

ANALISIS KUALITAS PERSENTASE UKURAN KRISTAL PUPUK MENGUNAKAN METODE *STATISTICAL QUALITY CONTROL*

Rakhmat Himawan¹, Debrina Puspita Andriani², dan Maulivia Rizma³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono No. 167, Malang, Indonesia 65145

Email: himawan@ub.ac.id, debrina@ub.ac.id, maulivia.srk@gmail.com

Abstrak

Persentase ukuran kristal dari produk pupuk Zwavelzuur Ammonium (ZA) pada tahun 2016 masih banyak yang memiliki persentase ukuran kristal kurang dari 55%. Ukuran persentase tersebut merupakan standar yang ditetapkan oleh perusahaan selama ini. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas produk pupuk melalui pengendalian kualitas terhadap persentase ukuran kristal dengan menggunakan metode pengendalian kualitas statistik. Data produk pupuk ZA diambil sebanyak 30 observasi dan setiap observasi terdapat 3 shift yang berbeda setiap harinya. Pada peta kendali rata-rata (\bar{X} -bar) diketahui nilai garis tengah, batas kendali atas, dan batas kendali bawah berturut-turut adalah 75,05; 88,41; dan 61,69. Berdasarkan hasil tersebut masih terdapat dua data yang berada diluar batas kendali. Sedangkan pada peta kendali jarak (R) diketahui nilai garis tengah, batas kendali atas, dan batas kendali bawah berturut-turut adalah 13,06; 33,62; dan 0. Pada peta ini juga masih terdapat satu data yang berada diluar batas kendali, sehingga diperlukan revisi pada kedua peta. Tahap selanjutnya dilakukan analisis akar penyebab masalah dengan menggunakan diagram tulang ikan, meliputi faktor manusia, mesin, material, proses, dan lingkungan untuk merumuskan usulan perbaikan yang diharapkan dapat mengurangi jumlah produk pupuk ZA yang tidak sesuai dengan standar persentase ukuran kristal yang telah ditetapkan dan meningkatkan kualitas produk tersebut.

Kata kunci: diagram tulang ikan; kristal pupuk; kualitas; peta kendali; pengendalian kualitas statistik.

Abstract

The percentage of crystal granules of Zwavelzuur Ammonium (ZA) fertilizer product in 2016 is still many that have a percentage of crystal size less than 55%. The percentage measure is a standard set by the company so far. Pursuant to this matter done this research with aim to improve the quality of fertilizer product through quality control to percentage of crystal size by using method of statistical quality control. ZA fertilizer product data is taken as many as 30 observations and each observation there are 3 different shifts every day. On the average control chart (\bar{X} -bar) the centerline values, upper control limits, and lower control limits are 75.05; 88.41; and 61.69, respectively. Based on these results there are still two data that are outside the limits of control. While on the distance control chart (R) it is known that the centerline value, upper control limits, and lower control limits are 13.06; 33.62; and 0, respectively. On this map there is also one data that is beyond the control limit, so it needs revision on both maps. The next stage is to analyze the root cause of the problem by using a fishbone diagram, covering human factors, machinery, materials, processes, and environment to formulate proposed improvements that are expected to reduce the amount of ZA fertilizer products that are not in accordance with standard percentage of predetermined crystal size and increase quality of the product.

Keywords: control chart; crystal granules; fishbone diagram; quality; statistical quality control.

PENDAHULUAN

Makin berkembangnya era perindustrian saat ini membuat setiap perusahaan juga makin berlomba-lomba untuk menghasilkan produk yang memiliki kualitas yang paling baik. Kualitas produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan ditentukan berdasarkan ukuran atau karakteristik tertentu (Ariani, 2004). Suatu produk dikatakan berkualitas baik apabila dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan. Salah satu aktivitas dalam menciptakan kualitas produk agar sesuai standar adalah dengan menerapkan sistem pengendalian kualitas yang tepat. Menurut Gasperz (2005), kegiatan pengendalian kualitas tersebut dapat membantu perusahaan dalam mempertahankan dan meningkatkan kualitas produknya dengan melakukan pengendalian terhadap tingkat kerusakan produk sampai pada tingkat kerusakan nol (zero defect). Oleh karena itu, kegiatan pengendalian kualitas dapat dilakukan mulai dari bahan baku, selama proses produksi berlangsung dan sampai pada produk akhir.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-8402-1991, kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar (Badan Standardisasi Nasional, 2017). Kualitas menjadi faktor utama dalam pengambilan keputusan konsumen sebelum memutuskan membeli barang atau jasa. Perusahaan wajib menjaga dan mengontrol kualitas produk dan jasa yang dihasilkan untuk menjaga persaingan dalam dunia industri (Andriani, dkk., 2017).

Perusahaan pada penelitian ini merupakan salah satu perusahaan terbesar yang bergerak di bidang pembuatan dan supply pupuk di seluruh wilayah Indonesia. Perusahaan ini selalu ingin memberikan kepuasan terhadap konsumennya, yaitu terutama para petani-petani, dengan kualitas produk yang sangat dipertimbangkan dalam proses pembuatannya menggunakan teknologi tinggi dan bahan baku yang terpilih. Berbagai jenis pupuk diproduksi oleh perusahaan ini, seperti Zwavelzuur Ammonium (ZA), Urea, dan Pupuk Fosfat. Selain itu, perusahaan ini juga memproduksi produk non pupuk, misalnya CO₂ cair, Amoniak, dan cement retarder.

Pada penelitian ini, produk yang diamati adalah pupuk ZA yang merupakan produk utama perusahaan berupa pupuk nitrogen yang banyak digunakan oleh konsumen di Indonesia. Hal ini dikarenakan pupuk tersebut mengandung ion NH₄⁺ yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bagi tanaman dimana Indonesia dikenal sebagai negara agraris. Presentase kadar kandungan N, H₂O, asam bebas, dan ukuran kristal menjadi indikator penting dalam pengendalian kualitas pupuk ZA. Pihak perusahaan telah menetapkan standar persentase kandungan N total minimum 20,8; kadar air maksimum 1,0; asam bebas maksimum 0,1; dan persentase ukuran kristal yang diukur dengan menggunakan ayakan US Mesh no.30 minimum 55%. Akan tetapi dalam pembuatannya, pada pupuk ZA ini masih terdapat beberapa kandungan yang belum sesuai dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan, terutama standar persentase ukuran kristal. Selama tahun 2016, produk pupuk ZA masih banyak dijumpai memiliki persentase ukuran kristal kurang dari 55%. Oleh karena itu, untuk menjaga konsistensi kualitas dari pupuk ZA tersebut, pada penelitian kali ini dilakukan pemeriksaan terhadap produk akhir ZA dengan menggunakan metode pengendalian kualitas secara statistik (*statistical quality control*) untuk persentase ukuran kristal (Gambar 1).

Pengendalian kualitas yang dilakukan perusahaan dapat bermacam-macam. Ada yang melakukan inspeksi secara keseluruhan (inspeksi 100%) dan ada pula yang dilakukan secara statistik. Pengendalian kualitas secara statistik (*Statistical Quality Control*) merupakan pengendalian kualitas yang menggunakan data-data kualitatif maupun kuantitatif (Simanova dan Gejdoš, 2015). Pada penelitian ini dilakukan pengendalian kualitas statistik sebagai metode analisis.



Gambar 1. Butiran kristal pupuk ZA

Untuk melakukan pengendalian kualitas dibutuhkan *tools* yang bisa digunakan untuk mempermudah proses pengendalian kualitas, diantaranya adalah *seven tools* (Montgomery, 2009). Jenis *seven tools* yang digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali (*control chart*) dan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas dari produk akhir pupuk ZA menggunakan peta kendali rata-rata dan jarak (\bar{X} dan R). Selain itu, tujuan penelitian ini juga untuk mengetahui penyebab persentase ukuran kristal yang bervariasi dan tidak sesuai dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan. Dari hasil analisis tersebut, selanjutnya dirumuskan rekomendasi perbaikan yang diperuntukkan kepada perusahaan agar kualitas pupuk ZA dan profit perusahaan dapat meningkat.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengendalian Kualitas

Pengertian pengendalian kualitas adalah usaha untuk mempertahankan mutu/kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan (Assauri, 1998). Pengendalian kualitas secara statistik (*Statistical Quality Control*) merupakan suatu sistem untuk menjaga standar dari kualitas hasil produksi pada tingkat biaya minimum yang didesain untuk mengevaluasi kualitas ditinjau dari kesesuaian dengan spesifikasinya (Andriani dan Ghazian, 2016). Tujuan dari pengendalian kualitas menurut Ahyari (2005) adalah untuk meningkatkan kepuasan konsumen, menekan biaya serendah mungkin, dan memproduksi tepat waktu. Dalam pengendalian kualitas terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kegiatan ini di perusahaan yaitu kemampuan proses yang ada, spesifikasi hasil produksi yang berlaku, tingkat ketidaksesuaian yang diterima, dan biaya kualitas yang muncul (Montgomery, 2009). Menurut Grig (1998), banyak manfaat yang akan diperoleh oleh perusahaan apabila perusahaan menjalankan pengendalian kualitas yang tepat, misalnya pengurangan pemborosan, peningkatan efisiensi, dan pengurangan keluhan pelanggan.

Statistical Quality Control

Pengendalian kualitas proses statistik (*Statistical Process Control*) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai pemonitor, pengendali, penganalisis, pengelola dan memperbaiki proses menggunakan metode-metode statistik agar dapat membuat produk sesuai dengan spesifikasi sejak dari awal proses hingga akhir proses (Gejdoš, 2015). Sasaran pengendalian proses statistik terutama adalah mengadakan pengurangan terhadap variasi atau kesalahan-kesalahan proses (Grant dan Leavenworth, 1991).

Variasi dapat terbagi menjadi dua macam, yaitu *natural (common) variation* dan *assignable (special) variation* (Colin dan Vanhoucke, 2015). *Natural variation* adalah variasi yang mempengaruhi tiap-tiap proses produksi sampai ke tingkat tertentu dan dapat diperkirakan (penyebab umum). Sedangkan *assignable variation* adalah variasi yang terjadi di dalam proses produksi dan dapat ditelusuri sampai ke penyebab spesifiknya.

Peta Kendali Rata-rata dan Jarak (X-bar dan R-bar)

Kedua peta termasuk dalam peta kendali variabel dimana pemeriksaan kualitas dengan peta kontrol variabel didasarkan pengamatan yang lebih dari satu (Ariani, 2004). Dikatakan variabel jika karakteristik kualitas item diukur dengan data variabel seperti kekuatan, suhu, ketebalan, berat, panjang dan sebagainya. Pengendalian karakteristik kualitas variabel dilaksanakan dengan mengendalikan *mean* dan variabilitasnya. Pada penelitian ini pengendalian *mean* digambarkan dengan peta kendali rata-rata (X-bar), sedangkan pengendalian variabilitas digambarkan dengan peta kendali jarak/range (R).

Peta kendali rata-rata dan jarak merupakan dua peta pengendali yang saling membantu dalam mengambil keputusan mengenai kualitas proses. Peta kendali rata-rata merupakan peta kendali untuk melihat apakah proses masih berada dalam batas pengendali atau tidak. Kondisi tersebut dapat dilihat dari produk yang sedang berada dalam proses. Peta pengendali rata-rata menunjukkan apakah rata-rata produk yang dihasilkan sesuai dengan standar pengendalian yang digunakan perusahaan. Proses produksi dikatakan baik apabila produk yang dihasilkan berada disekitar garis pusat (*center line*). Namun data yang berada di luar batas pengendali statistik apabila dikarenakan suatu sebab umum (sebab yang melekat pada proses) maka tidak boleh dihilangkan dan dianggap tetap masuk batas pengendali. Sementara data yang berada diluar batas pengendali rata-rata disebut sebagai (*out of statistical control*) yang disebabkan oleh sebab khusus.

Sementara itu, peta pengendali jarak (*range*) digunakan untuk mengetahui tingkat keakurasian atau ketepatan proses yang diukur dengan mencari *range* dari sampel yang diambil dalam observasi. Seperti halnya peta kendali rata-rata, peta kendali jarak juga digunakan untuk mengetahui dan menghilangkan penyebab khusus yang membuat terjadinya penyimpangan. Data yang berada dalam batas pengendali statistik untuk *range* disebut sebagai *in statistical control* yang terdapat dalam penyimpangan karena sebab umum. Sementara data yang berada di luar batas pengendlai statistik disebut sebagai *out of statistical control* yang disebabkan karena sebab khusus (Ariani, 2004). Persamaan (1) hingga (4) merupakan perhitungan untuk menentukan garis pusat untuk *mean* dan *range*.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \tag{1}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g xi}{g} \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{g} \bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_m}{m} \tag{2}$$

$$R = X_{max} - X_{min} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{X})^2}{n-1}} \tag{3}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g Ri}{g} \bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{n} \tag{4}$$

Dimana:

n: banyaknya sampel dalam tiap observasi

g: banyaknya observasi yang dilakukan

Ri: range untuk setiap sub kelompok

Xi: data pada sub kelompok/sampel

X-bar: rata-rata pada setiap sub kelompok

Untuk menghitung batas pengendali atas/*upper center limit* (UCL) pada peta kendali rata-rata digunakan Persamaan 5 dan batas pengendali bawah/*lower center limit* (LCL) digunakan Persamaan 6. Sedangkan pada peta kendali jarak/*range*, batas kendali atas/*upper center limit* (UCL) dapat dilihat pada Persamaan (7) dan batas kendali bawah/*lower center limit* (LCL) pada Persamaan (8).

$$\text{UCL X-bar} = \text{X-bar} + A2 \times R \quad (5)$$

$$\text{LCL X-bar} = \text{X-bar} - A2 \times R \quad (6)$$

$$\text{UCL R-bar} = \text{R-bar} \times D4 \quad (7)$$

$$\text{LCL R-bar} = \text{R-bar} \times D3 \quad (8)$$

Dimana:

UCL: batas kendali atas

LCL: batas kendali bawah

X-bar: Rata-rata

R-bar: rata-rata jarak/*range*

D4: Nilai konstanta D4 untuk peta kendali R

D3: Nilai konstanta D3 untuk peta kendali R

A2: Nilai konsanta A2 untuk peta kendali X

Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram)

Diagram ini disebut juga diagram tulang ikan (*fishbone diagram*), berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah utama. Penyebab-penyebab masalah digambarkan dengan garis radial dari garis panah yang menunjukkan masalah. Kegunaan dari diagram sebab akibat antara lain menganalisis sebab dan akibat suatu masalah, menentukan penyebab permasalahan, dan menyediakan tampilan yang jelas untuk mengetahui sumber-sumber variasi.

Fishbone diagram merupakan satu-satunya alat bantu yang menggunakan data variabel (*non-numerical*) atau data kualitatif dalam penyajiannya. Berbeda dengan alat bantu lainnya, manfaat optimum diperoleh bila diagram *fishbone* mampu menampilkan akar-akar penyebab sesungguhnya dari suatu penyimpangan (Kuswadi dan Mutiara, 2004).

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk pada jenis penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri dengan membuat perbandingan atau menggabungkan antar variabel (Sugiyono, 2012). Sedangkan dalam pengumpulan data digunakan 2 jenis metode, yaitu kepustakaan dan lapangan. Metode kepustakaan (*library research*) dilakukan untuk mendapatkan data dengan membaca sumber data informasi yang berhubungan dengan pembahasan, sehingga permasalahan dapat diselesaikan sesuai dengan teori yang ada. Metode lapangan (*field research*) dilakukan dengan cara wawancara, observasi, dan dokumentasi.

Pengumpulan Data

Bahan baku yang digunakan untuk produk ZA adalah Amoniak dan Asam Sulfat. Pengamatan dilakukan terhadap kadar dari kandungan Ammonium Sulfat yaitu persentase ukuran krsital. Pengukuran produk ZA dilakukan dengan menggunakan ayakan US Mesh

No. 30. Ukuran kristal produk ZA sudah ditentukan sesuai dengan standar SNI 02-1760-2005 yaitu minimal 55%. Data hasil pengukuran persentase ukuran kristal produk ZA yang dihasilkan diperoleh dari pengambilan sampel setiap 8 jam sekali. Data yang diambil pada penelitian ini sebanyak 30 observasi dengan masing-masing 3 replikasi sesuai *shift* selama bulan Januari 2017. Tabel 1 menjelaskan data pengukuran persentase ukuran kristal produk ZA yang dikumpulkan selama penelitian dilakukan.

Tabel 1. Hasil pengukuran persentase ukuran kristal pupuk ZA Bulan Januari 2017

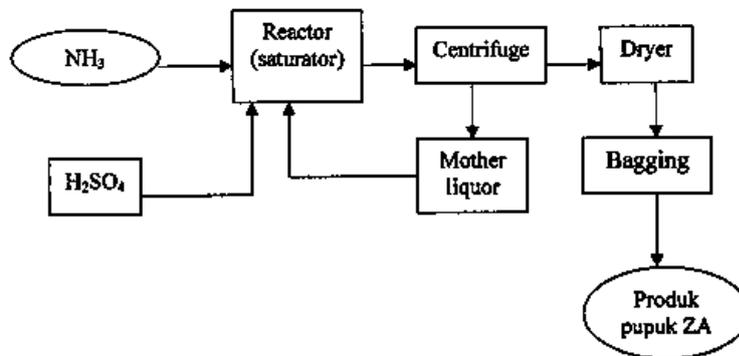
No	Presentase Ukuran Kristal (%)		
	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	75.6	84.2	79.6
2	81.8	92.1	84.5
3	85.2	71	86.4
4	53.5	65.5	56.2
5	83.3	82.3	81.2
6	82.3	65.2	81.8
7	77.1	75.8	68.8
8	86.6	54.8	71.8
9	79.5	86.9	88.5
10	76.6	85.2	80.6
11	74.7	80.7	78.2
12	71.8	76.1	69.7
13	81.9	86.3	82.6
14	79.1	85.9	74.7
15	71.5	59.5	75.1
16	74.5	74.4	69.3
17	64	62.6	80.6
18	72.8	55.8	40.5
19	89.6	84	67.5
20	75.1	87.3	81
21	71.2	74.4	58.5
22	65	73.6	68.2
23	81.8	69.6	68.3
24	76.9	76.5	69.2
25	69.4	71.7	70.1
26	77.1	87.6	82.1
27	76.2	66.6	78.7
28	83.8	76.3	80.1
29	86.8	70.8	63.5
30	86.6	70.48	52.8

Proses Produksi Pupuk ZA

Perusahaan memproduksi produk utama, salah satunya adalah pupuk Zwavelzuur Ammonium (ZA) sebanyak 200.000 ton tiap tahunnya dengan bahan baku Ammonia dan Asam Sulfat. Ammonium sulfat adalah salah satu pupuk nitrogen yang banyak digunakan karena mengandung ion NH_4^+ yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan bagi tanaman. Karakteristik pupuk ZA atau yang dikenal dengan nama pupuk Ammonium sulfat ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ adalah berbentuk kristal, berwarna putih garam, memiliki berat molekul 132 g/mol, berat jenis $1,77 \text{ g/cm}^3$, dan mudah larut dalam air, serta menyerap panas.

Kapasitas produksi dari pabrik ZA kurang lebih 600 ton/hari, namun dengan perubahan/modifikasi beberapa *equipment*, kemampuan produksinya bisa mencapai 700 ton/hari. Tahapan proses pembuatan pupuk ZA meliputi proses netralisasi dan kristalisasi, proses pemisahan kristal, proses pengeringan, dan proses penampungan dan pengemasan. Produk akhir pupuk ZA memiliki kadar N_2 min 20,08% berat, H_2SO_4 maks 0,1% berat, H_2O maks

1% berat dan ukuran kristal yang tertinggal pada saringan 30 *mesh* sebanyak 55%. Gambar 2 merupakan diagram proses pembuatan pupuk ZA.



Gambar 2. Diagram proses pembuatan pupuk ZA

HASIL DAN PEMBAHASAN

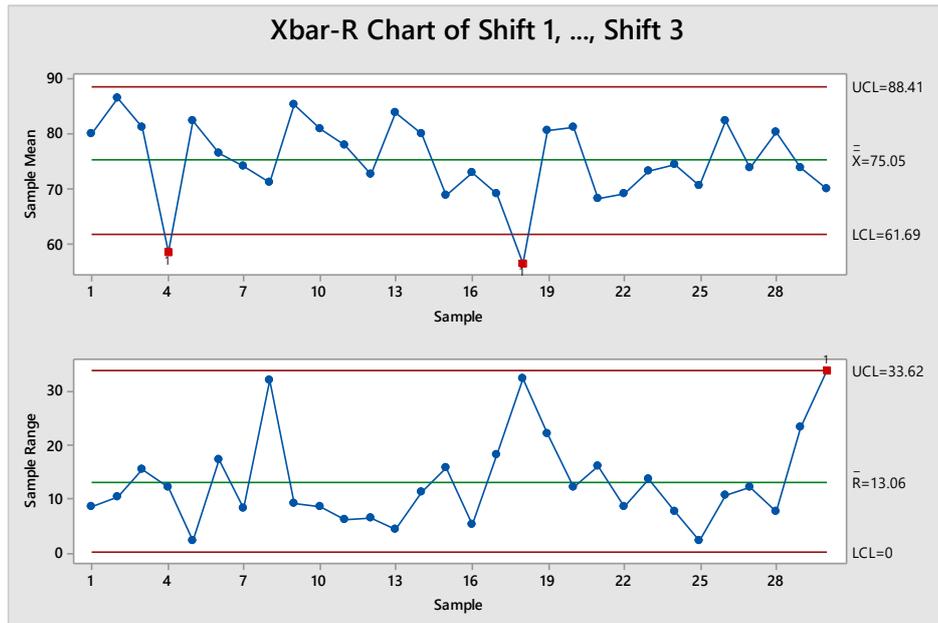
Analisa pengendalian kualitas yang dilakukan pada penelitian ini adalah mulai dari pengolahan data persentase ukuran kristal pupuk ZA, menentukan nilai garis tengah (CL), batas kendali atas, (UCL), dan batas kendali bawah (LCL), baik pada peta kendali rata-rata (X-bar) maupun peta kendali jarak (R-bar) untuk mengetahui seberapa banyak data pada produk pupuk ZA yang sudah dalam batas kendali. Selanjutnya dilakukan analisis penyebab persentase ukuran kristal pupuk ZA yang tidak sesuai dengan spesifikasi dengan menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*).

Analisis dengan Peta Kendali Rata-rata dan Jarak (X-bar dan R-bar)

Sesuai dengan sampel pada Tabel 1, sampel yang diambil untuk setiap observasi yaitu pada setiap *shift*, sehingga sampel yang diambil berjumlah 3 untuk setiap kali observasi. Perhitungan untuk presentase ukuran kristal pupuk ZA sesuai dengan Persamaan (1) hingga (4) diperoleh nilai X-bar adalah 75,05 dan R-bar adalah 13,06. Nilai tersebut juga merupakan nilai garis tengah (*center line*).

Selanjutnya untuk penentuan batas kendali atas (*upper control limit/UCL*) dan bawah (*lower control limit/LCL*) masing-masing peta dilakukan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Persamaan (5) dan (6) untuk peta kendali rata-rata (X) dan Persamaan (7) dan (8) untuk peta kendali jarak (R). Nilai konstanta A2 untuk peta kendali rata-rata (X) yaitu 1,023, sedangkan untuk peta kendali jarak (R) nilai konstantanya adalah $D4 = 2,574$ dan $D3 = 0$ untuk sub grup tiap sampel sebanyak 3.

Berdasarkan peta kendali rata-rata dan jarak (X bar-R) pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa untuk peta kendali rata-rata (X-bar) masih terdapat dua data yang berada di luar batas bawah pengendalian (LCL) untuk persentase ukuran kristal pupuk ZA, yaitu pada data ke-4 dan 18 yaitu masing-masing bernilai 58,40 dan 56,37. Sedangkan pada peta kendali jarak (R) diketahui bahwa terdapat satu data yang masih melebihi batas atas pengendali (UCL) yaitu data ke-30 sebesar 33,8.



Gambar 3. Peta kendali rata-rata dan jarak (X-bar dan R-bar) awal

Penyebab keluarnya data dari batas pengendalian kedua peta kendali tersebut adalah diidentifikasi sebagai adanya penyebab khusus (*assignable cause*) pada sistem proses produksi. Penyebab ini dipengaruhi oleh kejadian di luar sistem yang dapat mempengaruhi variasi di dalam sistem yang dapat bersumber dari manusia, material, lingkungan kerja ataupun metodenya. Dalam hal ini karena masih terdapat data yang berada diluar batas kendali, maka data tersebut dianggap *out of statistical control* dan harus direvisi (Flott, 2012). Gambar 4 adalah peta kendali rata-rata dan jarak (X bar-R bar) yang telah direvisi. Pada kenyataannya, apabila terdapat persentase ukuran kristal yang kurang dari 55% maka produk tersebut akan dimasukkan ke gudang sebagai bahan untuk campuran pada pupuk NPK.



Gambar 4. Peta kendali rata-rata dan jarak (X-bar dan R-bar) revisi

Analisis dengan Diagram Tulang Ikan (Fishbone Diagram)

Berdasarkan hasil wawancara dan *brainstorming* dengan manajer dan staff dari unit produksi pupuk ZA diperoleh beberapa penyebab apabila terjadi penyimpangan persentase ukuran Kristal sehingga tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Diagram tulang ikan pada Gambar 6 akan menunjukkan beberapa permasalahan yang dapat digolongkan menjadi 5 faktor, yaitu manusia, mesin, material, proses, dan lingkungan. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing permasalahan:

1. Dari segi manusia/operator (*Man*)

Dalam proses produksi tenaga kerja sangatlah berpengaruh, apabila tenaga kerja kurang dapat menguasai pekerjaannya, maka akan berdampak pada hasil produksi yang dihasilkan. Walaupun, sebagian besar pekerjaan dilakukan oleh mesin yang otomatis, namun terdapat campur tangan dari pekerjanya. Beberapa penyebab yang disebabkan oleh operator antara lain, kurangnya konsentrasi, kurang pengawasan, dan kurang teliti saat melakukan *maintenance*. Misalnya, operator terkadang lupa belum menutup *bv* (kran) saat melakukan *flushing centrifuge* (pembersihan internal) *c* sehingga akan menyebabkan kadar air yang berlebih pada produk ZA.

2. Dari segi Mesin/alat (*Machine*)

Penyebab permasalahan ditinjau dari segi mesin adalah performansi mesin produksi ZA I yang kurang maksimal hal ini disebabkan karena mesin *centrifuge* yang digunakan *overload* (kelebihan beban), sehingga performansinya menurun dan menyebabkan pengeringannya yang kurang maksimal. Selain itu, saturatornya dalam kondisi yang kurang baik sehingga akan menyebabkan produknya menjadi lembab dan menyebabkan mudah menggumpal sehingga akan menyumbat saluran. Mesin yang digunakan kurang kalibrasi karena akan berpengaruh terhadap produksi hasil produksi pupuk ZA.

3. Dari segi bahan baku (*Material*)

Kadar Fe terlalu tinggi di saturator sehingga akan menyebabkan tillernya dalam kondisi yang kurang baik. Ketika terjadi *shut down*, material yang dimasukkan belum sesuai dengan yang diinginkan sehingga ukuran tillernya rendah.

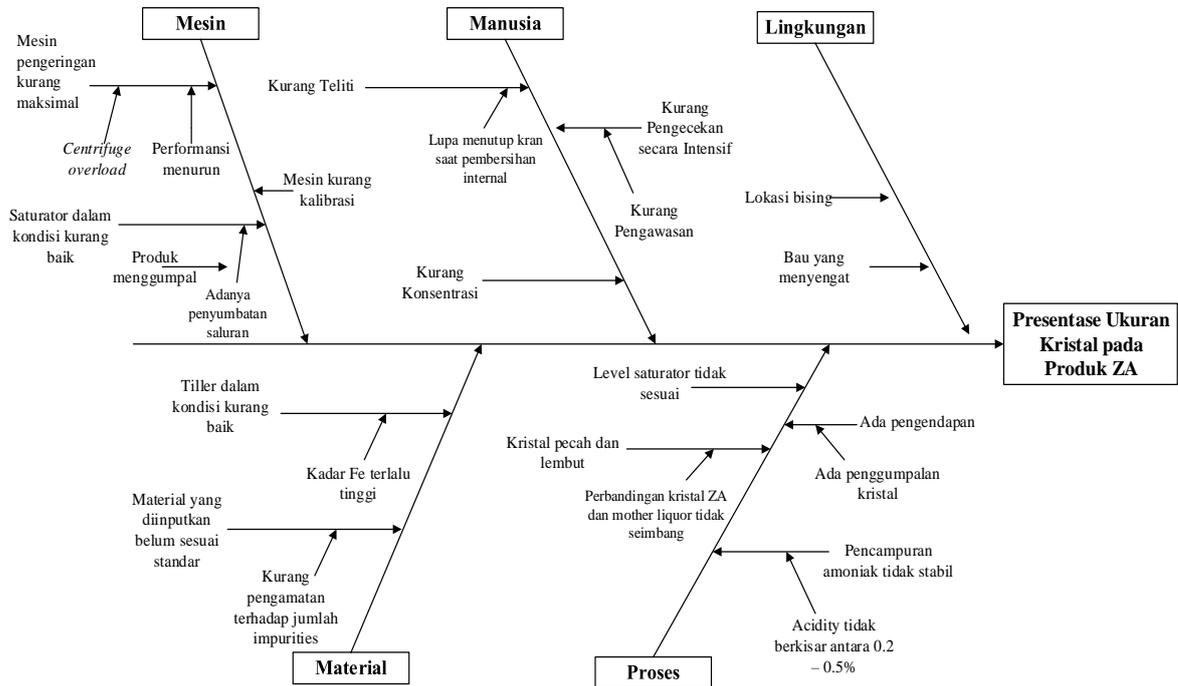
4. Dari segi proses

Dalam proses pembentukan kristal terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukannya yaitu kemurnian bahan baku, *acidity* antara 0,2%-0,5%, kestabilan *flow process air*, perbandingan antara kristal ZA dan *mother liquor* = 50% : 50%, kelancaran pemasukan bahan baku (level saturator antara 3,8-4,0 meter dengan temperature 105⁰ C - 110⁰ C). Dari beberapa faktor tersebut terkadang ada yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Seperti *acidity* yang kurang atau melebihi 0,2% - 0,5% sehingga dapat menyebabkan pencampuran dengan amoniaknya tidak stabil, perbandingan *crystal ZA* dan *mother liquor* tidak seimbang menyebabkan kristal bisa menjadi pecah-pecah dan menjadi lembut, dan level saturator yang tidak sesuai.

5. Dari segi lingkungan

Lokasi produksi yang bising dan bau yang cukup menyengat menyebabkan operator kurang konsentrasi dalam melaksanakan tugasnya sehingga menyebabkan kesalahan pekerjaan yang dapat berdampak pada spesifikasi produk.

Gambar 5 merupakan diagram tulang ikan untuk penelitian ini.



Gambar 5. Fishbone diagram untuk analisis akar permasalahan persentase ukuran kristal pupuk ZA

Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan yang dapat dilakukan dalam mengatasi permasalahan-permasalahan yang telah dikemukakan pada bagian sebelumnya berdasarkan hasil telaah dan diskusi dengan pihak perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Dari segi manusia/operator (*Man*)

Sebaiknya operator harus lebih intensif dalam pengecekan setiap proses produksi. Kurang telitinya operator dalam pengawasan sistem walau perusahaan sudah menciptakan secara otomatis, operator harus tetap turun lapangan untuk melakukan pengontrolan dan pengecekan secara intensif agar produk dapat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

2. Dari segi Mesin/alat (*Machine*)

Level larutan dalam saturator harus dijaga konstan sehingga line asam sulfat selalu terendah. Level larutan yang rendah mengakibatkan pencampuran yang tidak baik. Level terlalu tinggi mengakibatkan larutan terbawa bersama uap keluar melalui kondensor, yang dapat menyebabkan Kristal ZA terbentuk di kondesor sehingga terjadi kebuntuan. Untuk menghindari terjadi penggumpalan kristal yang akan menyumbat saluran, perlu ditambahkan air ke dalam saturator dengan jalan memasukkannya lewat *line condensate make up* atau menambahkan *flow condensate recycle*. Selain itu mesin juga perlu dilakukan kalibrasi yang terjadwal agar performansi mesin dapat optimal.

3. Dari segi bahan baku (*Material*)

Kadar Fe yang terlalu tinggi akan menghasilkan *tiller* yang kurang baik, sehingga untuk mengurangi dampak tersebut perlu diinjeksi dengan menggunakan Asam Phospat (H_2PO_4) untuk menaikkan *tiller*. Pada pengamatan kemurnian asam sulfat atas impurities pada asam sulfat adalah Fe, Cr, Al dan lain-lain yang apabila terkandung dalam larutan induk akan berpengaruh besar terhadap pembentukan kristal. Oleh karena itu perlu

dilakukan pengamatan terhadap jumlah impurities ini dengan jalan menambahkan beberapa jenis bahan kimia reaktan guna melenyapkan zat-zat impurities tadi. Biasanya garam Fe, Cr, Al dapat dipisahkan dengan *phosphoric acid* atau garamnya dalam beberapa hal dengan penambahan unsur pengoksidasi (*nitric acid*) sebelum memasukkan unsur-unsur pemurni dimasukan untuk menyempurnakan pemurnian tadi.

4. Dari segi proses

Operator sebaiknya melakukan pengecekan secara rutin misalnya pada pengecekan acidity saat membuka plug valve agar tidak terlalu besar. Pada aliran uap keluar saturator dipasar kondensor untuk menjaga kesetimbangan air. Penambahan air untuk menjaga kesetimbangan temperature dapat dilakukan dengan mengontrol laju aliran air *condensate recycle system*. Uap yang keluar dari saturator mengandung sedikit gas amoniak, untuk memperkecil gas amoniak yang hilang dapat dilakukan hal seperti amoniak yang masuk ke dalam saturator didistribusi sehingga bereaksi dengan sempurna dengan asam sulfat (salah satunya dengan mengatur laju alir dan distribusi udara pengaduk), larutan Ammonium Sulfat dijaga sedemikian asam (H_2SO_4 bebas antara 0,1 – 1%). Kedalam saturator dialirkan udara untuk membantu pengadukan yang berguna untuk mencegah terjadinya pengendapan di dasar saturator dan untuk membantu pembentukan kristal, pengadukan sebagian diperoleh dengan pemasukan gas ammonia melalui sparger dibagian tengah reactor. Apabila kristal di dalam saturator melebihi dari 50% akan terjadi gumpalan, sehingga perlu dihindari dengan jalan menambahkan air kedalam saturator dengan memasukkan *line condensate make up* dari tangki TK 301.

5. Dari segi lingkungan

Seluruh pekerja sebaiknya menggunakan masker saat akan melakukan pengontrolan pada *plant ZA*, jadi tidak hanya menggunakan masker saat terdapat bau yang menyengat saja. Karena untuk jangka panjang apabila para pekerja menghirup udara yang terkontaminasi dengan ammonia akan menyebabkan gangguan pernafasan.

PENUTUP

Berdasarkan data yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik tiga kesimpulan. Kesimpulan pertama, dari hasil analisa data persentase ukuran kristal pupuk ZA menggunakan peta kendali jarak (R) diketahui terdapat 1 data yang berada diluar batas kendali atas yaitu data ke-30, sehingga perlu dilakukan revisi terhadap data tersebut karena termasuk dalam variasi penyebab khusus. Demikian pula pada peta kendali rata-rata masih terdapat data yang berada di luar batas kendali bawah, yaitu data ke-4 dan 18, sehingga dilakukan revisi juga untuk peta kendali ini. Dengan revisi yang telah dilakukan, seluruh data hasil observasi telah berada di dalam batas pengendalian yang menunjukkan bahwa data tersebut dalam kondisi *in statistical control* atau telah sesuai dengan standar pengendalian proses.

Kesimpulan kedua adalah berdasarkan hasil analisis *fishbone diagram*. Terdapat beberapa penyebab data belum pada kondisi *in statistical control* yang dijabarkan dengan *fishbone diagram*, yaitu pada faktor manusia, mesin, material, proses dan lingkungan. Sebagai contoh dari faktor manusia, operator terkadang kurang teliti dalam membuka serta menutup *valve* saat *flushing centrifuge*.

Kesimpulan terakhir adalah rekomendasi perbaikan yang dirumuskan berdasarkan hasil diskusi dengan pihak perusahaan untuk mengatasi permasalahan presentase ukuran kristal yang tidak sesuai dengan standar. Salah satu contohnya adalah dari segi manusia sebaiknya melakukan pengawasan intensif dan operator juga tetap turun ke lapangan untuk melakukan pengontrolan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, serta Jurusan Teknik Industri dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, A. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Revisi. Jakarta: Erlangga. 2005.
- Andriani, D.P., dan Ghazian, T.M.F. Analisis Assignable Variation Produk Aluminium Florida (AlF3) dengan Statistical Quality Control Method. *Indonesia Statistical Analysis Conference (ISAC)*, Jurusan Teknik Industri, UNPAR. 2016: Vol. 3, No. 1, pp. 37-47.
- Andriani, D.P., Rizky, D.A., dan Setiaji, U. Pengendalian Kualitas Kadar Air Produk Kerupuk Udang Berbasis SNI Menggunakan Statistical Quality Control Method. *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2017*, Jurusan Teknik Industri, UNS. 2017; pp. 98-107.
- Ariani, D.W. *Pengendalian Kualitas Statistik*, Yogyakarta: Penerbit Andi. 2004.
- Assauri, S. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Univeristas Indonesia, 1998.
- Badan Standardisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-8402-1991. Diakses dari <http://sisni.bsn.go.id/> tanggal 17 Februari 2017.
- Colin, J., & Vanhoucke, M. Developing A Framework for Statistical Process Control Approaches in Project Management. *International Journal of Project Management*. 2015; Vol. 33, pp. 1289-1300.
- Flott, L.W. *Quality Control: Introduction to Control Charts*. Diakses dari: www.metalfinishing.com tanggal 17 September 2017.
- Gasperz, V. *Total Quality Management (TQM)*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. 2005.
- Gejdoš, P. Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control, *Business Economics and Management 2015 Conference. BEM2015, Procedia Economics and Finance*. 2015; Vol. 34, pp. 565-572.
- Grant, E.L., dan Leavenworth, R.S. *Pengendalian Mutu Statistik*. Jakarta: Penerbit Erlangga. 1991.
- Grig, N. *Infrastructure Engineering and Management*. United States: John Wiley & Sons. 1998.
- Kuswadi & Mutiara, E. *DELTA, Delapan Langkah dan Tujuh Alat Statistik untuk Peningkatan Mutu Berbasis Komputer*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo. 2004.
- Montgomery, D.C. *Introduction to Statistical Quality Control*. United States: John Wiley & Sons, Inc. 2009.
- Simanová, L., dan Gejdoš, P. The Use of Statistical Quality Control Tools to Quality Improving in the Furniture Business. *Business Economics and Management 2015 Conference, BEM2015, Procedia Economics and Finance*. 2015; Vol. 34, hlm. 276-283.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: ALFABETA. 2012.