

Analisis Pengendalian Kualitas Kantong Semen *Pasted Woven* di PT IKSG

Haiva Qurrota A'yun dan Agus Suharsono
Departemen Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: agus_s@statistika.its.ac.id

Abstrak—PT Industri Kemasan Semen Indonesia (IKSG) sebagai anak usaha PT Semen Indonesia (Persero) Tbk dengan bidang usaha pembuatan kantong dan kemasan industri. Proses produksi kantong semen selama ini sudah melakukan pengendalian kualitas dengan *Total Quality Control (TQC)* dan *Quality Assurance Framework (QAF)* secara keseluruhan. Namun, tidak dapat dipungkiri bahwa setiap bulan masih didapatkan kantong semen *pasted woven* yang cacat pada saat proses produksi kantong semen. Analisis yang dilakukan peneliti yakni metode *six sigma* dengan model DMAIC tanpa tahapan *improve* dan *control*. Data fase I yang digunakan adalah jumlah produksi dan produk afval bulan Januari hingga Desember 2020 dan data fase II pada Januari hingga Desember 2021. Pada diagram P didapatkan fase satu tidak terkendali secara statistik sehingga digunakan diagram *Laney p'* di mana pada fase I yang telah terkendali secara statistik dengan rata-rata proporsi sebesar 0,0429 dan pada fase II terkendali secara statistik dengan 11 pengamatan. Kantong semen *pasted woven* cacat seringnya disebabkan oleh bahan baku yang rusak atau cacat, keadaan mesin yang tidak sempurna, dan ketidakteelitian pegawai atau operator saat proses pengecekan berlangsung. Nilai PPM *defective* dari proses sebesar 42.927,2. Persentase *defect* yang diproduksi sebesar 4,29% yang mana melebihi batas 3%, maka proses produksi kantong semen jenis *pasted woven* tahap *converting* masih belum *capable*. Nilai level sigma dari proses yakni 3,22 di mana proses produk kantong semen *pasted woven* termasuk dalam kategori baik dan dapat bersaing dengan perusahaan dalam negeri. Untuk mencapai level 6-sigma, PT IKSG maksimal harus menghasilkan sekitar 6 kantong semen *pasted woven* yang cacat pada saat proses produksi tahap *converting*.

Kata Kunci—Afval Kantong Semen, Cacat Kantong, *Pasted Woven*, Pengendalian Kualitas, Six Sigma.

I. PENDAHULUAN

SEMEN merupakan salah satu material yang penting dalam pembuatan suatu bangunan. Saat memilih semen, konsumen selalu memperhatikan kondisi kantong semen karena semen yang baik adalah semen yang kemasannya tidak rusak sehingga kualitas, tekstur, dan juga warna semen tidak berubah. Proses produksi kantong semen tak luput dari adanya cacat/rusak akibat kualitas kantong semen yang tidak sesuai dengan standar yang diinginkan maupun mengalami kerusakan saat proses pengemasan dalam mesin. Kendala yang dialami dalam pencapaian target jumlah produksi kantong yang optimal dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh konsumen menjadi suatu hambatan dari pihak pabrik yang memproduksinya. Hal ini disebabkan seringnya terjadi *reject* selama proses produksi kantong semen setiap harinya. Oleh karena itu pengendalian kualitas terhadap kantong semen perlu dilakukan untuk mengurangi terjadinya cacat atau rusak. Dalam pengendalian kualitasnya, total produk serta jumlah cacat pada setiap proses yang terjadi menjadi karakteristik kualitas kantong semen. Pendekatan *six*

sigma sesuai untuk digunakan dikarenakan pendekatan ini umumnya digunakan untuk melakukan perbaikan, peningkatan serta pengendalian kualitas secara berkelanjutan hingga tingkat *zero defect*. Standar pendekatan *six sigma*, yaitu 3,4 DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) merupakan respons terhadap meningkatnya harapan pelanggan dan meningkatnya kompleksitas produk dan proses modern. Dengan meningkatkan level sigma secara konsisten akan semakin mengurangi peluang terjadinya kecacatan pada proses produksi kantong semen sehingga akan mengurangi biaya kegagalan produksi.

Menurut Bapak Rachmad Agus, manajer unit kerja PP & QA PT IKSG, produk dinilai tidak baik atau produk *reject* apabila produk tersebut tidak sesuai spesifikasi dan tidak dapat diperbaiki. Kantong *pasted woven* merupakan kantong yang sedang marak pada kalangan perusahaan semen. Hal ini berkaitan dengan kekuatan dan harga yang dimiliki oleh produk *pasted woven* yang menguntungkan perusahaan. Kantong jenis *pasted woven* terbuat dari biji plastik yang ditenun sehingga menjadi kantong yang memiliki daya tahan yang lebih kuat dengan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan produk lainnya. Setiap bulannya, PT IKSG memproduksi rata-rata 2.388.855 kantong semen jenis *pasted woven*.

Penelitian dengan *six sigma* sudah banyak dilakukan dan dikembangkan dengan berbagai macam metode pengendalian produk cacat. PT IKSG memiliki hasil produksi yang sangat besar. Oleh karena itu pada penelitian ini, digunakan *six sigma* dengan diagram kendali *Laney p'* sebagai alat pengendalian kualitasnya. Fokus penelitian ini yakni pada tahap *converting* karena tahap tersebut memiliki produk cacat terbanyak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas umumnya diartikan sebagai suatu kegiatan penjagaan suatu proses produksi sehingga hasil produk sesuai dengan mutu yang ditetapkan oleh suatu perusahaan. Pengendalian kualitas merupakan hal yang penting bagi sebuah perusahaan agar hasil barang yang akan diperjualkan sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan juga memuaskan pelanggan. Pengendalian kualitas merupakan suatu aktivitas (manajemen perusahaan) untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk yang dihasilkan perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana yang telah direncanakan [1]. Pengendalian kualitas adalah tindakan untuk mencegah setiap cacat yang terjadi pada awal atau proses [2].

Perusahaan membutuhkan cara untuk menciptakan produk yang berkualitas dan menjaga konsistensi untuk memenuhi

Tabel 1.
Level Sigma Konsep Motorola

Spec Limit	Percent	DPMO	Keterangan
$\pm 1 \sigma$	30,23	697.700	Sangat tidak kompetitif
$\pm 2 \sigma$	69,13	308.700	Rata-rata
$\pm 3 \sigma$	93,32	66.810	Industri Indonesia
$\pm 4 \sigma$	99,379	6.210	Rata-rata Industri USA
$\pm 5 \sigma$	99,9767	233	Rata-rata Industri Jepang
$\pm 6 \sigma$	99,99966	3,4	Industri Kelas Dunia

Tabel 2.
Struktur Data Penelitian

Pengamatan ke-	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Afval
1	n_1	D_1
2	n_2	D_2
3	n_3	D_3
4	n_4	D_4
5	n_5	D_5
\vdots	\vdots	\vdots
24	n_{24}	D_{24}

permintaan pasar. Tujuan utama pengendalian kualitas adalah untuk mendapatkan jaminan bahwa kualitas produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan dengan mengeluarkan biaya yang ekonomis atau serendah mungkin [3]. Pengendalian suatu proses adalah dapat mengurangi produk yang berada di bawah standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan seminimal mungkin [4].

B. Six sigma

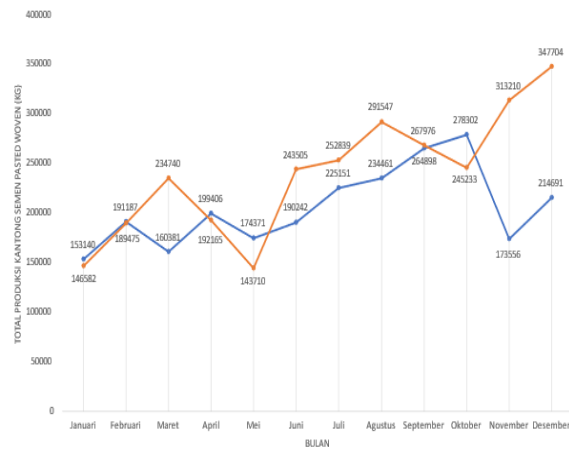
Sigma (σ) biasa digunakan oleh ahli statistik untuk mengukur variabilitas suatu proses. *Six sigma* berkaitan dengan pencapaian situasi yang diinginkan di mana proporsi produk yang tidak dapat diterima yang dihasilkan oleh suatu sistem kurang dari 3,4 per juta bagian. Standar *six sigma* dari 3,4 *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) merupakan respons terhadap meningkatnya harapan pelanggan dan meningkatnya kompleksitas produk dan proses modern [5].

Six sigma digunakan untuk mengurangi variasi pada hasil sehingga tidak melewati standar $\pm 6\sigma$ antara *mean* dan batas spesifikasi terdekat. Konsep *six sigma* yang dikembangkan Motorola berasumsi pada kondisi proses yang mengikuti distribusi normal tetapi yang mengizinkan rata-rata (*mean*) proses bergeser 1,5 sigma dari nilai spesifikasi target kualitas yang diinginkan konsumen [6]. Level sigma Konsep Motorola dapat dilihat pada Tabel 1.

C. DMAIC

Metode pendekatan *six sigma* yang paling umum digunakan adalah metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). DMAIC adalah prosedur pemecahan masalah lima langkah terstruktur yang dapat digunakan untuk menyelesaikan proyek dengan melanjutkan dan menerapkan solusi yang dirancang untuk memecahkan akar penyebab masalah kualitas dan proses [7]. Metode yang terdiri dari lima tahap/fase ini merupakan proses peningkatan secara berkelanjutan menuju target *six sigma*.

Tahap *define* merupakan langkah mengidentifikasi target peningkatan proses, menentukan kebutuhan pelanggan yang kritis, dan mendokumentasikan (memetakan) proses. Salah satu diagram yang dapat digunakan pada tahap *define* adalah diagram SIPOC. Tahap *measure* merupakan tahap untuk menentukan apa yang akan diukur, mengelola pengumpulan data pengukuran, mengembangkan dan memvalidasi sistem pengukuran. Beberapa alat pengukuran statistika yang dapat digunakan pada tahap ini adalah diagram kendali, analisis



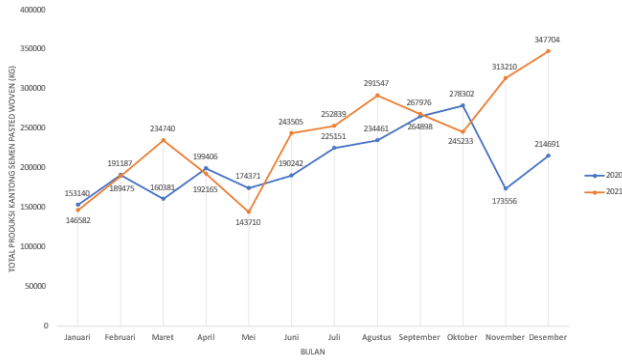
Gambar 1. Diagram garis total produksi *pasted woven* pada tahap *converting* per bulan.

sistem pengukuran (MSA), histogram, dan lain-lain. Tahap *analyze* merupakan tahap untuk menganalisis data untuk memahami alasan variasi dan mengidentifikasi akar penyebab potensial, menentukan kapabilitas proses, dan memverifikasi hipotesis akar penyebab. Pada tahap *analyze* dapat menggunakan diagram sebab-akibat, perhitungan DPMO, *process FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*), *Fault Tree Analysis* (FTA), dan lain-lain. Tahap *improve* adalah tahap pengoptimalan proses dengan membuat solusi-solusi khusus yang nantinya akan diterapkan pada proses produksi. Tahap *improve* dapat dilakukan menggunakan *force field analysis*, pembaharuan *process FMEA*, dan lain-lain. Tahap *Control* dilakukan dengan pengendalian terhadap proses berkelanjutan guna meningkatkan kapabilitas menuju target *six sigma*. Pada tahap ini perlu pengawasan untuk menjaga hasil yang diinginkan sedang dalam proses pencapaian. Beberapa alat pengukuran statistika yang dapat digunakan pada tahap ini adalah diagram kendali, rencana pengendalian proses (*process control plan*), *on-going capability*, *Total Productive Maintenance* (TPM), dan lain-lain.

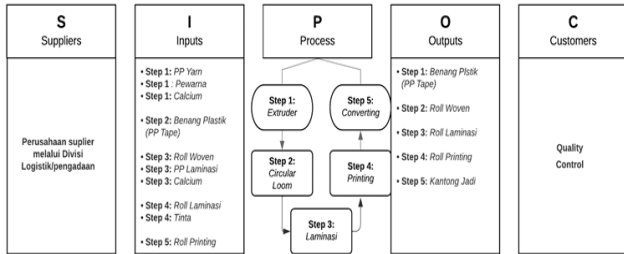
D. Diagram SIPOC

Diagram *Suppliers, Input, Process, Output, dan Customers* (SIPOC) biasanya digunakan dalam fase definisi perbaikan DMAIC untuk pemecahan masalah. Diagram ini adalah alat pemetaan yang kuat dengan lima elemen: pemasok, *input*, proses, *output*, dan pelanggan, dengan definisi berikut [8].

1. *Suppliers*: Merupakan orang atau kelompok orang yang memberikan informasi kunci, material, atau sumber daya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sebelumnya dapat dianggap sebagai pemasok internal.
2. *Input*: Segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok kepada proses.
3. *Process*: Sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal menambah nilai pada *input* (proses transformasi nilai tambah kepada *input*). Suatu proses biasanya terdiri dari beberapa sub proses.
4. *Output*: Produk (barang dan/atau jasa) yang diperoleh dari proses maupun sub proses.
5. *Customers*: Mewakili kelompok atau sub proses individu atau orang yang menerima *output*. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, sub proses berikutnya dapat dianggap sebagai pelanggan internal.



Gambar 4. Diagram garis proporsi produk afval pada tahap *converting* per bulan.



Gambar 5. Diagram SIPOC proses produksi kantong semen *pasted woven* PT IKSG.

E. Diagram Kendali P

Diagram kendali P digunakan untuk mengetahui apakah cacat produk yang dihasilkan masih dalam batas yang dipersyaratkan perusahaan atau tidak dan juga sebagai perbandingan antara banyaknya cacat dengan semua pengamatan [7]. Proporsi sampel yang cacat didefinisikan sebagai rasio jumlah unit yang cacat dalam sampel D dengan ukuran sampel n pada Persamaan (1). *Mean* dan *variance* dari \hat{p} ditunjukkan pada Persamaan (2) dan (3).

$$\hat{p} = \frac{D}{n} \tag{1}$$

$$\mu_{\hat{p}} = p \tag{2}$$

$$\sigma_{\hat{p}}^2 = \frac{p(1-p)}{n} \tag{3}$$

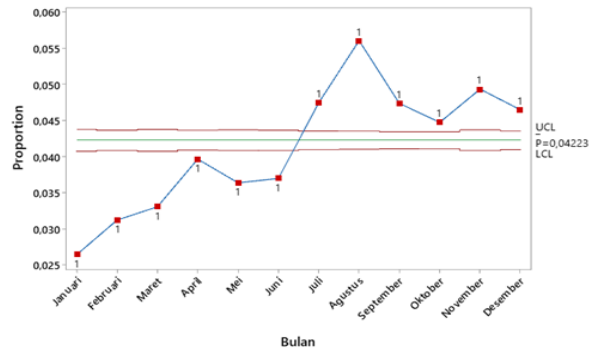
Bila proporsi cacat p tidak diketahui, maka harus diestimasi dari data yang diamati. Prosedur yang biasa dilakukan adalah memilih m sampel pendahuluan, masing-masing berukuran n . Apabila terdapat D_i unit yang cacat dalam sampel i , maka Proporsi cacat pada sampel ke- i dan rata-rata proporsi sampel individu yang cacat adalah sebagai berikut:

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n_i}, i = 1, 2, \dots, m$$

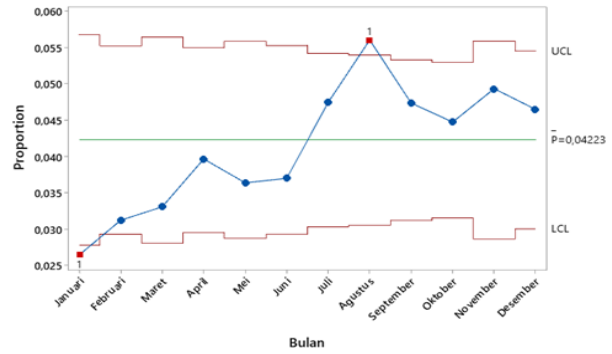
$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

Statistik \bar{p} memperkirakan proporsi cacat apabila p tidak diketahui. Garis tengah dan batas kendali dari peta kendali untuk proporsi cacat dihitung dengan Persamaan (4).

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \tag{4}$$



Gambar 2. Diagram P fase satu.



Gambar 3. Diagram *Laney p'* fase satu.

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

Keterangan:

- \hat{p}_i : proporsi sampel cacat ke- i
- $\mu_{\hat{p}}$: *mean* proporsi sampel cacat
- $\sigma_{\hat{p}}^2$: *variance* proporsi sampel sampel cacat
- \bar{p} : Proporsi rata – rata cacat
- D_i : banyaknya cacat ke- i
- n : ukuran sampel
- m : banyak subgrup
- CL : *Center Line*
- UCL: *Upper Control Limit*
- LCL : *Lower Control Limit*

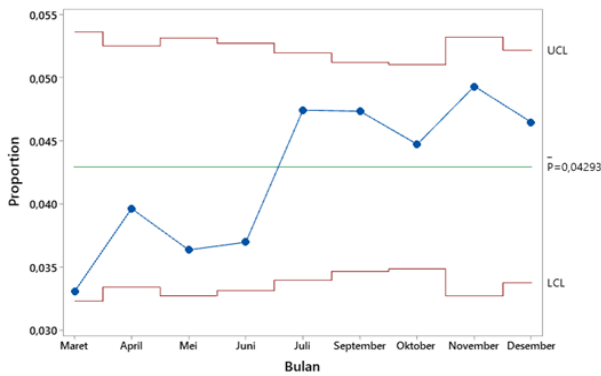
F. Diagram *Laney p'*

Diagram *Laney p'* dalam penggunaannya menyerupai diagram kendali P. Diagram kendali *Laney p'* digunakan untuk mengatasi permasalahan pengambilan sampel pada diagram kendali p , ketika ukuran sampel pengamatan memiliki ukuran yang sangat besar mengakibatkan batas kendali menjadi semakin sempit sehingga banyak pengamatan yang keluar dari batas kendali [9]. Diagram *Laney p'* merupakan peningkatan dari diagram kendali p yang David B. *Laney* kembangkan dari kombinasi prinsip diagram Z dan konsep-konsep Donald Wheeler. Persamaan (5) merupakan batas kendali dan garis tengah pada diagram kendali *Laney p'*.

$$UCL = \bar{p} + 3\sigma_{pi}\sigma_z \tag{5}$$

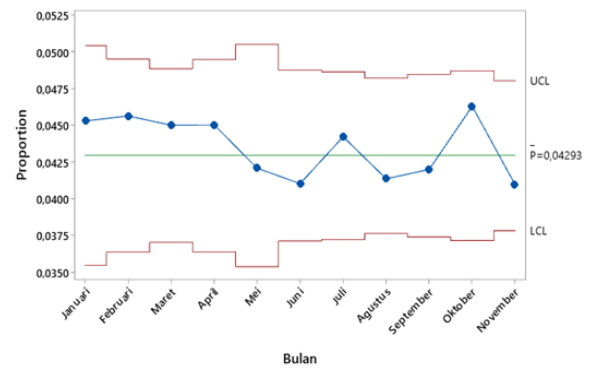
$$CL = \bar{p}$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sigma_{pi}\sigma_z$$



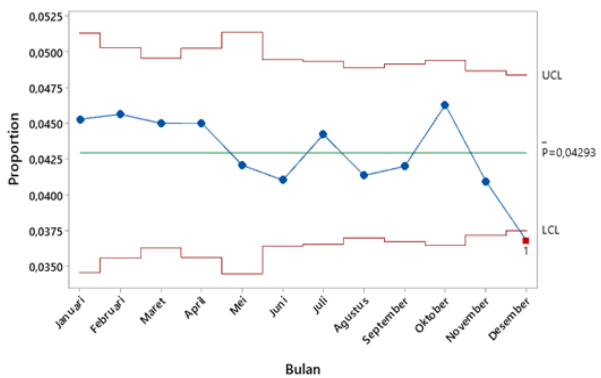
Tests are performed with unequal sample sizes.

Gambar 8. Diagram Laney p' Fase Satu yang Telah Terkendali Secara Statistik.



Tests are performed with unequal sample sizes. An estimated historical parameter is used in the calculations.

Gambar 6. Diagram Laney p' fase dua yang telah terkendali secara statistik.



Tests are performed with unequal sample sizes. An estimated historical parameter is used in the calculations.

Gambar 9. Diagram Laney p' fase dua. Dengan rata-rata proporsi seperti Persamaan (6).

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (6)$$

Dengan σ_z merupakan sigma untuk diagram individu. Dilakukan standarisasi dengan Persamaan (7).

$$z_i = \frac{p_i - \bar{p}}{\sigma_{p_i}} \quad (7)$$

Selanjutnya menghitung vektor R_i pada (8) dan rata-rata vektor R_i pada Persamaan (9).

$$R_i = |z_i - z_{i-1}|, i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$\bar{R}_i = \frac{1}{m-1} \sum_{i=2}^m R_i \quad (9)$$

Dengan demikian σ_z dan σ_{p_i} dapat dihitung dengan Persamaan (10)

$$\sigma_z = \frac{\bar{R}_i}{1,128} \quad (10)$$

$$\sigma_{p_i} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

Keterangan:

- σ_{p_i} : Standar deviasi proporsi cacat ke - i
- σ_z : Sigma untuk diagram individu
- z_i : Nilai standarisasi ke - i
- R_i : Vektor R ke - i
- \bar{R}_i : Rata-rata vektor R ke - i

Nilai 1,128 diperoleh dari tabel d2 dengan jumlah variabel dua. Dengan asumsi konsep ini, standar deviasi tidak lagi sama dengan nol [10].



Gambar 7. Identifikasi penyebab kantong semen *pasted woven* cacat.

G. Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses bertujuan untuk mengetahui apakah proses telah sesuai dengan persyaratan spesifikasi yang ditetapkan. Kapabilitas proses untuk data atribut seringkali diukur dalam bentuk ketidaksesuaian atau cacat. Ketika proporsi cacat adalah ukuran kapabilitas, biasanya digunakan *Parts Per Million* (PPM) produk yang cacat sebagai ukuran kapabilitas proses [7].

$$PPM \text{ defective} = \bar{p} \times 1.000.000$$

Pada beberapa organisasi, PPM produk cacat ini dikonversi ke level sigma yang setara. Dengan mengacu pada *Motorola Six Sigma Process Control* di mana mengizinkan pergeseran *mean process* sebesar $\pm 1,5$ -sigma, maka didapatkan persamaan level sigma sebagai berikut:

$$Level \text{ sigma} = \Phi^{-1} \frac{1.000.000 - PPM \text{ defective}}{1.000.000} \pm 1,5$$

Keterangan:

Φ^{-1} = Invers fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari distribusi normal standar

H. Diagram Ishikawa

Fishbone diagram atau umum disebut diagram Ishikawa merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Diagram ishikawa adalah teknik grafis yang menunjukkan penyebab suatu peristiwa atau fenomena tertentu. Secara khusus, diagram tulang ikan (yang bentuknya menyerupai kerangka ikan) adalah alat umum yang

digunakan dalam analisis sebab-akibat untuk mengidentifikasi interaksi sebab-akibat yang kompleks dari masalah atau peristiwa tertentu [11].

Bagan ini dikembangkan sebagai alat kendali kualitas produk untuk mengidentifikasi faktor-faktor potensial yang menyebabkan efek keseluruhan dan menghindari cacat kualitas produk. Penyebab diagram tulang ikan biasanya dikelompokkan ke dalam kategori-kategori penting untuk mengidentifikasi sumber umum variasi yang mengarah pada efek utama dari fenomena tertentu [11]. Fungsi dasar dari penggunaan diagram ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya [12].

I. Proses Produksi Kantong Semen *Pasted woven*

Proses produksi setiap jenis kantong semen memiliki tahap yang berbeda. Pada kantong semen jenis *pasted woven*, terdapat 5 tahapan proses yang dilakukan hingga produk siap untuk digunakan. Tahap pertama yakni *extruder* dimana biji plastik dilelehkan yang kemudian terbentuk menjadi benang plastik. Kemudian benang dirajut atau dianyam menggunakan mesin tubular yang menghasilkan roll woven pada tahap *circular loom*. Pada tahap *laminating*, roll woven diberi lapisan menggunakan mesin *coating* yang menghasilkan roll laminasi. Kemudian roll tersebut di cetak sesuai jenis kantong yang diolah pada tahap *printing*. Tahap terakhir yakni *converting*. Pada tahap ini roll yang telah dicetak, akan ditempel menggunakan lem khusus yang kemudian menghasilkan kantong yang siap digunakan. Setiap tahapan memiliki pemeriksaan kualitas masing-masing yang diharapkan dapat meminimumkan jumlah cacat yang terjadi. Produk yang tidak lulus proses pengecekan kualitas akan ditinjau kembali oleh tim untuk ditentukan apakah produk tersebut dapat diperbaiki atau tidak.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data dan Struktur Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data sekunder dari arsip atau catatan tim operasional Pabrik III PT IKSG yaitu pada proses pembuatan kantong *Pasted woven* (*pasted woven*) dengan menggunakan data jumlah produksi dan jumlah produk afval (cacat) pada proses tahap *converting*. Periode data yang digunakan adalah periode bulan Januari 2020 sampai dengan Desember 2021. Tabel 2 merupakan struktur data yang digunakan dalam penelitian. Pada penelitian, data akan dibagi menjadi dua fase dengan perbandingan 50:50. Pada fase I adalah data rekam pada Januari hingga Desember 2020. Untuk data fase II yakni data rekam pada Januari hingga Desember 2021. Sehingga untuk masing-masing fase memiliki jumlah pengamatan sebanyak 12 pengamatan. Tabel 2 merupakan struktur data yang digunakan dalam penelitian.

B. Langkah-Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan pendekatan *six sigma* adalah sebagai berikut.

1. Tahap *define*, yaitu tahap awal penelitian dengan mengidentifikasikan permasalahan dan menentukan tujuan. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan diagram

SIPOC.

2. Tahap *measure*, didefinisikan sebagai tahap pengumpulan data sekunder pada proses produksi kantong semen dengan menggunakan data total kantong semen dan jumlah kantong semen rusak di mesin yang digunakan pada bulan Januari 2020 sampai dengan Desember 2021. Pada tahap ini juga diidentifikasi proses produksi kantong dari data kerusakan kantong semen dengan menggunakan diagram p dan diagram *Laney p'*.
3. Tahap *analyze*, merupakan tahap untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai, langkahnya sebagai berikut: Membuat diagram Ishikawa untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kerusakan kantong semen. Pada tahap ini juga dilakukan penghitungan kapabilitas proses dan nilai level sigma.
4. Menarik kesimpulan dari hasil analisis pada proses produksi kantong semen dan memberikan usulan perbaikan kepada PT IKSG.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Karakteristik Proses Produksi Kantong Semen

Didapatkan rata-rata dari proporsi produk afval pada tahap *converting* untuk fase satu sebesar 0,0412, sedangkan nilai standar deviasi dari proporsi produk afval pada tahap *converting* yaitu sebesar 0,00869. Sementara itu pada fase dua, rata-rata dari proporsi produk afval pada tahap *converting* sebesar 0,0429, sedangkan nilai standar deviasi didapatkan sebesar 0,00275. Berdasarkan nilai standar deviasi, data fase satu lebih beragam daripada fase dua dikarenakan nilai standar deviasi fase satu lebih besar dibandingkan fase dua. Total produksi paling sedikit yaitu pada Mei 2021 dengan total sebesar 143.710 kg per bulan dan jumlah produk afval paling sedikit yaitu pada Januari 2020 dengan jumlah sebesar 4.045 kg per bulan. Sedangkan total produksi paling banyak yaitu pada Desember 2021 dengan total sebesar 347.704 kg per bulan dan jumlah produk afval paling banyak yaitu pada Agustus 2020 dengan jumlah sebesar 13.130 kg per bulan.

Pada Tahun 2020, produksi paling banyak yaitu bulan Oktober sebanyak 278.302 kg sedangkan jumlah paling sedikit yaitu pada bulan Januari sebanyak 153.140 kg. Sementara itu, jumlah produksi kantong semen *pasted woven* pada tahap *converting* di tahun 2021 paling banyak yaitu pada bulan Desember sebanyak 347.704 kg sedangkan jumlah paling sedikit yaitu pada bulan Mei sebanyak 143.710 kg. Berdasarkan visualisasi pada Gambar 1 dapat disimpulkan produksi pada tahun 2021 lebih tinggi dibandingkan pada tahun 2020. Penurunan signifikan terjadi pada Bulan November Tahun 2020. Hal ini disebabkan adanya pembatasan kegiatan industri yang diakibatkan oleh pandemi COVID-19.

Diketahui proporsi produk afval *pasted woven* tahun 2020 paling kecil yaitu pada bulan Januari sebesar 0,0264131 dengan total produksi sebesar 153.140 kg dan total produk afval sebesar produk 4.045 kg. Sedangkan proporsi produk afval paling besar pada tahun 2020 yaitu pada bulan Agustus sebesar 0,056 dengan total produksi sebesar 234.461 kg dan total produk afval sebesar 13.130 kg. Pada tahun 2021, proporsi produk afval paling kecil yaitu pada bulan Desember sebesar 0,037 dengan total produksi sebesar 347.704 kg dan total produk afval sebesar 12.798 kg. Sedangkan proporsi

produk afval paling besar pada tahun 2021 yaitu pada bulan Oktober sebesar 0,0463 dengan total produksi sebesar 245.233 kg dan total produk afval sebesar 11.349 kg. Secara visualisasi pada Gambar 4 dapat disimpulkan proporsi produk afval yang diproduksi oleh PT IKSG pada tahun 2021 memiliki nilai yang lebih stagnan dibandingkan pada tahun 2020 yang mengalami penanjakan proporsi hingga bulan Agustus dan mulai menurun di September. Dapat juga dikatakan proporsi pada tahun 2020 lebih fluktuatif dibandingkan dengan tahun 2021 didukung dengan nilai standar deviasi yang didapatkan di mana data pada tahun 2020 lebih bervariasi dibandingkan tahun 2021.

B. Tahap Define Perbaikan Proses Produksi Kantong Pasted Woven

Pada tahap *define* dilakukan pembuatan diagram SIPOC dari proses produksi kantong semen Pasted woven. Dalam diagram ini, inspektur (*quality control*) dianggap sebagai pelanggan internal (*internal customer*) yang menerima *output* untuk keperluan *final inspection* kantong semen Pasted woven yang cacat pada saat proses produksi.

Terdapat perusahaan-perusahaan *supplier* yang dikoordinasikan oleh divisi logistik/pengadaan PT IKSG dalam penyediaan bahan baku untuk produksi kantong semen *pasted woven*. Kemudian, *input* yang diperlukan dalam proses produksi kantong semen *pasted woven* secara garis besar yakni PP *yarn*, pewarna, *calcium*, PP laminasi dan tinta. Pada proses produksi kantong semen *pasted woven* mulai dari *extruder* hingga menghasilkan output produk kantong semen *pasted woven* yang diinspeksi oleh inspektur untuk mengetahui jumlah kantong semen *pasted woven* yang cacat pada saat proses produksi. Berdasarkan uraian tersebut maka dapat digambarkan dengan diagram SIPOC pada Gambar 5.

Masalah yang terjadi berada pada titik proses, di mana pada *step 5* yaitu *converting* memproduksi kantong semen *pasted woven* cacat terbanyak dengan rata-rata 220.020 kg setiap bulannya. Hal ini juga didukung dengan rekam hasil produksi Pabrik III, di mana PT IKSG telah menetapkan batas toleransi afval/ produk cacat yakni sebesar 3%. Dari arsip Pabrik III PT IKSG, selama masa produksi pada tahun 2020 hingga 2021, terdapat 23 bulan yang menghasilkan produk cacat lebih dari batas toleransi yang telah ditetapkan oleh PT IKSG. Oleh karena itu perlu adanya perbaikan terhadap proses produksi kantong semen jenis *pasted woven* pada *step converting*.

C. Tahap Measure Perbaikan Proses Produksi Kantong Pasted woven Fase Satu

Data yang digunakan pada fase satu adalah hasil produksi kantong semen *pasted woven* pada bulan Januari sampai dengan Desember 2020 dengan pengamatan sebanyak 12 subgrup. Dilakukan perhitungan diagram p pada fase satu untuk mengetahui apakah data menunjukkan adanya *overdispersion* atau *underdispersion*. Berikut merupakan hasil diagram P menggunakan *software* Minitab.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pada seluruh titik pengamatan mengalami *out-of-control*. Hal ini dikarenakan ukuran data pada penelitian ini yang sangat besar. Ketika ukuran sampel pengamatan sangat besar, batas kendali menyempit sehingga banyak pengamatan berada di luar batas kendali. Maka dapat dikatakan data pada penelitian menunjukkan *overdispersion* atau *underdispersion*. Sehingga

dilakukan penelitian menggunakan diagram *Laney p'*.

Diagram *Laney p'* pada fase satu terdapat dua titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yakni, pada Januari dan Agustus. Secara grafik dapat dilihat pada Gambar 3 yang diketahui juga bahwa diagram tersebut belum terkendali dengan batas kendali atas atau *upper control limit* (UCL) serta batas kendali bawah atau *lower control limit* (LCL) yang berbeda-beda tiap pengamatan. *Center line* (CL) atau rata-rata proporsi kantong *Pasted woven* yang cacat adalah 0,0422 dan sigma Z sebesar 9,39. Nilai sigma Z yang dihasilkan lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa batas kendali pada diagram *Laney p'* lebih lebar daripada batas kendali pada diagram kendali P untuk menyesuaikan keadaan *overdispersion*. Adanya kecacatan disebabkan terdapat pengeleman pada kantong yang tidak lengket, kantong tersangkut pada mesin, atau bocornya tinta sehingga banyak didapatkan kantong semen *pasted woven* cacat. Sehingga perlu dilakukan pengendalian ulang tanpa menggunakan titik-titik pengamatan yang berada diluar batas kendali.

Hasil diagram *Laney p'* fase satu data kantong *pasted woven* cacat pada proses produksi kantong semen dalam keadaan terkendali secara statistik seperti terlihat pada Gambar 8. Diketahui juga terdapat 9 titik pengamatan yang telah *in control* dari 12 titik pengamatan pada awal penelitian. Hal ini berarti total titik-titik yang *out of control* terdapat 3 titik. Diperoleh juga hasil diagram *Laney p'* pada dua tahap iterasi dengan nilai UCL dan LCL berbeda-beda tiap pengamatan. Nilai rata-rata proporsi kantong *pasted woven* yang cacat untuk iterasi 1 sebesar 0,0418 dan iterasi 2 sebesar 0,0429.

D. Tahap Measure Perbaikan Proses Produksi Kantong Pasted Woven Fase dua

Data yang digunakan pada fase dua merupakan hasil produksi kantong semen *pasted woven* dari data total produksi *pasted woven* dan total kantong *pasted woven* yang cacat pada bulan Januari sampai dengan Desember 2021 dengan pengamatan sebanyak 12 subgrup.

Pada fase dua, pengendalian dilakukan dengan menggunakan rata-rata proporsi kantong *pasted woven* yang cacat pada fase satu yang telah terkendali. Data kantong semen *pasted woven* yang cacat pada proses produksi kantong semen *pasted woven* tahap *converting* fase dua tidak terkendali secara statistik dengan proporsi afval yang keluar dari batas pada bulan Desember 2021 seperti terlihat pada Gambar 9. Kemudian dilakukan perbaikan dengan mengeliminasi 1 titik yang *out of control* yakni bulan Desember 2021. Didapatkan hasil perbaikan menggunakan nilai rata-rata proporsi cacat 0,0429 telah terkendali secara statistik seperti pada Gambar 6, dimana UCL dan LCL yang berbeda-beda pada setiap pengamatan.

E. Tahap Analyze Perhitungan Kapabilitas Proses dan Level Sigma

Nilai PPM *defective* dihitung data proses yang telah *in control* secara statistik pada fase satu. Nilai PPM *defective* yang telah didapatkan kemudian dikonversikan ke dalam nilai level sigma. Dengan rata-rata proporsi kantong *pasted woven* yang cacat adalah 0,0429, di bawah ini merupakan perhitungan manual nilai PPM *defective* yang dikonversikan ke level sigma.

$$\begin{aligned}
 PPM \text{ defective} &= \bar{p} \times 1.000.000 \\
 &= 0,0429 \times 1.000.000 = 42927,2 \\
 Level \text{ sigma} &= \Phi^{-1} \frac{1.000.000 - PPM \text{ defective}}{1.000.000} \pm 1,5 \\
 &= \Phi^{-1} \frac{1.000.000 - 42927,2}{1.000.000} \pm 1,5 \\
 &= 3,22 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan diatas, didapatkan hasil nilai PPM *defective* sebesar 42.927,2. PPM *defective* memperkirakan jumlah unit dari satu juta yang diperkirakan akan cacat. Apabila terdapat 1.000.000 kantong *pasted woven* yang diproduksi, kurang lebih 42.927 kantong semen *pasted woven* yang cacat diproduksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa *defect* yang diproduksi sebesar 4,29% dari seluruh hasil produksi. Apabila mengacu pada batas toleransi dari persentase *defect* yang telah ditetapkan oleh PT IKSG yakni 3%, maka dapat disimpulkan bahwa proses produksi kantong semen jenis *pasted woven* tahap *converting* masih belum *capable*.

Berdasarkan perhitungan level sigma, dijelaskan bahwa nilai level sigma yaitu 3,22-sigma. Maka proses produksi tahap *converting* kantong semen jenis *pasted woven* di PT IKSG termasuk dalam kategori baik dan dapat bersaing dengan perusahaan dalam negeri. Namun, PT IKSG masih belum mencapai level industri kelas dunia yaitu 6-sigma. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengendalian serta meningkatkan terus menerus. Untuk mencapai level 6-sigma, PT IKSG maksimal harus menghasilkan sekitar 6 kantong semen *pasted woven* yang cacat pada saat proses produksi tahap *converting*.

F. Tahap Analyze Identifikasi Penyebab Produk Afval

Menurut Gambar 7, penyebab cacat kantong dari segi mesin, karena mesin aus dan terdapat masalah pada suku cadang mesin. Dari segi metode pengeleman kantong tidak sempurna dikarenakan lem tidak lengket dan tinta print yang bocor ataupun belum kering yang menyebabkan kantong *pasted woven* cacat. Dalam segi manusia disebabkan karena operator yang kurang teliti. Dan dari segi lingkungan yang bising dapat mempengaruhi kinerja dari inspektor untuk teliti saat mengecek kantong *pasted woven* ataupun jalannya mesin. Dari segi material disebabkan oleh mutu bahan baku biji plastik yang rusak dan permukaan kantong yang tidak rata menyebabkan hasil kantong yang kurang memuaskan dan dapat berdampak cacatnya kantong *pasted woven*.

Melalui proses *brainstorming* dengan pihak PT IKSG, didapatkan tiga penyebab cacat yang sering terjadi. Yang pertama disebabkan oleh bahan baku yang rusak atau cacat. Kemudian produk cacat dapat disebabkan oleh keadaan mesin yang tidak sempurna. Ketiga, disebabkan oleh ketidakteelitian pegawai atau operator saat proses pengecekan berlangsung.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis yang telah dilakukan memberikan informasi terdapat permasalahan pada proses produksi kantong semen

pasted woven tahap *converting*, di mana tahap ini memproduksi kantong semen *pasted woven* cacat terbanyak dengan rata-rata 220.020 kg setiap bulannya. Perbaikan dengan diagram P tradisional menghasilkan bahwa pada fase satu tidak terkendali secara statistik dikarenakan terjadi *out-of-control* pada seluruh pengamatan. Kemudian digunakan Diagram *Laney p'* dan didapatkan pada fase satu terkendali secara statistik dengan jumlah pengamatan sebanyak 9 pengamatan dan rata-rata proporsi kantong *pasted woven* cacat sebesar 0,0429 sedangkan fase dua telah terkendali secara statistik dengan rata-rata proporsi kantong *pasted woven* cacat sebesar 0,0429. Penyebab utama terjadinya kantong *pasted woven* cacat saat proses produksi kantong semen adalah bahan baku yang rusak atau cacat, keadaan mesin yang tidak sempurna, dan ketidakteelitian pegawai atau operator. Nilai PPM *defective* dari proses sebesar 42.927,2. Persentase *defect* yang diproduksi sebesar 4,29% yang mana melebihi batas yang telah ditetapkan yakni 3%, maka dapat disimpulkan bahwa proses produksi kantong semen jenis *pasted woven* tahap *converting* masih belum *capable*. Nilai level sigma dari proses yakni 3,22 di mana proses produk kantong semen *pasted woven* termasuk dalam kategori baik dan dapat bersaing dengan perusahaan dalam negeri. Untuk mencapai level 6-sigma, PT IKSG maksimal harus menghasilkan sekitar 6 kantong semen *pasted woven* yang cacat pada saat proses produksi tahap *converting*.

Saran yang dapat diberikan untuk perusahaan sebagai usulan perbaikan untuk tahap *improve* yakni melakukan pengecekan mesin sebelum dan selama proses produksi kantong sedang berlangsung, melakukan usulan perbaikan bahan baku kantong semen kepada perusahaan *supplier* dan melakukan pengecekan kantong secara visual sebelum kantong dikirim ke konsumen, mengadakan pelatihan rutin untuk karyawan guna meningkatkan kinerja para karyawan. Pemberian arahan dan pendisiplinan kepada pekerja untuk menggunakan APD untuk melindungi dari suara bising sehingga dapat bekerja lebih fokus juga dapat dilakukan perbaikan fasilitas lingkungan supaya dapat meningkatkan kinerja operator. Pihak perusahaan juga perlu melakukan perlu memperhatikan secara mendetail mengenai penggolongan jenis cacat pada kantong *pasted woven* agar dapat menentukan prioritas tindakan perbaikan dan perlunya dilakukan perbaikan secara terus menerus agar proses berjalan dengan baik serta dapat meningkatkan kualitas proses pada kinerja perusahaan. Pendataan produk cacat juga disarankan untuk dilakukan dalam bentuk harian sehingga hasil kendali lebih akurat. Untuk penelitian selanjutnya, pada tahap *measure* sebaiknya dilakukan pemeriksaan kualitas data yaitu *gauge R&R* data atribut untuk mengetahui apakah data telah memenuhi sifat *repeatability* dan *reproducibility*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. H. Elmas, "Pengendalian kualitas dengan menggunakan metode statistical quality control (SQC) untuk meminimumkan produk gagal pada toko roti barokah bakery," *Wiga J. Penelit. Ilmu Ekon.*, vol. 7, no. 1, pp. 15–22, 2017.
- [2] V. Gaspresz, *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2001.
- [3] R. Ratnadi and E. Suprianto, "Pengendalian kualitas produksi menggunakan alat bantu statistik (seven tools) dalam upaya menekan tingkat kerusakan produk," *J. Ind. Elektro dan Penerbangan*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [4] V. Devani and F. Wahyuni, "Pengendalian kualitas kertas dengan

- menggunakan statistical process control di paper machine 3,” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 15, no. 2, pp. 87--93, 2017.
- [5] T. Pyzdek and P. A. Keller, *A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [6] F. I. Cahyani and S. M. Retnaningsih, “Analisis pengendalian kualitas proses pengantongan semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk dengan pendekatan six sigma,” *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [7] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*. New Jersey: Wiley, 2019.
- [8] P. A. Marques and J. G. Requeijo, “SIPOC: A Six Sigma Tool Helping on ISO 9000 Quality Management Systems,” in *XIII Congreso de Ingeniería de Organización*. Barcelona, 2009.
- [9] D. B. Laney, “Improved control charts for attributes,” *Qual. Eng.*, vol. 14, no. 4, 2002.
- [10] A. a Wiswandani and A. Suharsono, “Analisis pengendalian kualitas pada proses making produksi diplomat mild reborn di PT. Gelora Djaja Surabaya,” *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 8, no. 2, pp. D105--D112, 2020.
- [11] M. Coccia, “Fishbone diagram for technological analysis and foresight,” *Int. J. Foresight Innov. Policy*, vol. 14, no. 2, pp. 225--247, 2020.
- [12] Z. Yamit, *Manajemen Kualitas Produk & Jasa*. Yogyakarta: Ekonisia, 2013.