



Perbaikan Ketahanan *Lifetime Bladder* untuk Peningkatan *Curing Efficiency* pada Proses Industri *Tire Manufacture*

Tubagus Hendri Febriana¹, Herna Dewita¹, Cecep Hermawan^{1*}, Hendi Herlambang²

¹Master of Industrial Engineering Program, Mercu Buana University, Jl. Meruya Selatan No. 1, Jakarta 11610, Indonesia

²Manufacturing Department, JST Indonesia, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Article history:

Received: 5 February 2020
Revised: 14 February 2020
Accepted: 23 February 2020

Category: Research paper

Kata Kunci:

DMAIC
Failure Mode and Effect Analysis
Lifetime bladder

Keywords:

DMAIC
Failure Mode and Effect Analysis
Lifetime bladder

A B S T R A K

Efisiensi proses curing merupakan salah satu poin penting dalam industri pembuatan ban. Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam efisiensi curing adalah rendahnya umur kandung kemih sebagai bahan pembantu yang digunakan untuk perpindahan panas / thermal dari mesin curing ke ban hijau selama proses curing. Rendahnya umur kandung kemih akan berdampak langsung pada tingginya frekuensi perubahan kandung kemih yang menyebabkan hilangnya waktu dalam persiapan dan perakitan mesin curing pada tahap proses. Kondisi tersebut, saat diteliti, rata-rata masa pakai kandung kemih pada tahun 2017 sebanyak 237 kali digunakan sedangkan target perusahaan pada tahun 2018 untuk target masa pakai kandung kemih ditetapkan 450 kali untuk mendukung proyek efisiensi proses curing. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa potensi masalah yang menyebabkan rendahnya masa pakai kandung kemih. Penelitian menggunakan konsep DMAIC (Define-Measure-Analyse-Improve-Control) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk menentukan faktor penyebab utama dan tindakan pencegahan serta menetapkan prioritas perbaikan berdasarkan Risk Priority Number (RPN). Hasil perbaikan menunjukkan umur kandung kemih dapat meningkat dari 237 kali menjadi 450 kali sesuai target, kehilangan perubahan kandung kemih pada proses curing dapat mengurangi 0,79%, dan konsumsi kandung kemih indeks dapat berkurang 36,7% dengan jumlah penghematan biaya USD 196.576 per tahun..

A B S T R A C T

The efficiency of the curing process is one of the critical points in the tire manufacturing industry. One of the factors that need to be considered in curing efficiency is the low age of the bladder as an auxiliary material used for heat / thermal transfer from the curing machine to green tires during the curing process. Low bladder life will directly impact the high frequency of bladder changes, leading to lost time in the preparation and assembly of the curing machine at the processing stage. In this condition, when studied, the average life span of the bladder in 2017 was 237 times used, while the company's target in 2018 for the bladder life target was set at 450 times to support the curing process efficiency project. This study aims to analyze the potential problems that cause a low shelf life. This research uses the concept of DMAIC (Define-Measure-Analyse-Improve-Control) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to determine the main causal factors and preventive actions and to determine priority improvements based on the Risk Priority Number (RPN). The improvement results showed that bladder life could increase from 237 times to 450 times as targeted, loss of bladder change during curing could reduce 0.79%, and index bladder consumption could be reduced by 36.7% total cost savings of USD 196,576 per year..

*Corresponding Author

Cecep Hermawan
E-mail: cecephermlive.com

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license..



1. PENDAHULUAN

Salah satu tahapan pada industri pembuatan ban adalah proses *curing* yaitu proses pemasakan *green tire* (ban mentah) dengan menggunakan mesin *curing* pada waktu, *temperature* tekanan dan parameter lain yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Pada contoh kasus permasalahan di salah satu pabrik ban yang berlokasi di Cikampek Jawa Barat, penulis menemukan permasalahan dimana *curing proses efficiency* yang masih rendah terhadap target yang telah ditetapkan sehingga berpengaruh terhadap penambahan *running time machine* untuk mencapai target produksi. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah rendahnya *lifetime bladder* sebagai material pendukung (*auxiliary material*) yang digunakan pada proses *curing* untuk mentransfer panas dan tekanan dari dalam mesin ke *green tire*. Proses *curing* merupakan proses pemasakan ban (*green tire/raw cover*) dengan menggunakan temperatur 183°C dan tekanan 15 Bar pada mesin *curing* menggunakan *Moulding*/cetakan ban untuk membentuk pola kembangan (*pattern*) sesuai dengan *design* yang disesuaikan untuk masing masing *size*. Pada proses ini karet mentah mengalami proses vulkanisasi sehingga terjadi perubahan sifat dari plastis menjadi elastis. *Index* produktivitas dinyatakan dalam CPD (*Cure Per Day*) dimana faktor yang menentukan adalah *curing time* dan *process efficiency*. *Variable loss* yang menentukan efisiensi pada proses *curing time* adalah : *raw cover loss*, *mold preparation*, *bladder preparation*, *machine stop*, *quality loss* dan *unnecessary loss*. Didalam proses pembuatan Ban PCR (*Passenger Car Radial Tire*), *bladder* digunakan sebagai material pembantu (*auxiliary material*) sebagai media penghantar panas dari *steam* dan *pressure* pada saat proses pemasakan (*curing*) dengan *lifetime* (umur pakai) disetting sesuai dengan *spec* yang diinput pada mesin. Jika *bladder* rusak dan meletus sebelum mencapai *setting spec* maka akan mengakibatkan *defect* atau *scrap* pada ban yang sedang diproses sehingga harus dilakukan penggantian *bladder* yang baru. Hal ini menimbulkan *loss time* karena mesin harus berhenti saat dilakukan pemasangan dan *assembly* pada *equipment*. Untuk meminimalisasi frekuensi pergantian *bladder* sebagai upaya pencegahan *loss time*, maka perlu dilakukan perbaikan terhadap peningkatan

bladder performance serta pengujian ketahanan *lifetime* (umur pakai) sebelum dilakukan standarisasi *setting spec* pada mesin sehingga *efficiency* mesin dapat meningkat. Semakin rendah *lifetime bladder* maka semakin banyak frekuensi pergantian *bladder* yang dilakukan yang menyebabkan terjadinya *loss preparation dan assembly* di dalam tahapan proses produksi. Pada tahun 2017, aktual *lifetime* rata-rata adalah 237 kali pemakaian dengan *curing efficiency* sebesar 89% sedangkan target yang ditetapkan pada tahun 2018 adalah 450 kali pemakaian.

Beberapa penelitian dalam industri produksi ban menggunakan Six Sigma menunjukkan peningkatan kualitas sebesar 41% dan pengurangan ketidaksesuaian (Barbosa, et.al., 2017). Implementasi Six Sigma pada proses ekstrusi karet dua semi produk ban, *tread* dan *sidewall* menghasilkan penurunan 0,89% pada indikator work-off yang dihasilkan oleh sistem produksi. Pendekatan ini menghasilkan dampak finansial yang signifikan (penghematan lebih dari 165.000 € per tahun) pada biaya kualitas perusahaan (Costa, Silva & Ferreira, 2017). Implementasi DMAIC juga mampu menurunkan standar deviasi diturunkan dari 2,17 menjadi 1,69, meningkatkan Nilai indeks kapabilitas proses (Cp) dari 1,65 menjadi 2,95 dan nilai indeks kapabilitas proses (Cpk) dari 0,94 menjadi 2,66 (Gupta, et.al., 2018). Hasil ini juga diperkuat dengan penelitian lain yang menunjukkan efektivitas DMAIC dalam meminimalkan kerusakan proses ban (Saragih & Riawati, 2018), Lestari & Junaidy, 2019); Ranade, 2019; Trimarjoko, et.al., 2019)

Penelitian ini bertujuan meningkatkan *lifetime bladder* dengan pendekatan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Fokus perbaikannya dengan menggunakan *core tools* FMEA sehingga diharapkan dapat menjadi solusi bagi perusahaan untuk mencapai target yang diharapkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*)

DMAIC merupakan salah satu *tools* yang digunakan dalam penerapan konsep *lean manufacturing*. Metode DMAIC adalah sebuah siklus metodologi yang terstruktur secara

sistematis yang bertujuan untuk mengurangi *waste* (pemborosan) pada suatu sistem, agar sistem tersebut bisa bekerja secara efisien dan produktif. DMAIC merupakan pendekatan sistematis untuk menjamin keseluruhan proses berjalan dengan baik sehingga produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan (Supriyadi, Ramayanti & Roberto, 2017). Six Sigma mampu menghasilkan keberhasilan dengan cara menciptakan keahlian dan budaya kerja untuk terus melakukan inovasi perbaikan berkelanjutan (Hernadewita, et.al., 2019). Tahapan DMAIC meliputi:

- a. **Define** :Tahap ini merupakan tahapan awal dalam *six sigma*. Pada tahap ini akan dilakukan penentuan sasaran dan identifikasi jumlah total cacat produk, pembuatan SIPOC (*Supplier Input Process Output Customer*) diagram untuk memberikan gambaran terhadap tahapan pada proses produksi yang sedang diteliti, Penentuan CTQ (*Critical To Quality*) yang berpengaruh terhadap kualitas dan mengidentifikasi penyebab terbesar yang terjadi menggunakan diagram pareto.
- b. **Measure** : Merupakan tahapan kedua yang merupakan dasar untuk *improvement* dengan mengumpulkan data-data yang relevan untuk kemudian dilakukan pengukuran. Beberapa hal yang dilakukan dalam tahap ini yaitu pengukuran terhadap masalah kualitas yang terjadi, pengukuran terhadap kapabilitas proses, nilai total DPMO dan level sigma.
- c. **Analyze** : Merupakan tahapan ketiga yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan yang terjadi untuk dicarikan solusi dan langkah pencegahannya. Diagram *fishbone* dapat dipakai untuk memvalidasi penyebab masalah hingga ke akarnya. Untuk melakukan analisis risiko digunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) yang merupakan sistematika dari aktifitas untuk mengidentifikasi potensial tingkat kegagalan (*failure*) yang ada pada setiap tahapan produksi. Faktor utama potensial penyebab masalah dan prioritas perbaikan ditentukan untuk mendukung aktifitas pada tahapan *Improve*.
- d. **Improve** : Merupakan tahapan keempat dimana dikembangkan solusi dari masalah yang terjadi yang telah teridentifikasi akar

masalahnya pada tahapan *analysis* kemudian dilakukan aktifitas untuk memperbaikinya. Pada tahapan ini FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) digunakan kembali untuk mengetahui sejauh mana efek perbaikan yang telah dilakukan terhadap penurunan nilai risiko.

- e. **Control**: Merupakan tahapan terakhir yang bertujuan untuk memonitor implementasi dari semua hasil perbaikan yang telah dilakukan. Semua *critical item* distandarisasikan dalam bentuk prosedur kerja dan *checksheet*, dilakukan pemantauan dan pengendalian terhadap stabilitas proses dan produk menggunakan *control chart* sebagai dasar aktifitas perbaikan secara berkelanjutan.

2.2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu alat yang secara sistematis mengidentifikasi akibat atau konsekuensi dari kegagalan sistem atau proses serta mengurangi atau mengeliminasi peluang terjadinya kegagalan tersebut. FMEA dapat digunakan untuk menganalisa penyebab kegagalan yang berhubungan dengan keandalan peralatan (Hermanto & Wiratmani, 2019). FMEA merupakan *living document* sehingga perlu dilakukan *review* dan di *update* secara teratur apabila ditemukan masalah baru yang mengakibatkan terjadinya kegagalan. FMEA dibagi menjadi 2 jenis :

1. *Design* FMEA yaitu alat yang digunakan untuk memastikan bahwa *potential failure modes*, sebab dan akibatnya telah diperhatikan terkait dengan karakteristik produk yang akan dibuat oleh *Design Engineer Team (Designer)*.
2. *Process* FMEA yaitu alat yang digunakan untuk memastikan bahwa *potential failure modes*, sebab dan akibatnya telah diperhatikan sesuai dengan karakteristik prosesnya oleh *Process Engineer Team*

Terdapat langkah dasar pada *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi fungsi pada proses produksi
2. Mengidentifikasi *potential failure mode* pada setiap tahapan proses produksi
3. Mengidentifikasi *potential failure effect* kegagalan produksi

4. Mengidentifikasi *potential failure cause* dari masing-masing penyebab kegagalan produksi
5. Mengidentifikasi mode-mode deteksi proses produksi
6. Menentukan *rating* terhadap tingkat keseriusan masalah (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*) dan kemampuan sistem dalam mendeteksi masalah (*detection*). Nilai *RPN* (*Risk Priority Number*) ditentukan dari hasil perkalian antara ranking *Severity* (*S*), *Occurrence* (*O*) dan *Detection* (*D*)
7. Menentukan usulan perbaikan pada proses produksi.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari *literature review* yang berkaitan dengan aktifitas pemecahan masalah melalui pendekatan Six Sigma DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) yang digunakan sebagai referensi kajian teori dan *guidance dalam* melakukan tahapan perbaikan sesuai dengan permasalahan yang sedang diamati. Selanjutnya dilakukan pengumpulan dan pengolahan data dari sumber yang tersedia di perusahaan yang terdiri dari data primer dan data sekunder untuk keperluan pelaksanaan aktifitas. *Six Sigma* DMAIC dilakukan melalui beberapa tahapan. Pada tahapan awal (*define phase*) dilakukan aktifitas untuk dapat mendefinisikan masalah yaitu pembuatan SIPOC diagram (*Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer*) dan penentuan Penentuan CTQ (*Critical To Quality*) berdasarkan data masalah kualitas yang ditemukan. Pada tahapan kedua (*measure phase*) dilakukan pengukuran terhadap *process performance* meliputi *ratio* terjadinya masalah pada masing-masing item dan kondisi *capability process* dengan menggunakan *statistical process control* (SPC) *tool*. Pada tahapan ketiga (*analysis phase*), dilakukan analisis masalah menggunakan diagram pareto untuk menemukan akar permasalahan kemudian dilanjutkan dengan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* FMEA untuk mendapatkan nilai RPN dan *recommended action*. Pada tahapan keempat (*improve phase*) dilakukan perbaikan pada setiap akar permasalahan yang telah teridentifikasi yang disertai pengkajian kembali terhadap FMEA untuk mengetahui efektifitas

hasil perbaikan yang telah dilakukan. Pada tahapan terakhir (*control phase*) dilakukan *monitoring* terhadap proses untuk mendapatkan kestabilan produk dan memastikan implementasi semua hasil perbaikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

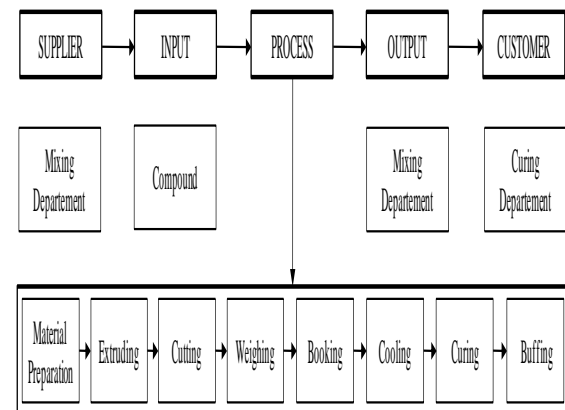
Pada proses *curing* terdapat permasalahan mengenai ketahanan *lifetime bladder* yang rendah dan masih belum mencapai target yang diharapkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menemukan langkah tindakan perbaikan yang efektif melalui pendekatan DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*).

4.1. Define phase

Pada tahapan ini terdiri atas 2 aktifitas

4.1.1 Pembuatan SIPOC diagram

SIPOC (*Supplier Input Process Output Customer*) diagram bertujuan untuk memberikan gambaran terhadap tahapan pada proses produksi yang sedang diteliti yaitu proses pembuatan *bladder* (Gambar 1).



Gambar 1. SIPOC diagram proses pembuatan bladder.

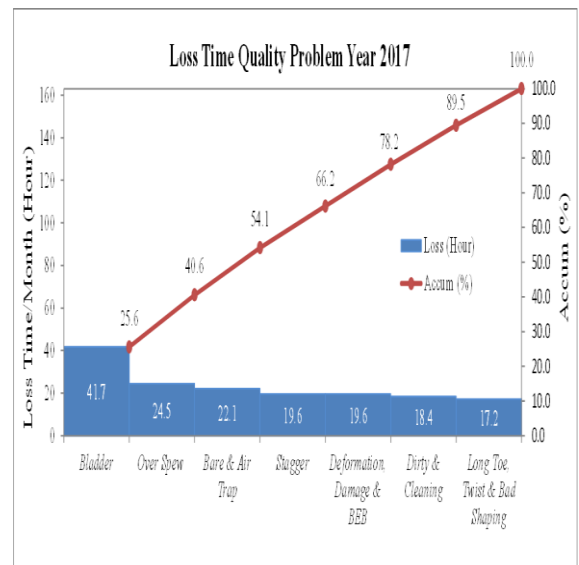
Material yang digunakan pada proses pembuatan *bladder* berasal dari proses *mixing* sebagai *supplier* yang dinamakan *compound* sebagai *input*. Setelah lulus pengujian material ini kemudian dimasukkan ke dalam mesin *extruder* untuk pembentukan *rubber stick* yang berjalan sepanjang *conveyor* dan melewati mesin *cutter* dan timbangan yang telah *disetting* secara otomatis untuk mendapatkan dimensi panjang dan berat sesuai dengan spesifikasi. *Rubber stick* ini kemudian disimpan kedalam *leaf tray* yang disebut proses *booking*

dan diinginkan untuk mendapatkan kestabilan dimensi. Saat akan dipakai material ini dimasukan ke dalam *hot box* untuk dilakukan *pre-heating* sebelum dimasukan ke dalam *mold* (cetakan) pada mesin *curing*. Proses *curing* berlangsung sesuai dengan waktu, temperatur, tekanan dan jenis *mold* yang telah ditetapkan berdasarkan spesifikasi, setelah proses ini selesai *bladder* yang telah terbentuk dilanjutkan ke proses *buffing* untuk merapikan sisa *overflow rubber* pada permukaan *bladder* dikarenakan adanya celah pada cetakan. Proses pembuatan *bladder* menjadi fokus pada penelitian ini merupakan usaha untuk menanggulangi permasalahan yang terjadi dalam meningkatkan *lifetime bladder*.

4.1.2 Penentuan CTQ (Critical To Quality)

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan pada proses *curing*, diperoleh data *loss time* yang diakibatkan karena masalah kualitas pada tahun 2017 rata-rata sebesar 163.1 jam per bulan. Permasalahan utama yang ditunjukkan pada Gambar 2 dapat membantu dalam penentuan CTQ yaitu masalah kualitas yang diakibatkan karena *bladder*.

Rata-rata *lifetime bladder* pada tahun 2017 adalah 237 kali pemakaian, dengan kondisi ini jumlah *preparation loss* untuk *bladder change* adalah 1,57%. Target yang ditetapkan pada tahun 2018 adalah meningkatkan ketahanan *lifetime bladder* sebanyak 450 kali pemakaian dengan harapan dapat menurunkan jumlah *quality loss* yang terjadi.



Gambar 2. Diagram pareto *loss time*

Tabel 1 Data pemakaian *bladder* tahun 2017

Month	Produksi Ban (unit)	Konsumsi Bladder (Unit)	Bladder Life Time	Indek Konsumsi Bladder (per 1000 pcs ban)	Bladder Change Loss (%)
Januari	770791	3456	223	4,48	1,57
Februari	788089	3453	228	4,38	1,59
Maret	881236	4052	217	4,60	1,73
April	841619	3919	215	4,66	1,48
Mei	851981	3942	216	4,63	1,52
Juni	617035	2930	211	4,75	1,75
Juli	854277	3990	214	4,67	1,58
Agustus	861138	3248	265	3,77	1,30
September	786235	3054	257	3,88	1,68,
Oktober	857671	3203	268	3,73	1,56
November	837389	3325	252	3,97	1,53
Desember	861288	3151	273	3,66	1,60
Rata-rata	817396	3477	237	4,27	1,57

4.2. Measure Phase

Pada fase ini dilakukan pengambilan data hasil pengukuran terhadap *bladder performance* saat dipakai di proses *curing*. Pengumpulan data ini dilakukan pada saat aktifitas *grading* setiap hari untuk mengetahui jumlah frekuensi kejadian dan jenis permasalahan yang terjadi berdasarkan pengecekan terhadap fisik *bladder* saat ditemukan masalah pada proses atau *bladder* yang harus diganti karena telah mencapai setting yang telah ditentukan pada mesin berdasarkan *spec*. Berdasarkan *record* data hasil *grading* selama satu bulan terhadap 428 *bladder* abnormal didapatkan rasio perhitungan untuk permasalahan kualitas yang terjadi yang terjadi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

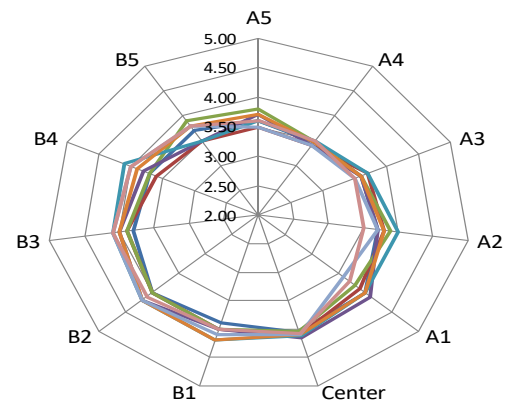
Tabel 2. Masalah kualitas *bladder*

<i>Problem Identified</i>	Pcs	Ratio
<i>Gauge Variation</i>	165	38,55
<i>Circum stretch out standard</i>	85	20,09
<i>Low setting lifetime (visual appearance still moth)</i>	142	33,18
<i>Defect</i>	35	8,18
Total	428	100

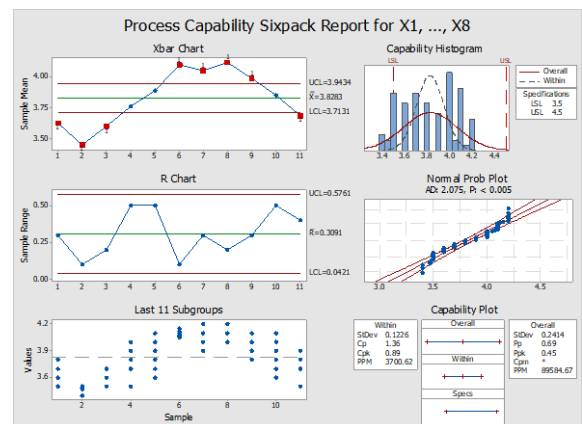
Berdasarkan hasil pengecekan ketebalan saat terjadi masalah *lifetime* rendah, diperoleh data distribusi *gauge* (ketebalan) (Tabel 3 dan Gambar 3) yang besar dengan nilai CPK = 0.89 (Gambar 4), pada beberapa bagian tipis keluar dari standar.

Tabel 3. Data variasi *gauge* (ketebalan)

SAMPLE	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
A5	3.60	3.50	3.80	3.70	3.60	3.70	3.50	3.60
A4	3.47	3.40	3.48	3.40	3.50	3.47	3.40	3.50
A3	3.60	3.70	3.60	3.60	3.70	3.60	3.50	3.50
A2	3.70	3.80	3.90	3.70	4.00	3.80	3.70	3.50
A1	4.00	3.90	3.80	4.10	4.00	4.00	3.60	3.70
Center	4.07	4.10	4.05	4.15	4.12	4.10	4.10	4.08
B1	3.90	4.00	4.00	4.00	4.20	4.20	4.10	4.00
B2	4.00	4.00	4.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.10
B3	3.80	3.90	3.90	4.00	4.10	4.00	4.10	4.10
B4	3.70	3.60	3.70	3.80	4.10	3.90	4.00	4.00
B5	3.70	3.50	3.90	3.50	3.50	3.80	3.80	3.80



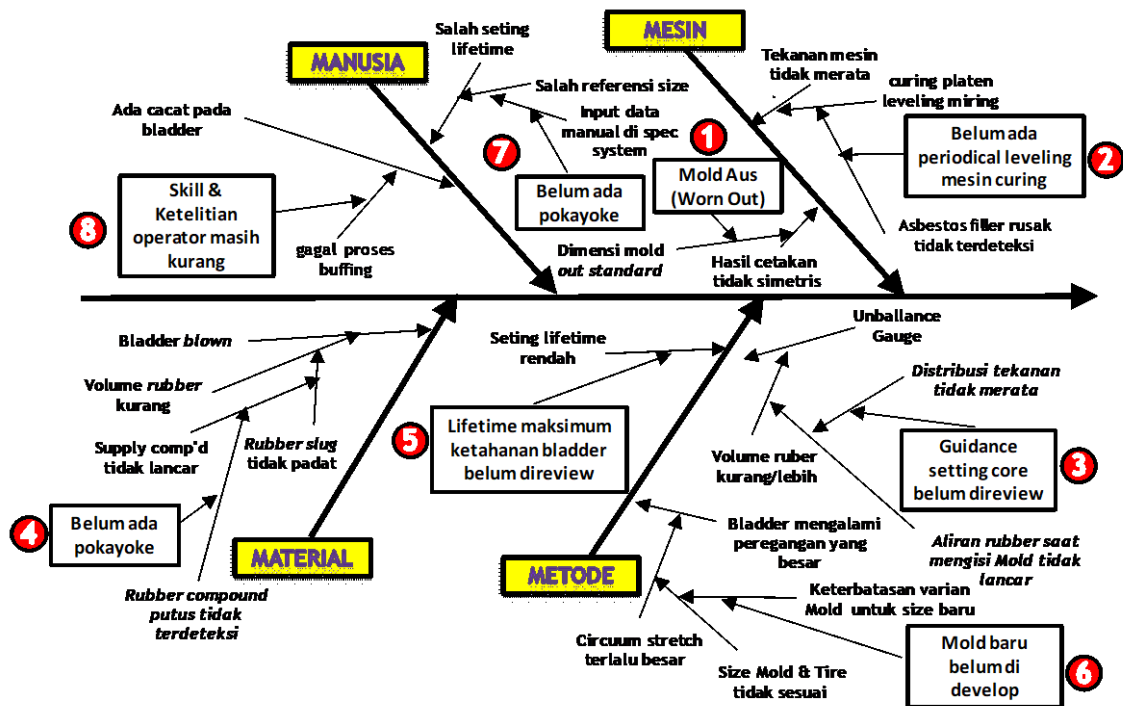
Gambar 3. Gauge distribution



Gambar 4. Analisis kapabilitas proses

4.3. Analyse Phase

Untuk mengetahui akar permasalahan *lifetime bladder* rendah saat dipakai di proses *curing*, dilakukan analisa menggunakan *fishbone diagram* (Gambar 5). Analisis lanjutan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), akar permasalahan yang ditemukan dimasukkan kedalam *potential causes of failure*. Nilai RPN (*Risk Priority Number*) dihitung dengan mengalikan antara nilai *severity* (S) yang menunjukkan tingkat keseriusan masalah dengan nilai *Occurance* (O) yang menunjukkan frekuensi kejadian dan nilai *Detection* (D) yang menunjukkan tingkat kemampuan sistem dalam mendeteksi masalah yang terjadi. Untuk mencegah terjadinya faktor kegagalan proses nilai RPN yang ditetapkan oleh perusahaan <100, oleh karena itu diperlukan perbaikan untuk mengurangi frekuensi kejadian dan meningkatkan sistem deteksi.



Gambar 5. Root cause analysis

Tabel 4. Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)

Potensial Failure Mode	Potensial Effect(s) of Failure	Potential cause(s) of Failure	Cause Factor	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN	Recomended Action
Variasi Ketebalan (Gauge Variation)	Ketahanan Bladder pada bagian yang tipis Kurang, bladder pecah sebelum mencapai target menyebabkan tire scrap	Mold Aus (Worn Out)	Mesin	8	6	8	384	Renewal/repair mold
		Belum ada periodical alignment pada curing machine	Mesin	8	4	8	256	Dibuatkan schedule pengecekan 1x/bulan setiap shut down
		Belum ada review terhadap guidance setting core	Metode	8	4	8	256	Dibuatkan guidance dimasukkan dalam prosedur kerja
		Rubber compound putus tidak terdeteksi	Material	8	3	5	120	Dibuatkan pokayoke compound putus
Low Setting Lifetime	Pemakaian bladder tidak optimal menyebabkan pemborosan material dan loss time penggantian (bladder change loss)	Setting ketahanan maksimum lifetime belum semua direview	Metode	6	6	8	288	Dilakukan review setting untuk semua size dan dibuatkan control saat terdapat poin perubahan
Circum Stretch Out Standard	Bladder mengalami peregangan sehingga dimensi menipis menyebabkan ketahanan kurang, bladder pecah sebelum mencapai target menyebabkan tire scrap	Ada beberapa mold yang tidak sesuai dengan dimensi tire, untuk size baru belum di develop	Metode	8	4	5	160	Dilakukan develop mold baru dan dibuatkan control system saat ada tire size baru
		Kesalahan saat penentuan bladder size	Manusia	8	4	5	160	Dibuatkan Program auto spec system
Defect saat proses buffing	Bladder pecah saat dipakai menyebabkan tire scrap	Skill & ketelitian operator masih kurang	Manusia	8	4	5	160	Dilakukan retraining terhadap operator dan mereview prosedur kerja

4.4. Improve Phase

Dari beberapa permasalahan yang telah diketahui akar penyebabnya, maka dilakukan langkah penanggulangan sebagai berikut :

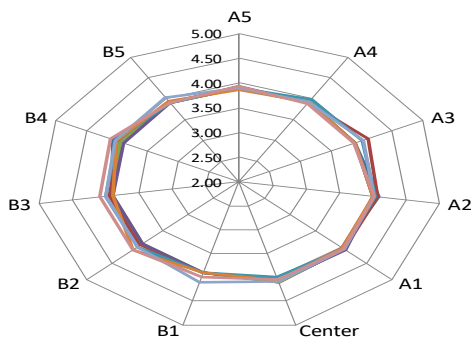
4.4.1 Perbaikan variasi tebal (Gauge Variation)

1. Repair/Renewal kondisi mold yang aus /bending (bengkok)

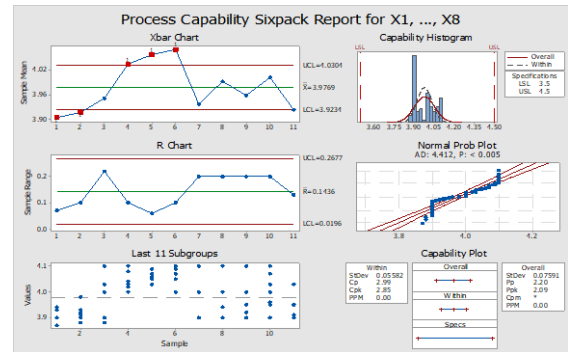
Ditemukan kondisi *mold* & beberapa *part* unitnya setelah dilakukan pengecekan sudah tidak sesuai dengan kondisi *drawing*. Perubahan *clearance*/celah yang terjadi efek pemakaian terus menerus menyebabkan kondisi ketebalan hasil cetakan bervariasi. Berdasarkan hasil total pengecekan yang dilakukan, 23/52 (44%) unit *mold* dimensi sudah tidak sesuai dengan kondisi awal sehingga harus dilakukan *repair/renewal*. Hasil pengecekan pada *bladder* setelah dilakukan perbaikan adalah seperti terlihat pada Tabel 5. Berdasarkan hasil pengecekan ketebalan pada *mold* yang sudah diperbaiki, diperoleh data distribusi *gauge* (ketebalan) yang merata dengan kenaikan nilai CPK dari 0.89 ke 2.85

Tabel 5. Data Variasi Gauge (Ketebalan)

SAMPLE	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
A5	3.90	3.90	3.90	3.94	3.90	3.87	3.90	3.93
A4	3.91	3.90	3.93	3.90	3.98	3.92	3.92	3.88
A3	3.90	4.10	3.90	3.90	4.00	3.90	4.03	3.88
A2	4.10	4.08	4.00	4.00	4.04	4.00	4.03	4.02
A1	4.03	4.07	4.06	4.09	4.05	4.03	4.07	4.05
Center	4.07	4.10	4.10	4.07	4.00	4.07	4.09	4.05
B1	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	4.10	4.00
B2	4.00	3.94	3.90	3.90	4.00	4.10	4.00	4.10
B3	3.92	3.95	3.90	3.90	4.00	3.90	4.00	4.10
B4	4.07	3.96	3.95	3.90	4.00	4.00	4.03	4.10
B5	3.90	3.91	3.90	3.90	3.90	3.95	4.03	3.90



Gambar 6. Gauge distribution



Gambar 7. Analisis kapabilitas proses

2. Periodical check alignment mesin

Untuk memastikan tekanan *curing machine press* pada *mold* merata saat proses pencetakan *bladder* berlangsung, maka harus dilakukan pengecekan *alignment* untuk pengukuran tingkat kerataan permukaan *table plate* dan menentukan *centering position*.

3. Membuat Guidance setting core :

Merupakan panduan jarak dari *center core mold* dengan *top mold*, berpengaruh terhadap distribusi tekanan dan aliran *rubber* di dalam *mold*. Jika setting terlalu tinggi maka arah aliran *rubber* saat posisi *mold* ditekan akan menuju ke arah atas sehingga *bladder* bagian atas (*Top*) akan lebih tebal, sebaliknya jika disetting terlalu pendek maka aliran *rubber* akan menuju ke arah bawah sehingga *bladder* bagian bawah (*bottom*) akan lebih tebal. Hasil simulasi pada *size 14/375* menunjukkan bahwa untuk mencapai *center spec* ketebalan, maka *seting core 15 mm*.

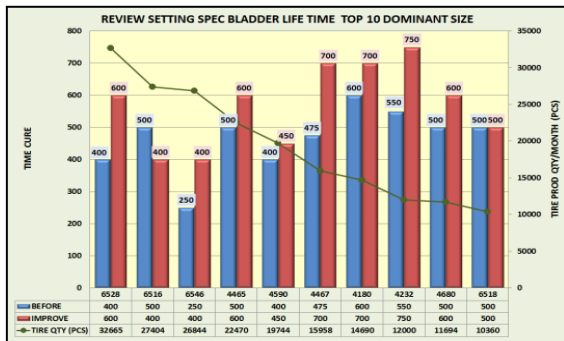
4. Perbaikan masalah compound putus dengan membuat poka yoke system.

Salah satu permasalahan dari faktor material terjadi dimana *supply rubber compound* pada proses *extruding* terhenti dikarenakan *compound* putus, permasalahan ini kadang-kadang terjadi saat operator tidak berada di tempat yang mengakibatkan volume mesin *extruder* untuk pembentukan *rubber slug/stick* menjadi tidak padat dan berongga (*porous*) sehingga volume kurang saat dimasukkan ke dalam *mold*/cetakan. Walaupun untuk mengantisipasi hal ini sudah dilakukan konfirmasi pengukuran berat namun sudah dibuatkan *poka yoke* apabila terjadi masalah ini mesin secara otomatis terhenti. Sistem *poka yoke* terletak

pada *freeroll* tempat duduk *compound* saat *feeding* ke *extruder* yang dilengkapi dengan sensor yang terkoneksi dengan fungsi *start-stop* mesin, apabila *compound* putus maka *free roll* akan berhenti berputar dan disitulah program menginstruksikan ke mesin untuk berhenti secara otomatis.

4.4.2 Perbaikan *Setting Lifetime*

Untuk penetapan umur pakai, *lifetime* bladder dimasukan ke dalam spec dan di *transfer* ke mesin sebagai acuan *operator* untuk melakukan pergantian *bladder*. Jika melebihi *lifetime* yang telah ditetapkan dikhawatirkan *bladder* tersebut rusak/pecah yang mengakibatkan ban yang sedang dimasak menjadi rusak dan harus di scrap. Setelah dilakukan pengamatan ditemukan fakta bahwa kondisi *bladder* pada beberapa *size* masih nampak bagus setelah target *lifetime* yang ditetapkan oleh *spec* tercapai terutama setelah dilakukan perbaikan pada variasi ketebalan bladder. Oleh karena itu dilakukan *review* kembali terhadap target *lifetime spec* dengan mengacu kepada kondisi fisik *bladder* secara visual dengan prioritas pada *10 top main size* seperti ditampilkan pada Gambar 8.



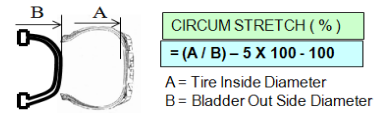
Gambar 8. Grafik review lifetime

Berdasarkan aktivitas yang dilakukan terdapat potensi kenaikan *lifetime bladder* pada beberapa *size* yang telah dievaluasi. Nilai optimum *lifetime* ini kemudian distandarisasikan ke dalam *setting spec* yang di *download* ke mesin *curing*.

4.4.3 Perbaikan *Stretch*

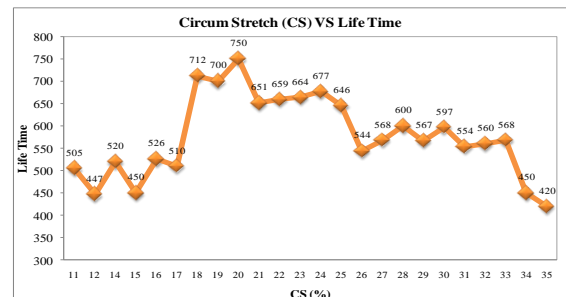
Bladder Stretch memiliki pengaruh terhadap *lifetime*, hal ini berkaitan dengan seberapa besar terjadinya peregangan perubahan dimensi yang terjadi pada *bladder* saat menggelembung mengikuti bentuk dimensi *tire* yang sedang

dimasak. *Critical item* yang sangat menentukan adalah *Circum Stretch (CS)* merupakan perbandingan antara diameter *tire* bagian dalam dan diameter *bladder* bagian luar (gambar 9).



Gambar 9. Ilustrasi *circum stretch (CS)*

Berdasarkan hasil pengecekan, kondisi *stretch* yang *out standard* adalah sebesar 36,8% yang disebabkan karena banyaknya *tire size* baru yang memakai *mold* yang ada dan pemakaian *bladder* hanya menggunakan referensi *size* sebelumnya. Dari kasus ini telah ditetapkan bahwa perlu dilakukan *development* terhadap 8 unit *mold* baru untuk dapat mengcover ketidaksesuaian *bladder size*, selain itu dibuatkan *auto spec system* mengenai pemilihan kesesuaian *bladder* untuk menghindari kesalahan saat muncul *tire size* yang baru. Sebagai dasar pertimbangan penentuan target, telah dilakukan pengamatan mengenai pengaruh *Circum Stretch (CS)* terhadap *lifetime bladder* (Gambar 10).



Gambar 10. Pengaruh *Circum Stretch (CS)* terhadap *lifetime*

Dengan kondisi *capability process* yang ada saat ini, *optimum lifetime* didapatkan pada *bladder* yang memiliki *Circum Stretch (CS)* 20% terhadap *green tire*. Nilai ini akan menjadi acuan dalam pembuatan *design mold bladder* baru.

4.4.4 Perbaikan *Defect*

Untuk mengatasi masalah *defect* karena gagal *buffing*, telah dilakukan *review* terhadap standar kerja dan dilakukan *training & evaluasi* terhadap semua operator.

Tabel 6. Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)

Potensial Failure Mode	Potensial Effect(s) of Failure	S e v	Potential cause(s) of Failure	Current Process			D e t	R P N
				Controls Prevention	O c c	Controls Detection		
			<i>Mold Aus (Worn Out)</i>	<i>Renewal/repair mold</i>	2	<i>Periodical pengecekan mold & visual check</i>	5	80
Variasi Ketebalan (<i>Gauge Variation</i>)	Ketahanan <i>Bladder</i> pada bagian yang tipis Kurang, <i>bladder</i> pecah sebelum mencapai target menyebabkan <i>tire scrap</i>	8	Belum ada periodical alignment pada <i>curing machine</i>	<i>Dibuatkan schedule pengecekan 1x/bulan setiap shut down</i>	2	<i>Check sheet control</i>	5	80
			Belum ada review terhadap <i>guidance setting core</i>	<i>Dibuatkan guidance dimasukkan dalam prosedur kerja</i>	2	<i>Pengecekan setting saat awal proses</i>	5	80
			<i>Rubber compound</i> putus tidak terdeteksi	<i>Dibuatkan pokayoke compound</i> putus	1	<i>Pokayoke system (auto)</i>	1	8
<i>Low Setting Lifetime</i>	Pemakaian <i>bladder</i> tidak optimal menyebabkan pemborosan material dan <i>loss time</i> penggantian (<i>bladder change loss</i>)	6	Setting ketahanan maksimum <i>lifetime</i> belum semua direview	Dilakukan <i>review setting</i> untuk semua size dan dibuatkan control saat terdapat poin perubahan	2	<i>Check sheet control</i>	5	60
<i>Circum Stretch Out Standard</i>	<i>Bladder</i> mengalami peregangan sehingga dimensi menipis menyebabkan ketahanan kurang, <i>bladder</i> pecah sebelum mencapai target menyebabkan <i>tire scrap</i>	8	<i>Ada beberapa mold yang tidak sesuai dengan dimensi tire, untuk size baru belum di develop</i>	Dilakukan develop <i>mold</i> baru & dibuatkan control system saat ada <i>tire size</i> baru	1	<i>Check sheet control</i>	5	40
			Kesalahan saat penentuan <i>bladder size</i>	<i>Program auto spec system</i>	1	<i>Pokayoke system (auto)</i>	1	8
<i>Defect saat proses buffing</i>	<i>Bladder</i> pecah saat dipakai menyebabkan <i>tire scrap</i>	8	Skill & ketelitian operator masih kurang	Dilakukan <i>retraining</i> terhadap operator dan mereview prosedur kerja	2	<i>Visual check</i>	5	80

Sebagai langkah preventif, dilakukan pengkajian lanjutan menggunakan pendekatan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Hasil perbaikan dapat dilihat pada nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang didapatkan dari perkalian antara *Severity* (tingkat keseriusan masalah), *Occurance* (frekuensi kejadian) dan *Detection* (kemampuan deteksi). Perusahaan telah menetapkan nilai RPN < 100.

Berdasarkan hasil pengkajian proses melalui pendekatan *FMEA*, dapat diketahui bahwa adanya efektivitas dari hasil perbaikan untuk mencegah kegagalan proses *bladder lifetime* rendah yang dinyatakan dengan nilai RPN untuk semua akar permasalahan sudah masuk pada target perusahaan (RPN < 100) (tabel 6). Namun perlu dilakukan kontrol dan perbaikan terus menerus terutama untuk variabel *detection* bagaimana supaya permasalahan dapat terdeteksi sedini mungkin dan mencegah

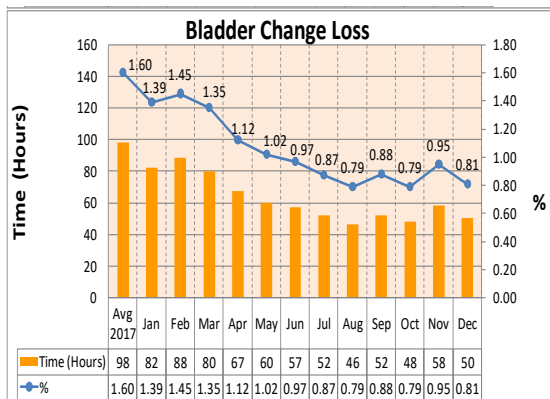
adanya *flow out abnormal product* ke proses berikutnya.

4.5. Control Phase

Untuk langkah tindakan pengendalian terhadap langkah perbaikan yang telah dilakukan maka dibuatkan dokumentasi dan standarisasi terhadap *critical item* yang telah dijelaskan sebelumnya ke dalam bentuk prosedur kerja, *check sheet control* dan standar pengecekan *poka yoke system*. Pemantauan kualitas produk dilakukan secara berkala untuk memastikan kondisi kestabilan proses dan konsistensi pelaksanaan standar kerja di unit produksi

Dari semua aktifitas perbaikan yang telah dilakukan yang dimulai dari bulan April 2020, diperoleh data hasil evaluasi seperti pada Gambar 11. Semua aktifitas perbaikan yang telah dilakukan memberikan dampak positif terhadap peningkatan *lifetime bladder*, penurunan *loss time* pergantian *bladder* dan

penurunan index konsumsi *bladder*. Konsistensi dan efektifitas dari aktifitas perbaikan ini terlihat dari tendensi *performance* yang semakin membaik dari bulan ke bulan sampai akhirnya dapat mencapai target pada akhir tahun 2018.



Gambar 11. Evaluasi hasil perbaikan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk memperbaiki ketahanan *lifetime bladder* dengan menggunakan serangkaian tahapan metode DMAIC, ditemukan 8 akar permasalahan yang menyebabkan *lifetime bladder* rendah dari faktor 4M (Manusia, Mesin, Material, Metode). Aktifitas perbaikan yang telah dilakukan menghasilkan dampak positif berupa peningkatan *lifetime* sebesar 89.9% yaitu dari 237 ke 450 kali pemakaian sesuai dengan target yang diharapkan. Efek kenaikan *lifetime* juga berdampak terhadap penurunan konsumsi *bladder* yang digunakan untuk proses sebesar 36,7% dari total konsumsi material per bulan (3.477 pcs ke 2.267 pcs) dengan nilai penghematan biaya sebesar USD 196.576 per tahun dan berpengaruh positif terhadap peningkatan *Curing efficiency* dikarenakan *loss time* pergantian *bladder* dapat berkurang sebesar 0,79% (1,60% ke 0,81%). Penelitian selanjutnya dapat menggunakan Lean Six Sigma untuk mengefektifkan proses dan meningkatkan kualitas produk.

REFERENCES

Barbosa, B., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., & Campilho, R. D. S. G. (2017). Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: A Practical Approach. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1239–1246.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.250>

Costa, T., Silva, F. J. G., & Pinto Ferreira, L. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 13, 1104–1111. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.171>

Gupta, V., Jain, R., Meena, M. L., & Dangayach, G. S. (2018). Six-sigma application in tire-manufacturing company: a case study. *Journal of Industrial Engineering International*, 14(3), 511–520. <https://doi.org/10.1007/s40092-017-0234-6>

Hermanto, & Wiratmani, E. (2019). Analisis Reject Gagal Curing Valve Terjepit Pada Produk Ban Luar PT Suryaraya Rubberindo Industries Dengan Metode Six Sigma Dan FMEA. *Jurnal Sains & Teknologi*, 3(1), 15-25. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-teknologi/article/view/336>

Hernadewita, H., Ismail, M., Nurdin, M., & Kusumah, L. (2019). Improvement of magazine production quality using six sigma method: case study of a PT. XYZ. *Journal of applied research on industrial engineering*, 6(1), 71-79. <https://doi.org/10.22105/JARIE.2019.159327.1066>

Lestari, S., & Junaidy, M. H. (2019). Pengendalian Kualitas Produk Compound At-807 Di Plant Mixing Center Dengan Metode Six Sigma Pada Perusahaan Ban Di Jawa Barat. *Journal Industrial Servics*, 5(1), 100–106. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss/article/view/6510>

Ranade, P. P. B. (2019). Defect Analysis and Implementation of DMAIC Methodology for Defect Reduction in Tyre Manufacturing. 3(5), 479–482. http://www.ijirase.com/assets/paper/issue_1/volume_3/V3-Issue-5-479-482.pdf

Saragih, J., & Riawati. (2018). Aplikasi Six Sigma dan Full Factorial Pada Proses Curing di PT X. *ITN Malang*, 90–96. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/1099>

- Supriyadi, S., Ramayanti, G., & Roberto, A. C. (2017). Analisis Kualitas Produk dengan Pendekatan Six Sigma. *Prosiding SNTI dan SATELIT 2017* (pp. D7-13). Malang: Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya. <https://ejurnal.lppmunsera.org/index.php/lib/article/view/901>.
- Trimarjoko, A., Saroso, D. S., Purba, H. H., Hasibuan, S., Jaqin, C., & Aisyah, S. (2019). Integration of nominal group technique, Shainin system and DMAIC methods to reduce defective products: A case study of tire manufacturing industry in Indonesia. *Management Science Letters*, 9(Special Issue 13), 2421–2432. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.7.013>