



Implementasi Pendekatan DMAIC untuk *Quality Improvement* pada Industri Manufaktur Kereta Api

Fredy Sumasto*, Putra Satria, Emi Rusmiati

Program Studi Industri Otomotif, Politeknik STMI Jakarta, Jl. Letjen Suprpto No.26, Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10510, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Artikel Masuk: 14 Mei 2022

Artikel direvisi: 29 September 2022

Artikel diterima: 04 November 2022

Kata kunci

Biaya Kualitas

DMAIC

Kualitas

Manufaktur Kereta Api

Six Sigma

Keywords

Cost of Quality

DMAIC

Quality

Rail Manufacturing

Six Sigma

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencapai pengurangan biaya dan peningkatan kualitas di Industri Manufaktur Kereta Api dengan menerapkan tahap *define, measure, analyze, improve and control (DMAIC)* dari *Six Sigma*. Penerapan metode DMAIC dilakukan di sebuah perusahaan manufaktur komponen kereta api di Indonesia yang memproduksi *Single Part Side Frame* sebagai objek penelitian. Penyebab dari tingginya cacat produk diketahui pada tahap *define*. Pada tahap *measure*, detail dari data lapangan dikumpulkan dan level sigma ditentukan. Penelitian ini menggunakan diagram *fishbone* untuk mengetahui penyebab permasalahan yang terjadi dan dianalisis sehingga diketahui bahwa permasalahan material terjadi akibat penyimpanan material pada ruang terbuka yang meningkatkan potensi korosi pada material baja ST52. Hasil dari analisis solusi permasalahan menggunakan metode *5W+2H* didapatkan solusi untuk perbaikan penyimpanan material dan layout penyimpanan material. Selain itu, perbaikan juga dinilai dari tingkat korosi material pada sebelum dan sesudah perbaikan berdasarkan kandungan kimia material baja ST52. Perbaikan dengan menggunakan pendekatan DMAIC ini perlu dilakukan pada tahap *improve* agar dapat melakukan perbaikan secara terus menerus. Hasil dari penelitian mampu menurunkan tingkat korosi berdasarkan peningkatan level sigma dari 0,66 menjadi 2,40 dan *cost of quality* yang signifikan sebesar Rp. 39.100.000.

ABSTRACT

The research aims to achieve cost reduction and quality improvement in the Railway Manufacturing Industry by implementing *Six Sigma's define, measure, analyze, improve and control (DMAIC)* stages. The DMAIC stage is implemented at Indonesia's railroad component manufacturing company that produces *Single Part Side Frames*. The causes of high product defects are known at the *define* stage. In the *measure* stage, the details of the field data are collected, and the sigma level is determined. This research used *fishbone* diagrams to find out the causes of the problems that occur and analyze them so that it is known that material problems occur due to material storage in open spaces, which increases the corrosion potential of ST52 steel material. The analysis of the solution to the problem using the *5W+2H* method obtained solutions for improving material storage and layouts. In addition, the improvement was also assessed from the corrosion level of the material before and after the repair based on the chemical properties of the ST52 steel material. The improvements' results reduced the quality cost significantly by Rp. 39,100,000. Advances using the DMAIC approach must be carried out at the *control* stage to improve continuously. Advances using the DMAIC approach must be carried out at the *improve* stage to make continuous improvements. The study's results significantly reduced the corrosion rate based on sigma level from 0,66 to 2,40 and *cost of quality* by Rp. 39,100,000.

* Penulis Korespondensi

Fredy Sumasto

E-mail:

f-sumasto@kemenperin.go.id

This is an open-access article under the CC-BY-SA license.



© 2022. Some rights reserved

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dari industri transportasi menjadi hal yang penting dalam perkembangan ekonomi di negara-negara maju maupun berkembang. Transportasi merupakan suatu infrastruktur yang menopang aksesibilitas terutama dalam industri kereta api (Biomantara & Herdiansyah, 2019). Perkembangan industri kereta api dapat menjadi sebuah jalan menuju negara maju dikarenakan hasil dari pembuatan part kereta api dapat digunakan di dalam negeri dan di ekspor ke luar negeri. Penggunaan di dalam negeri juga terus meningkat dikarenakan peningkatan jumlah penumpang kereta api.

Jumlah penumpang kereta api di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Hal itu dibuktikan dari survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Berdasarkan survei dari tahun 2011 hingga tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2021) terdapat peningkatan rata-rata sebesar 10.3% (Gambar 1). Peningkatan tersebut menyebabkan permintaan *parts* dari kereta api meningkat. Produksi kereta api di Indonesia dilakukan oleh salah satu perusahaan BUMN yaitu PT. INKA, Madiun. Sebagai produsen tunggal pembuatan kereta api di Indonesia maka PT. INKA harus dapat memproduksi kereta api ataupun *parts* kereta api sesuai dengan permintaan. Selain itu, PT. INKA juga merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang mengolah bahan mentah menjadi barang jadi untuk dikirim ke konsumen. Oleh sebab itu, proses produksi yang dilakukan menjadi lebih kompleks dan pemborosan dapat sering terjadi baik dalam proses maupun kontrol kualitas.



Gambar 1. Jumlah Penumpang Kereta Api Indonesia

Kegiatan kontrol pada proses dan kontrol pada kualitas menjadi hal yang sangat penting untuk dapat menekan pemborosan dan biaya yang dibutuhkan dalam produksi. Peluang-peluang dalam konsep *lean manufacturing* dan pendekatan *six sigma* dinilai baik dalam proses *improvement*

dan menurunkan *cost of quality*. Berdasarkan kondisi yang ada, terdapat banyak rework dari pembuatan *single part side frame* dikarenakan korosi yang terjadi pada material. Hal ini perlu diteliti lebih lanjut untuk dapat mengetahui nilai *Defect Per Million Opportunity (DPMO)* dan *level sigma* serta mengimplementasikan upaya perbaikan untuk dapat meminimalkan rework dan biaya kualitas dengan meningkatkan kualitas. Penilaian dari *cost of quality* menjadi prioritas dengan melakukan identifikasi pada risiko pemborosan dan meminimalkan rework (Auliandri & Alfiani, 2018; Kurnia et al., 2022; Winarso & Jufriyanto, 2020).

Berdasarkan penelitian terdahulu, beberapa penelitian menggunakan pendekatan DMAIC dalam melakukan peningkatan kualitas dalam proses *improvement*. Fokus pendekatan DMAIC adalah untuk meningkatkan *level sigma* suatu proses yang dampaknya secara keseluruhan akan mengurangi cacat pada proses produksi dengan melalui tahap perbaikan. Salah satu bagian dari tahap perbaikan adalah pengembangan desain pada produk dan alat yang digunakan. Penggunaan metode DMAIC telah terbukti meningkatkan efisiensi, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi tingkat cacat pada produk (Kuvvetli & Firuzan, 2019; Nandakumar et al., 2020; Nedeliaková et al., 2019; Ranade et al., 2021).

Penelitian terdahulu mengenai *quality improvement* dan menurunkan *cost of quality* sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian dengan pendekatan DMAIC pada sektor seperti industri manufaktur (Daniyan et al., 2022; Guleria et al., 2021; Nandakumar et al., 2020; Ranade et al., 2021; Smętkowska & Mrugalska, 2018; Srinivasan et al., 2014), industri makanan (Henny et al., 2019), industri transportasi (Kucuk & Orbak, 2011; Kuvvetli & Firuzan, 2019; Nedeliaková et al., 2019; Stanivuk et al., 2020), dan industri kecil menengah (Abbes et al., 2018; Kharub et al., 2022). Dari penelitian tersebut, terdapat beberapa yang berfokus pada bidang transportasi dalam hal untuk meningkatkan kepuasan pelanggan baik secara langsung maupun tidak langsung. Meningkatnya pengguna kereta api menjadi salah satu faktor bahwa *part* dari kereta api yang dibuat oleh perusahaan manufaktur kereta api harus memiliki kualitas yang baik dan dapat memasok *demand* yang ada (Nedeliaková et al., 2019). Selain itu, penerapan DMAIC di sektor transportasi juga dapat digunakan untuk meminimalisir kecelakaan pada bus (Kuvvetli & Firuzan, 2019) dan menurunkan biaya logistik untuk meningkatkan kepuasan pelanggan (Kucuk & Orbak, 2011) maupun untuk pemilihan moda transportasi (Stanivuk et al., 2020).

Penelitian ini dilakukan untuk menurunkan *cost of quality* pada proses produksi *single part*

pada kereta api yang dinilai sangat tinggi akibat korosi. Berdasarkan hal tersebut, salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas produk dengan melakukan perbaikan pada proses penyimpanan bahan baku yang dianggap memiliki peran penting dalam proses pembuatan *part* kereta api. Penelitian ini mengadopsi metode DMAIC dalam problem solving. Meskipun metode DMAIC umum digunakan pada upaya meningkatkan level sigma dan menurunkan *cost of quality*, penelitian ini menekankan pada tahap *improve* yang melakukan perbaikan dengan perancangan tempat penyimpanan material.

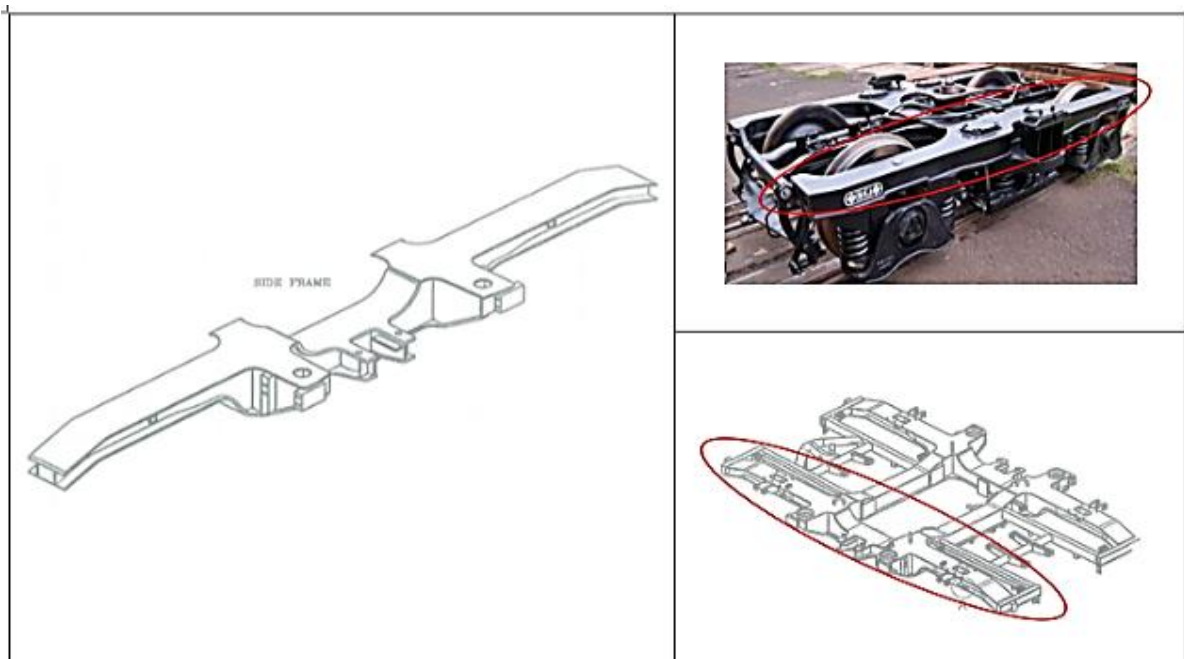
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri dari tiga tahap agar penelitian terstruktur dengan baik. Tahap pertama adalah tahap *input* yang mana menjelaskan permasalahan yang terjadi akibat *defect* yang ada pada produk *side frame* (Gambar 2). Pemilihan produk *side frame* sebagai objek dilakukan karena merupakan komponen penting pada kereta api dan material yang digunakan masih impor. Tahap kedua adalah tahap proses di mana pada tahapan ini menggambarkan cara pengumpulan data dan metode perbaikan dari *as is condition* dan *to be condition*. Pada tahap kedua juga menjelaskan penggunaan beberapa *quality tools improvement* yang dipakai dalam tiap tahap. Tahap terakhir adalah tahap *output* di mana tahap ini diharapkan dapat memberikan *problem solving* dalam masalah kualitas dan tindakan *improvement* dapat secara konsisten dipantau oleh

perusahaan sehingga tujuan dari perusahaan dapat tercapai serta tindakan *improvement* dapat secara konsisten. Penelitian ini dikembangkan berdasarkan pendekatan DMAIC yang mempunyai 5 (lima) tahapan yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control*.

Tahap *define* adalah tahap mendefinisikan permasalahan yang didapatkan dari hasil pengolahan data produksi pada PT INKA meliputi data cacat *single part side frame* dan data produk *side frame* pada bulan Maret 2021. Pada tahap ini ditentukan permasalahan kualitas yang spesifik dengan urgensi tertinggi pada produk untuk dilakukan tindakan perbaikan. Dalam tahap *measure*, dilakukan pengukuran dari objek yang sudah ditentukan untuk mengukur *Critical To Quality (CTQ)*, tingkat kendali pada produksi produk, dan *Defects Per Million Opportunities (DPMO)*. Setelah informasi dari tahap *measure* didapat maka dilanjutkan dengan tahap *analyze*.

Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui akar permasalahan dan menentukan sebab akibat dari permasalahan tersebut. Setelah permasalahan teridentifikasi faktor penyebabnya, maka dalam tahap *improve* dilakukan untuk menentukan solusi perbaikan yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan menggunakan metode 5W+2H. Tahap terakhir adalah tahap *control* yang bertujuan untuk mengendalikan suatu proses sehingga dapat berjalan sesuai dengan solusi perbaikan yang sudah direncanakan dan penerapan perbaikan dapat berjalan sesuai dengan target.

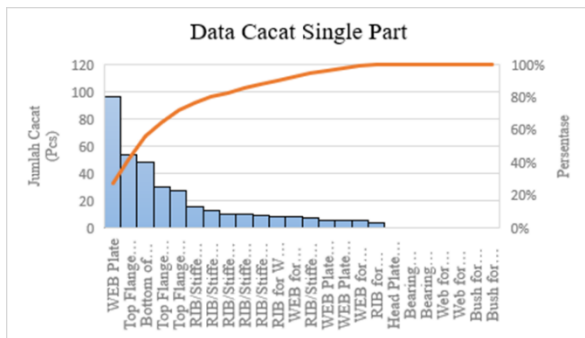


Gambar 2. Side Frame

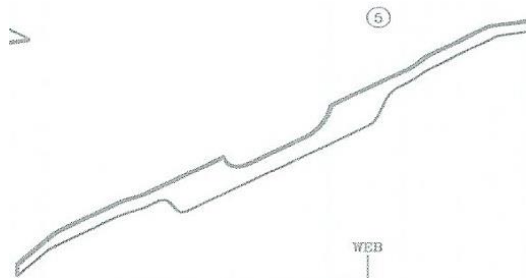
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tahap Define

Tahap *define* dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi agar dapat diatasi berdasarkan Diagram Pareto. Cacat yang terdapat pada *single part side frame* adalah cacat akibat korosi pada material. Diagram Pareto (Gambar 3) menunjukkan bahwa data cacat terbesar terdapat pada *WEB Plate* (Gambar 4) yaitu 96 *pieces* atau sebesar 27% dari total keseluruhan cacat pada *single part side frame*.



Gambar 3. Diagram Pareto Cacat Korosi pada Single Part



Gambar 4. WEB Plate

CTQ merupakan masalah defect yang secara signifikan mempengaruhi produksi (Abbes et al., 2018). Langkah-langkah menentukan CTQ, mengumpulkan laporan data produksi (pcs) dan cacat (pcs) dilaksanakan bulan Maret 2021. CTQ pada produksi *single part side frame* adalah *WEB Plate* sebesar 96, sehingga perbaikan dilakukan pada jenis cacat korosi pada *WEB Plate*. Berdasarkan dengan pengamatan jumlah *NOK (Not OK)* yang ditemukan dan dianalisis sehingga akan ditemukan penyebab-penyebab munculnya cacat yang tidak sesuai dengan standar yang sudah ditentukan

3.2. Tahap Measure

Peta kendali np digunakan untuk mengetahui penyimpangan pada data cacat pada bulan Maret masih dalam batas kendali atau tidak. Peta kendali np dapat membantu pengendalian kualitas

produksi dan memberikan informasi untuk melakukan perbaikan kualitas. Berdasarkan data pada Tabel 1 yang diolah ke dalam bentuk peta kendali np (Gambar 5), data dinyatakan berada pada batas kendali dan sudah dapat dilakukan perhitungan nilai DPMO dan level sigma. Perhitungan nilai DPMO dan level sigma dilakukan dengan menggunakan formula *Defect per Unit (DPU)* dan *Defect per Opportunities (DPO)*.

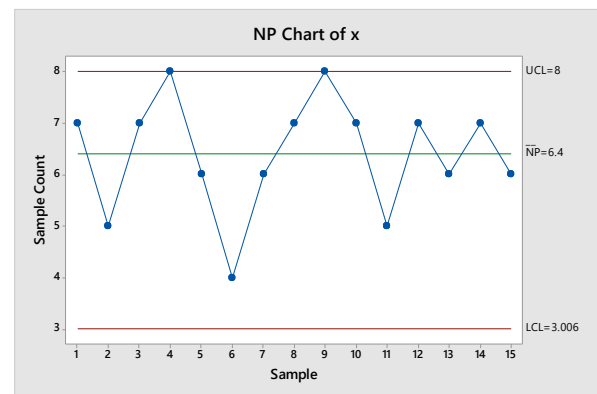
$$DPU = \frac{\text{Amount of Defect}}{\text{Amount of Unit}} \quad (1)$$

$$DPO = \frac{DPU}{CTQ} \quad (2)$$

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (3)$$

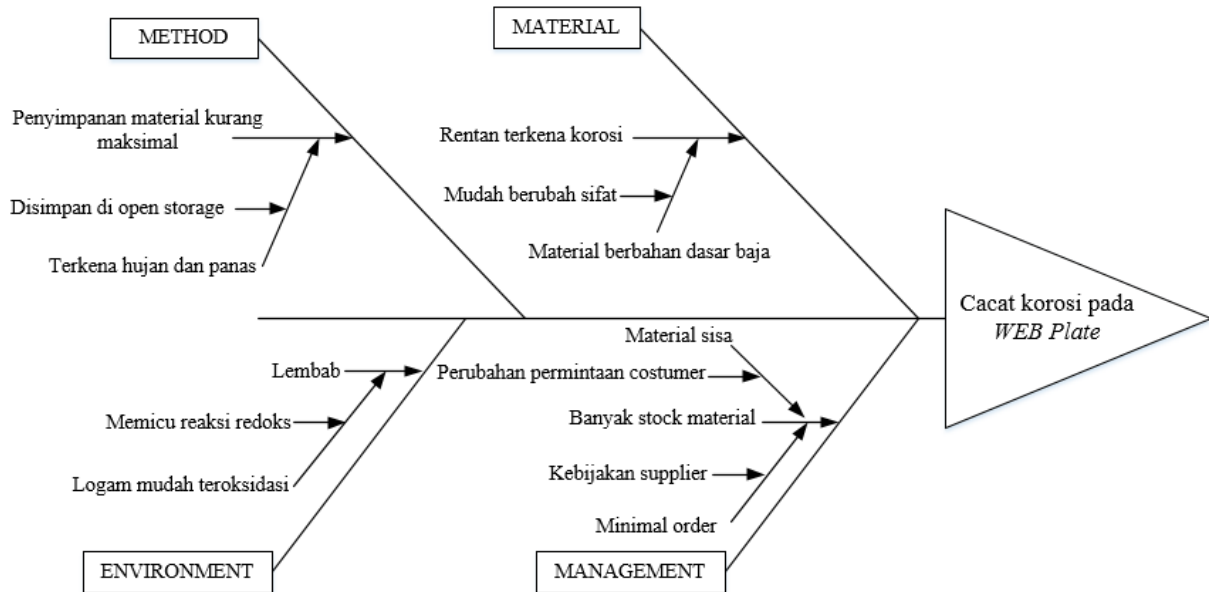
Tabel 1. Rekapitulasi Data Jumlah Cacat Korosi Pada Pembuatan Single Part

No	Tanggal Produksi	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	Jenis Cacat
1	04/03/2021	8	7	Korosi
2	05/03/2021	8	5	Korosi
3	08/03/2021	8	7	Korosi
4	09/03/2021	8	8	Korosi
5	10/03/2021	8	6	Korosi
6	11/03/2021	8	4	Korosi
7	12/03/2021	8	6	Korosi
8	15/03/2021	8	7	Korosi
9	16/03/2021	8	8	Korosi
10	17/03/2021	8	7	Korosi
11	25/03/2021	8	5	Korosi
12	26/03/2021	8	7	Korosi
13	29/03/2021	8	6	Korosi
14	30/03/2021	8	7	Korosi
15	31/03/2021	8	6	Korosi



Gambar 5. Peta Kendali np pada Part Web Plate

Jumlah produksi pada produk *Part Web Plate* sebanyak 120 pcs per bulan. Berdasarkan data-data tersebut, maka DPMO pada *Part Web Plate* sebesar 800.000 DPMO dengan sigma level 0,66. Hal ini menjadikan *quality improvement* sebagai suatu keharusan untuk menurunkan *cost of quality* dan meningkatkan *sustainability* pada produksi.



Gambar 6. Fishbone Diagram Part Web Plate

3.3. Tahap Analyze

Hasil pengolahan data yang sudah didapat, cacat korosi pada *part web plate* dianalisis lebih lanjut agar dapat ditentukan faktor-faktor penyebab terjadinya cacat dengan menggunakan diagram *fishbone*. Diagram *fishbone* dapat membantu menemukan faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya cacat secara spesifik, sehingga akan mempermudah dalam menentukan solusi yang dapat mencegah dan meminimalisir terjadinya cacat yang sama. Diagram *fishbone* yang dibuat berdasarkan dari hasil *brainstorming* dengan kepala *department*, kepala bagian dan *supervisor* pada *department* PPC dan Fabrikasi. Diagram *fishbone* untuk penyebab cacat korosi pada *web plate* (Gambar 6).

Material yang digunakan untuk membuat *part web plate* rentan terkena korosi. Material yang digunakan adalah plat baja dengan jenis ST52, di mana untuk material berbahan dasar baja sangat rentan terkena korosi karena mudah berubah sifat. Banyaknya *stock* material baja ST52 yang tersimpan, hal ini disebabkan oleh *minimal order* yang ditentukan oleh kebijakan *supplier* dan sisa material yang disebabkan oleh perubahan permintaan *Customer* diluar kesepakatan awal seperti mengganti material untuk *part* atau produk yang dipesan. Penyimpanan material yang kurang maksimal untuk material berbahan dasar baja yang rentan terkena korosi. Hal ini dikarenakan penyimpanan material yang terletak di *open storage*, sehingga material terkena hujan dan panas yang dapat menimbulkan korosi. Lingkungan yang lembab dapat menyebabkan logam mudah teroksidasi, sehingga memicu terjadinya

reaksi redoks yang dapat mempercepat penambahan korosi. Material baja struktural ditandai dengan kode/nomor yang memiliki makna untuk menunjukkan spesifikasinya. Material baja ST52 memiliki makna di mana untuk kode ST berarti baja (*steel*) dan nomor 52 mengacu pada kekuatan tarik sebesar 52 kg/mm² (Chen & Lui, 1997).

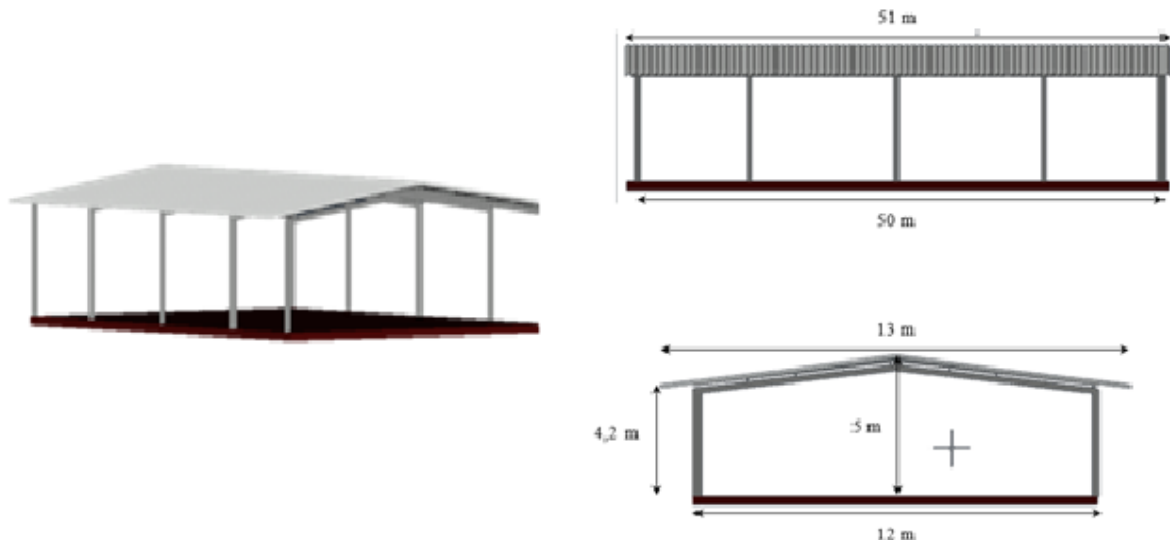
3.4. Tahap Improve

Dalam tahap *improve* dilakukan peningkatan kualitas terhadap suatu permasalahan sehingga dilakukan analisis solusi menggunakan metode 5W+2H kemudian mengimplementasikan solusi yang paling tepat dalam suatu bentuk perbaikan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Hasil analisis 5W+2H sebagai rencana perbaikan pada *part web plate* (Tabel 2). Perbaikan yang dibuat selaras dengan analisis yang sudah dibuat untuk mengurangi cacat pada *web plate*. Material disimpan di ruang terbuka, sehingga terkena hujan dan panas secara langsung. Di mana, material baja akan meningkat tingkat penambahan korosinya karena faktor temperatur, kelembaban yang dapat menimbulkan korosi pada material baja dengan jenis ST52.

Bentuk perbaikan yang akan dilakukan untuk mengatasi penyimpanan material yang kurang maksimal dan lingkungan yang lembab adalah dengan membuat rancangan tempat penyimpanan yang dapat melindungi material dari hujan dan panas secara langsung agar dapat menjaga kualitas material dari cacat korosi. Rancangan tempat penyimpanan sebagai bentuk perbaikan (Gambar 7).

Tabel 2. Analisis 5W+2H Sebagai Rencana Perbaikan pada *Part Web Plate*

Faktor	<i>What</i> Masalah yang terjadi	<i>Why</i> Alasan	<i>How Do</i> Tindakan	<i>Where</i> Tempat	<i>When</i> Waktu	<i>Who</i> Penanggung jawab	<i>How Much</i> Biaya
Method	Penyimpanan material dengan bahan dasar baja Kurang maksimal	Material disimpan pada ruang terbuka sehingga terkena hujan dan panas					
Material	Rentan terkena korosi	Material dengan bahan Fe disimpan di ruang terbuka terkena hujan dan panas	Membuat tempat penyimpanan untuk melindungi material agar tidak terkena hujan dan panas	<i>Open storage</i>	Minggu ke-4 bulan Desember	Kepala bagian perencanaan dan pengendalian material fabrikasi	Biaya pembuatan tempat penyimpanan
Management	Banyak stok material	Material di stok cukup banyak dengan mempertimbangkan biaya dan lead time pemesanan					
Environment	Lingkungan yang lembab pada malam hari	Cuaca di malam hari yang dingin sehingga menimbulkan embun					



Gambar 7. Rancangan Tempat Penyimpanan Material

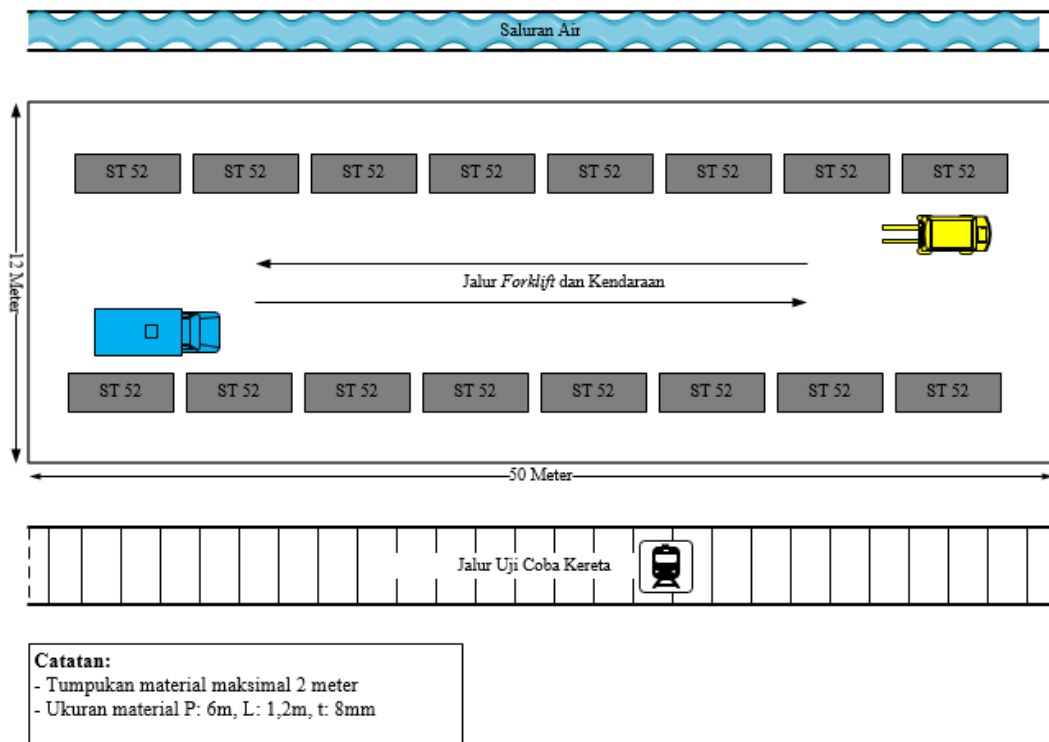
Spesifikasi ukuran rancangan tempat penyimpanan material yang dibuat sudah menyesuaikan dengan luas lahan yang tersedia, tempat uji coba kereta dan jalur aktivitas *crane* sehingga pengimplementasian rancangan tempat penyimpanan material tidak mengganggu aktivitas yang ada. Biaya yang diperlukan untuk membuat tempat penyimpanan mengacu kepada biaya teknik bangunan interaktif kota madiun berdasarkan MAPPI (MAPPI, 2019), sehingga

untuk total biaya pembuatan tempat penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil perhitungan biaya pembuatan tempat penyimpanan dapat dijadikan gambaran untuk perusahaan dalam menentukan developer yang akan menjadi tender proyek pembuatan tempat penyimpanan material ST52. Selanjutnya, penataan material di rancangan tempat penyimpanan material yang sudah dibuat untuk penataan material dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 3. Biaya Pembuatan Tempat Penyimpanan Material ST52

Elemen Bangunan	Keterangan		Biaya (Rp)
	Bangunan Gudang (Rp/m ²)	Kebutuhan (m ²)	
A. Biaya Langsung			
Struktur	909.686	210	191.034.060
Rangka Atap	305.084	325	99.152.300
Penutup Atap	87.834	325	28.546.050
B. Biaya Tidak Langsung			
Professional Fee	65.359	210	13.725.390
Keuntungan Kontraktor	217.862	210	45.751.020
Total Biaya			378.208.820
PPN 10%			37.820.882
Total Biaya + PPN 10%			416.029.702



Gambar 8. Layout Penyimpanan Material

Penyimpanan material terdapat 16 susunan plat baja ST52 dengan perhitungan ukuran material dan ukuran tempat penyimpanan serta aktivitas *forklift* dan kendaraan ringan, ditambah dengan pertimbangan tinggi tumpukan material yang maksimal 2 meter agar masih dapat dijangkau oleh *forklift*. Kapasitas penyimpanan material pada rancangan tempat penyimpanan material yang sudah dibuat adalah 400 lembar plat baja ST52.

Tahap *improve*, penurunan *quality cost* dihasilkan dari perbaikan yang dilakukan, dihitung dengan melihat penambahan korosi dari material yang disimpan dengan tempat penyimpanan material. Pengujian penambahan korosi material baja ST52 dengan mempertimbangkan komposisi

kimia (Tabel 4).

Material baja ST52 memiliki kadar Karbon rendah 0,22% yang rentan terhadap korosi, meskipun termasuk material dengan penambahan korosi nya rendah karena memiliki kadar Krom dan Nikel jika diperlakukan dengan baik. Pengujian ini dilakukan pada tempat yang tidak terkena hujan dan panas secara langsung untuk simulasi rancangan tempat penyimpanan material yang sudah dibuat dengan menggunakan sampel A dan juga dilakukan di tempat terbuka sehingga terkena hujan dan panas secara langsung untuk menggambarkan kondisi penyimpanan yang ada dilapangan dengan menggunakan sampel B. Contoh sampel uji material penambahan korosi yang digunakan (Gambar 9).

Tabel 4. Komposisi Kimia Material Baja ST52 (Chen & Lui, 1997)

Chemical Composition(%):								
Grade	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
ST37.0	=0.17	0.17-0.37	0.35-0.65	=0.025	=0.020	=0.25	=0.25	=0.25
ST44.0	=0.21	0.17-0.37	0.50-0.80	=0.025	=0.020	=0.25	=0.25	=0.25
ST55	0.33-0.41	0.17-0.37	0.50-0.80	=0.025	=0.020	=0.25	=0.25	=0.25
ST52.0	=0.22	=0.55	=1.60	=0.025	=0.020	=0.25	=0.25	=0.25

Pengujian sampel dilakukan pada 5 sampel pada masing-masing perlakuan selama 30 hari. Pengujian dimulai terhitung dari tanggal 26 Juli 2021 sampai dengan 24 Agustus 2021 di *open storage* dan garasi *forklift*. Material dengan kondisi intensitas hujan rendah, suhu pada pagi hari mencapai 27°C, suhu pada siang hari mencapai 35°C dan suhu pada malam hari mencapai 22°C. Perhitungan penambahan tingkat korosi pada masing-masing sampel dilakukan setelah pengujian sampel material (Gambar 9).



Gambar 9. Sampel yang Digunakan untuk Menghitung Penambahan Korosi

Metode identifikasi korosi yang dipakai adalah visual dan *casing thickness log* dengan memeriksa bagian *casing* sampel yang diukur dengan *caliper log*. Pada sampel A tidak muncul korosi pada permukaannya, sedangkan pada sampel B terlihat muncul korosi pada permukaan. Selain itu, dilakukan perhitungan penambahan korosi dengan cara mengamplas permukaan yang korosi dan menimbang kikisan hasil dari permukaan korosi yang diampas. Penambahan korosi yang didapat pada sampel B sebesar 1,5335 gram (Gambar 10).

Jika dikonversikan ke dalam satuan detik, maka penambahan korosi pada sampel B sebesar 0,005835 gram/detik. Hasil pengujian material, terlihat bahwa material yang disimpan pada tempat tertutup dan tidak terkena hujan serta panas secara langsung dapat menekan penambahan korosi sehingga dengan adanya tempat penyimpanan untuk material ST52 dapat meminimalisir penambahan korosi dan meningkatkan

kualitas material dari cacat korosi. Setelah kualitas material terjaga dengan baik, maka dapat menurunkan biaya kualitas yang diakibatkan cacat korosi. Biaya tambahan yang dikeluarkan akibat cacat korosi pada proses pembuatan *part web plate* dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 10. Hasil Penambahan korosi Pada Sampel B

Pengeluaran biaya tambahan akibat cacat korosi untuk *protective glass* diganti per 3 hari sekali walaupun *protective glass* juga digunakan pada material yang tanpa cacat korosi. Cacat korosi yang menyebabkan rusak pada *protective glass* dengan jumlah proses pembuatan *part web plate* selama 15 hari, sehingga membutuhkan 5 pcs *protective glass*. Selain itu, untuk proses repair membutuhkan 15 kg pasir *steel grit* per 1 pcs *web plate* sehingga total kebutuhan pasir *steel grit* untuk melakukan repair 96 pcs *web plate* sebanyak 1.440 kg. Total penurunan biaya kualitas dari biaya yang dikeluarkan akibat cacat korosi sebesar Rp. 39.100.000.

Tabel 5. Pengeluaran Biaya Tambahan Akibat Cacat Korosi pada Proses Pembuatan *Part Web Plate*

No	Item	Harga (Rp)	Kebutuhan	Biaya (Rp)
1	<i>Protective Glass</i>	3.500.000/Pcs	5 Pcs	17.500.000
2	<i>Steel Grit</i>	15.000/Kg	1.440 Kg	21.600.000
Total				Rp. 39.100.000

3.5. Tahap Control

Tahap *control* merupakan tahapan yang

terakhir, dimana dalam tahap *control* dilakukan pengendalian dari suatu perbaikan. Tujuan dari tahap *control* adalah memastikan perbaikan yang diimplementasikan sesuai dengan harapan terkait peningkatan kualitas dan menurunkan biaya kualitas sehingga terlaksana dengan baik sesuai rencana. Untuk memastikan pengimplementasian perbaikan sesuai dengan rencana, maka dilakukan tindakan sebagai berikut:

1. Membuat SOP pada tempat penyimpanan material yang baru
Kepala bagian perencanaan dan pengendalian material membuat SOP baru untuk penyimpanan material baja ST52, seperti meletakkan material sesuai dengan *layout* yang sudah ditentukan agar tidak mengganggu aktivitas *forklift* dan kendaraan lainnya, tinggi tumpukan material baja ST52 maksimal 2 meter agar dapat dijangkau oleh *forklift* pada saat akan mengambil atau memindahkan material, menggunakan palet kayu untuk alas penyimpanan material baja ST52 agar memudahkan pada saat meletakkan atau memindahkan material menggunakan *forklift* dan pastikan kondisi palet kayu pada kondisi yang baik dan tidak rusak.
2. Memastikan SOP terlaksana dengan baik
Kepala bagian harus mengecek kondisi lapangan agar dapat dipastikan SOP sudah terlaksana.
3. Mengecek kondisi tempat penyimpanan material
Operator perencanaan dan pengendalian material harus melakukan pengecekan kondisi tempat penyimpanan dalam kondisi baik, seperti mengecek jika terjadi kebocoran pada atap tempat penyimpanan atau tampiasan air hujan.
4. Melakukan pengamatan dan pengecekan pada tempat penyimpanan material menggunakan *check sheet*
Kepala bagian perencanaan dan pengendalian material melakukan pengamatan dan pengecekan menggunakan *check sheet* yang sudah terstandarisasi mengacu pada hasil *improvement* untuk melakukan evaluasi agar dapat memaksimalkan tempat penyimpanan material baja ST52, kemudian melakukan *continuous improvement* untuk meningkatkan kualitas penyimpanan material baja ST52.

Hasil dari *improvement* yang dilakukan diperoleh rekap data jumlah cacat korosi pada pembuatan *single part* yang menunjukkan penurunan jumlah cacat (Tabel 6). Berdasarkan data hasil *improvement* yang dilakukan di tahap *control*, perbaikan yang telah dilakukan pada pembuatan *single part* dapat meningkatkan level sigma dari 0,66 menjadi 2,40.

Tabel 6. Rekapitulasi Data Jumlah Cacat Korosi pada Pembuatan *Single Part*

No	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	Jenis Cacat
1	8	2	Korosi
2	8	2	Korosi
3	8	1	Korosi
4	8	1	Korosi
5	8	1	Korosi
6	8	3	Korosi
7	8	1	Korosi
8	8	1	Korosi
9	8	2	Korosi
10	8	1	Korosi
11	8	1	Korosi
12	8	2	Korosi
13	8	1	Korosi
14	8	2	Korosi
15	8	1	Korosi

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan tingkat cacat tertinggi pada part web plate adalah *single part side frame*. Penyebab cacat yang dominan dari menjadi prioritas adalah pada material karena untuk material berbahan dasar baja sangat rentan terkena korosi. Level sigma untuk proses pembuatan part *web plate* berada pada level 0,65 dengan nilai DPMO sebesar 800.000 unit. Setelah dilakukan pengujian material selama 30 hari, material yang tersimpan di dalam tempat tertutup tidak terdampak korosi sedangkan untuk material yang disimpan di tempat terbuka terdapat penambahan korosi sebesar 0,005835 g/detik. Penyimpanan material di tempat tertutup dapat meningkatkan kualitas dan menurunkan biaya kualitas sebesar Rp. 39.100.000-, untuk proses pembuatan *part web plate*. Berdasarkan hasil *improvement* yang dilakukan terjadi peningkatan kualitas dari level sigma dari 0,66 menjadi 2,40.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbes, N., Sejri, N., Chaabouni, Y., & Cheikhrouhou, M. (2018). Application of Six Sigma in Clothing SMEs: A case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 460(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/460/1/012009>
- Auliandri, T. A., & Alfiani, N. C. (2018). Lean Manufacturing Approach to Reduce Wastefulness During Production of Train Car-Body Using VALSAT Method. *KnE Social Sciences*, 3(10), 1256–1269. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i10.3467>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Jumlah Penumpang Kereta Api, 2006-2020 (Ribu Orang)*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/vie>

- [w/id/815](#)
- Biomantara, K., & Herdiansyah, H. (2019). Peran Kereta Api Indonesia (KAI) sebagai Infrastruktur Transportasi Wilayah Perkotaan. *Cakrawala*, 19(1), 1–8. <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/cakrawala/article/view/4356>
- Chen, W.-F., & Lui, E. M. (1997). Handbook of Structural Engineering, Second Edition. In *Handbook of Structural Engineering, Second Edition*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439834350>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofo, K., Maladzi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- Guleria, P., Pathania, A., Shukla, R. K., & Sharma, S. (2021). Lean six-sigma: Panacea to reduce rejection in gear manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 46, 4040–4046. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.559>
- Henny, H., Andriana, I., Latifah, A. N., & Haryanto, H. (2019). The Application Lean Six Sigma Method Approach to Minimize Waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 662(2), 022089. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/2/022089>
- Kharub, M., Ruchitha, B., Hariharan, S., & Shanmukha Vamsi, N. (2022). Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma. *Materials Today: Proceedings*, 56, 2591–2595. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.159>
- Kucuk, M., & Orbak, A. Y. (2011). Six sigma approach for the reduction of transportation costs of a pipe manufacturing company. *2011 IEEE International Conference on Quality and Reliability, August*, 541–545. <https://doi.org/10.1109/ICQR.2011.6031598>
- Kurnia, H., Jaqin, C., & Purba, H. H. (2022). Quality Improvement with the DMAIC Approach Using the Implementation of Benchmarking and KPI Methods. *Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 2(9), 2122–2133. <http://ieomsociety.org/proceedings/2021indonesia/400.pdf>
- Kuvvetli, Ü., & Firuzan, A. R. (2019). Applying Six Sigma in urban public transportation to reduce traffic accidents involving municipality buses. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(1-2), 82–107. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1297198>
- MAPPI. (2019). *Masyarakat Profesi Penilai Indonesia*. MAPPI. <https://mappi.or.id/>
- Nandakumar, N., Saleeshya, P. G., & Harikumar, P. (2020). Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings*, 24, 1217–1224. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.436>
- Nedeliaková, E., Štefancová, V., & Hranický, M. P. (2019). Implementation of Six Sigma methodology using DMAIC to achieve processes improvement in railway transport. *Production Engineering Archives*, 23(23), 18–21. <https://doi.org/10.30657/pea.2019.23.03>
- Ranade, P. B., Reddy, G., Koppal, P., Paithankar, A., & Shevale, S. (2021). Implementation of DMAIC methodology in green sand-casting process. *Materials Today: Proceedings*, 42, 500–507. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.475>
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Prasad, N. K., & Satheesh, G. (2014). Reduction of Paint line Defects in Shock Absorber Through Six Sigma DMAIC Phases. *Procedia Engineering*, 97, 1755–1764. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.327>
- Stanivuk, T., Gvozdenović, T., Žanić Mikuličić, J., & Lukovac, V. (2020). Application of Six Sigma Model on Efficient Use of Vehicle Fleet. *Symmetry*, 12(5), 857. <https://doi.org/10.3390/sym12050857>
- Winarso, K., & Jufriyanto, M. (2020). Rework Reduction and Quality Cost Analysis of Furniture Production Processes Using the House of Risk (HOR). *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(3), 032022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/3/032022>