pompa yang *reject* berdasarkan variabel CTQ.

Sub - gru p	Jenis cacat									
	b_i	c_i	i_i	kc_i	pt_i	pk_i	po_i	kj_i	kk_i	pl_i
1	b_1	c_1	i_1	kc_1	pt_1	pk_1	po_1	kj_1	kk_1	pl_1
2	b_2	c_2	i_2	kc_2	pt_2	pk_2	po_2	kj_2	kk_2	pl_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	b_n	c_n	i_n	kc_n	pt_n	pk_n	po_n	kj_n	kk_n	pl_n
Tot al	$\sum_{i=1}^n b_i$	$\sum_{i=1}^n c_i$	$\sum_{i=1}^n i_i$	$\sum_{i=1}^n kc_i$	$\sum_{i=1}^n pt_i$	$\sum_{i=1}^n pk_i$	$\sum_{i=1}^n po_i$	$\sum_{i=1}^n kj_i$	$\sum_{i=1}^n kk_i$	$\sum_{i=1}^n pl_i$

Jenis cacat tersebut berasal dari 3 area produksi yaitu *assembly*, *dipping* dan *pouring*. Berikut pembagian jenis cacat berdasarkan area produksi.

Tabel 3.3 Pembagian Jenis Cacat Berdasarkan Area Produksi

Area Produksi	Jenis Cacat
Asembly	Patah Tidak Kuat
Dipping	Bocor, Inklusi Keramik, Penetrasi Logam
Pouring	Coldshut, Kurang cairan, Patah terbentur, Porosity, Keramik jatuh, Salah komposisi kimia

Dari data 3.2 kemudian dipilih yang selanjutnya merupakan data yang akan digunakan pada pembuatan peta kendali. Pemilihan data berdasarkan pada area produksi yang memiliki nilai pada analisis kapabilitas dan analisis sigma proses terendah.

Tabel 3.4 berikut ini merupakan struktur data untuk peta kendali p berdasarkan proporsi *reject* dari sedikitnya 70% jenis cacat terbanyak dari area produksi yang telah dipilih. Dengan demikian untuk analisis selanjutnya setelah didapatkan hasil analisis diagram Pareto, maka proporsi *reject* yang digunakan hanya dari beberapa jenis cacat yang jumlahnya 70% dari total produk *casing* pompa yang *reject*.

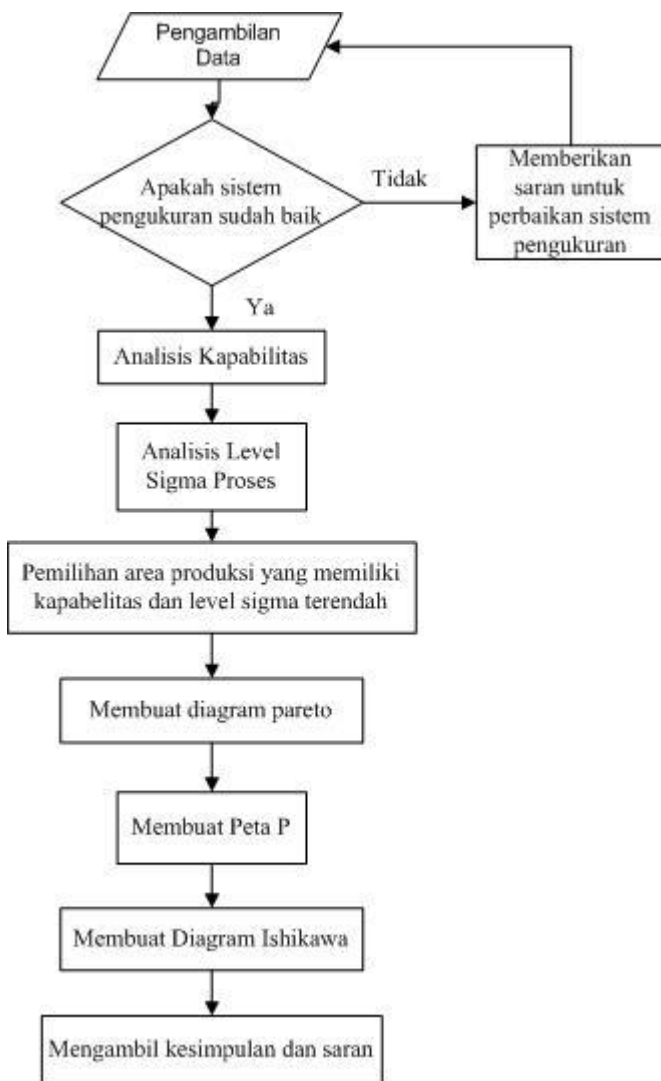
Tabel 3.4 Struktur data atribut *casing* pompa yang *reject* berdasarkan 70% variabel CTQ terbanyak

Subgrup	Total produksi (n_i)	Total <i>reject</i> (np_i)	Proporsi <i>reject</i> (p_i)
1	n_1	np_1	p_1
2	n_2	np_2	p_2
⋮	⋮	⋮	⋮
m	n_m	np_m	p_m

3.4. Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian yang telah disebutkan adalah sebagai berikut.

1. Melakukan analisis *Six Sigma* dengan metode DMA. Untuk tahap *define* dan *measure* telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya sehingga selanjutnya dijelaskan untuk fase DMAIC selanjutnya yaitu *Analyse*.
2. *Analyse* yaitu melakukan *capability analysis*, menentukan level sigma proses, analisis menggunakan peta kendali p serta mencari penyebab kecacatan dengan menggunakan diagram Pareto serta *fishbone* untuk mengetahui akar permasalahan.
3. Menarik kesimpulan.
Kesimpulan yang dibuat diharapkan bisa menjawab rumusan permasalahan penelitian yang sudah disebutkan sebelumnya



Gambar 3. 3 Diagram Alir Langkah Analisis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Six Sigma

Pada analisis *Six Sigma* digunakan metode DMAIC agar dapat dihasilkan saran/rekomendasi perbaikan proses produksi. Pada akhir penelitian diharapkan jumlah produk *reject* akan berkurang. Fase-fase pada metode DMAIC adalah *define, measure, analyze, improve, dan control*.

4.1.1. Define

Define merupakan langkah pertama dalam proses metode DMAIC. Pada fase ini dilakukan pembuatan *project charter*, membuat peta proses, dan menentukan CTQ. Pada Tabel 4. 1 disajikan *project charter* mengenai *six sigma* yang akan dilakukan.

Tabel 4. 1 *Project Charter*

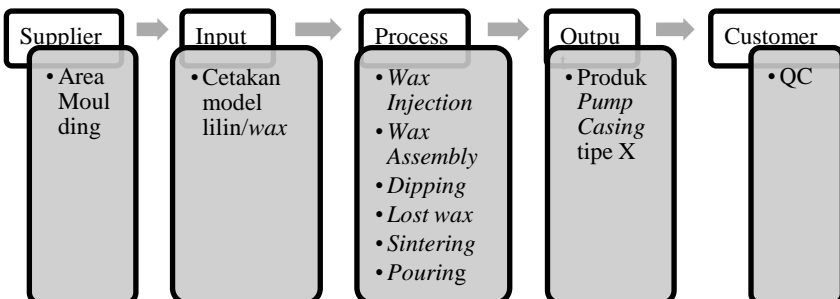
Institusi : Jurusan Statistika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	Nama Penelitian : Analisis Six Sigma Pada Produk Casing pompa Tipe X di PT. Zenith Allmart Precisindo Sebagai metode perbaikan Kualitas Produk
Mulai Penelitian : Februari 2015	Peneliti : Nanda Praba Pramudita
Selesai Penelitian : Juni 2015	Inspektur : Diksa Christyan H.A.
	Pembimbing : Drs. Haryono, M.Sc
Permasalahan : Pada bulan Februari 2015 produk <i>casing</i> pompa tipe x mengalami <i>reject</i> yang cukup besar yaitu 3,2%. Padahal perusahaan menetapkan target mak-simal <i>reject</i> produk <i>casing</i> pompa tipe x adalah 2% perbulan. Hal ini mengindikasikan adanya <i>gap</i> sebesar 1,3%.	

Tujuan dan Lingkup Penelitian :

Tujuan Penelitian ini adalah untuk menghitung kapabilitas dan level sigma produksi *casing* pompa tipe x. Kemudian menentukan area mana yang perlu dianalisis lebih lanjut. Kemudian menentukan jenis *defect* yang paling banyak pada area tersebut sehingga nantinya akan diketahui apa saja penyebab jenis *defecti* tersebut. Lingkup penelitian ini adalah pada kualitas produk, dan tidak menghitung biaya produksi.

Setelah proses pembuatan *project charter* maka selanjutnya dilakukan pembuatan peta proses produksi dari produk *casing* pompa tipe x di PT. Zenith Allmart Precisindo. Untuk peta proses produksi telah disajikan pada Gambar 3. 2 di pembahasan sebelumnya..

Langkah selanjutnya adalah menentukan CTQ. CTQ yang digunakan didapatkan dari VOC *customer* pada SIPOC *diagram*. Gambar 4. 1 berikut ini merupakan SIPOC *diagram* pada produksi *casing* pompa tipe x di PT. ZAP. Beberapa contoh VOC pada produk adalah *performance, features, conformance, timelines, reliability, serviceability, durability, aesthetics, reputation, dan completeness*.



Gambar 4. 1 SIPOC diagram Proses produksi

Penelitian ini fokus pada VOC *performance*. QC menentukan beberapa CTQ yang berhubungan dengan *performance*, antara lain berupa bocor, *coldshut*, inklusi keramik,

kurang cairan, patah terbentur, patah tidak kuat, *porosity*, keramik jatuh, salah komposisi kimia, dan penetrasi logam.

4.1.2. Measure

Pada metode DMAIC setelah melakukan fase *define* maka dilanjutkan dengan fase *measure*. Pada fase ini dilakukan *Measurement System Analysis* (MSA) serta analisis kapabilitas (*capability analysis*) dan analisis sigma proses (*process sigma analysis*).

4.1.2.1. Measurement System Analysis (MSA)

Data yang digunakan merupakan data atribut, oleh karena itu digunakan MSA untuk data atribut yaitu *attribute agreement analysis*. *Attribute agreement analysis* digunakan untuk mengukur *repeatability* dan *reproducibility* dari inspektor QC dalam melakukan inspeksi visual produk *casing* pompa tipe x termasuk ke dalam *reject* atau tidak. Apabila nilai *attribute agreement analysis* sudah bagus maka dengan demikian pengambilan data inspeksi visual untuk langkah selanjutnya dijamin valid.

Pada tahapan *attribute agreement analysis* terdapat 3 orang inspektor QC yaitu Basuki, Suwito dan Tantowi yang diminta melakukan inspeksi visual 3 buah produk *casing* pompa tipe x dimana tiap produk ada 10 titik pengamatan. Sehingga total terdapat 30 titik pengamatan. Inspeksi visual dilakukan secara bergantian dan dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Penilaian yang diberikan pada tiap titik pengamatan adalah dengan *good* (0) atau *reject* (1). Padamasing-masing pengulangan, ketiga produk *casing* pompa tipe x telah diacak oleh inspektor, sehingga QC tidak mengetahuinya. Inspektor perusahaan juga telah menyiapkan kunci jawaban (*known standard*) untuk setiap titik pengamatan.

Hasil *attribute agreement analysis* yang diperoleh disajikan menjadi 2 bagian, yaitu *Within Appraiser* dan *Between Appraisers*. Pada bagian *within appraiser* adalah hasil yang

didapatkan dari pengulangan sebanyak 3 kali tiap inspektor QC terhadap inspeksi visual. *Repeatability* sistem pengukuran diukur menggunakan hasil dari *within appraiser* ini.

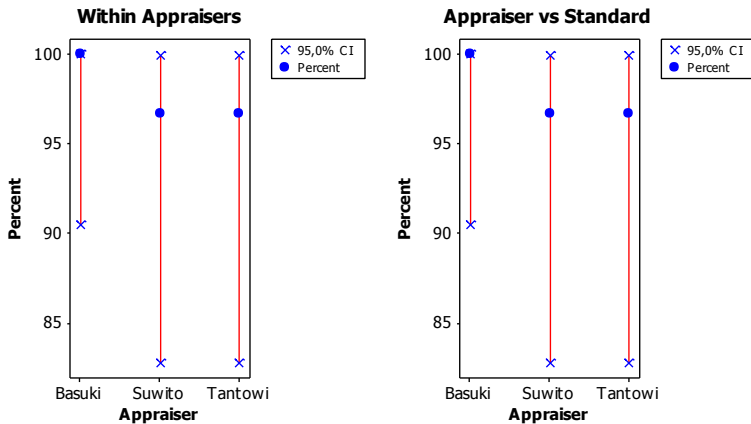
Pertama dihitung bagian *within appraiser* . Menggunakan persamaan (2.8), (2.9) dan (2.10) dengan data inspeksi visual pada Lampiran 1 atau bisa juga menggunakan *software* minitab 16 dengan *output* pada lampiran 6. Dari *output* tersebut kemudian diringkas dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Hasil *attribute agreement analysis* bagian *within appraiser* (*Assesmnt Agreement*)

Nama Inspektor QC	Titik pengamatan yang diinspeksi	Cocok dengan pengulangan lainnya	Persentase sesuai	Interval Kepercayaan 95%
Basuki	30	30	100	(90,5;100)
Suwito	30	29	96,67	(82,78;99;92)
Tantowi	30	29	96,67	(82,78;99;92)

Pada tabel Tabel 4. 2 diketahui tingkat kesesuaian ketiga inspektor sudah sangat baik. Untuk inspektor basuki mampu mencapai tingkat kesesuaian yang sempurna. Sedangkan untuk inspektor lainnya memiliki nilai yang sama yaitu 96,67% atau hanya terdapat 1 ketidaksesuaian dari 30 titik pengamatan yang diinspeksi. Hasil *within appraiser* pada Tabel 4. 2 tersebut memiliki nilai yang sama dengan hasil *appraiser vs standard*. Pada hasil *appraiser vs standard* adalah hasil inspeksi visual ketiga inspektor QC dari 3 kali perulangan tersebut dibandingkan dengan kunci jawaban (*known standard*) yang ditentukan oleh inspektor perusahaan.

Pada hasil *assessment agreement* terdapat juga grafik, yaitu grafik *within appraiser* sesuai hasil yang telah disajikan sebelumnya dan grafik *appraiser vs standard*.



Gambar 4. 2 Grafik hasil within appraiser (Assesmnt Agreement)

Pada Gambar 4. 2 dapat dibandingkan hasil antara *within appraiser* dengan hasil *appraiser vs standard*. Hasil dari keduanya memiliki nilai yang sama dilihat dari grafik tersebut. Artinya penilaian inspektor QC pada saat inspeksi visual memiliki kesesuaian yang sangat baik dengan jawaban yang seharusnya atau kunci jawaban (*known standard*). Basuki memiliki kesesuaian yang sempurna (100%) sedangkan yang lainnya hanya melakukan 1 ketidaksesuaian dalam 30 titik pengamatan (96,67%).

Menggunakan persamaan (2.4) sampai dengan persamaan (2.7) dengan data inspeksi visual pada Lampiran 1 atau bisa juga menggunakan *software* minitab 16 dengan *output* pada lampiran 6. Dari *output* tersebut kemudian diringkas dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Hasil *attribute agreement analysis* bagian *within appraiser* (*Fleiss Kappa Statistics*)

Inspektur QC	Respon	$\hat{\kappa}$	Standard Error $\hat{\kappa}$	Z	$\hat{\kappa}$
Basuki	0	1	0,105	9,49	1
	1	1	0,105	9,49	
Suwito	0	0,98	0,105	9,25	0,98
	1	0,98	0,105	9,25	
Tantowi	0	0,95	0,105	8,99	0,95
	1	0,95	0,105	8,99	

Dari Tabel 4. 3 dapat diketahui bahwa Basuki mendapatkan nilai *kappa* sebesar 1,00 untuk masing-masing respon 0 (*good*) dan respon 1 (*reject*). Nilai tersebut menunjukkan bahwa untuk basuki memiliki konsistensi sempurna dan sudah memiliki sistem penilaian yang baik. Begitu juga dengan inspektur QC yang lainnya walaupun nilai *kappa* yang diperoleh lebih rendah dari milik Basuki namun masih di atas 0,9 sehingga bisa dikategorikan konsistensi sempurna dan telah memiliki sistem penilaian yang baik.

Jika dilihat nilai *Kappa* secara *overall* ($\hat{\kappa}$) untuk masing-masing inspektur QC, terlihat bahwa nilai $\hat{\kappa}$ lebih dari 0,9, sehingga sistem pengukuran sudah konsisten sempurna dan sudah baik. Dengan demikian, semua inspektur QC tidak perlu mendapatkan pelatihan terkait inspeksi visual produk untuk meningkatkan *repeatability* inspektur QC.

Selain dilihat nilai *Kappa*, juga dilihat nilai Z. Misalkan untuk Basuki respon 0, hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0 : \kappa_0 = 0$ (Pengelompokan hasil inspeksi Basuki untuk respon 0 (*good*) setiap kali pengulangan tidak sesuai)

$H_1 : \kappa_0 > 0$ (Pengelompokan hasil inspeksi Basuki untuk respon 0 (*good*) setiap kali pengulangan telah sesuai)

Statistik Uji :

$$Z_0 = \frac{\hat{\kappa}_0}{se_0(\hat{\kappa}_0)} = \frac{\hat{\kappa}_0}{\sqrt{\frac{2}{nm(m-1)}}} = \frac{1}{0,105} = 9,49$$

Nilai $Z = 9,49 > Z_{0,05} = 1,65$ maka tolak H_0 , jadi pengelompokan hasil inspeksi Basuki untuk respon 0 (*good*) setiap kali pengulangan telah sesuai. Analisis serupa juga untuk QC lain dengan respon masing-masing. Pada Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa tolak H_0 , pengelompokan hasil inspeksi masing-masing respon pada setiap kali pengulangan yang dilakukan oleh masing-masing inspektor QC telah sesuai. Hasil ini juga menunjukkan bahwa *repeatability* sistem pengukuran sudah bagus.

Selanjutnya akan dibahas hasil *between appraisers*. Pada bagian *between appraisers* ini hasil inspeksi dari inspektor QC akan dibandingkan dengan hasil inspeksi dari inspektor QC lainnya. pada bagian inilah akan diukur *reproducibility* sistem pengukuran. Menggunakan persamaan (2.8), (2.9) dan (2.10) dengan data inspeksi visual pada Lampiran 1 atau bisa juga menggunakan *software* minitab 16 dengan *output* pada lampiran 6. Dari *output* tersebut kemudian diringkas dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Hasil *attribute agreement analysis* bagian *between appraiser* (*Assessment Agreement*)

Titik Pengamatan yang Diinspeksi	Cocok dengan pengamatan Inspektor QC lainnya	Persentase Kesesuaian	Interval kepercayaan 95%
30	28	93,33	(77,93;99,18)

Pada Tabel 4. 4 diketahui bahwa dari 30 titik pengamatan yang diinspeksi oleh semua inspektor QC terdapat 28 titik pengamatan (93,33%) yang dinilai dengan nilai yang sama oleh setiap inspektor QC. Jadi hanya ada 2 titik pengamatan yang terdapat perbedaan nilai dari masing-masing inspektor QC.

Menggunakan persamaan (2.4) sampai dengan persamaan (2.7) dengan data inspeksi visual pada Lampiran 1 atau bisa juga menggunakan *software* minitab 16 dengan *output* pada lampiran 6. Dari *output* tersebut kemudian diringkas dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Hasil *attribute agreement analysis* bagian *between appraiser* (*Fleiss Kappa Statistics*)

Respon	$\hat{\kappa}$	Standard Error $\hat{\kappa}$	Z
0	0,9539	0,0304	31,35
1	0,9539	0,0304	31,35

Pada Tabel 4. 5 menunjukkan bahwa nilai *kappa* untuk respon 1 dan 0 masing-masing sebesar 0,9539. Nilai *kappa* tersebut menandakan bahwa konsistensi penilaian dan sistem penilaian sudah baik. Sehingga semua inspektor QC tidak perlu mendapatkan pelatihan untuk meningkatkan keseragaman hasil inspeksi atau biasa disebut *reproducibility*.

Kesimpulan yang diperoleh selain dilihat dari nilai *kappa*, juga bisa melalui nilai statistik uji Z. Misal untuk respon 0, hipotesisnya sebagai berikut.

$H_0 : \kappa_0 = 0$ (Pengelompokan hasil inspeksi untuk respon 0 (*good*) oleh semua tidak sesuai)

$H_1 : \kappa_0 > 0$ (Pengelompokan hasil inspeksi untuk respon 0 (*good*) oleh semua telah sesuai)

Statistik Uji :

$$Z_0 = \frac{\hat{\kappa}_0}{se_0(\hat{\kappa}_0)} = \frac{\hat{\kappa}_0}{\sqrt{\frac{2}{nm(m-1)}}} = \frac{0,9539}{0,0304} = 31,35$$

Nilai $Z = 31,35 > Z_{0,05} = 1,65$ maka tolak H_0 , jadi pengelompokan hasil inspeksi untuk respon 0 (*good*) oleh semua inspektor QC telah sesuai. Analisis serupa juga untuk respon 1 (*reject*). Maka dapat disimpulkan bahwa pengelompokan hasil inspeksi yang dilakukan oleh semua QC telah sesuai. Hal ini juga menunjukkan *reproducibility* sistem pengukuran sudah bagus.

Berdasarkan kedua hasil analisis dengan *attribute agreement analysis*, diketahui bahwa *repeatability* dan *reproducibility* sistem pengukuran secara inspeksi visual di PT ZAP telah baik. Seluruh Inspektor QC telah mampu untuk menilai dengan baik. Maka dari itu data yang dihasilkan merupakan data yang valid.

4.1.2.2. Analisis Kapabilitas dan Sigma Proses Produksi

Pada tahap ini proses produksi dipisahkan menjadi 3 area proses produksi yaitu proses *assembly* (perakitan), proses *dipping* (pelapisan cetakan lilin dengan pasir keramik) dan proses *pouring* (proses penuangan cairan baja ke dalam cetakan keramik). Pada area-area tersebut merupakan area yang sering ditemukan produk *reject*.

Pada tiap area jelas memiliki jenis *defect* tersendiri sehingga dari 10 jenis *defect* yang digunakan dipisahkan ke dalam area-area tadi berdasarkan tempat terjadinya jenis *defect*. Pada area *assembly* hanya terdapat 1 jenis *defect* yaitu patah tidak kuat. Pada area *dipping* terdapat 3 jenis *defect* yaitu bocor, inklusi keramik dan penetrasi logam. Sedangkan pada area *pouring* terdapat cukup banyak *defect* yaitu *coldshud*, kurang cairan, patah terbentur, *porosity*, keramik terjatuh dan salah komposisi kimia. Menggunakan persamaan (2.11), (2.12) dan (2.13) dengan data pada Lampiran 5 maka didapatkan nilai kapabilitas proses dan berikut disajikan hasil analisis kapabilitas proses produksi *casing* pompa tipe x.

Tabel 4. 6 Analisis Kapabilitas Proses Produksi *Casing* Pompa tipe x

Area Proses	\bar{p}	Equivalent $P_{PK}^{\%}$	$ppm_{TOTAL,LT}$
<i>Assembly</i>	0,008826	0,79095	8825,88
<i>Dipping</i>	0,155403	0,33784	155403,99
<i>Pouring</i>	0,047882	0,55525	47881,74
<i>Overall</i>	0,212110	0,26637	212110,62

Pada Tabel 4. 6 bisa diketahui seberapa kapabilitas proses produksi dengan nilai dari *Equivalent $P_{PK}^{\%}$* dan *$ppm_{TOTAL,LT}$* . Secara keseluruhan (*Overall*) proses produksi *casing* pompa tipe x memiliki kapabilitas yang rendah karena nilai *Equivalent $P_{PK}^{\%}$* hanya 0,26637 dan *$ppm_{TOTAL,LT}$* sebesar 212110,62. Area yang paling kapabel adalah area proses *Assembly* dengan nilai *Equivalent $P_{PK}^{\%}$* sebesar 0,79095. Hal ini berarti pada proses

Assembly menyebabkan paling sedikit cacat dibandingkan dengan area lain.

Selain dilihat tentang analisis kapabilitas proses produksi juga selanjutnya dianalisis untuk menentukan level sigma pada masing-masing area dan juga secara keseluruhan. Menggunakan persamaan(2.14), (2.15) dan (2.16) dengan data pada Lampiran 5 maka didapatkan nilai level sigma dan berikut adalah penjabaran mengenai level sigma dari proses produksi *casing* pompa tipe x.

Tabel 4. 7 Analisis Sigma Proses Produksi *Casing* Pompa tipe x

Area Proses	DO	DPO	DPMO	Level Sigma
<i>Assembly</i>	1	0,00642	6417,26	3,98833
<i>Dipping</i>	3	0,03973	39732,39	3,25380
<i>Pouring</i>	6	0,00514	5142,91	4,06607
<i>Overall</i>	10	0,01565	15647,19	3,65331

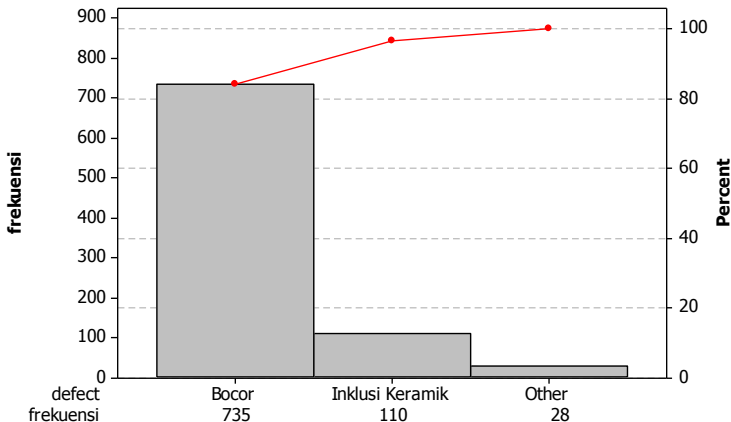
Dari Tabel 4. 7 Level sigma terbesar diperoleh pada area *pouring* dengan level sigma mencapai 4,06607 yang berarti dari satu juta produk yang diproduksi hanya ditemukan 5142 produk *reject*. Sedangkan secara keseluruhan proses produksi *casing* pompa tipe x mendapatkan level sigma sebesar 3,65331. Hal tersebut berarti dari satu juta proses produksi hanya ditemukan *reject* sebanyak 15647 buah. Sedangkan untuk proses dengan level sigma terendah adalah pada area *dipping* dengan level sigma hanya 3,25. Sehingga jumlah ditemukannya produk *reject* adalah sebanyak 39732 dari satu juta produk. Oleh karena itu maka selanjutnya pembahasan akan lebih difokuskan untuk area *dipping* karena memiliki level sigma terendah diantara area produksi yang diamati.

4.1.3. Analyze

Langkah selanjutnya dari metode DMAIC adalah *analyze*. Pada langkah ini dilakukan beberapa analisis untuk menentukan penyebab banyaknya produk *casing* pompa tipe x yang *reject*. Alat statistik yang digunakan adalah diagram pareto, diagram ishikawa (diagram tulang ikan/*fishbone*), peta kendali *p*.

4.1.3.1. Diagram Pareto Proses Dipping

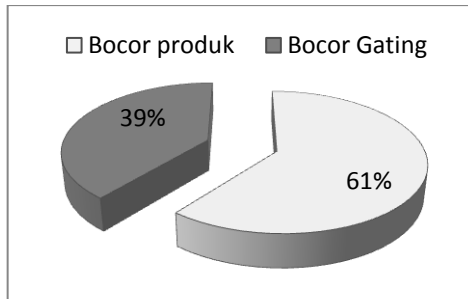
Ada 3 jenis *defect* pada area proses *dipping* yaitu bocor, inklusi keramik dan penetrasi logam. Menggunakan data pada Lampiran 3 dengan *software* minitab 16 didapatkan output diagram pareto dari proses di area *dipping* sebagai berikut.



Gambar 4. 3 Diagram Pareto Jenis Defect pada Area Dipping

Dapat dilihat pada Gambar 4. 3 bahwa sebagian besar *reject* pada area *dipping* disebabkan oleh *defect* jenis bocor dengan jumlah 735. Jumlah tersebut setara 84,2% dari keseluruhan jumlah *defect* yang ditemukan di area *dipping*. Melihat diagram pareto tersebut selanjutnya pembahasan akan lebih memfokuskan pada jenis *defect* bocor pada proses *dipping*.

Pada *defect* bocor terdapat 2 jenis lagi yaitu bocor produk dan bocor *gating*. Berikut adalah perbandingan jumlah kedua jenis bocor tersebut.



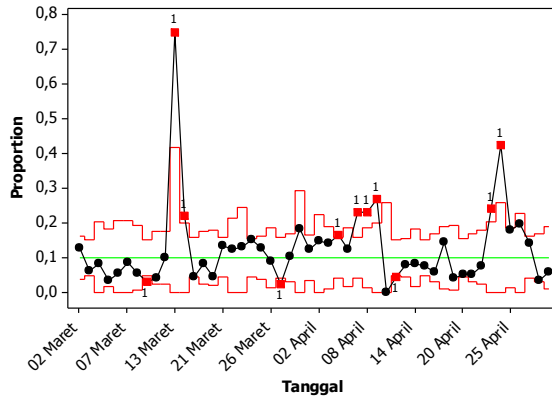
Gambar 4. 4 Pie Chart jenis bocor

Bocor produk adalah bocor yang terjadi pada cetakan keramik bagian produk. Sedangkan bocor *gating* adalah bocor yang terdapat pada bagian selain produk yaitu bagian tangkai dan saluran masuk cairan. Jumlah bocor produk mencapai 447 (61%) sedangkan untuk bocor *gating* sebesar 288 (39%). Jumlah bocor produk yang mencapai 1,5 kali lipat dari bocor *gating*.

4.1.3.2. Peta kendali P

Pada tahap berikutnya dilakukan pembuatan peta kendali *p* dari jenis *defect* bocor pada proses produksi area *dipping*. Pada peta kendali *p* ini terdapat 31 subgrup. Subgrup yang digunakan adalah hari produksi. Sehingga terdapat 31 hari produksi yang digunakan dalam pembuatan peta kendali *p* ini.

Menggunakan persamaan (2.17), (2.18) dan (2.19) untuk data pada Lampiran 5 dan Lampiran 2 yang merupakan data jumlah cacat bocor dengan jumlah produksi dalam satu hari merupakan ukuran subgrup. Dapat juga digunakan *software* minitab 16 untuk melakukan pengolahan data dengan hasil *output* berupa peta kendali *p* yang kemudian dilakukan penyesuaian dan disajikan pada Gambar 4.5. Gambar 4.6 menggunakan persamaan yang sama dengan Gambar 4.5 hanya saja jumlah data yang digunakan dikurangi yaitu dengan menghilangkan data-data yang *out of control*.



Tests performed with unequal sample sizes

Gambar 4. 5 Peta Kendali P Jenis Defect Bocor Belum Terkendali

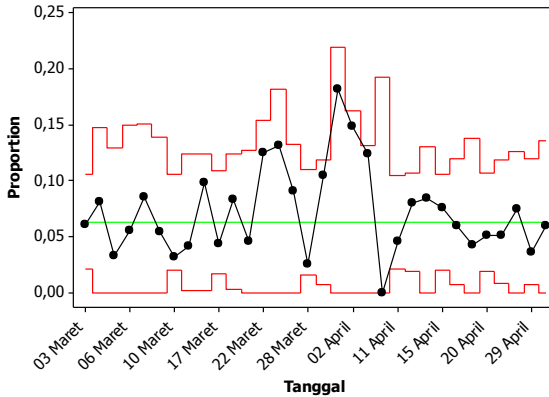
Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa peta kendali masih belum terkendali dengan rata-rata proporsi terdapat *defect* sebesar 0,1004. Ada titik yang berada di atas batas kendali atas dan diantaranya terdapat 2 titik yang sangat berbeda dari yang lain. Titik tersebut memiliki nilai yang sangat tinggi yaitu 0,75 pada tanggal 13 Maret dan 0,424 pada 24 April.

Pada tanggal 13 Maret besarnya proporsi ditemukannya *defect* bocor disebabkan oleh Tim A yang belum baik dalam membuat cetakan sehingga dari 8 cetakan keramik yang dibuat terjadi kebocoran pada 6 cetakan keramik. Pada tanggal 13 Maret tersebut produksi dalam sehari hanya 8 buah dan semuanya diproduksi oleh Tim A.

Pada tanggal 24 April masing-masing tim memproduksi barang yang kurang memenuhi spesifikasi sehingga terjadi kebocoran. Pada tanggal tersebut dari Tim A terdapat 15 cetakan keramik yang bocor dari produksi 23 cetakan. Sedangkan Tim B terdapat 4 cetakan yang bocor dari 10 cetakan yang dibuat.

Pada Gambar 4. 5 terlihat proporsi cacat produk tersebut sebesar 0,1004. Selanjutnya titik yang *out of control* dikeluarkan sehingga akan didapatkan peta kendali baru. Diketahui juga ada 8 titik yang *out of control* dan perlu dikeluarkan. Namun dalam pembuatan peta kendali yang baru setelah titik

tersebut dikeluarkan menghasilkan titik *out of control* yang baru. Hal tersebut dilakukan beberapa kali sehingga akhirnya didapatkan peta kendali yang tidak terdapat titik *out of control*.



Tests performed with unequal sample sizes

Gambar 4. 6 Peta Kendali P Jenis Defect Bocor Sudah Terkendali

Pada Gambar 4. 6 tersebut merupakan hasil dari dikeluarkannya sebagian titik pengamatan dimana titik pengamatan yang dikeluarkan tersebut berada di luar batas yang telah ditentukan. Pada peta kendali tersebut terdapat 32 titik pengamatan yang telah *in control* dari awalnya sejumlah 50 titik pengamatan. Berarti ada 18 titik yang *out of control*. Namun tidak semua 18 titik tersebut *out of control* pada awalnya. Awalnya hanya ada 8 titik namun pada langkah pembuangan titik pengamatan tersebut menimbulkan titik pengamatan yang *out of control* yang baru. Hal tersebut terjadi hingga beberapa kali.

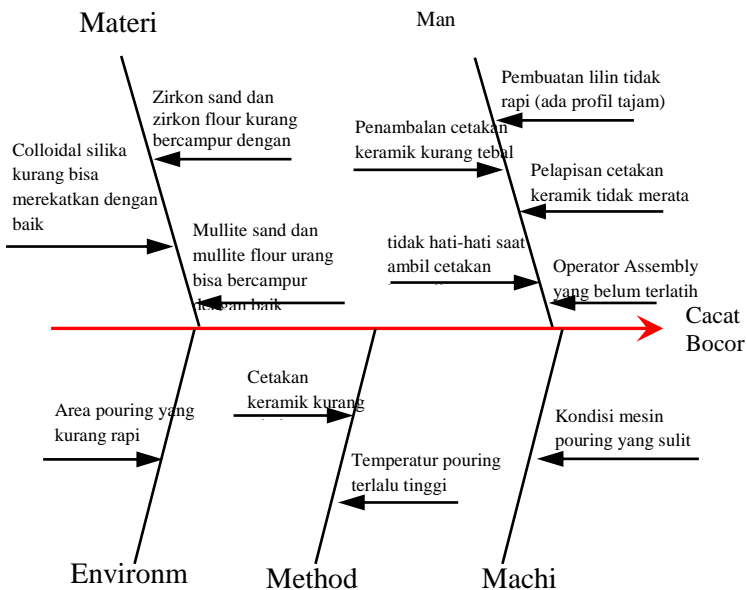
Pada Gambar 4. 5 terlihat proporsi *defect* bocor produk tersebut sebesar 0,1004. Sedangkan pada Gambar 4. 6 hanya 0,0631. Jadi proporsi *defect* bocor akan turun sebesar 4% apabila perusahaan mampu mengendalikan jenis *defect* bocor.

4.1.3.3. Diagram Ishikawa/Fishbone diagram

Bocor merupakan jenis *defect* yang terjadi ketika cairan baja yang dituangkan ke cetakan keramik keluar melalui lubang-

lubang di beberapa bagian cetakan yang kurang sempurna dalam pembuatannya. Sehingga produk tidak dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya karena tidak terbentuk sempurna. *Defect* jenis ini disebabkan oleh beberapa hal, baik itu dari segi *man*, *methods*, *machines*, *material*, maupun *environment* di pabrik yang disajikan dalam sebuah *fishbone diagram*.

Gambar 4. 7 berikut menjelaskan penyebab bocor berdasarkan hasil diskusi dengan inspektur PT. Zenith Allmart Precisindo. Dari beberapa penyebab bocor, menurut inspektur perusahaan, salah satu penyebab utamanya adalah faktor *methods* (metode) yaitu cetakan keramik kurang tebal. Faktor lainnya yang juga paling berpengaruh adalah faktor *man* (manusia), yaitu pelapisan cetakan keramik tidak merata ketebalannya.



Gambar 4. 7 Fishbone Digram Penyebab Bocor

Faktor yang menyebabkan bocor juga berasal dari material yang tidak sesuai spesifikasi. Pada pembuatan cetakan keramik terdapat berbagai bahan komposisi. Pada lapisan pertama terdapat

campuran *zircon sand* dan *zircon flour*. Sedangkan pada lapisan ke dua terdapat campuran dari *mullite sand* dan *mullite flour*. Untuk sebagai bahan merekatkan bahan-bahan tersebut digunakan *colloidal silica*.

Ketepatan spesifikasi dari bahan-bahan tersebut juga sangat penting. Apabila bahan-bahan campuran tidak sesuai dengan spesifikasi maka campuran tidak bisa merekat dengan kuat. Begitu juga apabila bahan pengikatnya yaitu *colloidal silica* tidak sesuai maka campurannya pun tidak bisa merekat dengan baik. Sehingga campuran pada lapisan pertama dan kedua bisa menghasilkan cetakan yang bagus apabila bisa bercampur dengan baik.

Bab V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pengukuran inspeksi visual di PT. ZAP sudah baik untuk masing-masing hasil *within appraiser* dan *between appraiser*. Untuk hasil *within appraiser* nilai tertinggi didapatkan oleh inspektur Basuki dengan nilai Kappa sempurna yaitu 1. Sedangkan untuk hasil *between appraiser* juga sudah sangat baik dengan nilai Kappa 0,9539. Hal ini menandakan bahwa sistem pengukuran visual tidak memerlukan perbaikan.
2. Kapabilitas produksi *casing* pompa *tipe x* di PT ZAP masih cukup rendah dengan nilai *Equivalent P_{PK}[%]* hanya 0,26637 dan *ppm_{TOTAL,LT}* sebesar 212110,62. Area yang paling kapabel adalah area proses *Assembly* dengan nilai *Equivalent P_{PK}[%]* sebesar 0,79095.
3. Level Sigma dari PT ZAP adalah 3,653 yang artinya terdapat 15647 produk cacat dari 1 juta produksi *casing* pompa *tipe x*. Level sigma terbesar diperoleh pada area *pouring* dengan level sigma mencapai 4,06607 yang berarti dari satu juta produk yang diproduksi hanya ditemukan 5142 produk *reject*. Level sigma terendah adalah pada area *dipping* dengan level sigma hanya 3,25
4. Jenis *defect* bocor menjadi jenis *defect* yang paling sering dijumpai di dalam area produksi *Dipping*. Area produksi tersebut memiliki level sigma terkecil yaitu hanya 3.25. Hal-hal yang paling berpengaruh terhadap jenis *defect* bocor adalah cetakan keramik kurang tebal dan pelapisan cetakan keramik tidak merata ketebalannya. Selain itu penyebab utamanya adalah bahan campuran pada lapisan

keramik tidak sesuai dengan spesifikasi sehingga tidak merekat dengan kuat.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Perlu dilakukan tahapan selanjutnya dalam siklus DMAIC yaitu *Improve* dan *Control*. Oleh karena itu disarankan bagi yang tertarik untuk menggunakan metode tersebut untuk dapat memiliki waktu yang cukup karena proses ini membutuhkan waktu yang cukup untuk dapat dilakukan secara menyeluruh.
2. Data yang dipergunakan dalam pembahasan untuk mengetahui keadaan proses produksi sebaiknya memiliki jangka waktu yang lebih panjang karena agar dapat mengathui permasalahan yang sesungguhnya terjadi.

Lampiran

Lampiran 1 Data Attribute Agreement Analysis

Titik ke	Tantowi			Basuki			Suwito			Standar
	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Tes 1	Tes 2	Tes 3	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lampiran 2 Data Laporan Produksi *Casing Pompa Tipe X Area Assembly*

Tanggal	Jumlah produk	Jumlah OK	Jenis Defect
			Patah Tidak Kuat
02 Maret	202	176	0
03 Maret	296	278	0
04 Maret	74	68	0
05 Maret	122	116	0
06 Maret	72	68	0
07 Maret	70	62	0
09 Maret	93	88	0
10 Maret	287	278	0
11 Maret	144	136	0
12 Maret	142	128	0
13 Maret	8	2	0
16 Maret	82	64	0
17 Maret	252	239	2
18 Maret	145	133	0
20 Maret	130	124	0
21 Maret	248	215	0
22 Maret	64	54	0
23 Maret	38	33	0
24 Maret	264	216	8
25 Maret	218	188	2
26 Maret	110	96	2
28 Maret	240	234	0
30 Maret	172	154	0
31 Maret	22	18	0
01 April	192	162	6

Lanjutan **Lampiran 2**

Tanggal	Jumlah produk	Jumlah OK	Jenis Defect
			Patah Tidak Kuat
02 April	54	36	10
03 April	100	86	0
04 April	230	192	0
06 April	113	99	0
07 April	226	174	0
08 April	108	83	0
09 April	82	60	0
10 April	32	32	0
11 April	304	290	0
13 April	274	252	0
14 April	119	106	2
15 April	291	266	1
16 April	168	158	0
17 April	103	85	3
18 April	94	90	1
20 April	274	260	1
21 April	175	166	3
22 April	134	124	0
23 April	74	54	0
24 April	33	19	2
25 April	106	87	0
27 April	51	40	0
28 April	224	188	4
29 April	168	162	0
30 April	100	94	0
total	7324	6533	47

Lampiran 3 Data Laporan Produksi *Casing* Pompa Tipe X Area *Dipping*

Tanggal	Jenis Defect				
	Bocor PD	Bocor GT	Inklusi	Penetrasi Logam	Total Bocor
02 Maret	14	12	4	0	26
03 Maret	10	8	0	0	18
04 Maret	6	0	0	0	6
05 Maret	4	0	0	0	4
06 Maret	2	2	2	0	4
07 Maret	2	4	0	0	6
09 Maret	5	0	0	0	5
10 Maret	9	0	0	0	9
11 Maret	4	2	0	0	6
12 Maret	12	2	0	0	14
13 Maret	6	0	0	0	6
16 Maret	18	0	3	1	18
17 Maret	8	3	0	0	11
18 Maret	8	4	1	0	12
20 Maret	2	4	2	1	6
21 Maret	27	6	0	1	33
22 Maret	2	6	0	0	8
23 Maret	5	0	24	0	5
24 Maret	30	10	16	0	40
25 Maret	22	6	1	0	28
26 Maret	10	0	0	1	10
28 Maret	2	4	6	1	6
30 Maret	10	8	0	0	18
31 Maret	4	0	0	0	4
01 April	14	10	30	3	24

Lanjutan **Lampiran 3**

Tanggal	Jenis Defect				
	Bocor PD	Bocor GT	Inklusi	Penetrasi Logam	Total Bocor
02 April	2	6	2	4	8
03 April	6	8	0	0	14
04 April	6	32	0	2	38
06 April	6	8	3	2	14
07 April	28	24	1	0	52
08 April	14	11	0	0	25
09 April	18	4	0	0	22
10 April	0	0	0	0	0
11 April	8	6	0	1	14
13 April	2	20	0	0	22
14 April	2	8	0	6	10
15 April	18	4	0	0	22
16 April	2	8	0	0	10
17 April	14	1	0	0	15
18 April	0	4	1	0	4
20 April	2	12	2	0	14
21 April	4	5	1	0	9
22 April	8	2	6	0	10
23 April	18	0	5	2	18
24 April	4	10	0	1	14
25 April	13	6	0	0	19
27 April	8	2	0	0	10
28 April	22	10	0	2	32
29 April	6	0	0	0	6
30 April	0	6	0	0	6
total	447	288	110	28	735

Lampiran 4 Data Laporan Produksi *Casing* Pompa Tipe X Area *Pouring*

Tanggal	Jenis Defect					
	Patah Terbantur	Keramik Jatuh	Salah Komposisi	Cold Shut	Kurang Cairan	Porosity
02 Maret	0	0	0	0	0	1
03 Maret	0	0	0	1	0	7
04 Maret	0	0	0	1	0	2
05 Maret	0	0	0	0	2	1
06 Maret	0	0	0	0	0	3
07 Maret	0	2	0	0	0	1
09 Maret	0	0	0	0	0	0
10 Maret	0	0	0	4	0	1
11 Maret	0	0	0	1	2	3
12 Maret	0	0	0	0	0	1
13 Maret	0	0	0	0	0	1
16 Maret	0	0	0	5	0	6
17 Maret	0	0	0	1	0	2
18 Maret	0	0	0	2	0	7
20 Maret	0	0	0	1	0	2
21 Maret	0	0	0	1	0	6
22 Maret	0	2	0	0	0	0
23 Maret	0	0	0	1	0	3
24 Maret	0	0	0	6	0	9
25 Maret	0	0	0	0	0	3
26 Maret	0	2	0	2	0	4
28 Maret	0	0	0	0	0	7
30 Maret	0	0	0	1	0	6
31 Maret	0	0	0	0	0	5
01 April	0	0	0	1	0	2

Lanjutan Lampiran 4

Tanggal	Jenis Defect					
	Patah Terbentur	Keramik Jatuh	Salah Komposisi	Cold Shut	Kurang Cairan	Porosity
02 April	0	0	0	9	0	0
03 April	0	0	0	0	0	3
04 April	0	0	0	2	0	3
06 April	0	0	0	1	0	3
07 April	0	0	0	2	0	0
08 April	0	0	0	0	0	3
09 April	0	0	0	0	0	1
10 April	0	0	0	1	0	3
11 April	0	0	0	2	0	0
13 April	0	0	0	0	0	0
14 April	0	0	0	2	0	2
15 April	2	2	0	1	0	1
16 April	0	0	0	0	0	4
17 April	0	0	0	0	0	5
18 April	0	0	0	2	0	1
20 April	0	0	0	1	0	0
21 April	0	0	0	0	0	3
22 April	0	0	0	6	0	1
23 April	0	0	0	16	2	11
24 April	0	0	0	1	0	0
25 April	0	0	0	0	1	0
27 April	0	0	0	1	1	0
28 April	0	0	0	0	0	2
29 April	0	0	0	0	0	4
30 April	0	0	0	0	0	0
total	2	8	0	75	8	133

Lampiran 5 Data Jumlah Reject dan Proporsi cacat tiap area.

Tanggal	jumlah reject				Proporsi cacat			
	assembly	dipping	pouring	total	assembly	dipping	pouring	total
02 Maret	0	30	1	31	0,000	0,149	0,005	0,153
03 Maret	0	18	8	26	0,000	0,061	0,027	0,088
04 Maret	0	6	3	9	0,000	0,081	0,041	0,122
05 Maret	0	4	3	7	0,000	0,033	0,025	0,057
06 Maret	0	6	3	9	0,000	0,083	0,042	0,125
07 Maret	0	6	3	9	0,000	0,086	0,043	0,129
09 Maret	0	5	0	5	0,000	0,054	0,000	0,054
10 Maret	0	9	5	14	0,000	0,031	0,017	0,049
11 Maret	0	6	6	12	0,000	0,042	0,042	0,083
12 Maret	0	14	1	15	0,000	0,099	0,007	0,106
13 Maret	0	6	1	7	0,000	0,750	0,125	0,875
16 Maret	0	22	11	33	0,000	0,268	0,134	0,402
17 Maret	2	11	3	16	0,008	0,044	0,012	0,063
18 Maret	0	13	9	22	0,000	0,090	0,062	0,152
20 Maret	0	9	3	12	0,000	0,069	0,023	0,092
21 Maret	0	34	7	41	0,000	0,137	0,028	0,165
22 Maret	0	8	2	10	0,000	0,125	0,031	0,156
23 Maret	0	29	4	33	0,000	0,763	0,105	0,868
24 Maret	8	56	15	79	0,030	0,212	0,057	0,299
25 Maret	2	29	3	34	0,009	0,133	0,014	0,156
26 Maret	2	11	8	21	0,018	0,100	0,073	0,191
28 Maret	0	13	7	20	0,000	0,054	0,029	0,083
30 Maret	0	18	7	25	0,000	0,105	0,041	0,145

31 Maret	0	4	5	9	0,000	0,182	0,227	0,409
01 April	6	57	3	66	0,031	0,297	0,016	0,344
02 April	10	14	9	33	0,185	0,259	0,167	0,611
03 April	0	14	3	17	0,000	0,140	0,030	0,170
04 April	0	40	5	45	0,000	0,174	0,022	0,196
06 April	0	19	4	23	0,000	0,168	0,035	0,204
07 April	0	53	2	55	0,000	0,235	0,009	0,243
08 April	0	25	3	28	0,000	0,231	0,028	0,259
09 April	0	22	1	23	0,000	0,268	0,012	0,280
10 April	0	0	4	4	0,000	0,000	0,125	0,125
11 April	0	15	2	17	0,000	0,049	0,007	0,056
13 April	0	22	0	22	0,000	0,080	0,000	0,080
14 April	2	16	4	22	0,017	0,134	0,034	0,185
15 April	1	22	6	29	0,003	0,076	0,021	0,100
16 April	0	10	4	14	0,000	0,060	0,024	0,083
17 April	3	15	5	23	0,029	0,146	0,049	0,223
18 April	1	5	3	9	0,011	0,053	0,032	0,096
20 April	1	16	1	18	0,004	0,058	0,004	0,066
21 April	3	10	3	16	0,017	0,057	0,017	0,091
22 April	0	16	7	23	0,000	0,119	0,052	0,172
23 April	0	25	29	54	0,000	0,338	0,392	0,730
24 April	2	15	1	18	0,061	0,455	0,030	0,545
25 April	0	19	1	20	0,000	0,179	0,009	0,189
27 April	0	10	2	12	0,000	0,196	0,039	0,235
28 April	4	34	2	40	0,018	0,152	0,009	0,179
29 April	0	6	4	10	0,000	0,036	0,024	0,060
30 April	0	6	0	6	0,000	0,060	0,000	0,060
total	47	873	226	1146	0,009	0,155	0,048	0,212

Lampiran 6 Hasil Output Kappa

Attribute Agreement Analysis for Keputusan

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Basuki	30	30	100,00	(90,50; 100,00)
Suwito	30	29	96,67	(82,78; 99,92)
Tantowi	30	29	96,67	(82,78; 99,92)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z
Basuki	0	1,00000	0,105409	9,48683
	1	1,00000	0,105409	9,48683
Suwito	0	0,95079	0,105409	9,02001
	1	0,95079	0,105409	9,02001
Tantowi	0	0,94816	0,105409	8,99500
	1	0,94816	0,105409	8,99500

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Basuki	30	30	100,00	(90,50; 100,00)
Suwito	30	29	96,67	(82,78; 99,92)
Tantowi	30	29	96,67	(82,78; 99,92)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# 1 / 0	Percent	# 0 / 1	Percent	# Mixed
Basuki	0	0,00	0	0,00	0
Suwito	0	0,00	0	0,00	1
Tantowi	0	0,00	0	0,00	1

1 / 0: Assessments across trials = 1 / standard = 0.

0 / 1: Assessments across trials = 0 / standard = 1.

Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z
Basuki	0	1,00000	0,105409	9,48683
Suwito	0	0,97558	0,105409	9,25516

	1	0,97558	0,105409	9,25516
0,0000				
Tantowi	0	0,94865	0,105409	8,99970
0,0000				
	1	0,94865	0,105409	8,99970
0,0000				

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	28	93,33	(77,93; 99,18)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
0	0,953908	0,0304290	31,3486	0,0000
1	0,953908	0,0304290	31,3486	0,0000

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	28	93,33	(77,93; 99,18)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
0	0,974744	0,0608581	16,0167	0,0000
1	0,974744	0,0608581	16,0167	0,0000

DAFTAR PUSTAKA

- Bothe, D. R. (1997). *Measuring Process Capability: Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers*. New York: McGraw-Hill.
- Brook, Q. (2004). *Six Sigma and MINITAB—A Tool Box Guide for Managers, Black Belts, and Green Belts*. London: QSB Consulting Ltd.
- Degu, Y. M., & Moorthy, R. S. (2014). Implementation of Machinery Failure Mode and Effect Analysis in Amhara Pipe Factory P.L.C., Bahir Dar, Ethiopia. *American Journal of Engineering Research (AJER)* , 3(1), 57-63.
- Desai, T. N., & Shrivastava, D. R. (2008). Six Sigma - A New Direction to Quality and Productivity Management. *World Congress On Engineering and Computer Science*, (hal. 22.24). San Francisco, USA.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2007). *An Introduction to six sigma & process improvement*. Jakarta: Salemba Empat.
- Fleiss, J. L., Levin, B., & Paik, M. C. (2003). *Statistical Methods for Rates and Proportions* (3rd ed.). Hoboken: NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Hamza, S. (2008). Design Process Improvement through the DMAIC Six Sigma Approach: A Case Study from the Middle East. *Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage* , Vol. 4 No. 1, 35-47.
- JEDEC Solid State Technology Association. (2005). *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. Arlington, VA: JEDEC: JEDEC Publication JEP131A Revision of JEP131, Feb 1998.
- Kementrian Perindustrian. (2015). *Permintaan Baja Nasional Capai 15 Juta Ton*. Dipetik February 24, 2015, dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/10836/Baja-Indonesia-Berharap-Arena-Bertarung-Seimbang>
- Landis, J., & Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for categorical Data. *Biometrics* , 159-174.

- Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control (5th ed)*. Hoboken: NJ : John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. (2009). *Statistical Quality Control: A Modern Introduction (Sixth Edition)*. United States: John Wiley and Sons (Asia) Pte. Ltd.
- Rakasiwi, H. P. (2014). *Analisis Six Sigma pada Produk Casing Pompa sebagai Metode Perbaikan Kualitas (Studi Kasus : Pt. Zenith Allmart Precisindo)*. Surabaya: ITS.
- Rizki, M., Limbong, W. H., & Suharjo, B. (2011). Kajian Manajemen Mutu Perspektif Six Sigma pada Perusahaan Elsari Brownies dan Bakery Bogor. *Manajemen IKM* , Vol. 6 No. 1, 39-48.
- Stamatis, D. H. (2002). *Six Sigma and Beyond. Vol: 3. Foundations of Excellent Performance*. Boca Raton, Florida: St. Lucia Press.
- SteelIndonesia. (2014). *Komposisi Kimia Baja*. Dipetik February 24, 2015, dari http://steelindonesia.com/article/01-komposisi_kimia_baja.htm
- Vanany, I., & Emilasari, D. (2007). APLIKASI SIX SIGMA PADA PRODUK CLEAR FILE DI PERUSAHAAN STATIONARY. *Jurnal Teknik Industri* , Vol. 9 No. 1, 27-36.
- Walpole. (1995). *Pengantar Statistika*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

BIODATA DIRI



Anak pertama dan terakhir (Anak tunggal) dari pasangan Sumantri dan Titin Indarsih ini, lahir di Ponorogo pada tanggal 15 Oktober 1992 dengan nama lengkap Nanda Praba Pramudita. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 2 Cokromenggalan pada tahun 2005, SMPN 1 Ponorogo tahun 2008, SMAN 1 Ponorogo tahun 2011. Pendidikan sarjana di Jurusan Statistika FMIPA ITS ditempuh penulis mulai tahun 2011. Dengan Motto “Lakukan Apapun Karena Allah”, penulis menyelesaikan studinya dengan tugas akhir berjudul **“Analisis Six Sigma Pada Produk Casing Pompa Tipe X di PT. Zenith Allmart Precisindo Sebagai Metode Perbaikan Kualitas Produk”** pada tahun 2015, setelah sebelumnya melaksanakan Kerja Praktek di perusahaan ini juga pada 2014.

Selain aktif di bidang akademik, penulis juga aktif di bidang non-akademik seperti mengikuti pelatihan LKMM Pra-TD 2011, LKMM TD 2012, ONDIF 1, ONDIF 2, ONDIF 3, PSI 1 dan PSI 2. Selain itu penulis juga aktif sebagai staf Departemen Keilmiah HIMASTA-ITS 2012/2013, Staf PPSDM FORSIS ITS 2012/2013, Staf Departemen Kaderisasi JMMI ITS 2012/2013, Kabiro PKM Departemen Keilmiah HIMASTA-ITS 2013/2014, Ketua Tim Dana dan Usaha FORSIS ITS 2013/2014, serta ketua divisi penelitian dan pengembangan Departemen Kaderisasi JMMI ITS 2013/2014. Penulis mempunyai pengalaman kerja di bagian *surveyor*. Penulis juga merupakan salah satu mahasiswa yang PKMnya berhasil didanai oleh DIKTI pada tahun 2011 dan 2014. Apabila pembaca hendak mengirimkan kritik dan saran silakan dikirim melalui email nanda.praba.p@gmail.com.