***IJIEM***

Available online at: <http://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/ijiem/index>

**Indonesian Journal of Industrial Engineering & Management**

ISSN (Print) : 2614-7327 ISSN (Online) 2580-2895

PERBAIKAN KETAHANAN *LIFETIME BLADDER UNTUK* PENINGKATAN *CURING EFFICIENCY* PADA PROSES INDUSTRI *TIRE MANUFACTURE*

DOI:

*Dr. Herna Dewita*1\*, *Tubagus Hendri Febriana*2, *Cecep Hermawan*3

1,2,3 Magister of Industrial Engineering, Mercubuana University, Jl Meruya Selatan Jakarta Indonesia

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Article Information** |  | **ABSTRACT** |
| Article history:  Received :  Revised :  Accepted :  Category: Research paper | *Curing process efficiency is one of the critical point in tire manufacturing industries as the indicator of productivity performance that would influence achievement of total production quantity a as target . PT. X is one of the biggest tire manufacture located at Cikampek- West Java has problem with low curing efficiency, one of factor need to focus is low lifetime of bladder as auxiliary material that is used in for heat/thermal transfer from curing machine to green tire during curing process. Low lifetime of bladder would direct impact to high frequency of bladder change that cause loss time in preparation and assembly in curing machine on the step of process. The condition when was researching, the average life time bladder in 2017 is 237 times used while the company target in 2018 for bladder lifetime target set up 450 times to support curing process efficiency project. To analyze all the potency of problem that cause low lifetime bladder used DMAIC (Define-Measure-Analysis-Improve-Control). For deeply analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method was used as supporting device to find out the root cause factor and preventive action and define improvement priority based on Risk Priority Number (RPN). By using these methods bladder life time can increase from 237 times to 450 times as target, bladder change loss in curing process can reduce 0.79% and index bladder consumption can reduce 36.7% with ammount of cost saving USD 196,576 per year.* |
| Keywords:   * *DMAIC (Define-Measure-Analysis,Improve,Control),* * *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA),* * *Bladder lifetime* |
| **\***Corresponding Author  *Tubagus Hendri Febriana* , Cecep Hermawan  E-mail: [*tubagus.hendri77@gmail.com*](mailto:tubagus.hendri77@gmail.com)*,* [*cecepherm@live.com*](mailto:cecepherm@live.com) | This is an open access article under the [CC–BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.  [C:\Users\user\Downloads\88x31.png](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) |
|  |  | © 2020 Some rights reserved |

**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 *life tim*e 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 temperature 183oC 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 unnecesarry 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 *life time* (umur pakai) diseting sesuai dengan spec yang diinput pada mesin. Jika bladder rusak dan meletus sebelum mencapai seting 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 *equipmen*t. Untuk meminimalisasi frekwensi pergantian bladder sebagai upaya pencegahan *loss time*, maka perlu dilakukan perbaikan terhadap peningkatan *bladder performance* serta pengujuian ketahanan life time (umur pakai) sebelum dilakukan standarisasi *setting spec* pada mesin sehingga *efficiency* mesin dapat meningkat. Semakin rendah life time bladder maka semakin banyak frekwensi pergantian bladder yang dilakukan yang menyebabkan terjadinya *loss preparation dan assembly* di dalam tahapan proses produksi. Pada tahun 2017, aktual *life time* rata-rata adalah 237x pakai dengan curing efficiency sebesar 89% sedangkan target yang ditetapkan pada tahun 2018 adalah 450x pakai. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya perbaikan untuk meningkatkan *lifetime bladder,* salah satu metode yang dapat diaplikasikan adalah menggunakan pendekatan metode DMAIC (Define, Measure, Analysis, Improve, Control). penerapannya dengan menggunakan *coretools* FMEA diharapkan dapat menjadi solusi bagi perusahaan untuk mencapai target yang diharapkan..

**2. LANDASAN TEORI**

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

DMAIC merupakan proses peningkatan terus-menerus menuju target *six sigma*. DMAIC menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, dan fokus pada pengukuran-pengukuran baru, penerapan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target *six sigma*. Tahapan dalam penelitian ini meliputi:

* + - ***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.
    - ***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.
    - ***Analyze*** : *M*erupakan 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 resiko 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.*
    - ***Improve*** : *M*erupakan 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 resiko.
    - ***Control:*** Merupakan tahapan terakhir yang bertujuan untuk memonitoring implementasi dari semua hasil perbaikan yang telah dilakukan. Semua *critical item* distandarisasikan dalam bentuk prosedur kerjadan *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 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),* frekwensi kejadian *(occurrance)* dan kemampuan sistem dalam mendeteksi masalah *(detection).* Nilai *RPN* (*Risk Priority Number*) ditentukan dari hasil perkalian antara ranking *Severity (S)*, O*ccurrence (O) dan Detection (D)*
7. Menentukan usulan perbaikan pada proses produksi.

**3. METODOLOGI 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* melakukantahapan 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-Analysis, Improve, Control) dengan tahapan sebagai berikut :

* 1. ***Define phase***

Pada tahapan ini terdiri atas 2 aktifitas

* + 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 sebagai berikut :



Gambar 4.1 SIPOC *diagram* proses pembuatan bladder.

Material yang digunakan pada proses pembuatan bladder berasal dari proses *mixing* sebagai *supplie*r yang dinamakan *compound* sebagai *input*. Setelah lulus pengujian material ini kemudian dimasukan kedalam mesin *extruder* untuk pembentukan *rubber stick* yang berjalan sepanjang *conveyor* dan melewati mesin cutter dan timbangan yang telah diseting secara otomatis untuk mendapatkan dimensi panjang dan berat sesuai dengan spesifikasi. *Rubber stick* ini kemudian disimpan kedalam *leaf tray* yang disebut proses *booking* dan didinginkan untuk mendapatkan kestabilan dimensi. Saat akan didipakai material ini dimasukan kedalam *hot box* untuk dilakukan *pre -heating* sebelum dimasukan kedalam *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 merapihkan sisa over flow rubber pada permukaan bladder dikarenakan adanya celah pada cetakan . Proses pembuatan bladder menjadi fokus pada penelitian ini merupakan usaha untuk menanggulangi permaslahan yang terjadi dalam meningkatkan *lifetime* bladder.

* + 1. 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 ditunjukan pada gambar 4.2 dapat membantu dalam penentuan CTQ yaitu masalah kualitas yang diakibatkan karena bladder.



Gambar 4.2 Diagram pareto *loss time* masalah kualitas pada proses *curing*

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..



Tabel 4.1 Data pemakaian bladder tahun 2017

* 1. ***Measure Phase***

Pada fase ini dilakukaan 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 frekwensi kejadian dan jenis permasalahan yang terjadi berdasarkan pengecekan terhadap fisik bladder saat ditemukan masalah pada proses atau bladder yang harus diganti karena telah mencapai seting 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 ditunjukan pada tabel 4.2 dibawah ini :



Tabel 4.2 Masalah Kualitas Bladder

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



Tabel 4.3 Data Variasi Gauge (Ketebalan)



Gambar 4.3 Gauge Distribution



Gambar 4.4 Analisis kapabilitas proses menggunakan Minitab 17

* 1. ***Analysis Phase***

Untuk mengetahui akar permasalahan lifetime bladder rendah saat dipakai di proses *curing*, dilakukan analisa menggunakan *fish bone diagram* dan didapatkan beberapa faktor dominan sebagai berikut :



Gambar 4.5 Root Cause Analysis

Kemudian dilakukaan analisis lanjutan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), akar permasalahan yang ditemukan dimasukan kedalam *potential cause(s) of failure*. Nilai RPN (Risk Priority Number) dihitung dengan mengalikan antara nilai *severity (S)* yang menunjukan tingkat keseriusan masalah dengan nilai O*ccurance (O)* yang menunjukan frekwensi kejadiandan nilai *Detection (D)* yang menunjukan



Tabel 4.4 *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*

Untuk mencegah terjadinya faktor kegagalan proses nilai RPN yang ditetapkan oleh perusahaan <100, oleh karena itu diperlukan perbaikan untuk mengurangi frekwensi kejadian dan meningkatkan sistem deteksi.

***Improve Phase***

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



Tabel 4.5 Data Variasi Gauge (Ketebalan



Gambar 4.6 Gauge Distribution



Gambar 4.7 Analisis kapabilitas proses menggunakan Minitab 17

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 .

1. *Periodical check alignment* mesin

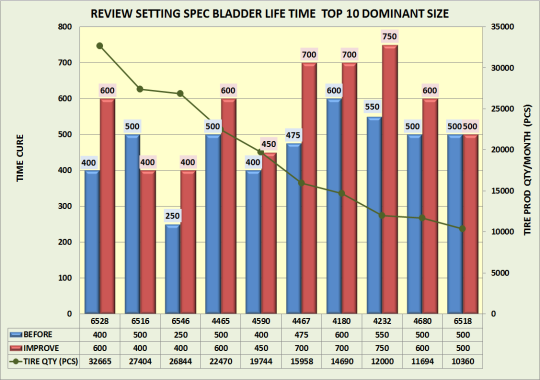
Untuk memastikan tekanan *curing machine press* pada mold merata saat proses pencetakan bladder berlangsung, maka harus dilakukan pengecekan *alignment* untuk pengukuran tingkat kerataan permukaan *table plate* dan menentukan *centering position*.

1. Membuat *Guidance seting core :* Merupakan panduan jarak dari *center core mold* dengan *top mold*, berpengaruh terhadap distribusi tekanandan aliran *rubber* di dalam *mold.* Jika seting 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 diseting terlalu pendek maka aliran rubber akan menuju ke arah bawah sehingga bladder bagian bawah (bottom) akan lebih tebal. Hasil simulasi pada size 14/375 menunjukan bahwa untuk mencapai center spec ketebalan, maka seting core 15 mm.
2. Perbaikan masalah compound putus dengan membuatkan *pokayoke 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 dimasukan kedalam *mold*/cetakan. Walaupun untuk mengantisipasi hal ini sudah dilakukan konfirmasi pengukuran berat namun sudah dibuatkan pokayoke apabila terjadi masalah ini mesin secara otomatis terhenti. Sistem pokayoke terletak pada free roll tempat dudukan *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.

* + 1. **Perbaikan *Setting Lifetime***

Untuk penetapan umur pakai, *lifetime* bladder dimasukan kedalam spec dan di *transfer* ke mesin sebagai acuan *operator* untuk melakukan pergantian *bladde*r. Jika melebihi *lifetime* yang telah ditetapkan dikhwatirkan bladder tersebut rusak/pecah yang mengakibatkan ban yang sedang di masak 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 *life time spec* dengan mengacu kepada kondisi fisik blader secara visual berdasarkan prioritas pada 10 *top main size seperti ditampilkan pada gb.4.8 dibawah ini:*

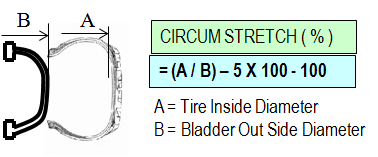


*Gb. 4.8 Grafik review lifetime*

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

* + 1. **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.



*Gb. 4.9 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 *life time bladder seperti ditampilkan pada gb. 4.10 dibawah ini :*

*Gb. 4.10* Pengaruh *Circum Stretch* (CS) terhadap *lifetime*

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

* + 1. **Perbaikan *Deffect***

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

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



*Tabel 4.3 Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*

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). 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.

1. ***Control***

Untuk langkah tindakan pengendalian terhadap langkah perbaikan yang telah dilakukan maka dibuatkan dokumentasi dan standarisasi terhadap *critical item* yang telah dijelaskan sebelumnya kedalam bentuk prosedur kerja, *check sheet control* dan standar pengecekan *pokayoke 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 evaluasi hasil perbaikan ditampilkan pada gambar 4.11 berikut ini :







*Gb. 5.1 Evaluasi hasil perbaikan*.

Berdasarkan data hasil evaluasi, semua aktifitas perbaikan yang telah dilakukan memberikan dampak positif tehadap 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 membaikdari bulan ke bulan sampai akhirnya dapat mencapai target pada akhir tahun 2018*.*

**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 4 M (Manusia, Mesin, Material, Metode). Aktifitas perbaikan yang telah dilakukan menghasilkan dampak positif berupa peningkatan lifetime sebesar 89.9% (237X 🡪 450X) 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 🡪 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% 🡪 0.81%).

**DAFTAR PUSTAKA**

Theodore T. Allen.(2006). Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma : Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems

Rama Shankar.(2009). Process Improvement Using Six Sigma A DMAIC Guide. American Society for Quality (ASQ)

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.

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.

Hermanto, & Wiratmani, E. (2019). *Analisis Reject Gagal Curing Valve Terjepit Pada Produk Ban Luar PT Suryaraya Rubberindo Industries Dengan Metode Six Sigma Dan FMEA*. *3*(1), 15–25.

Hernadewita, H., Ismail, M., Nurdin, M., & Kusumah, L. (2019). *Improvement of magazine production quality using Six Sigma method : case study of a PT.XYZ*.

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 Servicess*, *5*(1), 100–106.

Ranade, P. P. B. (2019). *Defect Analysis and Implementation of DMAIC Methodology for Defect Reduction in Tyre Manufacturing*. *3*(5), 479–482.

Saragih, J., & Riawati. (2018). Aplikasi Six Sigma dan Full Factorial Pada Proses Curing di PT X. *ITN Malang*, 90–96.

Sigma, S. (2018). *Mengurangi Defect Ganti Size Ban Dari Proses Tread Dengan Menggunakan Pendekatan Six Sigma*. *1*, 86–94.

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*(Spceial Issue 13), 2421–2432.