

ANALISA PENGENDALIAN MUTU PRODUK CAT *SOLVENT BASED* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA*

Fidha Arvilita

Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: fidhaarvilita16050724020@mhs.unesa.ac.id

Mas Suryanto HS

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: massuryantohs@unesa.ac.id

Abstrak

Produk cat *solvent based* merupakan jenis produk cat berbasis dasar minyak yang berguna sebagai pelapis atau pelindung objek serta melindungi besi, baja atau seng dari karat sehingga objek akan terhindar dari korosi dan tahan lama. Aktivitas produksi dengan berbagai macam jenis cat dalam sekali produksi, membuat industri cat harus selalu memperhatikan mutu dari cat yang diproduksi. Kegiatan yang diperlukan perusahaan agar terhindar dari produk cacat dan rugi akibat *return* adalah dengan pengendalian mutu. Salah satu metode pengendalian mutu statistik yang dapat diterapkan industri cat yaitu metode *six sigma*. Tujuan dari artikel ilmiah *literature review* ini untuk mengetahui jenis kecacatan yang sering terjadi pada karakteristik mutu produk cat *solvent based*, mengetahui faktor penyebab kecacatan dan menentukan upaya pemecahan masalah kecacatan menggunakan metode *six sigma*. Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis kecacatan yang sering terjadi dan berpengaruh pada karakteristik mutu cat *solvent based* adalah *blending* dengan faktor utama yang berpengaruh adalah faktor temperatur. Berdasarkan analisis DPMO diketahui proses produksi cat berada pada level *sigma* yang belum terkendali. Usulan pemecahan masalah yang diberikan adalah *quality control* melakukan pengecekan serta penstabilan temperatur dengan mengacu pada kecepatan *mixer* mesin dan pengecekan temperatur secara otomatis melalui *dissolver machine* dengan pengaturan mesin akan mati sendiri apabila suhu berkurang/melebihi ketetapan dan akan hidup lagi pada suhu optimal.

Kata Kunci: cat *solvent based*, pengendalian mutu, *six sigma*.

Abstract

Solvent based paint product is a type of oil based paint product that is useful as a coating or object protector and to protect the iron, steel or zinc from rust so the object will be protected from corrosion and will be durable. Production activities with various types of paint in one production makes the paint industry always pay attention to the quality of the paint produced. The activity required by the company to avoid defective products and losses due to returns is a quality control. One of the statistical quality control methods that can be applied to the paint industry is the six sigma method. The purpose of this scientific literature review article is to determine the types of defect that often occur in the quality characteristics of solvent based paint products, determine the causes of defect and determine defect problem solving efforts using the six sigma method. The results of the analysis show that the types of defect that often occur and affect the quality characteristics of solvent based paint is blending with the causative factors being the temperature factor. Based on the DPMO analysis, it is known that the paint production process is at the uncontrolled sigma level. The proposed solution to the problem given are the quality control will be checking and stabilize the temperature by referring to the mixer engine speed and automatic temperature checking on dissolver machine with the setting of machine will turn itself off when the temperature decrease/exceeds the specified temperature and will start again at optimal temperature.

Keywords: *solvent based paint, quality control, six sigma.*

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi seperti sekarang ini bersamaan dengan berkembangnya dunia industri dalam berbagai bidang, perusahaan harus dituntut untuk dapat kompetitif dengan perusahaan lain baik dalam dunia industri yang sama maupun lainnya. Dalam industri manufaktur maupun jasa, antar perusahaan pastinya akan memiliki pesaing untuk menghasilkan suatu produk dengan jenis yang serupa. Hasil produksi berupa suatu produk maupun

jasa haruslah memiliki mutu yang berkualitas dengan harga yang terjangkau. Hal tersebut sangat perlu untuk memenuhi keinginan dan kepuasan konsumen yang semakin selektif. Suatu perusahaan memiliki visi dan misi untuk tetap mempertahankan dan mengembangkan kualitas produk yang dihasilkan lebih baik untuk mempertahankan profit perusahaannya.

Pentingnya keberlangsungan perusahaan menjadikan adanya persaingan dalam dunia industri. Hal itu membuat suatu perusahaan tidak boleh lengah dan acuh terhadap

mutu suatu produk yang dihasilkan. Mutu produk yang baik menjadikan perusahaan tidak perlu menurunkan biaya produksi akibat produk cacat dan rugi akibat *return*. Pengendalian mutu harus dilaksanakan tidak hanya pada akhir produksi saja, juga pada saat proses produksinya. Kegiatan untuk memenuhi mutu produk agar sesuai dengan perencanaan awal tersebut diperlukan adanya pengendalian mutu, supaya hasil produk akhir dapat memuaskan kebutuhan konsumen yang selektif. Mengacu pada aspek tersebut, usaha mengendalikan mutu produk menjadi suatu cara pencegahan yang dapat dilakukan sebelum cacat mutu produk terjadi.

Pengendalian proses secara statistik adalah teknik untuk memastikan setiap proses yang digunakan agar barang atau jasa yang dikirimkan kepada konsumen memenuhi standar kualitas, dengan menggunakan statistik yang sangat dasar untuk mengontrol proses. Pengendalian proses statistik digunakan untuk mengukur kinerja dari sebuah proses. Suatu proses dikatakan berada dalam keadaan terkontrol ketika satu-satunya sumber variasi bersifat umum atau alami (Syukron dan Kholil, 2013:11). Salah satu metode pelaksanaan pengendalian mutu secara statistik yang dapat diterapkan suatu industri adalah pengendalian mutu dengan metode *six sigma*.

Six sigma adalah suatu sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, memberi dukungan dan memaksimalkan proses usaha yang berfokus pada pemahaman akan kebutuhan pelanggan dengan menggunakan fakta, data dan analisis statistik serta terus-menerus memperhatikan pengaturan, perbaikan dan mengkaji ulang proses usaha. Penerapan *six sigma* memiliki keuntungan yang berbeda bagi setiap perusahaan. Hal tersebut tergantung pada bentuk usaha yang dijalankan perusahaan. Sistem *six sigma* yang fleksibel bagi suatu perusahaan dapat diterapkan pada industri dengan salah satu *output* usaha berupa produk cat.

Produk cat merupakan suatu produk yang berguna sebagai pelapis atau pelindung objek atau permukaan, baik dari segi keindahan atau estetika. Salah satunya yaitu produk cat *solvent based*, cat yang berbahan dasar minyak ini selain sebagai cat pelapis untuk memperindah juga untuk melindungi besi, baja atau seng itu sendiri dari karat akibat reaksi langsung dengan air atau oksigen dari luar. Adanya cat dengan fungsi sebagai pelapis pelindung itu membuat besi, baja atau seng akan tahan lama karena akan terhindar dari korosi. Aktivitas produksi dengan berbagai macam jenis cat yang begitu banyak dalam sekali produksi, membuat perusahaan harus selalu memperhatikan mutu dari cat yang diproduksi. Pada tahap proses produksi cat, tidak menutup kemungkinan terjadi ketidaksesuaian ataupun cacat produk yang dihasilkan dapat menurunkan mutu atau kualitas dari produksi cat. Upaya untuk meminimalisir kesalahan proses produksi cat

solvent based pada artikel ini menggunakan penerapan metode *six sigma* sebagai pengendalian mutu suatu produk.

Berkembangnya dunia industri, peningkatan daya saing produk dan kemampuan menghasilkan mutu produk berkualitas dengan minimum kecacatan menjadi faktor pentingnya penerapan sistem pengendalian mutu dengan tepat yang berfokus pada produk cat *solvent based* di industri cat, maka rumusan masalah pada artikel *literature review* ini antara lain: (1) apakah jenis kecacatan yang sering terjadi pada karakteristik mutu produk cat *solvent based*? (2) apakah faktor penyebab kecacatan mutu cat *solvent based* tersebut? (3) bagaimana pemecahan masalah kecacatan mutu cat *solvent based* tersebut dengan menggunakan metode *six sigma*?

Tujuan dari artikel *literature review* ini yaitu: (1) mengetahui jenis kecacatan yang sering terjadi pada karakteristik mutu produk cat *solvent based*; (2) mengetahui faktor penyebab kecacatan mutu cat *solvent based* tersebut; (3) menentukan upaya pemecahan masalah kecacatan mutu cat *solvent based* tersebut dengan menggunakan metode *six sigma*.

Penulisan artikel ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis, kalangan akademisi dan dunia industri. Bagi penulis diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan dalam memecahkan masalah terutama dalam hal pengendalian mutu. Bagi kalangan akademisi artikel ini diharapkan dapat dijadikan referensi dalam penelitian pengendalian mutu produk lebih lanjut. Bagi dunia industri khususnya industri cat, artikel ini diharapkan sebagai suatu masukan dalam penerapan pengendalian mutu atau kualitas produk dengan menggunakan metode-metode yang dapat digunakan untuk peningkatan kualitas produk.

Penulisan artikel ilmiah dalam bentuk *literature review* ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut: (1) menggunakan alat bantu statistik berupa diagram SIPOC, diagram peta kendali (diagram *control*), diagram *pareto* dan diagram *fishbone*; (2) tahap *analyze* dilakukan menggunakan diagram *fishbone* didasarkan pada kecacatan dengan persentase terbesar; (3) tahap *control* tidak dibahas pada penulisan artikel *review* ini.

Definisi kualitas secara tradisional adalah dasar dari pandangan bahwa produk dan jasa harus memenuhi persyaratan dari mereka yang menggunakannya. Akibatnya, pemahaman dan peningkatan kualitas adalah faktor kunci dari keberhasilan bisnis dan peningkatan persaingan (Syukron dan Kholil, 2013:4). Mutu atau seringkali disebut dengan kualitas dalam dunia industri ini merupakan suatu hal yang menjadi pokok pencapaian utama perusahaan dalam menghasilkan suatu produk jadi.

Pada tahun 1954 Joseph M. Juran mengatakan bahwa kendali mutu adalah suatu proses produksi diuji dan

dievaluasi terhadap persyaratan-persyaratan asalnya yang diminta oleh pelanggan. Masalah-masalah dideteksi untuk kemudian diperbaiki (Sriwidadi, 2001:110). Upaya perbaikan kualitas itu antara lain dengan menggunakan beberapa metode yang telah ada pada dunia industri untuk pengendalian mutu produk, salah satunya dengan penerapan metode *six sigma*.

Six sigma telah terbukti menjadi pendekatan yang populer untuk mengusir variabilitas dari proses melalui penggunaan alat statistik. Nilai 3,4 cacat per juta kesempatan (DPMO) untuk *six sigma* proses diperoleh dengan asumsi bahwa batas spesifikasinya adalah enam standar penyimpangan dari nilai proses target dan bahwa proses bisa berubah sebanyak sebagai 1,5 *sigma*. Ukuran *six sigma* pada kurva normal mewakili tingkatan kualitas jumlah produk yang harus dalam kondisi baik dengan probabilitas 0,9999996660 yang artinya hanya diijinkan jumlah produk yang cacat adalah 3,4 per satu juta produk (Syukron dan Kholil, 2013:25). Penerapan *six sigma* melalui konsep DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*) sangat cocok untuk diterapkan pada industri dengan usaha yang dijalankan berupa produk cat yang banyak berkembang diberbagai wilayah, dalam hal ini penerapannya pada produk cat *solvent based*.

Produk cat *solvent based* termasuk dalam campuran cat berbahan dasar minyak seperti yang terdapat pada cat besi, baja ataupun seng. Campuran cat berbahan dasar minyak adalah campuran cat pada saat dioleskan pada permukaan vertikal yang rata akan cepat mengering dan tetap elastis serta pada periode tertentu tidak meleleh, tidak terputus-putus atau tidak menggelembung (SNI 4827:1998).

Pada penulisan artikel ini akan memberikan suatu pemaparan telaah *literature review* dan analisis mengenai pengendalian mutu di industri cat berupa produk cat *solvent based* melalui metode *six sigma*. Penulis berpedoman pada penelitian-penelitian empiris yang telah dilakukan terdahulu. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder melalui studi pustaka dan *literature*.

Pada industri cat di India mengungkapkan, industri cat terdiri dari *protective coating* dan *heavy-duty coating*. Macam-macam produk cat seperti *weather resistant coatings, can coatings, coil coatings, powder coatings, automotive coatings, aircraft coatings* berada di bawah naungan industri cat di India (Ram, 2011:131). Di Indonesia juga terdapat perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur produksi cat, salah satunya adalah PT. Jotun Indonesia di Cikarang. PT. Jotun Indonesia memiliki segmen penjualan utama berupa *decorative* (cat *water based*) dan *protective and marine* (cat *solvent based*) (Azwir dan Mufadhol, 2018:46). Berkembangnya berbagai macam produksi cat tersebut karena mempunyai

peranan penting terutama bagi dunia konstruksi dan arsitektural.

Proses Produksi Cat *Solvent Based*

Cat diproduksi dalam jumlah banyak untuk sekali pembuatan. Bahan baku pembuatan cat adalah termasuk pelarut (*solvent*), resin, pigmen dan aditif yang terdiri dari bahan kimia anorganik dan organik. Masing-masing bahan baku memiliki kegunaan dalam proses pembuatan cat, antara lain: (1) *solvent* sebagai pelarut untuk mempermudah penerapan cat; (2) resin membantu proses mengering cat; (3) pigmen memberi warna pada cat; (4) aditif berfungsi sebagai pengisi hingga anti fungisida. Secara singkat, proses pembuatan cat melibatkan pencampuran (*mixing*), penggilingan (*grinding*), pemeriksaan homogenitas (*homogeneity checking*), pengenceran (*thinning/dilution*), *filtration and finishing* serta pengemasan dan penyimpanan (*packaging and storage*) (Mishra dan Sharma, 2014:531).

Pada industri cat terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan cat yang dapat dilihat pada Gambar 1. Tahapan pembuatan cat tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut (Azwir dan Mufadhol, 2018:47):

1. *Pre weighing raw material*, persiapan dan penakaran semua bahan baku seperti *solvent*, resin, pigmen, aditif serta tepung.
2. *Charging process*, proses pencampuran bahan baku menggunakan mesin *dissolver* sesuai level standarnya.
3. *Quality control test*, tahapan ini dilakukan di laboratorium untuk pengujian *viscosity, color strength, grinding test, drying time test, rub test* dan *specific gravity*.
4. *Filling process*, proses pengisian dan pengemasan cat yang sudah sesuai standar dari *quality control* yang kemudian akan dikirim ke gudang penyimpanan sebelum pendistribusian ke konsumen.

Proses produksi juga memerlukan peralatan yang memadai untuk menghasilkan mutu produk yang baik. Ada banyak jenis peralatan yang digunakan dalam proses produksi seperti *dispersion mixer* berkecepatan tinggi, penggilingan, penyaring (*filters*), agitator dan tangki serta lain sebagainya (Mishra dan Sharma, 2014:531). Peralatan tersebut harus melalui perawatan dan kalibrasi ulang untuk meminimalisir kesalahan saat proses produksi. Hal tersebut juga diperlukan pembersihan alat untuk mencegah sumber timbulnya limbah dalam produksi cat.

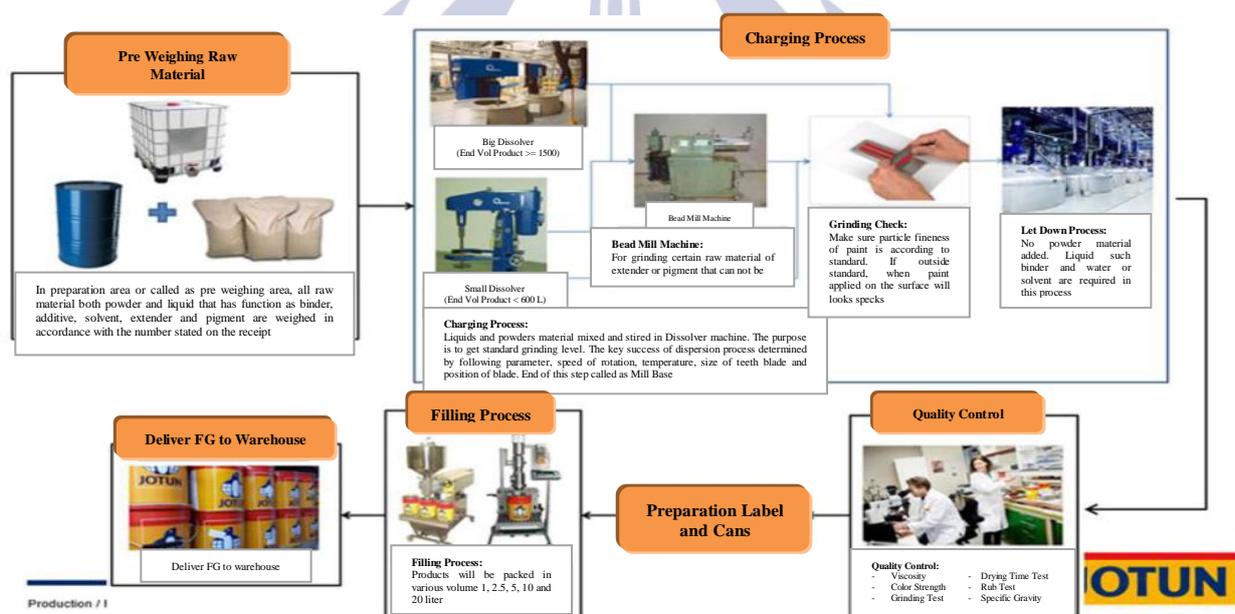
Karakteristik Mutu Cat

Karakteristik mutu sangat penting untuk menentukan produk jadi tersebut memiliki mutu baik atau sebaliknya, sehingga kepuasan konsumen dapat terpenuhi. Hal itu juga berlaku pada produksi cat. Pada umumnya, beberapa negara di dunia mempunyai level produksi cat yang setara

baik cat *water based* maupun *solvent based*, yang membedakan yaitu bahan baku yang dipakai. Namun, untuk karakteristik mutu setiap industri cat memiliki standar mutu perusahaan yang berbeda-beda dan berpedoman standar setiap negara ataupun standar internasional.

Pada tahun 2010 Tadros TF menyatakan bahwa sebagian besar kualitas produk cat ditentukan berdasarkan sifat alirannya. Cat dengan mutu baik akan memiliki karakteristik berikut ini (Kwaambwa, 2013:82):

1. Mudah dalam pengaplikasian, sehingga sebagian besar produk yang dibuat untuk para konsumen tanpa keahlian pun mampu menggunakan dengan tepat.
2. Harus tetap stabil di dalam kaleng/kemasan produk cat tanpa terlalu banyak terjadi pengendapan. Apabila ada
3. terjadi endapan, cat harus mudah menyebar kembali.
4. Harus menempel pada kuas cat tanpa menetes, tetapi cat harus dapat mengalir bebas dari kuas cat ke permukaan saat cat diaplikasikan.
5. Harus mengalir secukupnya untuk membiarkan bekas cat pada kuas dapat menghilang, tetapi tidak sedemikian rupa sehingga membuat cat akan menetes ke bawah akibat pengaruh gravitasi.
6. Karakteristik mutu produksi cat yang penting adalah ketergantungan waktu viskositas, laju geser ketergantungan viskositas serta elastisitas pada proses produksi.
7. Ketebalan cat beberapa μm harus melindungi baja pada peralatan pengeboran dari atmosfer yang paling agresif.



Gambar 1. Proses Produksi Cat
(Sumber: Azwir dan Mufadhol, 2018)

Pengaruhnya Terhadap Mutu Material Konstruksi

Cat *solvent based* sebagai salah satu alternatif pelapis pelindung material besi/baja pada konstruksi bangunan dan jembatan serta arsitektural bangunan lainnya dari polutan udara seperti reaksi kimia ataupun korosi. Reaksi korosi terhadap besi/baja dapat berakibat buruk pada ketahanan kuat tarik material itu sendiri serta kemampuan material dalam menahan beban.

Pada penelitian Amsori M. Das mengungkapkan bahwa, baja dua sisi tanpa perlindungan akan terkena korosi sebesar 2 mm dalam jangka waktu sepuluh tahun. Jika ketebalan baja 10 mm, maka tebalnya berkurang 40% dalam kurun waktu dua puluh tahun. Hal itu menyebabkan tingkat aman konstruksi bangunan tidak terjamin (Das, 2012:11).

Hal yang sama juga diperhatikan pada material arsitektural bangunan yang terbuat dari elemen besi/baja yang terdapat dengan polutan udara, agar tidak mengurangi mutu material dalam menahan beban serta menjaga estetika suatu bangunan. Adanya pelapisan cat pada material konstruksi tersebut dapat melindungi mutu dan menjaga kekuatan asli yang dimiliki masing-masing material, maka cat tersebut sangat diperlukan memiliki kualitas yang baik sebagai alternatif pelapis pelindung material konstruksi yakni besi, baja serta material konstruksi lain.

PEMBAHASAN

Jenis Kecacatan Proses Produksi Cat

Pada industri cat di dunia pasti tidak akan terlepas adanya

kecacatan pada saat proses produksi. Kecacatan pada proses produksi cat tersebut dapat ditemukan melalui penelitian yang dilakukan Mishra dan Sharma di perusahaan bagian utara India, yang mengungkapkan bahwa berdasarkan catatan sejarah dan pengamatan berbagai jenis cacat proses produksi yang mempengaruhi karakteristik mutu cat ditemukan dan dikategorikan sesuai yang tertera pada Tabel 1. Data pada Tabel 1 diperoleh dari pengamatan selama satu tahun mulai bulan Januari sampai bulan Desember tahun 2011. Diketahui total produksi cat berjumlah 180.000 galon dengan total kecacatan sebesar 46.520 galon selama satu tahun.

Beberapa penelitian pada perusahaan cat di Indonesia antara lain, yang dilakukan Azwir dan Mufadhol, mengatakan bahwa melalui hasil pengecekan *quality control* ada ketidaksesuaian dengan standar yang telah ditetapkan pada pembuatan cat *solvent based* yakni berupa: (1) *dilution* (keenceran); (2) *color strength* (kekuatan pewarnaan); (3) *drier* (kecepatan kering); (4) *color matching* (kecocokan warna); (5) *process*, berupa proses *scrap* dinding tangki, proses giling, proses putar ulang dan lain-lain (Azwir dan Mufadhol, 2018:49).

Pengamatan lainnya yang dilakukan oleh Gunawan, mengungkapkan terdapat beberapa jenis kecacatan produksi yang dapat mempengaruhi mutu cat pada proses pencampuran melalui pengamatan di tahun 2011 antara lain: (1) salah warna; (2) *box mixing* kotor; (3) formula tidak tepat; (4) cat menggumpal (Gunawan, 2013:13).

Tabel 1. Tipe Kecacatan Produksi Cat

Production month	Number of production (Gallons)	Types of defects (gallons)						Total defects Gallons
		Shrinkage	Blending	Grinding	Thinning and dilution	Filtration and finishing	Packaging and storage	
January 2011	15000	3000	550	300	200	190	300	4540
February 2011	15000	2500	550	350	350	250	250	4250
March 2011	15000	3500	750	500	400	300	250	5700
April 2011	15000	2500	500	300	200	200	150	3850
May 2011	15000	2400	550	450	300	150	100	3950
June 2011	15000	2000	600	400	350	200	150	3700
July 2011	15000	1200	300	250	200	200	100	2250
August 2011	15000	2000	500	350	300	150	100	3400
September 2011	15000	2200	450	350	250	200	150	3600
October 2011	15000	1500	500	300	300	150	100	2850
November 2011	15000	3000	650	450	350	150	150	4750
December 2011	15000	2000	600	400	300	180	200	3680
Total	180000	27800	6500	4400	3500	2320	2000	46520

(Sumber: Mishra dan Sharma, 2014)

Secara umum, dapat diungkapkan bahwa kesalahan proses produksi cat *solvent based* pada beberapa perusahaan cat tersebut sering mengalami kesalahan pada tahapan antara lain: (1) pencampuran (*blending*); (2) penggilingan (*grinding*); (3) pengenceran (*dilution*); (4) kecocokan warna (*color matching*). Beberapa tahapan yang sering terjadi kesalahan proses tersebut merupakan kesalahan yang banyak menyebabkan tidak lolos pada uji laboratorium dan uji *quality control*.

Kesalahan proses produksi yang mempengaruhi karakteristik mutu cat *solvent based* dan paling sering terjadi kecacatan dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Pencampuran (*blending*), berupa pencampuran bahan baku cat menggunakan mesin *dissolver*.
2. Penggilingan (*grinding*), merupakan suatu proses giling bahan baku cat pada *dissolver machine* yang mana *speed of rotation, size and position of blade* dari mesin penggilingan sudah diatur untuk menyesuaikan hasil akhir produk cat.
3. Pengenceran (*dilution*), berupa pelarutan bahan baku cat pada tangki *mixing* guna memberikan keenceran dan kehalusan.
4. Kecocokan warna (*color matching*), yaitu pencampuran warna dengan memperhatikan *color strength*.

Penyebab Kecacatan Mutu Cat

Faktor kecacatan produk cat terjadi akibat dari banyaknya kesalahan pada proses produksi yang tidak sesuai dengan standar produksi cat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mishra dan Sharma, mengungkapkan bahwa faktor-faktor yang menyebabkan kecacatan pada salah satu industri cat di India adalah sebagai berikut: (1) metode, seperti pengaturan suhu yang tidak sesuai, level kelembapan dan penguapan; (2) bahan, kurangnya perhatian terhadap kualitas komposisi, spesifikasi warna yang digunakan serta minyak mentah sebagai bahan baku utama cat *solvent based* menjadi perhatian khusus di India karena masih impor; (3) manusia, sumber daya manusia yang masih banyak mengabaikan standar kerja, moral dan *training*; (4) mesin, minimnya *maintenance*, kontrol suhu, kontrol parameter pada peralatan yang digunakan (Mishra dan Sharma, 2014:535).

Penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Azwir dan Mufadhol, menyatakan bahwa faktor-faktor penyebab kecacatan terbanyak terjadi pada bahan dan metode pelaksanaan produksi cat. Faktor jumlah beberapa bahan menjadi penyebab cacat viskositas. Pengaturan suhu (*temperature*) saat *mixing* cat sangat berpengaruh pada faktor metode (Azwir dan Mufadhol, 2018:51).

Menurut Gunawan pada penelitiannya mengungkapkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi kecacatan produksi cat antara lain: (1) manusia, sumber daya manusia menjadi sumber kecacatan produk yang signifikan karena kurang disiplin, kelalaian pekerja terhadap standar kerja dan kualitas produk cat; (2) bahan, kualitas bahan yang buruk mempengaruhi kualitas hasil akhir sehingga harus diganti dan sulitnya mengidentifikasi bahan secara spesifik satu per satu; (3) mesin, kurangnya pengecekan peralatan yang digunakan dan perawatan ataupun kalibrasi secara berkala; (4) lingkungan, kondisi lingkungan sekitar yang panas pada ruang produksi (Gunawan, 2013:13).

Secara umum, dapat diungkapkan bahwa kecacatan produk cat *solvent based* dipengaruhi oleh faktor-faktor

yang berkaitan dengan kualitas mutu cat yaitu *man* (manusia), *machine* (mesin), *method* (metode) dan *material* (bahan). Penyebab-penyebab kecacatan tersebut kemudian dianalisis menggunakan diagram *fishbone* secara rinci.

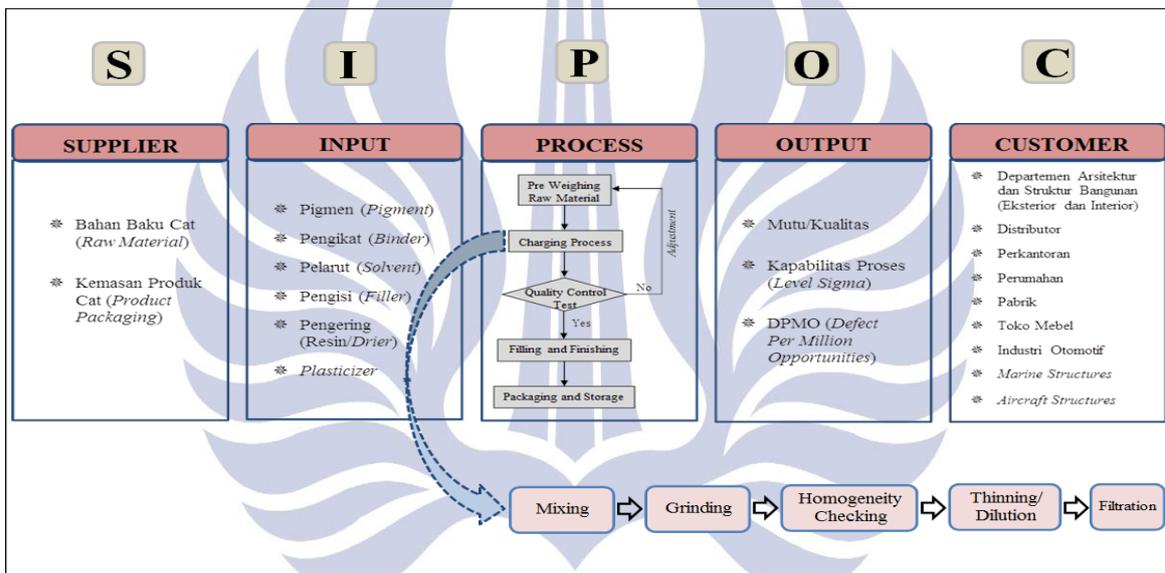
Metode Six Sigma

Metode ini bagi industri cat dapat menjadikan perusahaan lebih efisien dalam mengontrol mutu produk cat *solvent based* dan berfokus pada *zero defect on ented* setiap proses produksinya. Kualitas atau mutu dari suatu produk dapat dikontrol dan dinyatakan sesuai standar spesifikasi melalui level *sigma* atau sasaran kinerja kapabilitas. Pengendalian mutu dengan metode *six sigma* mempunyai tahapan dalam proses kendalinya. Tahapan *six sigma* tersebut adalah *define*, *measure*, *analyze*, *improve* dan *control*.

1. Define

Define merupakan tahap awal dalam metode *six sigma* untuk memulai suatu program pengendalian dan peningkatan mutu dengan *six sigma*. Pada beberapa industri cat penyebab yang sering terjadi kesalahan atau kecacatan produksi cat yaitu *blending*, *grinding*, *dilution* dan *color matching*.

Sarana untuk mempermudah mengidentifikasi suatu permasalahan pada produk cat *solvent based* dapat digunakan alat bantu statistik berupa diagram SIPOC. Diagram SIPOC tersebut akan memberikan garis besar elemen-elemen penting di dalam suatu proses untuk meningkatkan nilai mutu suatu produk. Berikut merupakan analisis SIPOC dari berbagai penelitian terdahulu yang dapat diidentifikasi pada penulisan artikel ilmiah ini dalam bentuk diagram SIPOC yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram SIPOC Produksi Cat

Sasaran pengendalian mutu *six sigma* industri cat berdasarkan berbagai riset penelitian terdahulu pada Gambar 2 tersebut dijabarkan melalui diagram SIPOC sebagai berikut:

- Supplier*, pemasok atau penyedia bahan baku yang dibutuhkan serta keperluan tambahan untuk pengemasan produk (*packaging*) cat.
- Input*, bahan baku yang diperlukan dalam produksi cat terdiri dari pigmen, *binder*, *solvent*, *filler*, resin/*drier* dan *plasticizer*.
- Process*, proses produksi cat dimulai dengan mempersiapkan dan penakaran bahan baku (*pre weighing raw material*) dilanjutkan dengan *charging process* dan *quality control test*, apabila hasil mutu sesuai maka dilanjutkan tahap berikutnya yaitu *filling and finishing* serta *packaging and storage*. Pada saat *quality control test* bila hasil mutu tidak sesuai maka akan

dilakukan penyesuaian/penambahan (*adjustment*). *Charging process* terdiri dari *mixing*, *grinding*, *homogeneity checking*, *dilution* serta *filtration*.

- Output*, hasil akhir produk cat yang harus diperhatikan antara lain mutu, kapabilitas proses (*level sigma*) dan DPMO.
- Customer*, hasil jadi produk cat akan didistribusikan kepada pelanggan antara lain pada departemen arsitektur dan struktur bangunan (eksterior dan interior), distributor, perkantoran, perumahan, pabrik, toko mebel, industri otomotif, *marine structures* dan *aircraft structures*.

2. Measure

Berdasarkan analisis SIPOC tersebut memberikan garis besar kegiatan dan elemen-elemen penting yang terjadi disuatu proses produksi cat seperti pelaku utama proses, *input* yang dibutuhkan, yang akan dilayani oleh proses serta cara proses meningkatkan

nilai. Hasil analisis kemudian digunakan untuk mempermudah tahap analisis selanjutnya yaitu pengukuran (*measure*) yang terdiri dari analisis diagram *control (p-chart)* dan pengukuran DPMO serta level *sigma*.

a. Analisis diagram *control (p-chart)*

Data disesuaikan dengan kecacatan pada produksi cat yang paling sering terjadi dan mempengaruhi karakteristik mutu cat *solvent based* secara umum

yakni terdiri dari *blending, dilution, grinding* dan *color matching* dari beberapa industri cat. Data-data yang termasuk dalam kecacatan pada produksi cat secara umum berasal dari berbagai riset penelitian terdahulu antara lain: (1) (Mishra dan Sharma, 2014); (2) (Gunawan, 2013); (3) (Azwir dan Mufadhol, 2018) yang dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Jumlah Produksi dan Kecacatan Produksi Cat

Sumber	Waktu Produksi	Jumlah Produksi (n)	Jenis Kecacatan Produksi				Jumlah Kecacatan Produksi (np)
			Blending	Dilution	Grinding	Color Matching	
(Mishra dan Sharma, 2014)	September	15.000	450	250	350	-	1.050
	Oktober	15.000	500	300	300	-	1.100
	November	15.000	650	350	450	-	1.450
	Desember	15.000	600	300	400	-	1.300
	Januari	15.000	550	200	300	-	1.050
(Gunawan, 2013)	September	10.000	130	24	-	150	304
	Oktober	5.500	30	37	17	50	134
	November	10.000	100	62	8	400	570
	Desember	4.500	50	32	9	-	91
	Januari	4.500	50	25	11	-	86
(Azwir dan Mufadhol, 2018)	September	522	-	58	-	41	99
	Oktober	677	-	62	-	48	110
	November	546	-	53	-	24	77
	Desember	605	-	48	-	31	79
	Januari	639	-	57	-	29	86
TOTAL		112.489	3.110	1.858	1.845	773	7.586

*) NB : (-) Tidak terdapat kecacatan produksi cat.

1) Menghitung *control limit (CL)*

$$CL = P = \frac{\sum np}{\sum n}$$

Keterangan:

CL = P = *control limit*

$\sum np$ = total jumlah kecacatan

$\sum n$ = total jumlah produk yang diteliti

$$CL = P = \frac{7.586}{112.489} = 0,067$$

2) Menghitung proporsi cacat produk (p)

$$p = \frac{np}{n}$$

Keterangan:

p = proporsi cacat produk

np = jumlah kecacatan

n = jumlah produk yang diteliti

Proporsi I, September (Mishra dan Sharma, 2014):

$$p = \frac{1.050}{15.000} = 0,070$$

Proporsi kecacatan dihitung per waktu pengambilan sampel produksi.

3) Menentukan *upper control limit (UCL)*

$$UCL = P + 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Keterangan:

UCL = *upper control limit*

P = *control limit*

n = jumlah produk yang diteliti

$$UCL = 0,067 + 3 \sqrt{\frac{0,067(1-0,067)}{15.000}} = 0,073580$$

Upper control limit dihitung per waktu pengambilan sampel produksi.

4) Menentukan *lower control limit (LCL)*

$$LCL = P - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Keterangan:

LCL = *lower control limit*

P = *control limit*

n = jumlah produk yang diteliti

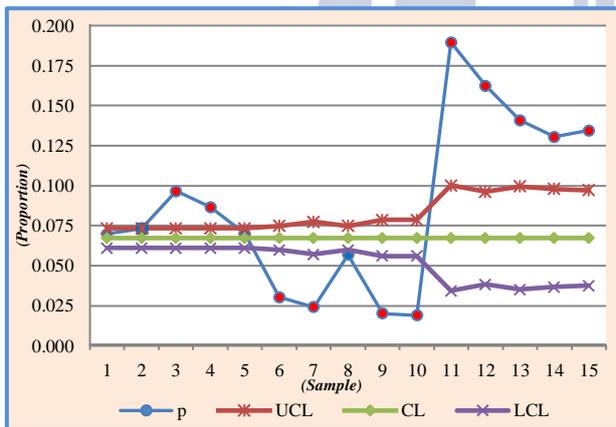
$$LCL = 0,067 - 3 \sqrt{\frac{0,067(1-0,067)}{15000}} = 0,061295$$

Lower control limit dihitung per waktu pengambilan sampel produksi.

Hasil perhitungan keseluruhan dari p, UCL, CL dan LCL dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Tabel Hasil Perhitungan p, UCL, CL dan LCL

No	Waktu Produksi	Jumlah Produk Diteliti	Jumlah Kecacatan Produksi	Proporsi Kecacatan	Upper Control Limit	Control Limit	Lower Control Limit
		(n)	(np)	(p)	(UCL)	(CL)	(LCL)
1	September	15.000	1.050	0,070	0,073580	0,067	0,061295
2	Oktober	15.000	1.100	0,073	0,073580	0,067	0,061295
3	November	15.000	1.450	0,097	0,073580	0,067	0,061295
4	Desember	15.000	1.300	0,087	0,073580	0,067	0,061295
5	Januari	15.000	1.050	0,070	0,073580	0,067	0,061295
6	September	10.000	304	0,030	0,074961	0,067	0,059914
7	Oktober	5.500	134	0,024	0,077582	0,067	0,057293
8	November	10.000	570	0,057	0,074961	0,067	0,059914
9	Desember	4.500	91	0,020	0,078653	0,067	0,056223
10	Januari	4.500	86	0,019	0,078653	0,067	0,056223
11	September	522	99	0,190	0,100367	0,067	0,034509
12	Oktober	677	110	0,162	0,096352	0,067	0,038523
13	November	546	77	0,141	0,099635	0,067	0,035241
14	Desember	605	79	0,131	0,098024	0,067	0,036851
15	Januari	639	86	0,135	0,097200	0,067	0,037676
TOTAL		112.489	7.586				



Gambar 3. Diagram Control P-Chart

Analisis hasil perhitungan keseluruhan pada Tabel 4 digambarkan berupa diagram *control p-chart* yang dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil analisis diagram *control p-chart* tersebut dapat dilihat bahwa terdapat sebelas data sampel berada di luar batas kendali, baik batas kendali atas maupun batas kendali bawah (titik berwarna merah) dan empat data lainnya dalam keadaan terkendali (titik berwarna biru). Pengendalian mutu pada diagram *control p-chart* tersebut dinyatakan belum stabil, sehingga pengendalian atau perbaikan proses produksi cat perlu dilakukan dengan mengurangi faktor penyebab kecacatan yang secara umum sering terjadi di industri cat diantaranya faktor *material, man, method, machine* ataupun lingkungan.

b. Pengukuran DPMO dan level *sigma*

1) Menghitung *defect per unit* (DPU)

Nilai DPU sama dengan proporsi cacat produk (p) yang dihitung per waktu pengambilan sampel produksi.

2) Menghitung *defect per opportunity* (DPO)

$$DPO = \frac{DPU}{CTQ}$$

Keterangan:

DPO = *defect per opportunity*

DPU = *defect per unit*

CTQ = *critical to quality*

Nilai CTQ (*critical to quality*) didapat dari banyaknya jenis kecacatan produk cat yaitu *blending, dilution, grinding* dan *color matching* sehingga didapat nilai CTQ = 4.

$$DPO = \frac{0,070}{4} = 0,0175$$

Nilai DPO dihitung per waktu pengambilan sampel produksi.

3) Menghitung *defect per million opportunities* (DPMO)

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

Keterangan:

DPMO = *defect per million opportunities*

DPO = *defect per opportunity*

$$DPMO = 0,0175 \times 1.000.000 = 17.500$$

Nilai DPMO dihitung per waktu pengambilan sampel produksi.

4) Konversi DPMO ke level *sigma*

Berdasarkan data analisis tersebut kemudian dihitung nilai level *sigma* dengan cara interpolasi sesuai tabel konversi *sigma* berdasarkan konsep Motorola. Pada perhitungan DPMO sampel proporsi I bulan September diperoleh hasil 17.500 sehingga nilai level *sigma* 3,60. Level *sigma* tersebut didapat dari interpolasi antara DPMO 17.429 dengan nilai level *sigma* 3,61 dan DPMO

17.864 dengan nilai level *sigma* 3,60. Nilai level *sigma* dihitung per waktu pengambilan sampel produksi. Keseluruhan konversi DPMO menjadi nilai level *sigma* didapat rata-rata level *sigma* dari data-data tersebut sebesar 3,59. Nilai level *sigma* tersebut melebihi ketentuan level *sigma*, yang mana nilai level *sigma* hanya

dijinkan sebesar 3,4 per satu juta produk yang mengalami kecacatan. Berdasarkan hasil tersebut maka diperlukan langkah selanjutnya yaitu tahap *analyze* untuk mengetahui kecacatan terbanyak serta penyebabnya. Perhitungan keseluruhan bisa dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan DPU, DPO, DPMO dan Level *Sigma*

No	Jumlah Produk	Jumlah Kecacatan	DPU	DPO	DPMO	Level Sigma
1	15.000	1.050	0,070	0,0175	17.500	3,60
2	15.000	1.100	0,073	0,0183	18.333	3,58
3	15.000	1.450	0,097	0,0242	24.167	3,47
4	15.000	1.300	0,087	0,0217	21.667	3,52
5	15.000	1.050	0,070	0,0175	17.500	3,60
6	10.000	304	0,030	0,0076	7.600	3,92
7	5.500	134	0,024	0,0061	6.091	4,00
8	10.000	570	0,057	0,0143	14.250	3,69
9	4.500	91	0,020	0,0051	5.056	4,07
10	4.500	86	0,019	0,0048	4.778	4,09
11	522	99	0,190	0,0474	47.414	3,17
12	677	110	0,162	0,0406	40.620	3,24
13	546	77	0,141	0,0353	35.256	3,30
14	605	79	0,131	0,0326	32.645	3,34
15	639	86	0,135	0,0336	33.646	3,32
Total	112.489	7.586				
Rata-rata			0,087	0,0218	21.768	3,59

3. *Analyze*

Tahap ini menerapkan alat bantu statistik berupa diagram *pareto* dan diagram *fishbone*.

a. Diagram *Pareto*

Diagram *pareto* dapat digunakan untuk mengetahui urutan kecacatan produksi yang mempengaruhi karakteristik mutu cat *solvent based* dari terbesar hingga terkecil melalui perhitungan persentasenya. Perhitungan persentase kecacatan ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Perhitungan} = \frac{\text{Jumlah kecacatan}}{\text{Jumlah keseluruhan kecacatan}} \times 100\%$$

Berdasarkan data kecacatan produk cat *solvent based* secara umum yang diambil dari berbagai penelitian terdahulu, hasil perhitungan persentase kecacatan tersebut antara lain:

1) *Blending*

$$\text{Perhitungan} = \frac{3.110}{7.586} \times 100\% = 41,00\%$$

2) *Dilution*

$$\text{Perhitungan} = \frac{1.858}{7.586} \times 100\% = 24,49\%$$

3) *Grinding*

$$\text{Perhitungan} = \frac{1.845}{7.586} \times 100\% = 24,32\%$$

4) *Color matching*

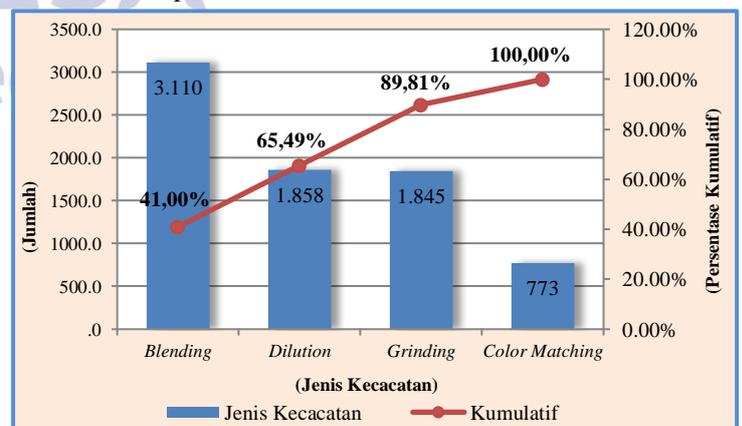
$$\text{Perhitungan} = \frac{773}{7.586} \times 100\% = 10,19\%$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Persentase Kumulatif

No	Jenis Kecacatan	Jumlah Kecacatan	Persentase	Persentase Kumulatif
1	<i>Blending</i>	3.110	41,00%	41,00%
2	<i>Dilution</i>	1.858	24,49%	65,49%
3	<i>Grinding</i>	1.845	24,32%	89,81%
4	<i>Color Matching</i>	773	10,19%	100,00%
Jumlah		7.586	100,00%	

Hasil perhitungan pada Tabel 6 kemudian disajikan dalam bentuk diagram *pareto* yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram *Pareto* Kecacatan Cat

b. Diagram *Fishbone*

Diagram tulang ikan (diagram *fishbone*) memiliki fungsi untuk menjelaskan penyebab kecacatan pada produksi cat secara rinci. Hasil analisis diagram *pareto* menunjukkan bahwa persentase terbesar terdapat pada kecacatan *blending* yaitu sebesar 41,00%. Persentase terbesar pada kecacatan *blending* tersebut kemudian diidentifikasi penyebab utamanya dengan menggunakan diagram *fishbone* yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Proses penyesuaian/penambahan (*adjustment*) akan dilakukan pada cat apabila terjadi kecacatan karena tidak sesuai hasil uji laboratorium serta *quality control*. *Adjustment* tersebut membutuhkan waktu tambahan dari waktu selesai produksi yang telah ditentukan sehingga tidak efisien. Berikut akan dipaparkan faktor penyebab *blending* yang diperlihatkan pada Gambar 5. Faktor yang berpengaruh terhadap *blending* dalam hal ini ialah faktor metode (*method*), antara lain:

- 1) Adanya ketidaksesuaian perbandingan proporsi formula antar bahan baku yang digunakan (Mishra dan Sharma, 2014:537).
- 2) Temperatur yang tidak stabil pada saat *mixing* berdampak pada ketidaksesuaian nilai viskositas (Azwir dan Mufadhol, 2018:51).
- 3) Kesulitan mengidentifikasi *material* secara fisik satu per satu sesuai standar (Gunawan, 2013:16).
- 4) Proses produksi tidak sesuai SOP perusahaan menjadikan produk selesai tidak tepat waktu (Ram, 2011:136).

Ketidaksesuaian perbandingan proporsi formula antar bahan baku terjadi karena metode dalam penakaran bahan baku pada beberapa perusahaan cat yang masih manual dan kurang efektif, sehingga proporsi formula tidak tepat. Hal itu berakibat pada hasil dari proses *mixing* cat yang tidak homogen. Adanya pembaharuan peralatan oleh perusahaan di era modern menjadikan faktor ini memiliki tingkat risiko cacat sangat kecil.

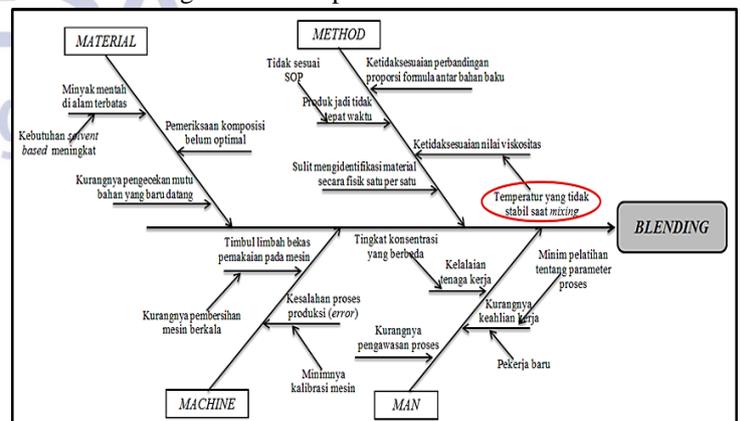
Faktor pengidentifikasian *material* juga berpengaruh dalam hal ini. Terdapat kendala dalam pengecekan bahan baku yang datang dari *supplier* yakni sulitnya mengidentifikasi secara fisik satu per satu dari sekian banyak bahan yang baru datang dalam bentuk bahan cair maupun bahan tepung. Bahan baku yang baru datang tidak secara keseluruhan untuk dilakukan pengecekan kualitas. Kualitas bahan yang buruk berakibat pada mutu cat yang buruk. Faktor ini tidak menjadi prioritas utama penyebab cacat, karena masih dapat

diminimalisasi dengan cek *sampling* mutu per drum/sak setiap bahan yang datang dari *supplier*.

Faktor proses produksi yang tidak sesuai SOP akan mempengaruhi setiap tahapan produksi cat yang berakibat pada ketidaksesuaian mutu cat, sehingga cat harus dilakukan *adjustment* berulang. Hal itu membuat waktu proses produksi juga tidak efisien yang menjadikan produk selesai tidak tepat waktu. Faktor ini juga memiliki risiko cacat yang sangat kecil, karena dengan adanya *checklist* tahapan proses dan *maintenance checklist* dapat meminimalisir kelalaian terhadap SOP perusahaan.

Kekentalan cat yang baik menjadi fokus konsumen dalam pembelian produk, karena untuk kemudahan pengaplikasian cat nantinya. Diperlukan ketelitian serta ketepatan dalam menentukan temperatur pada produksi cat *solvent based*. Pengecekan temperatur berkala diperlukan melalui pengontrolan akurasi suhu pada *dissolver machine*, kemudian temperatur pada mesin harus distabilkan melalui penyesuaian kecepatan *mixer* mesin. Kecepatan *mixer* tersebut mempengaruhi temperatur agar proses *mixing* tetap beroperasi. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari proses pemanasan dengan suhu berkepanjangan. Pengaturan temperatur yang baik menurut (Azwir dan Mufadhol, 2018:53), yaitu temperatur saat *mixing* terkontrol optimal pada suhu 45°C sebelum menambahkan bahan baku tambahan lainnya.

Faktor yang sangat dominan sebagai penyebab utama cacat *blending* yakni ketidakstabilan temperatur saat *mixing* cat yang dapat berpengaruh pada sifat merekat/kekentalan (*viscosity*) bahan baku yang sedang diproses. Faktor utama tersebut dapat dilihat pada diagram *fishbone* yang diberi tanda lingkaran merah pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram *Fishbone* Kecacatan *Blending*

4. *Improve*

Setelah dilakukan analisis pada tahap *analyze*, kemudian akan diberikan usulan perbaikan pada tahap ini untuk mengurangi kecacatan yang sering terjadi

yaitu *blending* yang berfokus pada *zero defect on ented* dan meningkatkan mutu produksi cat tersebut. Usulan perbaikan mutu cat diberikan berfokus pada faktor utama penyebab cacat *blending* yaitu faktor temperatur bagi berbagai industri cat yaitu sebagai berikut:

- a. *Quality control* melakukan pengecekan serta penstabilan temperatur dengan mengacu pada kecepatan *mixer* mesin agar tercapai suhu optimal.
- b. Pengecekan temperatur secara otomatis melalui *dissolver machine* dengan pengaturan mesin akan mati sendiri apabila suhu berkurang/melebihi ketetapan dan akan hidup lagi pada suhu optimal.

Berdasarkan keseluruhan analisis metode *six sigma* melalui tahapan *define, measure, analyze* dan *improve* tersebut, didapatkan hasil serta pemecahan masalah terhadap pengendalian mutu proses produksi cat *solvent based* yang kemudian dijelaskan dengan menggunakan model 5W-1H antara lain:

- a. *What* (apa), temperatur yang tidak stabil pada saat *mixing* cat.
- b. *Why* (mengapa), karena minimnya pengontrolan akurasi suhu pada *dissolver machine* secara berkala, yang mana temperatur pada mesin harus distabilkan melalui penyesuaian kecepatan *mixer* saat proses *mixing* cat.
- c. *Where* (dimana), pada bagian pencampuran bahan baku pembuatan cat.
- d. *When* (kapan), pengaturan temperatur harus diperhatikan pada saat proses *mixing* cat.
- e. *Who* (siapa), *quality control* yang harus melakukan pemeriksaan berkala selama proses produksi.
- f. *How* (bagaimana), *quality control* melakukan pengecekan serta penstabilan temperatur dengan mengacu pada kecepatan *mixer* mesin dan pengecekan temperatur secara otomatis melalui *dissolver machine* dengan pengaturan mesin akan mati sendiri apabila suhu berkurang/melebihi ketetapan dan akan hidup lagi pada suhu optimal.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pemaparan dan pembahasan yang telah diuraikan pada artikel ilmiah *literature review* ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis kecacatan yang sering terjadi pada karakteristik mutu produk cat *solvent based* adalah *blending*.
2. Faktor utama penyebab kecacatan mutu cat *solvent based* tersebut adalah faktor temperatur, yaitu temperatur yang tidak stabil saat proses *mixing* cat.
3. Pemecahan masalah kecacatan mutu cat *solvent based* tersebut dengan menggunakan metode *six sigma* adalah sebagai berikut:

- a. *Quality control* melakukan pengecekan serta penstabilan temperatur dengan mengacu pada kecepatan *mixer* mesin agar tercapai suhu optimal.
- b. Pengecekan temperatur secara otomatis melalui *dissolver machine* dengan pengaturan mesin akan mati sendiri apabila suhu berkurang/melebihi ketetapan dan akan hidup lagi pada suhu optimal.

Saran

Adapun dari hasil penarikan kesimpulan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Industri cat perlu meminimalisir akar masalah kecacatan karakteristik mutu jenis *blending* berupa temperatur yang tidak stabil saat proses *mixing*.
2. Industri cat harus lebih berfokus dalam hal pengontrolan mutu cat yang disebabkan oleh faktor temperatur.
3. Industri cat perlu menerapkan usulan pemecahan masalah melalui metode *six sigma* yakni melakukan pengecekan serta penstabilan temperatur saat proses *mixing* dan pengecekan temperatur dengan pengaturan mesin secara otomatis pada *dissolver machine*.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwir, Hery H. dan Mufadhol, Mahfud. 2018. "Peningkatan Mutu Proses Pembuatan Cat Solvent dengan Metode Taguchi PT. JJ". *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. Vol.17 (1): hal. 46-54.
- Das, Amsori M. 2012. "Studi Dampak Korosi Terhadap Material Baja". *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. Vol.12 (2): hal. 11-15.
- Gunawan, Hendra. 2013. "Implementasi Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Statistik pada Pabrik Cat CV. X Surabaya". *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. Vol.2 (1): hal. 01-20.
- Kwaambwa, Habauka. 2013. "A Review of Current and Future Challenges in Paints and Coatings Chemistry". *Progress Multidisciplinary Research Journal*. Vol.3 (1): hal. 75-101.
- Mishra, Pratima dan Sharma, Rajiv K. 2014. "A Hybrid Framework Based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for Improving Process Dimensions in Supply Chain Network". *International Journal of Quality and Reliability Management*. Vol.31 (5): hal. 522-546.
- Ram, R. Maruthi. 2011. "A Study of Competitiveness in Indian Paint Industry". *Bhavan's International Journal of Business*. Vol.5 (2): hal. 130-142.
- Sriwidadi, Teguh. 2001. "Manajemen Mutu Terpadu". *Jurnal The Winners*. Vol.2 (2): hal. 107-115.
- Syukron, Amin dan Kholil, Muhammad. 2013. *Six Sigma: Quality For Business Improvement*. Yogyakarta: Graha Ilmu.