

# Analisis Penurunan Jumlah *Defect* Dalam Proses *Tire-Curing* Dengan Penerapan Konsep Six Sigma

Burhan Primanintyo<sup>1</sup>, M. Yani Syafei<sup>2</sup>, Dina Luviyanti<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, President University

Jl. Ki Hajar Dewantara

Kota Jababeka Cikarang, Bekasi - Indonesia 17550

Email: [burhanp@president.ac.id](mailto:burhanp@president.ac.id); [yanisyafei@president.ac.id](mailto:yanisyafei@president.ac.id); [dinaluviyanti@gmail.com](mailto:dinaluviyanti@gmail.com),

## ABSTRAK

Dalam proses pembuatan ban, jumlah *defect* yang terjadi pada perusahaan ban ini memiliki kecenderungan meningkat dan berada di atas batas target yang ditetapkan. Dalam upaya meningkatkan kualitas pembuatan ban, maka dilakukan analisis penurunan jumlah *defect* yang terjadi dengan menggunakan konsep *six sigma*. Proses perbaikan dilakukan untuk mengurangi *defect* jenis *Under Cure* yang merupakan *defect* dengan jumlah terbanyak dari total tujuh jenis *defect* yang ada dengan menggunakan perancangan DOE (*Design of Experiment*) yang bertujuan untuk menentukan *setting optimum* dalam proses pemasakan ban. *Defect Under Cure* adalah jenis *defect* yang terjadi karena proses pemasakan ban (*curing*) yang kurang sempurna sehingga menyebabkan ban kurang matang. Dengan dilakukannya perbaikan pada proses tersebut berdasarkan hasil *setting optimum*, maka nilai sigma perusahaan menjadi meningkat sebesar 4,209 sigma yang sebelumnya sebesar 3,902 sigma.

**Kata kunci:** *Six Sigma*, *DOE (Design of Experiment)*, *Defect*, *Under Cure*

## ABSTRACT

*In tire manufacturing process, amount of defects that occur in the tire company has a tendency to increase and above the target limits. In order to improve the quality of tire manufacture, an analysis to decrease the number of defects is conducted by using the Six Sigma concept. The repair process is done to reduce the defect types Under Cure. This is a defect with the highest number from the seven types of defects. The design DOE (Design of Experiment) is used to determine the optimum setting tires in the cooking process. Defect Under Cure is a type of defect that occurs due to imperfection of tire cooking process (curing) and cause the tire become immature. By doing improvements on the process based on optimum setting, the sigma value of the company is increased by 4.209 sigma which previously amounted to 3.902 sigma.*

**Keywords:** *Six Sigma*, *DOE (Design of Experiment)*, *Defect*, *Under Cure*

## Pendahuluan

Untuk dapat bersaing secara global sebuah perusahaan harus memiliki keunggulan kompetitif seperti kualitas (*quality*), harga (*cost*), ketepatan waktu pengiriman (*delivery time*) dan fleksibilitas (*flexibility*) (Mahadevan, 2010 : 35). Untuk meningkatkan keunggulan kompetitif tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan oleh perusahaan yaitu dengan meminimasi waste (pemborosan) yang ada. *Waste* (pemborosan) merupakan aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah sepanjang aliran proses produksi, salah satunya *Defect*/produk cacat yang dihasilkan dalam proses produksi.

*Six Sigma* merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas untuk mencapai tingkat kerja enam sigma dengan prinsip yaitu memproduksi hanya 3,4 *defects* untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi - 3,4 DPMO (*Defects Per Million Opportunities*), (Gaspersz, 2011 : 37).

Perusahaan Ban yang diteliti merupakan perusahaan manufaktur berbasis kondisional antara MTO (*Make To Order*) dan MTS (*Make To Stock*) yang memproduksi ban roda dua (*MC/Motorcycle*) dan roda empat (*PCR/Passanger Car*). Produk yang dihasilkan terdiri atas berbagai merek dan varian serta produknya sudah memasuki pasar ekspor dengan area pemasaran ekspor 78% dan domestik sebesar 22% (Sumber: *Annual Report PT. X Tbk. Tahun 2013*).

Salah satu hal yang berpengaruh terhadap kinerja perusahaan adalah proses produksi. Berdasarkan prasarvey yang telah dilakukan di perusahaan ban ini, diidentifikasi adanya permasalahan yaitu banyaknya *defect* pada proses produksi khususnya pada proses *curing* pembuatan ban PCR. Proses *curing* adalah proses akhir dari pembuatan ban/tyre, dimana terjadi proses pembentukan, pencetakan dan pemasakan *green tyre* (produk setengah jadi) menjadi produk jadi. Jenis *defect* terdiri dari dua kategori yaitu *defect minor* dan *defect major*. *Defect minor* merupakan kejadian dimana suatu produk gagal memenuhi persyaratan yang diinginkan namun masih dapat dilakukan perbaikan ulang (*rework*). Sedangkan *defect major* merupakan produk *defect* yang sudah tidak dapat diperbaiki lagi.

Penyelesaian pengerjaan pesanan yang tepat waktu merupakan hal yang penting bagi perusahaan *Make To Order* (MTO). Banyaknya *defect* tentu sangat berpengaruh terhadap kelancaran sistem distribusi barang ke pelanggan. Dengan adanya permasalahan tersebut kemungkinan akan menambah *lead time* produksi yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengiriman barang ke pelanggan. Oleh karena itu, penerapan konsep *Six Sigma* ini merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk menurunkan banyaknya *defect* pada proses produksi di mesin *curing* sehingga dapat menghasilkan produk yang tepat pada waktu, tepat pada jumlah dan dengan kualitas yang sesuai dengan harapan/permintaan pelanggan sehingga dapat meningkatkan nilai tambah pelanggan terhadap perusahaan.

## Studi Literatur

### Konsep Dasar Six Sigma

*Six Sigma* adalah suatu upaya terus menerus (*continuous improvement efforts*) untuk: (Gaspersz, 2011: 6)

1. Menurunkan variasi dari proses, agar
2. Meningkatkan kapabilitas proses, dalam
3. Menghasilkan produk (barang atau jasa) yang bebas kesalahan (*zero defect* - target minimum 3,4 DPMO (*Defect Per Million Opportunities*),
4. Untuk memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*).

*APICS Dictionary* (2005) mendefinisikan kualitas *Six Sigma* sebagai sekumpulan konsep dan praktik terbaik dalam bisnis yang bertujuan:

1. Menurunkan variabilitas dalam proses dan mengurangi cacat dalam produk,
2. Hanya memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi (3,4 DPMO),
3. Melakukan insiatif-inisiatif peningkatan proses untuk mencapai target kinerja *Six Sigma*,
4. Meningkatkan kinerja *bottom-line*,
5. Menciptakan dan memonitor aktivitas-aktivitas bisnis agar mengurangi pemborosan (*waste*) dan kebutuhan sumber-sumber daya,
6. Meningkatkan kepuasan pelanggan.

Pada dasarnya, istilah “*Six Sigma*” sendiri merujuk pada target kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 defect (cacat) untuk setiap juta aktivitas atau peluang. Hanya segelintir perusahaan atau proses yang dapat mengklaim telah meraih tujuan tersebut (Pande *et al.*, 2002: X). Adapun manfaat *Six Sigma* mencakup antara lain: (Pande *et al.*, 2002: X)

1. Pengurangan biaya
2. Peningkatan produktivitas
3. Pertumbuhan pangsa pasar
4. Retensi pelanggan
5. Pengurangan waktu siklus
6. Pengurangan *defect* (cacat)
7. Pengembangan produk/jasa

### Peningkatan Kapabilitas Proses Menuju Target Six Sigma

Berbagai upaya peningkatan menuju target *Six Sigma* dapat dilakukan menggunakan dua metodologi, yaitu:

1. *Six Sigma* - DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dan
2. *Design Six Sigma* - DFSS DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*)

DMAIC terdiri atas lima tahap utama: (Gaspersz, 2011: 50)

- **Define** - mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan
- **Measure** - mengukur kinerja proses pada saat sekarang (*baseline measurements*) agar dapat dibandingkan dengan target yang ditetapkan. Lakukan pemetaan proses dan mengumpulkan data yang berkaitan dengan indikator kinerja kunci (*key performance indicators = KPIs*).
- **Analyze** - menganalisa hubungan sebab akibat berbagai faktor yang dipelajari untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan.
- **Improve** - mengoptimalkan proses menggunakan analisis-*analisis* seperti *Design of Experiments* (DOE) dan lain-lain, untuk mengetahui dan mengendalikan kondisi optimum proses.
- **Control** - melakukan pengendalian terhadap proses secara terus menerus untuk meningkatkan kapabilitas proses menuju target *Six Sigma*.

### Definisi Defect

*Defect* merupakan keadaan dimana suatu produk dinyatakan gagal dalam mencapai persyaratan yang telah ditetapkan oleh perusahaan atau *customer*. *Defect* sendiri dikelompokkan menjadi beberapa kategori diantaranya:

#### 1. Defect Minor

*Defect* minor ini merupakan kategori *defect* dengan tingkat keseriusan rendah. Produk dengan kategori *defect* minor ini masih dapat dilakukan perbaikan lagi (*rework*) untuk mencapai persyaratan yang ditetapkan.

#### 2. Defect Major

*Defect* major merupakan kategori *defect* dengan tingkat keseriusan tinggi atau biasa disebut dengan istilah *scrap*. Produk dengan kategori *defect* major ini sudah tidak dapat dilakukan perbaikan lagi dalam arti produk tersebut harus dibuang/tidak bisa dijual.

### Control Chart

*Tools* lain yang biasa digunakan untuk memantau dan mengontrol variasi proses secara terus-menerus adalah peta kendali (Garrity, 1993: 116). Yang menjadi latar belakang dalam menggunakan peta kendali pada awalnya adalah upaya untuk menghilangkan variasi yang tidak normal yang disebabkan penyebab khusus (*special causes variation*) dari variasi normal yang disebabkan penyebab umum (*common causes variation*).

Pembuatan peta kontrol dipengaruhi oleh jenis data pengamatan. Jenis data dibagi kedalam 2 tipe, yaitu data variabel dan data atribut. Data variabel digunakan untuk *measurable data* sedangkan data atribut digunakan untuk *countable data* (Garrity, 1993: 116).

### Cause and Effect Diagram

*Cause Effect Diagram* atau diagram sebab akibat atau diagram tulang ikan (*fish bone*) merupakan diagram yang menghubungkan antara akibat dengan faktor-faktor penyebabnya. Secara umum *Cause Effect Diagram* adalah sebuah gambaran grafis yang menampilkan data mengenai faktor penyebab dari kegagalan atau ketidaksesuaian, hingga menganalisa ke sub paling dalam dari faktor penyebab timbulnya masalah (Tannady, 2015: 36).

### Design of Experiment (DOE)

DOE merupakan inti dari tahapan analisis/*analyze* dan *improvement* pada metode *Six Sigma*, karena tanpa memahami secara mendalam letak suatu permasalahan perbaikan hanya akan menyentuh permukaan saja dan tidak efektif untuk menyelesaikan masalah secara permanen. (Muis, 2014: 185-186). DOE ini sendiri bertujuan untuk membentuk sebuah rancangan percobaan dengan menggunakan kombinasi-kombinasi dari faktor yang diuji (*fixed factors*) untuk melakukan suatu perbaikan.

### Percobaan Faktorial

Percobaan faktorial merupakan salah satu dari model percobaan yang sangat terpercaya, banyak dipakai dalam lingkungan industri dan ilmiah. Ditinjau dari macam-macam percobaan, terdapat dua jenis percobaan yaitu *full factorial*/faktorial lengkap dan *fractional factorial*/faktorial fraksi atau faktorial kecil. Percobaan faktorial fraksi bertujuan untuk mengurangi jumlah kombinasi jika faktor yang ada jumlahnya banyak sehingga percobaan dapat lebih ekonomis. Percobaan faktorial lengkap memiliki sifat-sifat, diantaranya: (Muis, 2014: 187)

- Semua faktor dalam percobaan terkontrol
- Semua faktor dijalankan dengan menggunakan sejumlah nilai spesifik
- Semua kombinasi dari nilai faktor dijelaskan dalam percobaan

### **Percobaan Faktorial Dengan Tiga Faktor ( $A \times B \times C$ )**

Percobaan faktorial  $A \times B \times C$  merupakan salah satu jenis percobaan yang didalamnya terdapat tiga buah faktor yang terlibat. Hampir sama dengan percobaan faktorial dengan dua faktor, pada percobaan dengan tiga buah faktor akan semakin sulit dan kompleks dalam pelaksanaannya. Perbedaan faktorial tiga faktor dengan dua faktor terletak pada pengaruh yang ada, diantaranya: (Muis, 2014: 193).

- Pada faktorial dua faktor ( $A \times B$ ) terdapat tiga pengaruh, yaitu dua pengaruh utama (A dan B) dan satu pengaruh terhadap interaksi antar kedua faktor (AB).
- Pada faktorial tiga faktor ( $A \times B \times C$ ) terdapat tujuh pengaruh, yaitu tiga pengaruh utama (A, B dan C), tiga pengaruh interaksi antar ketiga faktor (AB, AC dan BC) dan satu pengaruh interaksi antar ketiga faktor (ABC).

Desain faktorial merupakan solusi paling efisien jika eksperimen yang dilakukan meneliti pengaruh dari dua atau lebih faktor, karena semua kemungkinan kombinasi dari tiap-tiap level dari faktor yang ada dapat diselidiki secara lengkap.

### **Two Level Factorial Design**

*Two Level Factorial Design* merupakan faktorial dimana setiap faktor dibatasi oleh dua level yaitu level *low* (rendah) dan *high* (tinggi). Level *low* dinotasikan dengan -1 atau (-) dan untuk level *high* dinotasikan dengan +1 atau (+) atau bisa disesuaikan dengan kasus pada penelitian.

Rancangan faktorial  $2^k$ , adalah rancangan faktorial yang melibatkan k buah faktor dengan masing-masing faktor memiliki dua level atau taraf. Adapun syarat dari rancangan ini diantaranya:

- Faktor-faktor tersebut sifatnya tetap/*fixed*
- Memenuhi syarat uji homogenitas
- Memenuhi syarat uji normalitas

## **Metodologi Penelitian**

Dalam upaya menurunkan jumlah *defect* pada proses pembuatan ban terutama pada proses *curing* (proses pemasakan ban), maka solusi yang dapat dilakukan yaitu meningkatkan kualitas proses *curing* sehingga akan berdampak pada penurunan jumlah *defect* yang terjadi, dimana tahapan pemecahan masalahnya adalah sebagai berikut :

### **Observasi Awal**

Observasi awal ini merupakan tahapan awal dalam penelitian ini. Penelitian secara langsung dilakukan dengan mengamati proses *pemasakan green tyre (GT)* pada area *curing* dan melakukan *interview* terhadap pihak produksi, PPIC dan *Lean Manufacture* terkait permasalahan yang sering dihadapi oleh perusahaan khususnya area *curing plant 2*.

### **Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah merupakan tahapan dalam menentukan objek permasalahan. Setelah dilakukan observasi awal di area produksi *curing plant 2*, diidentifikasi adanya permasalahan yaitu banyaknya produk *defect*. Untuk mengatasi masalah yang ada, diperlukan suatu konsep atau metode yang dapat mengatasi masalah tersebut. Tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk meminimasi *defect* yang terjadi dan meningkatkan level sigma perusahaan.

## Inventarisasi Data

Inventarisasi data dilakukan untuk mendukung peneliti dalam menyelesaikan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan disini adalah dengan wawancara, observasi langsung dan dokumentasi.

- **Teknik wawancara** dilakukan dengan mewawancarai karyawan di bagian *curing*. Topik wawancara yang dibahas adalah mengenai permasalahan yang ada pada proses *curing*.
- **Teknik observasi** yang dilakukan disini adalah dengan mengamati langsung proses produksi di mesin *curing* untuk mengetahui dan melihat langsung proses yang berjalan dan melakukan *trial* pada proses *curing plant 2*.
- **Teknik dokumentasi** yang dimaksud disini merupakan pengumpulan dokumen-dokumen yang berisi peristiwa yang sudah berlalu. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder yang diambil secara langsung pada objek penelitian, diantaranya:
  1. Data Primer  
Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan atau pengukuran secara langsung oleh peneliti dari suatu objek penelitian. Data yang diperoleh melalui hasil observasi dan wawancara. Data primer yang diambil diantaranya:
    - a. Permasalahan yang sering terjadi dan sedang dihadapi
    - b. Data *trial setting* parameter mesin *curing*
  2. Data Sekunder  
Data sekunder adalah data atau informasi yang telah tersedia oleh pihak perusahaan atau pihak lain yang dianggap berkompeten. Data sekunder yang digunakan diantaranya:
    - a. Proses Produksi yang terjadi di perusahaan
    - b. Data *defect* hasil proses mesin *curing*
    - c. Data hasil produksi.

## Peningkatan Kualitas Proses *Curing* dengan Konsep *Six Sigma*

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, selanjutnya diolah dan dilakukan langkah perbaikan sesuai dengan konsep *Six Sigma* metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), yaitu : (Gaspersz, 2011: 50)

### 1. *Define*

Tahap *define* ini merupakan tahapan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada (banyaknya *defect* produk). Identifikasi permasalahan yang ada juga digunakan untuk merancang perbaikan untuk mengurangi *defect* yang ada. Tahapan ini dilakukan dengan cara:

- a. Mengidentifikasi aliran proses produksi pada perusahaan ban yang menjadi objek penelitian.
- b. Mengidentifikasi permasalahan yang akan dianalisa lanjut.

### 2. *Measure*

Tahap *measure* ini dilakukan mengukur jumlah *defect* yang terjadi, dan kategori tipe defect apa saja yang dominan dalam perbaikan proses *tyre-curing*, serta mengukur seberapa besar kapabilitas proses yang terjadi dengan ukuran nilai sigma yang diperoleh, dengan metode antara lain :

- a. Membuat diagram kontrol (*u-Chart*) untuk mengendalikan jumlah *defect* yang terjadi.
- b. Membuat Diagram Pareto untuk mengetahui kategori tipe *defect* yang dominan dalam perbaikan proses *curing*.
- c. Menghitung DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) untuk menentukan nilai sigma sebagai kapabilitas proses yang dimiliki perusahaan.

### 3. *Analyze*

Pada tahap *analyze* ini dilakukan analisis yang lebih mendalam mengenai penyebab-penyebab yang mungkin terjadi dengan menggunakan metode *Cause and Effect Diagram (Fish Bone)* dengan tujuan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya *defect* dan meminimumkan resiko penyebab kegagalan.

### 4. *Improve*

Tahap *improve* merupakan tahap diterapkannya metode *Six Sigma* untuk meningkatkan kualitas proses dan meminimasi *defect* dengan memberikan solusi perbaikan pada proses produksi yang terjadi.

## Proses Perbaikan Proses melalui *Design of Experiment (DOE)*

Solusi perbaikan dilakukan dengan menggunakan analisis desain faktorial 2<sup>3</sup>. Analisis ini terdiri dari 3 buah faktor dengan 2 buah level atau taraf, yang dikatakan level atau taraf disini adalah varian dari masing-masing variabel.

Adapun Faktor-faktor tetap yang mempengaruhi *defect U/C* atau *Under cure* diantaranya:

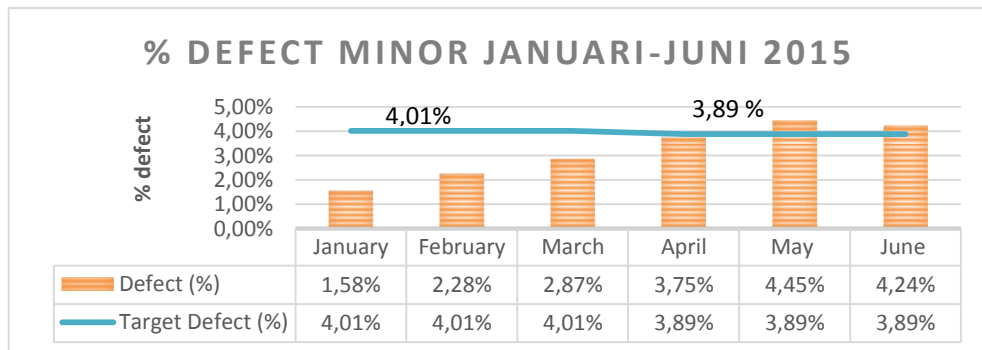
1. Faktor penggunaan temperatur *curing*,
2. Faktor lamanya proses *curing* atau waktu *curing*, dan
3. Faktor penggunaan tekanan *curing*.

Ketiga faktor tersebut dijadikan sebagai variabel independen (yang mempengaruhi) sedangkan *defect under cure* dijadikan sebagai variabel dependen (yang dipengaruhi). Untuk variabel/faktor *temperature cure*, level/taraf/varian yang diuji yaitu 165°C dan 175°C, untuk variabel/faktor *time cure*, level/taraf/varian yang diuji yaitu 790 s dan 800 s dan untuk variabel/faktor *pressure*, level/taraf/varian yang diuji yaitu 1500 kpa dan 1600 kpa.

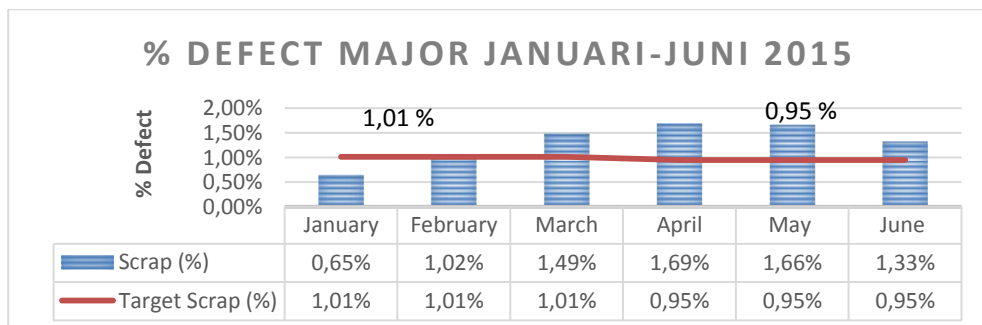
## Hasil dan Diskusi

### Observasi Awal

Observasi awal dilakukan dengan cara mengidentifikasi masalah yang terjadi di perusahaan, khususnya di area produksi mesin *curing plant 2*. Pada tahapan ini diidentifikasi adanya permasalahan yaitu banyaknya jumlah *defect* produk yang ada. Banyaknya *defect* produk ini mengakibatkan terjadinya penyimpangan antara aktual dengan target *defect* itu sendiri. Berikut ini adalah grafik *defect tyre* (minor dan major) periode Januari-Juni 2015 yang ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Grafik *Defect Minor Tyre* Periode Januari-Juni 2015



Gambar 2. Grafik *Defect Major Tyre* Periode Januari-Juni 2015

Pada gambar 1 dan 2 terlihat bahwa pada beberapa bulan, jumlah *defect* yang terjadi berada pada batas target yang telah ditentukan (garis tebal pada gambar). Permasalahan ini jika dibiarkan terus menerus akan berdampak kurang baik bagi perusahaan. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan dengan cara meminimasi *defect* yang ada menggunakan konsep *Six Sigma*. Konsep ini digunakan untuk mengendalikan kualitas proses *curing* serta mengurangi *defect minor* yang secara otomatis juga akan menurunkan jumlah *defect major* yang ada pada perusahaan.

Adapun *Defect* terbagi menjadi dua kategori yaitu *defect* jenis *minor* dan *defect* jenis *major*. *Defect minor* adalah produk cacat yang masih bisa *rework*, sedangkan *defect major* merupakan produk cacat yang sudah tidak bisa *rework*/harus dibuang (*reject*). Terdapat tujuh jenis *defect* pada ban (*tyre*) secara visual setelah proses *curing* yang disajikan pada Tabel 1. Sedangkan jumlah

*defect minor* dan *defect major* secara keseluruhan hasil *curing* pada periode Januari-Juni 2015 disajikan pada Tabel 2.

### Pengendalian Proses Curing

Dalam pengendalian proses *tyre-curing*, dilakukan beberapa pengukuran dengan peta kendali, diagram pareto, dan DPMO sebagai upaya untuk mengukur kapabilitas proses *tyre-curing* yang dimiliki perusahaan.

### Menghitung Jumlah Produk yang Defect

Untuk mengetahui jumlah produk yang *defect* yang terjadi dalam proses *tyre-curing*, maka digunakan proses perhitungan dengan metode Peta Kendali U (*U-chart*). *U-chart* digunakan untuk mengendalikan jumlah produk yang *defect per unit*, dengan menggunakan distribusi 3 sigma sebagai batas pengendalian proses manufaktur, maka berikut adalah rumus batas kendali UCL dan LCL.

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} && \dots\dots\dots \text{pers. (1)} \\
 LCL &= \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}
 \end{aligned}$$

Adapun secara keseluruhan perhitungan peta kendali p untuk bulan Juni 2015 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Jenis-Jenis *Defect* pada Ban (*Tyre*)

No.	Nama <i>Defect</i>	Definisi <i>Defect</i>
1	U/C ( <i>Under cure</i> )	Kondisi kurang sempurna pemasakan ban (proses <i>curing</i> ) sehingga menyebabkan ban kurang matang
2	B/LK ( <i>Bladder Leak</i> )	<i>Defect</i> yang diakibatkan oleh bladder bocor saat <i>shaping</i> maupun proses <i>curing</i> kemudian tekanan dalamnya langsung masuk kedalam ban sehingga terjadi abnormal
3	TW ( <i>Twist</i> )	Kondisi <i>center raw cover</i> dan <i>center mold</i> yang tidak pas menyebabkan cacat pada bagian <i>bead</i>
4	FM ( <i>Foreign Material</i> )	Adanya kontaminasi dari material asing yang ikut <i>tercuring</i> pada ban
5	DFM ( <i>Deformation</i> )	Perubahan bentuk ban akibat tekanan tenaga luar yang terus menerus pada saat ban masih panas setelah ban keluar dari cetakan/ <i>mold</i>
6	B/CR ( <i>Bladder Crease</i> )	Lipatan bagian dalam ban yang terjadi karena adanya sisa/kelebihan bladder saat proses <i>shaping</i> yang tergelincir dalam proses <i>curing</i>
7	<i>Out of Uniformity</i>	Merupakan salah satu jenis <i>defect</i> yang dicek dengan menggunakan mesin tersendiri yaitu mesin <i>Balance &amp; Uniformity</i> . Mesin ini mengukur tingkat <i>balance &amp; uniformity</i> dari ban hasil proses <i>curing</i> , apabila ban tersebut tidak lolos uji dari mesin ini maka ban tersebut dinyatakan <i>Out of Uniformity</i> artinya ban tersebut tidak sesuai dengan spesifikasi.

Tabel 2. Data Total *Defect* terhadap Total Produksi Periode Januari-Juni 2015

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
Total Produksi	262.306	209.907	179.211	160.716	140.103	153.867
Jumlah <i>Defect Minor</i>	4.141	4.792	5.145	6.020	6.241	6.521
Jumlah <i>Defect Major</i>	1.714	2.147	2.669	2.709	2.332	2.045

Tabel 3. Perhitungan Jumlah Produk Defect dengan Peta U

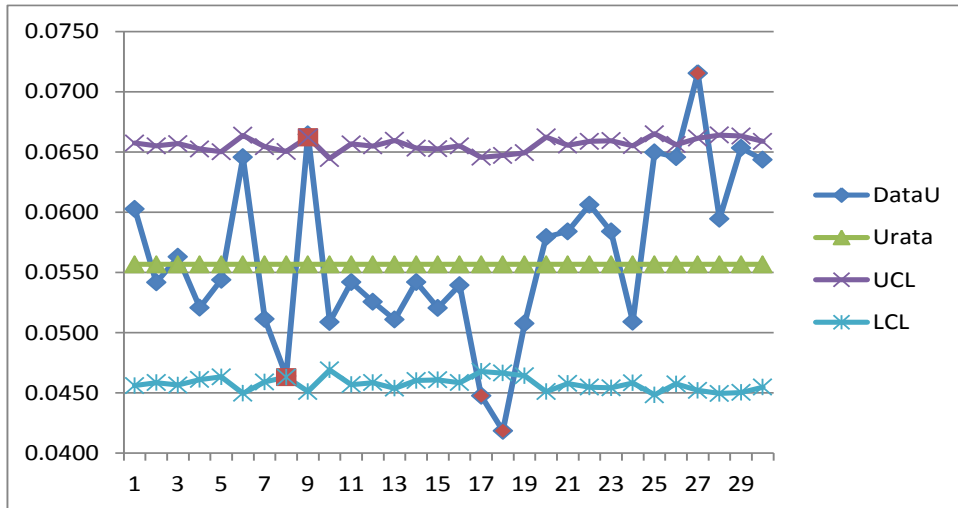
Tanggal	Jumlah Sampel, n	Jumlah Defect, c	U = c/n	$3\sigma = 3\sqrt{\bar{u}/n}$	UCL = $\bar{u} + 3\sigma$	LCL = $\bar{u} - 3\sigma$
1	4944	298	0.0603	0.0101	0.0657	0.0456
2	5188	281	0.0542	0.0098	0.0655	0.0458
3	4992	281	0.0563	0.0100	0.0657	0.0457
4	5473	285	0.0521	0.0096	0.0652	0.0461
5	5737	312	0.0544	0.0093	0.0650	0.0463
6	4368	282	0.0646	0.0107	0.0664	0.0450
7	5260	269	0.0511	0.0098	0.0654	0.0459
8	5712	265	0.0464	0.0094	0.0650	0.0463

Tabel 3. (lanjutan) Perhitungan Jumlah Produk Defect dengan Peta U

Tanggal	Jumlah Sampel, n	Jumlah Defect, c	U = c/n	$3\sigma = 3\sqrt{\bar{u}/n}$	UCL = $\bar{u} + 3\sigma$	LCL = $\bar{u} - 3\sigma$
9	4500	299	0.0664	0.0106	0.0662	0.0451
10	6505	331	0.0509	0.0088	0.0644	0.0469
11	5020	272	0.0542	0.0100	0.0657	0.0457
12	5194	273	0.0526	0.0098	0.0655	0.0458
13	4738	242	0.0511	0.0103	0.0660	0.0454
14	5388	292	0.0542	0.0096	0.0653	0.0460
15	5456	284	0.0521	0.0096	0.0653	0.0461
16	5191	280	0.0539	0.0098	0.0655	0.0458
17	6344	284	0.0448	0.0089	0.0646	0.0468
18	6140	257	0.0419	0.0090	0.0647	0.0466
19	5852	297	0.0508	0.0093	0.0649	0.0464
20	4488	260	0.0579	0.0106	0.0662	0.0451
21	5120	299	0.0584	0.0099	0.0656	0.0458
22	4817	292	0.0606	0.0102	0.0659	0.0455
23	5167	278	0.0584	0.0103	0.0659	0.0454
24	4264	263	0.0509	0.0098	0.0655	0.0458
25	5080	277	0.0650	0.0108	0.0665	0.0448
26	4571	328	0.0646	0.0099	0.0656	0.0457
27	4356	327	0.0715	0.0105	0.0661	0.0452
28	4424	259	0.0595	0.0107	0.0664	0.0449
29	4817	289	0.0653	0.0106	0.0663	0.0450
30	4944	310	0.0644	0.0102	0.0659	0.0455
	Urata =	0,055671				

Dimana hasil perhitungan peta kendali u disajikan pada gambar 3 di bawah ini :



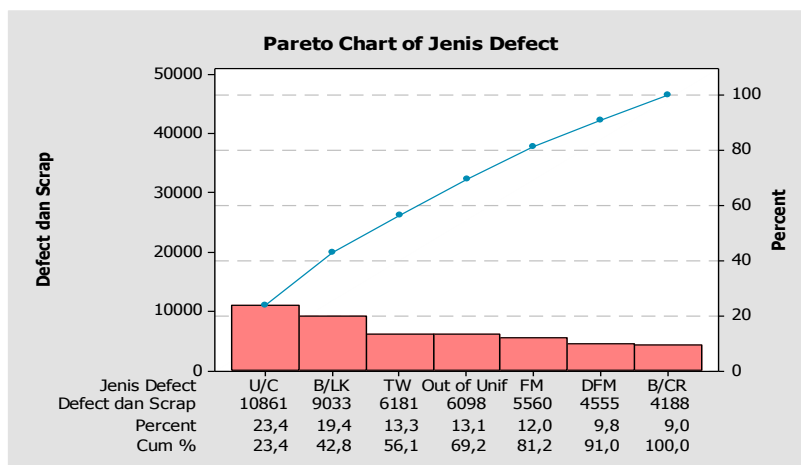


Gambar 3. Peta kendali U-chart

Terlihat pada peta U diatas, terdapat lima titik (data ke 8, 9, 17, 18, 27) yang berada diluar batas-batas kendali (UCL dan LCL) sehingga prosesnya masih tidak terkendali (*out of control*). Berdasarkan hasil perhitungan sampai proses terkendali, diperoleh rata-rata jumlah defect adalah 0.056351 (5,64%). Sebelum melakukan perbaikan perlu diketahui terlebih dahulu manakah dari jenis-jenis *defect* yang ada yang menghasilkan jumlah *defect* paling banyak diantara yang lainnya.

**Menghitung Jumlah Defect Tertinggi dengan Diagram Pareto**

Berdasarkan hasil diagram pareto pada gambar 4, dimana *defect tyre* hasil *curing* periode Januari - Juni 2015 dilihat dari jenis *defect* nya, terlihat bahwa *defect* tertinggi adalah jenis *defect* U/C atau *Under Cure* dengan prosentase cacat sebesar 23,4%.



Gambar 4. Pareto Diagram Defect Tyre

**Menghitung DPMO (Defects Per Million Opportunities) dan Nilai Sigma**

DPMO merupakan ukuran kegagalan dalam konsep *Six Sigma* yang menunjukkan kegagalan dalam sejuta kesempatan. Cara menghitung DPMO adalah sebagai berikut:  
Langkah awal adalah dengan menghitung DPU (*Defect Per Unit*) dengan rumus:

$$DPU = \frac{\text{Total defect}}{\text{Total units}} \dots\dots\dots \text{pers. (2)}$$

Kemudian selanjutnya menghitung DPMO dengan rumus:

$$DPMO = \frac{DPU \times 1 \text{ million}}{\text{Opportunities}} \dots\dots\dots \text{pers. (3)}$$

Keterangan:

*Unit* : Pcs *tyre*  
*Defect* : Produk gagal  
*Opportunity for error in a unit* : Kemungkinan adanya *defect* dalam 1 unit.

Berikut ini adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai DPU, DPMO dan nilai sigma.

*Unit* : 126600 pcs *tyre* ( Rata-Rata jumlah yang diproduksi pada bulan Juni 2015).

*Defect* : 7134 pcs *tyre* (Rata-rata defect terkendali pada bulan Juni 2015)

*Opportunities* : 7 *opportunities* (7 peluang kemungkinan terjadinya *defect* dalam satu unit *tyre*)

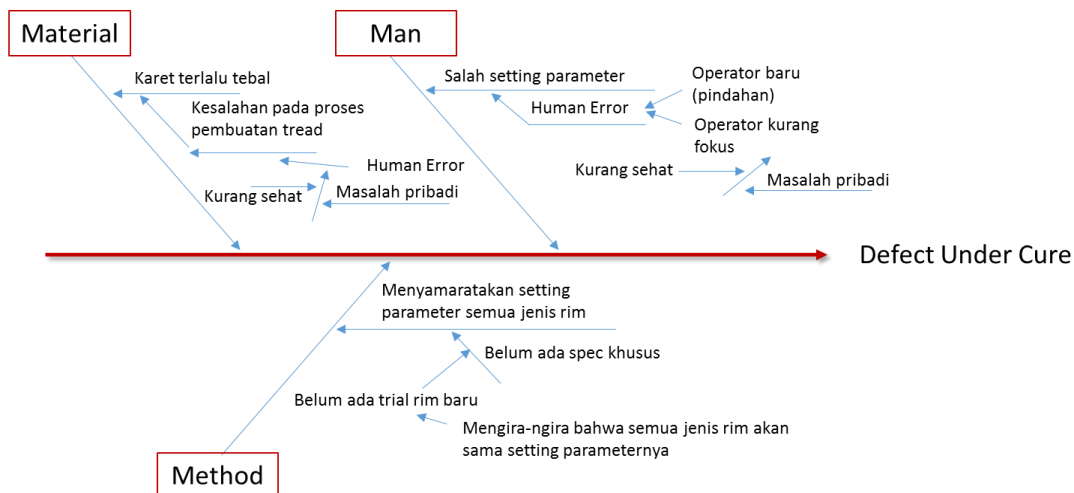
$$DPU = \frac{\text{Total defect}}{\text{Total units}} = \frac{7134}{126600} = 0.056351$$

$$DPMO = \frac{DPU \times 1 \text{ million}}{\text{Opportunities}} = \frac{0.056351 \times 10^6}{7} = 8040.186$$

Setelah mendapatkan nilai DPMO, langkah selanjutnya adalah melihat tabel konversi DPMO ke nilai sigma, maka diperoleh nilai sigma awal sebesar 3,9029 sigma.

### Analisis Sebab-Akibat

Tahap *analyze* ini merupakan langkah ketiga setelah *define* dan *measure*. Dalam tahap ini akan dianalisis penyebab-penyebab terjadinya *defect under cure* dan mengidentifikasi faktor yang sifatnya tetap untuk kemudian dilakukan rancangan percobaan menggunakan diagram sebab akibat.



Gambar 5. Cause and Effect Diagram

Seperti yang terlihat pada gambar 5 diatas, hanya tiga faktor yang teridentifikasi menyebabkan banyaknya *defect under cure*. Ketiga faktor tersebut diantaranya; faktor *man*, *material* dan *method*. Pada faktor *man* teridentifikasi bahwa terkadang terjadi kesalahan dalam melakukan *setting* parameter yang disebabkan oleh operator baru. Pada faktor *material* teridentifikasi bahwa material karet yang digunakan terkadang terlalu tebal sehingga memerlukan waktu dan suhu yang lebih dari *spec*. Sedangkan dilihat pada faktor *method* bahwa memang sebenarnya belum ada *spec* khusus untuk *setting* parameter *size tyre* tertentu jadi saat ini *spec* yang digunakan untuk semua *size tyre* adalah sama. Oleh karena itu peneliti memutuskan untuk melakukan perbaikan dengan mencari *setting* parameter optimum *cure* untuk masing-masing *size tyre*.

### Solusi Perbaikan

Solusi perbaikan dilakukan dengan menggunakan analisis desain faktorial  $2^3$  yang merupakan bagian dari ANOVA dengan bantuan *Software* SPSS untuk meminimasi jumlah *defect under cure* yang ada

(dengan mencari *setting* parameter *cure* yang optimum). Analisis desain faktorial  $2^3$  adalah analisis yang biasa dilakukan dalam sebuah eksperimen apabila faktor yang diuji berjumlah dua atau lebih faktor dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh-pengaruh dari faktor yang ada terhadap suatu permasalahan. Analisis ini terdiri dari 3 buah faktor dengan 2 buah level atau taraf, yang dikatakan level atau taraf disini adalah varian dari masing-masing variabel.

Faktor-faktor tetap yang mempengaruhi *defect U/C* atau *Under cure* diantaranya:

1. Faktor penggunaan temperatur *curing*,
2. Faktor lamanya proses *curing* atau waktu *curing*, dan
3. Faktor penggunaan tekanan *curing*.

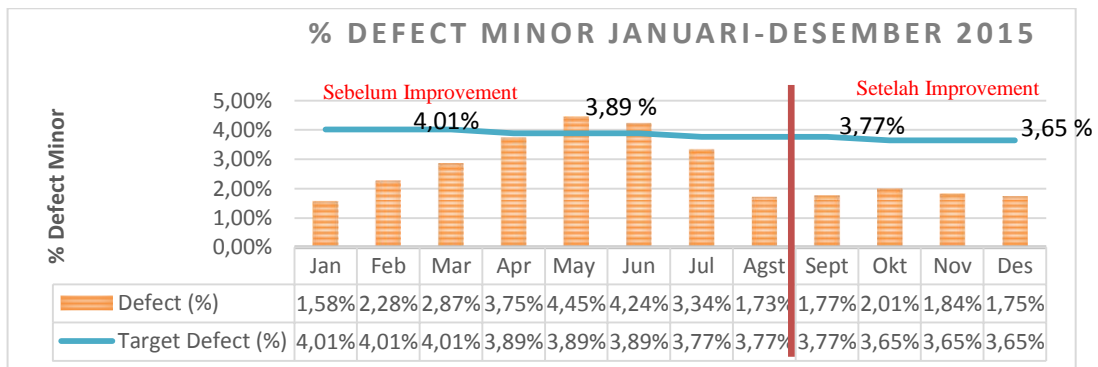
Ketiga faktor tersebut dijadikan sebagai variabel independen (yang mempengaruhi) sedangkan *defect under cure* dijadikan sebagai variabel dependen (yang dipengaruhi). Untuk variabel/faktor *temperature cure*, level/taraf/varian yang diuji yaitu  $165^{\circ}\text{C}$  dan  $175^{\circ}\text{C}$ , untuk variabel/faktor *time cure*, level/taraf/varian yang diuji yaitu 790 s dan 800 s dan untuk variabel/faktor *pressure*, level/taraf/varian yang diuji yaitu 1500 kpa dan 1600 kpa.

Berdasarkan analisis dengan metode desain faktorial  $2^3$  dengan bantuan software SPSS, didapat *setting* parameter optimum yang dapat menghasilkan sedikit jumlah *defect under cure* untuk *tyre rim 19* dan *20* adalah kombinasi (2 2 2) yaitu:

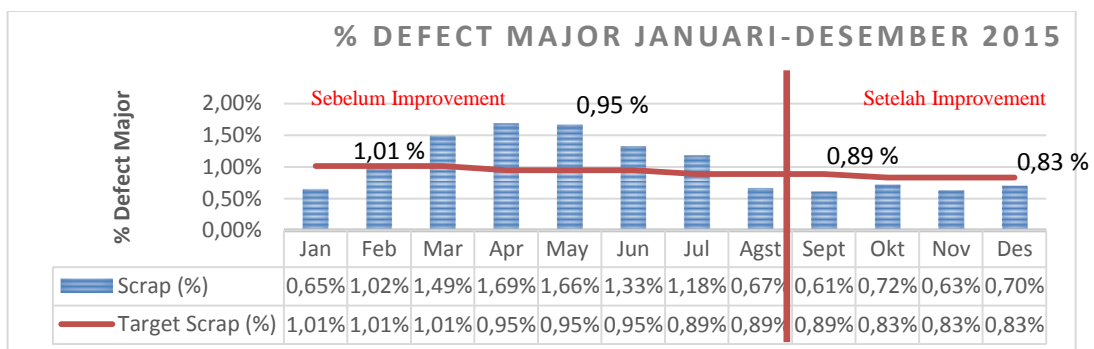
Temperature cure :  $175^{\circ}\text{C}$   
 Time cure : 800 s  
 Pressure : 1600 kpa

### Hasil Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan sesuai dengan *setting* parameter optimum, dimana hasilnya dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7 bahwa sudah terjadi penurunan jumlah *defect (minor dan major)* pada bulan Juli-Agustus sehingga *defect* yang ada tidak melebihi target perusahaan.



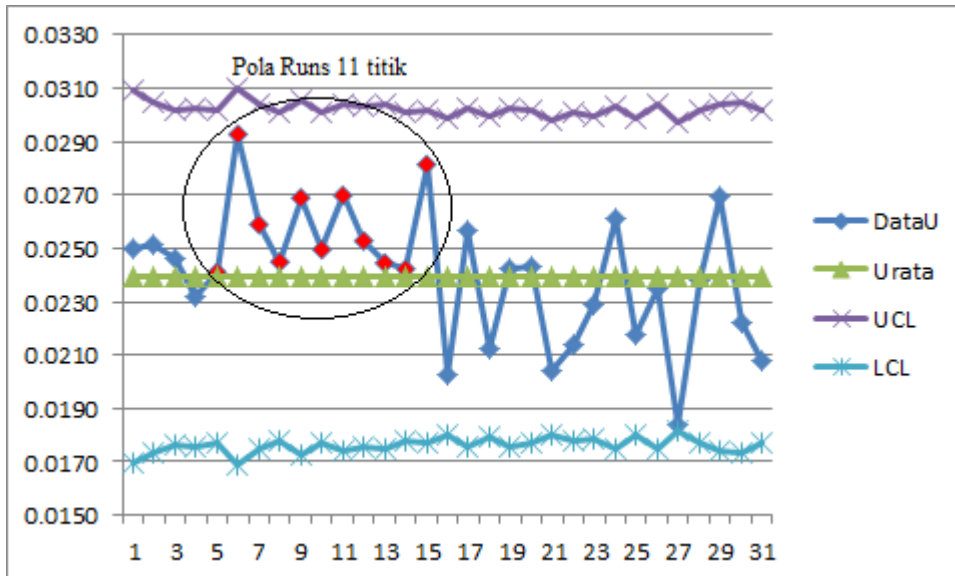
Gambar 6. Grafik *Defect Minor Tyre* Periode Januari-Desember 2015



Gambar 7. Grafik *Defect Major Tyre* Periode Januari-Desember 2015

### Menghitung Jumlah Defect Setelah Perbaikan

Proses eksperimen disain dilakukan pada bulan Juli 2015, dan hasil parameter setting optimum diterapkan pada bulan Agustus 2015. Untuk mengukur dan mengendalikan jumlah defect yang terjadi, maka dilakukan perhitungan jumlah defet dengan menggunakan peta U, dimana hasilnya disajikan pada Tabel 4. Sedangkan hasil perhitungan peta kendali u hasil perbaikan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta Kendali *U-chart* Pada Bulan Agustus 2015

Pada gambar diatas terlihat bahwa setelah dilakukan perbaikan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 memang terlihat semua titik berada dalam batas kendali, namun dalam *U-chart* ini terdapat pola *runs* sebagai penyebab umum (*common causes*). Titik-titik pada *control chart* dikatakan membentuk pola *runs* dan harus dibuang datanya. Berdasarkan hasil perhitungan sampai proses terkendali, diperoleh rata-rata jumlah defect adalah 0,022945 (2,29%).

Tabel 4. Perhitungan Jumlah Defect Setelah Perbaikan

Tanggal	Jumlah Sampel, n	Jumlah Defect, c	$U = c/n$	$3\sigma = 3\sqrt{\bar{u}/n}$	$UCL = \bar{u} + 3\sigma$	$LCL = \bar{u} - 3\sigma$
1	4398	110	0.0250	0.0070	0.0309	0.0169
2	4976	125	0.0251	0.0066	0.0305	0.0173
3	5489	135	0.0246	0.0063	0.0302	0.0177
4	5341	124	0.0232	0.0063	0.0303	0.0176
5	5559	134	0.0241	0.0062	0.0301	0.0177
6	4304	126	0.0293	0.0071	0.0310	0.0169
7	5136	133	0.0259	0.0065	0.0304	0.0174
8	5674	139	0.0245	0.0062	0.0301	0.0178
9	4871	131	0.0269	0.0066	0.0306	0.0173
10	5609	140	0.0250	0.0062	0.0301	0.0177
11	5114	138	0.0270	0.0065	0.0304	0.0174
12	5300	134	0.0253	0.0064	0.0303	0.0176
13	5194	127	0.0245	0.0064	0.0304	0.0175
14	5655	137	0.0242	0.0062	0.0301	0.0178
15	5543	156	0.0281	0.0062	0.0302	0.0177
16	6120	124	0.0203	0.0059	0.0299	0.0180
17	5345	137	0.0256	0.0063	0.0303	0.0176
18	5977	127	0.0212	0.0060	0.0299	0.0179
19	5368	130	0.0242	0.0063	0.0303	0.0176
20	5511	134	0.0243	0.0063	0.0302	0.0177
21	6229	127	0.0204	0.0059	0.0298	0.0180
22	5655	121	0.0214	0.0062	0.0301	0.0178
23	5900	135	0.0229	0.0060	0.0300	0.0179
24	5243	137	0.0261	0.0064	0.0303	0.0175
25	6112	133	0.0218	0.0059	0.0299	0.0180
26	5187	122	0.0235	0.0064	0.0304	0.0175
27	6424	118	0.0184	0.0058	0.0297	0.0181
28	5543	132	0.0238	0.0062	0.0302	0.0177
29	5124	138	0.0269	0.0065	0.0304	0.0174
30	5003	111	0.0222	0.0066	0.0305	0.0174
31	5582	116	0.0208	0.0062	0.0301	0.0177
	Urata =	0.023925				

### Menghitung DPMO dan Nilai Sigma Setelah Perbaikan

Berikut ini adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai DPU, DPMO dan nilai sigma setelah perbaikan dilakukan.

*Unit* : 110527 psc tyre ( Rata-Rata jumlah unit diproduksi pada bulan Agustus 2015).

*Defect* : 2536 pcs tyre (Rata-rata defect terkendali pada bulan Agustus 2015)

*Opportunities* : 7 opportunities (7 peluang kemungkinan terjadinya defect dalam satu unit tyre)

$$DPU = \frac{\text{Total defect}}{\text{Total units}} = \frac{2536}{110527} = 0,022945$$

$$DPMO = \frac{DPU \times 1 \text{ million}}{\text{Opportunities}} = \frac{0.022945 \times 10^6}{7} = 3277,803$$

Setelah mendapatkan nilai DPMO, langkah selanjutnya adalah melihat tabel konversi DPMO ke nilai sigma, maka diperoleh nilai sigma awal sebesar 4,20138 sigma.

### **Pebandingan Sebelum dan Setelah Perbaikan**

Berikut ini adalah tabel perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan seperti yang disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Perbaikan**

Item	Sebelum (Juni 2015)	Sesudah (Agustus 2015)
Jumlah <i>Defect</i> U/C Rim 17	12	0
Jumlah <i>Defect</i> U/C Rim 18	8	0
Jumlah <i>Defect</i> U/C Rim 19	904	0
Jumlah <i>Defect</i> U/C Rim 20	1035	3
Jumlah <i>Defect</i> Minor U/C	1959	3
Jumlah <i>Defect</i> Major U/C	573	0
Jumlah <i>Defect</i> Minor	6521	2910
Jumlah <i>Defect</i> Major	2045	1121
% Penurunan <i>defect</i> minor		55,37%
% Penurunan <i>defect</i> major		45,18%
Kapabilitas Proses (Cp)	1,00	1,33
Nilai Sigma	3,902	4,201

### **Control**

Pada tahapan terakhir dalam konsep *six sigma* yaitu *control* . Ini dilakukan dengan melakukan perubahan untuk meminimalisir resiko terjadinya kesalahan akibat manusia (*human error*). Kesalahan yang sering terjadi karena ulah manusia adalah salah *setting parameter cure*. Kesalahan dalam *setting parameter* ini dikarenakan operator tidak melihat *spec* yang ada, jadi mereka melakukan *setting* hanya berdasarkan ingatan saja. Oleh karena itu untuk menghindari terjadinya hal tersebut maka pada penelitian ini dilakukan beberapa hal, diantaranya:

1. Memindahkan posisi *spec*

Posisi awal *spec* terletak pada bagian depan bawah ring GT *basket*. Dengan posisi tersebut kurang memudahkan operator pada saat melihat *spec*. Operator harus merendahkan tubuhnya atau menjauh dari mesin agar *spec* terlihat sedangkan jarak antara rak GT (*Green Tyre*) dengan mesin sangat dekat sehingga tidak memungkinkan operator menjauh dari mesin untuk melihat *spec*. Oleh karena itu saat ini posisi *spec* dipindahkan ke bagian atas *Panel Machine*.

2. Membuat *marking* untuk *setting parameter* pada *spec*

Selain memindahkan posisi *spec*, selanjutnya dilakukan *marking* untuk item *setting parameter* untuk memudahkan mata operator dalam mencari item *setting parameters* tersebut.

3. Membuat *form check setting parameter*

Untuk membiasakan rasa tanggungjawab kepada operator dan untuk memastikan kebenaran dalam *setting parameter* maka dibuatlah *form check setting parameter* untuk setiap kali proses ganti *size tyre*.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan penulis di PT. X Tbk. dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya:

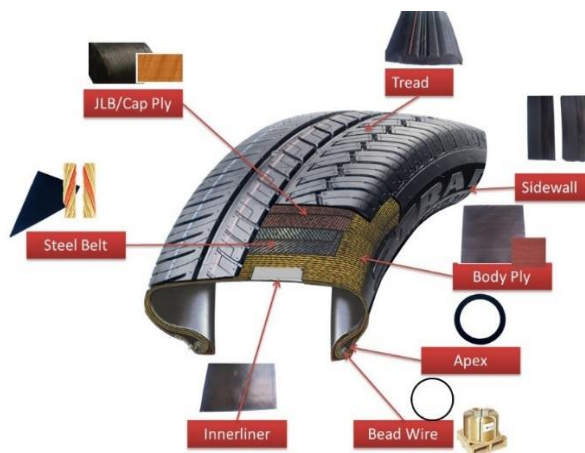
1. Dengan menerapkan konsep *Six Sigma*, kualitas proses *curing* menjadi terkendali dan terkontrol dengan baik.
2. Dari hasil analisis dengan desain faktorial  $2^3$  menggunakan SPSS, didapat bahwa *setting* optimum yang dapat menghasilkan jumlah *defect under cure* paling sedikit yaitu dengan menggunakan *setting temperature cure*  $175^{\circ}\text{C}$ , *time cure* 800 s dan *pressure* 1600 kpa untuk PCR Rim 19 dan 20.
  - a. Dengan *setting* optimum yang disesuaikan dengan hasil analisa, terbukti dapat menurunkan jumlah *defect under cure* yang semula pada bulan Juni sebanyak 1959 menjadi hanya 3 pcs *tyre* saja pada bulan Agustus 2015.
  - b. Dengan menurunnya jumlah *defect*, maka nilai sigma yang diperoleh menjadi meningkat sebesar 4,209 sigma yang sebelumnya sebesar 3,902 sigma.

## Daftar Pustaka

1. Garrity, Susan M.. *Basic Quality Improvement*. United States of America: Prentice-Hall International.Inc., 1993.
2. Gasperzs, Vincent dan Avanti Vontana. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Bogor: Penerbit Vinchristo Publication, 2011.
3. Mahadevan, B. *Operation Management : Theory and Practice*. Second edition. New Delhi-India : Pearson, Dorling Kindersley, 2010.
4. Muis M. Kom, Dr. Ir. Saludin. *Metodologi Six Sigma Teori dan Aplikasi di Lingkungan Pabrikasi*. Jakarta: Graha Ilmu, 2014.
5. Pande, Peter S, Robert P. Neuman dan Roland R. Cavanagh. *The Six Sigma Way*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2002.
6. Tannady, Hendy. *Pengendalian Kualitas*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.

## Lampiran

### Lampiran 1. Tyre Construction



Lampiran 2. Output SPSS dari Rancangan Percobaan Faktorian

**Tests of Between-Subjects Effects (PCR Rim 19)**

*Dependent Variable: Defect Under cure*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	33,333 <sup>a</sup>	7	4,762	16,327	,000
Intercept	54,000	1	54,000	185,143	,000
Faktor_A	24,000	1	24,000	82,286	,000
Faktor_B	4,167	1	4,167	14,286	,002
Faktor_C	4,167	1	4,167	14,286	,002
Faktor_A * Faktor_B	,167	1	,167	,571	,461
Faktor_A * Faktor_C	,167	1	,167	,571	,461
Faktor_B * Faktor_C	,667	1	,667	2,286	,150
Faktor_A * Faktor_B *	,000	1	,000	,000	1,000
Faktor_C	,000	1	,000	,000	1,000
Error	4,667	16	,292		
Total	92,000	24			
Corrected Total	38,000	23			

a. R Squared = ,877 (Adjusted R Squared = ,823)

**Tests of Between-Subjects Effects (PCR Rim 20)**

*Dependent Variable: Defect Under cure*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	43,167 <sup>a</sup>	7	6,167	21,143	,000
Intercept	88,167	1	88,167	302,286	,000
Faktor_A	37,500	1	37,500	128,571	,000
Faktor_B	2,667	1	2,667	9,143	,008
Faktor_C	1,500	1	1,500	5,143	,038
Faktor_A * Faktor_B	,667	1	,667	2,286	,150
Faktor_A * Faktor_C	,167	1	,167	,571	,461
Faktor_B * Faktor_C	,000	1	,000	,000	1,000
Faktor_A * Faktor_B *	,667	1	,667	2,286	,150
Faktor_C	,000	1	,000	,000	1,000
Error	4,667	16	,292		
Total	136,000	24			
Corrected Total	47,833	23			

a. R Squared = ,902 (Adjusted R Squared = ,860)