

Penerapan Six Sigma Pada Proses Pabrikasi Untuk Menurunkan Biaya Rantai Pasok

The Application of Six Sigma in The Fabrication Process for Reducing Supply Chain Costs

Wahyu Poncotoyo ^{a,1}, Sesaria Mardhiani Rachma ^{b,2} Sekar Widyastuti Pratiwi ^{c,2}

^{a,b,c} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia

^{1*} wahyuponcotoyo1@gmail.com, ² sesariamrp@gmail.com, ³ sekarwidy10@gmail.com

*corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

ABSTRACT

Research aims to analyze the application of Six Sigma in order to support the improvement of fabrication process capabilities. The improvement of fabrication process capability is expected to have an impact on the overall reduction in production and logistics costs, which we called a supply chain costs. A case study at a fabrication company was carried out to calculate the capability of the fabrication process and make improvements by applying the Six Sigma method. In this case, product quality that produced from the fabrication process largely determines the supply chain costs incurred by the company. Minitab software is also used in processing and analyzing data. This research shows that improving the fabrication process capability has an impact on reducing product defects so that supply chain costs are lower. Research provides an illustration for the industry that continuous improvement with the aim of reducing the occurrence of product defects will not only have an impact on reducing production costs, but also on logistics costs. As the Six Sigma method implemented, the number of defective products has decreased from 8 pcs per 100 pcs Collar products to 0 pc from 100 pcs Collar products. Fabrication process capability of PT BMT reaches Cpk 5.94 with the sigma value 6 Sigma. The implementation of the Six Sigma method also has a positive impact on overall supply chain costs, with a reduction in supply chain costs of 7.6%. So that PT BMT has a fabrication process that is more effective and efficient.

Keywords : six sigma; supply chain costs; continous improvement; capability process

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap penerapan Six Sigma dalam rangka mendukung perbaikan kapabilitas proses fabrikasi. Perbaikan kapabilitas proses fabrikasi diharapkan dapat memberikan dampak terhadap penurunan biaya produksi dan logistik secara keseluruhan yang kita sebut dengan biaya rantai pasok. Sebuah studi kasus pada perusahaan fabrikasi dilakukan untuk menghitung kapabilitas proses fabrikasi dan melakukan perbaikan dengan penerapan metode Six Sigma. Pada kasus ini, kualitas produk yang dihasilkan dari proses fabrikasi sangat menentukan biaya rantai pasok yang dikeluarkan oleh perusahaan. Software Minitab juga digunakan dalam mengolah dan menganalisis data. Penelitian ini menunjukkan bahwa memperbaiki kapabilitas proses fabrikasi berdampak pada pengurangan cacat produk sehingga biaya rantai pasok menjadi lebih rendah. Penelitian ini

memberikan gambaran bagi industri bahwa perbaikan berkelanjutan dengan tujuan menurunkan terjadinya cacat produk bukan hanya akan berdampak pada penurunan biaya produksi, melainkan pada biaya logistik. Penerapan metode Six Sigma, jumlah produk cacat mengalami penurunan dari 8 pcs per 100 pcs produk Collar menjadi 0 pc dari 100 pcs produk Collar. Kapabilitas proses fabrikasi PT. BMT mencapai nilai $Cpk = 5,94$ dengan nilai sigma menjadi 6 Sigma. Penerapan metode Six Sigma juga berdampak positif terhadap biaya rantai pasok secara keseluruhan, dengan penurunan biaya rantai pasok sebanyak 7.6%. Sehingga PT. BMT kini memiliki proses fabrikasi yang jauh lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci : six sigma; biaya rantai pasok; perbaikan berkelanjutan; kapabilitas proses

A. Pendahuluan

Produktivitas dan efisiensi merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menilai kinerja sebuah perusahaan. Dengan kinerja yang baik, maka perusahaan akan lebih mudah dalam melakukan persaingan di era ekonomi modern saat ini. Namun, berdasarkan tingkat daya saing global pada tahun 2017, Indonesia harus menempati posisi ke-41 (Bank Dunia, 2016). Data tersebut menunjukkan bahwa Indonesia harus kalah dengan beberapa negara ASEAN lainnya yaitu; Singapore peringkat ke-2, Malaysia peringkat ke-25 dan Thailand peringkat ke-34. Untuk meningkatkan daya saing, banyak metode yang dapat diterapkan, salah satunya adalah menerapkan metode Six Sigma.

Metode Six Sigma memberikan keuntungan seperti perbaikan produktivitas dan efisiensi dalam sebuah perusahaan (Salah et al., 2010; Wang dan Chen, 2010, 2012). Karena Six Sigma memberikan kontribusi untuk meningkatkan kinerja organisasi (Snee, 2010), Six Sigma dapat mewakili kunci untuk bertahan hidup dalam persaingan di era ekonomi modern saat ini (Pamfilie et al., 2012). Penelitian utama yang telah mengamati Six Sigma dalam konteks tertentu, seperti usaha kecil dan menengah (Gnanaraj et al., 2012), industri konstruksi (Van den Bos et al., 2014) atau pemerintah lokal (Furterer dan Elshennawy, 2005). Selain itu, konteks keilmuan yang telah menerima perhatian secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir baik dari akademisi maupun praktisi adalah bidang logistik dan manajemen rantai pasok (Rahman, 2006). Manajemen rantai pasok yang efektif dan

efisien memainkan peran mendasar dalam memperoleh peningkatan daya saing (Rahman, 2006). Perbaikan di seluruh rantai pasok akan menghasilkan pengurangan biaya, peningkatan pemanfaatan sumber daya dan peningkatan efisiensi sistem (Beamon and Ware, 1998).

Rantai pasok didefinisikan oleh Christopher (1998) sebagai “jaringan organisasi yang terlibat, melalui hubungan hulu dan hilir, dalam proses dan kegiatan yang berbeda yang menghasilkan nilai dalam bentuk produk dan jasa di tangan pelanggan akhir”. Menurut Ballou (2004) rantai pasok mengacu pada semua kegiatan yang terkait dengan transformasi dan aliran barang dan jasa, termasuk arus informasi mereka, dari sumber bahan baku hingga pengguna akhir. Shapiro (2001) mengatakan bahwa rantai pasokan terdiri dari fasilitas yang tersebar secara geografis di mana bahan baku dan perantara atau produk jadi diperoleh, diubah, disimpan atau dijual, dan jaringan transportasi yang menghubungkan fasilitas di mana produk mengalir. Fasilitas dapat dioperasikan oleh perusahaan itu sendiri, menjalin kerja sama dengan perusahaan lain, atau oleh vendor, pelanggan, atau penyedia pihak ketiga. Definisi “rantai pasok” mungkin tidak bergantung pada jumlah perusahaan yang terlibat dalam rantai, tetapi lebih pada fungsi apa yang terlibat.

Schary dan Skjøtt-Larsen (2001) berpendapat bahwa pendapatan dan biaya menggambarkan rantai pasok. Menurut mereka, data biaya memberikan lebih banyak informasi tentang rantai pasok dari pada sumber lainnya. Memotong biaya merupakan upaya dalam meningkatkan laba bersih, dan

pendapatan yang lebih tinggi mengarah ke laba per saham yang lebih besar dan akhirnya nilai pasar yang lebih tinggi (Kumar dan Chang, 2007). Su dan Lei (2008) menyatakan bahwa pengurangan Biaya Rantai Pasok atau *Supply Chain Cost* (SCC) telah menjadi sarana baru untuk mencapai keunggulan kompetitif. Menurut Pettersson dan Segerstedt (2012) mereka menyarankan bahwa biaya rantai pasok dibagi menjadi lima bidang utama ditambah dengan satu bidang pendukung. Bidang pendukung adalah bidang ke enam yang

dinamakan biaya pemasangan, biaya ini berlaku untuk rantai pasokan dimana biaya pemasangan merupakan bagian yang diperlukan dan termasuk dalam harga penjualan. Keenam bidang tersebut adalah sebagai *Manufacturing Costs* (MANF), *Administration Costs* (ADMN), *Distribution Costs* (DIST), *Warehouse Costs* (WRHS), *Capital Costs* (CPTL), dan *Installation Costs* (INSTL). Biaya rantai pasokan (SCC) dihitung dengan menjumlahkan bidang-bidang tersebut, seperti:

$$SCC = MANF + ADMN + DIST + WRHS + CPTL + INSTL \dots \quad (1)$$

Penelitian ini akan membahas mengenai penerapan Six Sigma dengan Biaya Rantai Pasok dan studi kasus digunakan dalam penelitian ini untuk melihat bagaimana Six Sigma diterapkan pada industri fabrikasi di Indonesia untuk mengurangi Biaya Rantai Pasok melalui peningkatan kapabilitas proses fabrikasi.

B. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan
2. Studi Pustaka
3. Identifikasi Masalah
4. Perumusan Masalah
5. Penentuan Tujuan Penelitian
6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, *brainstorming*, dan dokumentasi terkait topik penelitian yang diangkat. Data yang diambil adalah:

- a. Jumlah total produksi selama 5 hari kerja sebelum perbaikan.
- b. Jumlah total produk Collar dengan status cacat atau *defect* pada fabrikasi proses.
- c. Jumlah total produksi selama 5 hari kerja sesudah perbaikan.

Berkaitan dengan permasalahan mengenai produk cacat atau *defect* yang dihadapi oleh perusahaan, maka diperlukannya sebuah metode pengendalian kualitas yang dapat menurunkan jumlah

produk cacat atau *defect* yang sedang terjadi dengan memperbaiki proses produksi PT. BMT. Metode Six Sigma adalah sebuah metode perbaikan proses yang sangat berpengaruh bagi perusahaan. Metode ini pertama kali dikembangkan di Motorola dan telah menjadi populer setelah sukses besar di General Electric (Hinckley dan Barkan, 1995). Six Sigma berfokus pada penghapusan variasi dan cacat "*defect*" dalam proses produksi sebuah perusahaan (Pojasek, 2003). Dengan menerapkan Six Sigma, perusahaan dapat mengejar keunggulan dan kesempurnaan dengan hanya memproduksi 3,4 produk cacat atau *defect* untuk setiap satu juta kesempatan produksi (Gaspersz, 2006).

Untuk itu, dalam penelitian ini akan melakukan analisis pengendalian kualitas dalam upaya menurunkan jumlah produk cacat atau *defect* sebagai penyebab pemborosan biaya logistik seperti; penanganan bahan baku yang berlebih dan biaya penyimpanan PT. BMT dengan menggunakan metode Six Sigma. Tahapan dalam penelitian ini didasarkan pada siklus DMAIC dengan menggunakan bantuan alat statistik seperti; Peta Kontrol, Analisis Kemampuan Proses, *Fish Bone Diagram*, *Cause Failure and Modes Effect* (CFME), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Action Plan*. Penelitian ini menentukan *Critical to Quality* (CTQ), ini memuat karakteristik kualitas spesifikasi ukuran

diameter *Collar*. Pada tahap *Measure* dimulai dengan menguji kenormalan data, membuat peta kontrol dan menghitung kapabilitas proses berdasarkan data produk cacat atau defect yang telah diidentifikasi.

Selanjutnya, pada tahap *Analyze* menggunakan metode *Brainstorming* untuk mendapatkan gambaran dari orang-orang yang berkaitan langsung dengan proses produksi *Collar* sehingga akan mendapatkan gambaran mengenai penyebab terjadinya *defect*. Seluruh pemikiran yang didapatkan dari hasil *Brainstorming* diterjemahkan ke dalam *Fish Bone Diagram* dan *Cause Failure and Modes Effect* (CFME).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan *Action Plan* digunakan pada tahap *Improve* untuk melakukan analisis dan perbaikan guna mengurangi *defect* yang selama ini terjadi. Luaran dari penelitian ini adalah diberikannya rekomendasi perbaikan kepada perusahaan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) FMEA. Nilai RPN menyatakan besarnya prioritas suatu kegagalan. *Defect* dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas untuk ditangani terlebih dulu untuk kemudian diberikan rekomendasi perbaikan terkait tipe pemborosan yang terjadi.

C. Hasil Dan Pembahasan

PT. Bintang Mas Technika yang selanjutnya akan di singkat menjadi PT.

BMT adalah perusahaan fabrikasi yang memproduksi produk untuk industri alat berat, seperti; *Gear*, *Pin*, *Spacer*, *Collar*, *Gauge* dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini, produk yang akan dibahas adalah produk *Collar*. Produk ini diproduksi untuk *Hydraulic Excavator*. Pemilihan produk *Collar* dikarenakan produk ini merupakan produk yang paling rutin untuk diproduksi. Produk *Collar* yang dihasilkan oleh PT. BMT merupakan produk yang diproduksi menggunakan mesin CNC. Proses produksi dimulai dari kedatangan material yang berupa pipa besi yang kemudian dipotong-potong menggunakan mesin potong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan pada spesifikasi produk.

Dalam proses produksinya, PT. BMT masih sering menemui berbagai permasalahan yang harus dihadapi. Permasalahan yang sering dihadapi adalah permasalahan yang berkaitan dengan produk cacat atau produk yang tidak sesuai dengan standar spesifikasi. Produk cacat selanjutnya di analisa terhadap tingkat kecacatannya, tingkat kecacatan yang masih dapat di perbaiki akan dikirim pada Mesin Bubut untuk dilakukannya proses perbaikan. Namun apabila tingkat kecacatannya tidak bisa diperbaiki, maka produk cacat tersebut akan menjadi scrap yang kemudian akan dikirim ke pabrik peleburan besi.

Tabel 1 Data Produksi dan Kualitas Produk Collar (Sebelum Perbaikan)

Hari Ke	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	Presentase Cacat	DPMO	Sigma Level
1	20	2	10 %	100.000	2
2	20	3	15 %	150.000	3
3	20	1	5 %	50.000	2
4	20	2	10 %	100.000	3
5	20	0	0 %	0	6
Total	100	8			
Rata-Rata	20	1,6	8 %	80.000	2,5

Sumber: Data Produksi PT. BMT

Untuk itu, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan biaya total keseluruhan rantai pasok yang harus dikeluarkan PT. BMT dengan cara

melakukan perbaikan terhadap kapabilitas proses fabrikasi, sehingga variasi produk penyebab terjadinya cacat produk dapat dikurangi.

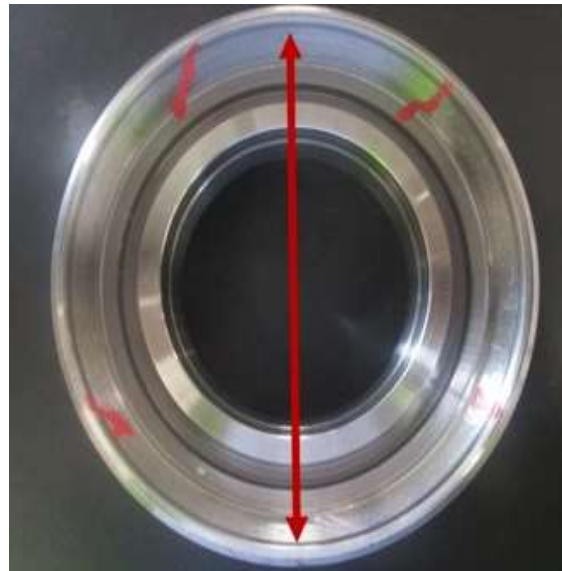
1. Tahap Define



Gambar 1 CTQ Proses Fabrikasi Produk Collar

Dalam siklus DMAIC, tahapan define merupakan tahapan pertama yang dilakukan untuk mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ) yang dibutuhkan sebuah proses dalam memenuhi keinginan konsumen (*Customer Needs*). Gambar 1 menunjukkan *Critical to*

Quality (CTQ) dalam produksi Collar. *Critical to Quality* (CTQ) yang diambil dalam penelitian ini mengacu pada data hasil pengecekan pengukuran spesifikasi yaitu cacat diameter. Ada pun contoh cacat diameter ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Cacat Diameter Produk Collar (Out of Specification)

Dalam melakukan perbaikan kualitas, menghitung besarnya biaya kerugian yang terjadi akibat ketidaksesuaian kualitas merupakan hal yang penting. Hal demikian dikenal dengan istilah COPQ (*Cost of Poor Quality*) yaitu biaya yang muncul karena

kualitas yang tidak sesuai dengan spesifikasi atau harapan pelanggan. Pada Tabel 2 di bawah ini adalah data perhitungan COPQ akibat ketidaksesuaian yang terjadi akibat cacat diameter.

Tabel 2 Data Loss Profit Akibat Cacat Diameter Collar (Sebelum Perbaikan)

Jumlah Cacat (Pcs)	Harga Produk (Per Pc)	Loss Profit
8	Rp. 330.000	Rp. 2.640.000

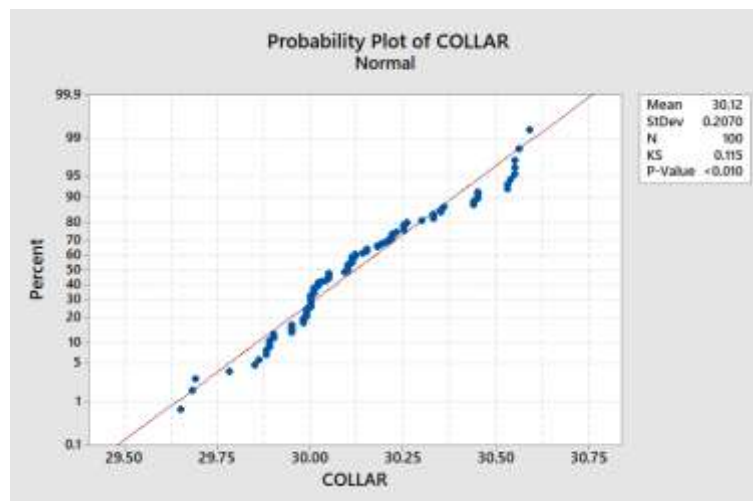
2. Tahap Measure

Setelah menentukan *Critical to Quality* (CTQ) pada tahap *define*, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data, yaitu dengan menguji:

A. Pengujian Kenormalan Data

Dalam pengujian kenormalan data di tujukan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Dalam penelitian ini, uji kenormalan data yang digunakan adalah berjenis Kolmogorov Smirnov. Data

dikatakan berdistribusi normal apabila KS yang dihasilkan dari perhitungan dengan *software* Minitab < dari KS tabel. Berdasarkan KS tabel dapat diketahui bahwa nilai KS untuk pengujian dua sisi dengan ukuran sampel (n) sebanyak 100 buah data dan tingkat nyata (α) 5% adalah 0.134. Hasil KS perhitungan dengan *software* minitab untuk data produk *Collar* adalah 0.115. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal.

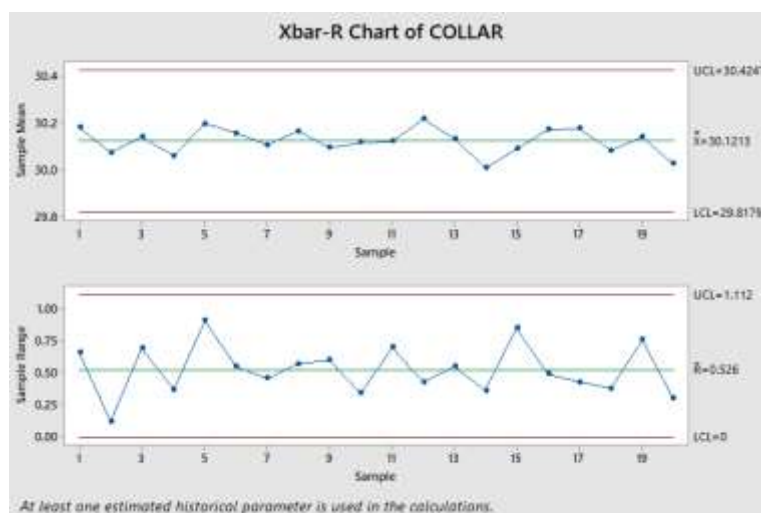


Gambar 3 Uji Kenormalan Data Spesifikasi Produk *Collar* (Sebelum Perbaikan)

B. Memetakan Data di Peta Kontrol

Berdasarkan peta kontrol $\bar{X}$ -R yang telah dibuat menggunakan bantuan *software* Minitab 18, dapat disimpulkan bahwa spesifikasi produk *Collar* yang dihasilkan

oleh proses fabrikasi PT.BMT berada pada daerah antara batas atas dan batas bawah atau dapat dikatakan proses fabrikasi produk *collar in control*.

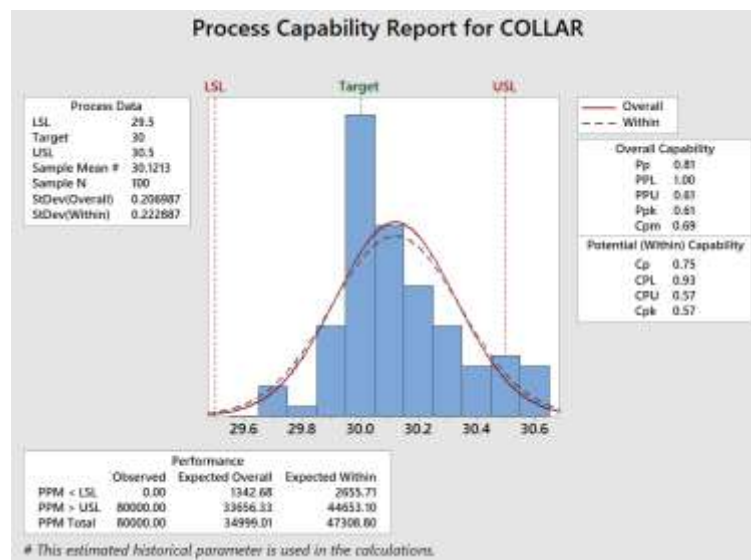


Gambar 4 Peta Control $\bar{X}$ -R Spesifikasi Produk *Collar* (Sebelum Perbaikan)

C. Menghitung Kemampuan Proses (Cp)

Kemampuan Proses (Cp) adalah sarana yang kuat untuk mempelajari kemampuan proses untuk membuat produk yang memenuhi spesifikasi (Chen, Huang dan Li, 2010). Dalam penelitian ini, pengukuran kemampuan proses dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana proses produksi yaitu proses fabrikasi produk *Collar* yang ada di PT. BMT telah mencapai hasil yang baik atau buruk. Menggunakan pandangan dari Montgomery (1985), menyatakan bahwa nilai minimum yang direkomendasikan untuk Cp adalah untuk proses yang telah berjalan yaitu 1,33 dan untuk proses baru yaitu 1,50.

Berdasarkan Gambar 4, dengan nilai $C_p = 0,75$ dan $C_{pk} = 0,57$ mengindikasikan bahwa kemampuan proses fabrikasi produk *Collar* memiliki nilai yang rendah atau kurang baik. Nilai PPM (*Part per Million*) mengindikasikan seberapa banyak unit yang berada diluar batas spesifikasi per satu juta unit. Dalam kolom “*Performance*” menjelaskan bahwa dari satu juta unit yang diproduksi terdapat 1.342,68 unit *Collar* yang berada pada area luar batas spesifikasi bawah (LSL) dan 33.656,33 unit *Collar* yang berada pada area luar batas spesifikasi atas (UCL). Secara total nilai PPM (*Part per Million*) adalah 34.999,01 unit *Collar* yang diindikasikan “*defect*” dari satu juta kesempatan produksi.



Gambar 5 Pengukuran Kemampuan Proses Fabrikasi PT. BMT (Sebelum Perbaikan)

3. Tahap Analyze

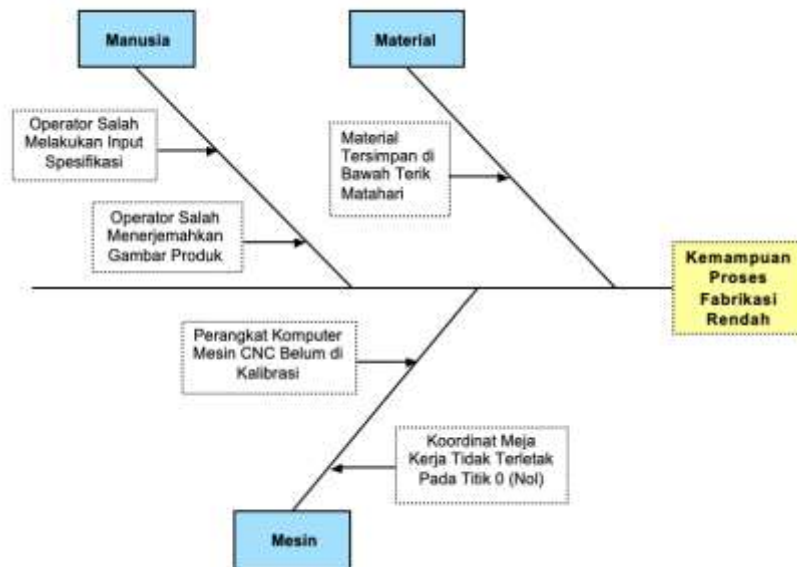
Pada tahap analisis akan dilakukan beberapa langkah, di antaranya adalah dengan melakukan *brainstorming* untuk mendapatkan pemikiran-pemikiran dari masing-masing individu (responden: terlibat langsung pada proses fabrikasi *Collar*) terkait rendahnya kemampuan proses fabrikasi *Collar*. Lalu langkah selanjutnya adalah membuat *fish bone diagram* yang berdasarkan pada hasil *brainstorming* yang telah didapat. Dari *fish bone diagram* inilah yang menjadi ukuran dalam pembuatan *cause failure and modes effect* (CFME), *failure modes and effect analyze* (FMEA)

dan yang terakhir adalah membuat *action plan*.

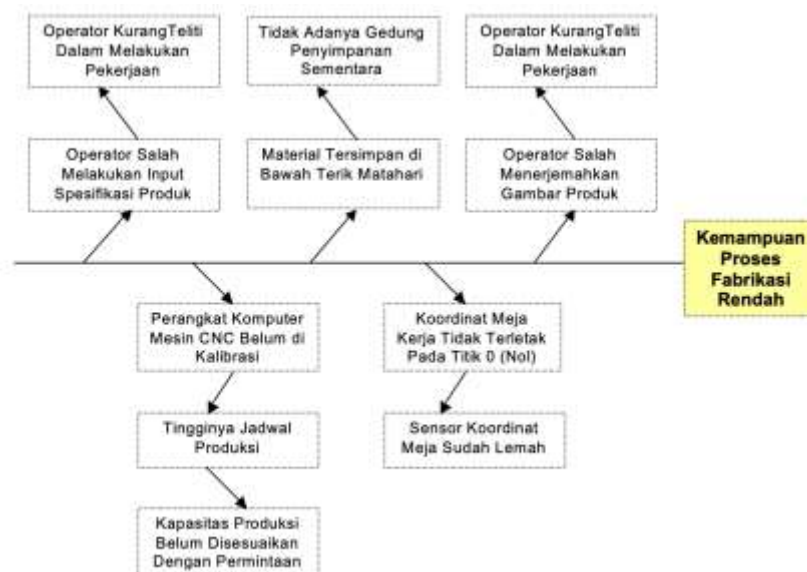
Dengan melakukan *brainstorming* yang melibatkan 5 (lima) orang karyawan di area proses fabrikasi, maka didapatkan hasil dan kesimpulan dari *brainstorming*, yaitu; Operator Salah Menerjemahkan Gambar Produk; Operator Salah Melakukan Input Spesifikasi Produk; Perangkat Komputer Mesin CNC Belum di Kalibrasi; Koordinat Meja Kerja Tidak Terletak Pada Titik 0 (Nol); Material Tersimpan di Bawah Terik Matahari (Suhu Tinggi). Dari *fish bone diagram* pada Gambar 6, dapat diketahui bahwa penyebab rendahnya kemampuan

proses fabrikasi *Collar* dapat digolongkan ke dalam 3 (tiga) faktor yaitu; Sumber daya manusia, Material dan Mesin. Ketiga faktor ini kemudian dikembangkan dan dicari akar

penyebabnya dengan bantuan *Cause Failure and Modes Effect* (CFME) seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 6 Fish Bone Diagram Penyebab Cacat Diameter Produk *Collar*



Gambar 7 Cause Failure and Modes Effect (CFME) Penyebab Terjadinya Cacat

Akar penyebab yang didapat kemudian dijadikan data untuk analisis selanjutnya dengan menggunakan *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA), angka-angka pembobotan yang digunakan pada FMEA ini berasal dari hasil diskusi dan brainstorming dengan pihak terkait. Dari hasil FMEA yang didapat akan dijadikan panduan dalam

menentukan tindakan yang sesuai untuk mencegah terjadinya modus-modus kegagalan dengan nilai resiko tertinggi. *Action Plan* ditambahkan untuk mendapatkan saran guna mengatasi kesalahan yang terjadi.

Tabel 4 *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)* dan Rencana Tindakan Perbaikan (*Action Plan*)

Potential Mode of Failure	Potential End Effects of Failure	Potential Causes of Failure	S E V	O C C	D E T	RPN	Recommended Action
Rendahnya Kemampuan Proses Fabrikasi Collar	Cacat Diameter dan Komplain dari Konsumen	Operator Salah Menerjemahkan Gambar Produk	10	4	9	360	Mengadakan Training Kepada Operator Mesin CNC
		Operator Salah Melakukan Input Spesifikasi Produk	9	3	10	270	Mengecek Kembali Spesifikasi yang Telah di Input
		Perangkat Komputer Mesin CNC Belum di Kalibrasi	7	5	7	245	Meningkatkan Kapasitas Lini Produksi
		Koordinat Meja Kerja Tidak Terletak Pada Titik 0 (Nol)	7	3	9	189	Melakukan Perbaikan Terhadap Sensor Koordinat Meja Kerja
		Material Tersimpan di Bawah Terik Matahari (Suhu Tinggi)	5	5	7	175	Memasang Kanopi Untuk Melindungi Material Dari Sinar Matahari

4. Tahap *Improve*

Tahap perbaikan dilakukan dengan penentuan prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN tertinggi yang didapat dari *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)*. Nilai RPN tertinggi mengindikasikan bahwa penyebab kegagalan tersebut yang diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan. Tindakan perbaikan yang diusulkan dan akan dilakukan adalah tindakan yang terdapat pada kolom “*recommended action*” pada tabel *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)*.

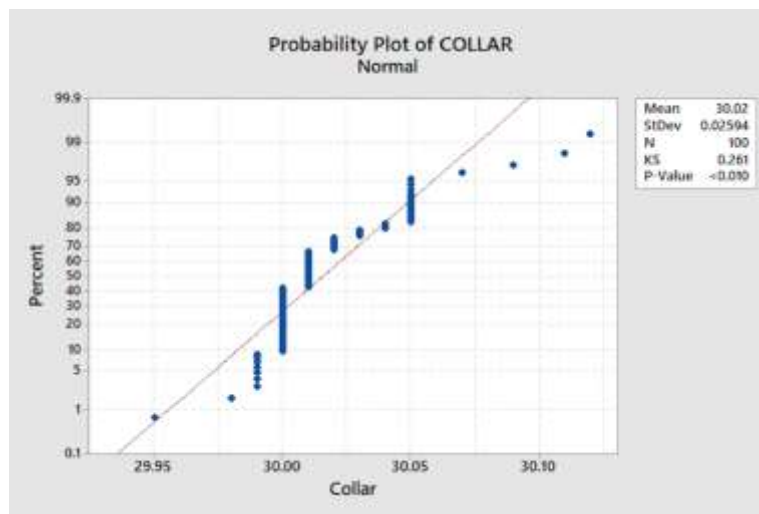
Setelah semua penyebab cacat diketahui, maka dilakukan implementasi tindakan perbaikan untuk dapat menurunkan presentase cacat produk dan mengurangi biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan akibat terjadinya cacat produk. Implementasi dilakukan dalam jangka waktu 2 (Dua) Minggu dan pengambilan data setelah proses implementasi dilakukan selama 5 (Lima) hari.

Dari data yang diambil setelah proses perbaikan diimplementasikan, maka dibuatlah uji kenormalan data dan peta kontrol kembali berdasarkan 100 buah data yang didapat selama 5 (Lima) hari pengamatan. Gambar 6, menunjukkan bahwa data yang diamati setelah mengimplementasikan perbaikan pada proses fabrikasi produk *Collar* adalah berdistribusi normal. Dengan hasil nilai KS perhitungan adalah 0.010 yang mengartikan bahwa nilai KS perhitungan lebih kecil dari nilai KS tabel untuk pengujian dua sisi dengan ukuran sampel (n) sebanyak 100 buah data dan tingkat nyata (α) 5% adalah 0.134. Berdasarkan peta kontrol $\bar{X}$ -R yang telah dibuat menggunakan bantuan software Minitab 18, dapat disimpulkan bahwa spesifikasi produk *Collar* yang dihasilkan oleh proses fabrikasi PT.BMT setelah proses perbaikan dilakukan berada pada daerah antara batas atas dan batas bawah atau dapat dikatakan proses fabrikasi produk *collar in control*.

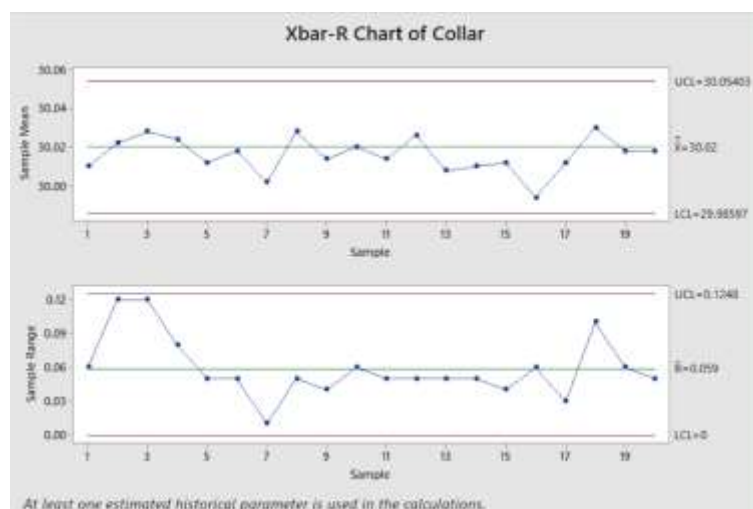
Tabel 5 Data Produksi dan Kualitas Produk *Collar* (After Improvement)

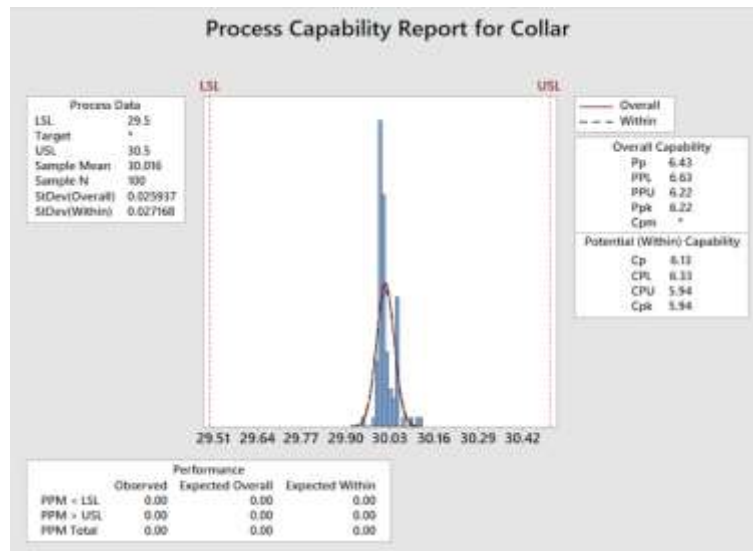
Hari Ke	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	Presentase Cacat	DPMO	Sigma Level
1	20	0	10 %	0	6
2	20	0	15 %	0	6
3	20	0	5 %	0	6
4	20	0	10 %	0	6
5	20	0	0 %	0	6
Total	100	0			
Rata-Rata	20	0	0 %	0	6

Sumber: Data Produksi PT. BMT

Gambar 8 Uji Kenormalan Data Spesifikasi Produk *Collar* (Sesudah Perbaikan)

Berdasarkan Gambar 10, yaitu hasil perhitungan kemampuan proses fabrikasi *Collar* setelah dilakukan perbaikan menunjukkan nilai $C_p = 6,13$ dan $C_{pk} = 5,94$ mengindikasikan bahwa kemampuan proses fabrikasi produk *Collar* memiliki nilai yang baik.

Gambar 9 Peta Control Xbar-R Spesifikasi Produk *Collar* (Sesudah Perbaikan)



Gambar 10 Pengukuran Kemampuan Proses Fabrikasi PT. BMT (Sesudah Perbaikan)

5. Tahap Control

Tahap ini merupakan tahapan terakhir dalam penerapan six sigma dengan menggunakan pendekatan DMAIC. Dalam tahap ini seluruh perbaikan yang dilakukan (simulasi) atau dicapai secara teknis dan seluruh usaha tersebut kemudian didokumentasikan dan disebarluaskan atau

disosialisasikan ke segenap karyawan perusahaan dengan tujuan memberikan suatu standarisasi dalam menstabilkan hasil improvement yang optimal. Pada tahapan ini parameter proses yang telah diperoleh dipastikan implementasinya saat proses produksi.

Tabel 6 Perbandingan Data Antara Sebelum Perbaikan dan Sesudah Perbaikan

Kriteria	Keterangan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Total Sampel	Unit	100	100
Total Cacat	Defect	8	0
DPU	Defect/Unit	0,08	0
DPMO	Defect per Million	80.000	0
Process Capability	Cpk	0,57	5,94
Sigma Level		2,5	4
Loss Profit	Rupiah	Rp. 2.640.000	Rp. 0

Pada Tabel 6 menunjukan bahwa terjadinya penurunan cacat diameter dan peningkatan Sigma Level, sehingga berdampak pada penurunan biaya kerugian yang harus dikeluarkan oleh PT. BMT akibat dari produk cacat atau “Defect”.

6. Implikasi Penerapan Six Sigma Terhadap Biaya Rantai Pasok

Konsep pengurangan variasi produk sangat penting bagi dunia logistik (Goldsby dan Martichenko, 2005). Six Sigma berfokus

pada pengurangan variasi dan cacat produk (Kumar et al., 2006, 2008; Burton, 2006).

• Biaya Produksi (MANF)

Biaya produksi atau manufaktur yang termasuk didalamnya adalah biaya bahan baku, biaya tenaga kerja dan biaya permesinan (Pettersson dan Segerstedt, 2012). Dengan biaya produksi per unit adalah Rp. 330.000, maka biaya produksi dapat kita hitung sebagai berikut:

Tabel 7 Biaya Produksi (MANF)

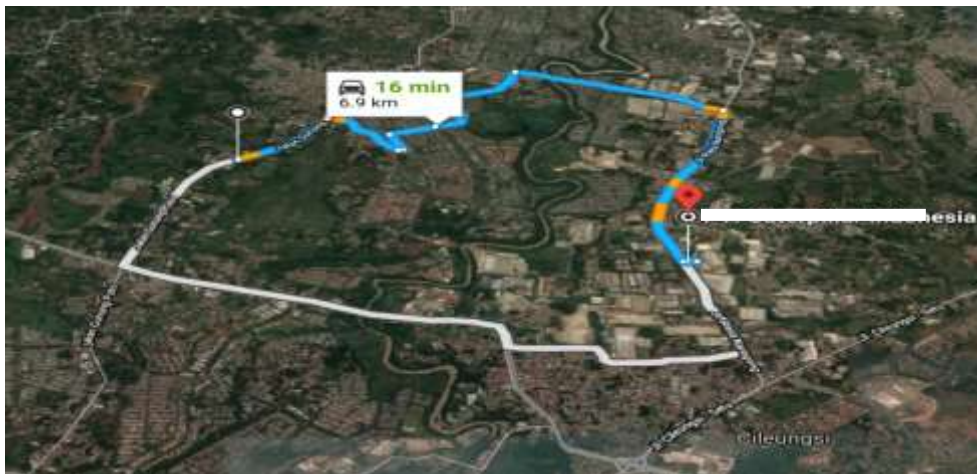
Keterangan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	Total Produksi (Pcs)	Total Biaya Produksi (Rp)
Sebelum Perbaikan	100	8	108	Rp. 35.640.000
Sesudah Perbaikan	100	0	100	Rp. 33.000.000

- Biaya Administrasi (ADM)

Biaya produksi atau manufaktur yang termasuk didalamnya adalah biaya penanganan pemesanan, biaya tenaga kerja bagian pengadaan, biaya klaim, dan biaya dukungan rantai pasok (Pettersson dan Segerstedt, 2012). Dalam penelitian ini biaya administrasi belum dapat diukur dengan lebih rinci, sehingga biaya yang akan digunakan adalah Rp. 0.

- Biaya Distribusi (DIST)

Biaya distribusi yang termasuk didalamnya adalah biaya pengiriman barang, biaya asuransi, biaya bea cukai dan pajak (Pettersson dan Segerstedt, 2012). Berdasarkan kepada jarak pengiriman yang diukur melalui aplikasi *google maps* maka jarak pengiriman yang akan ditempuh apabila PT. BMT melakukan mengirimkan produk *Collar* ke *Customernya* adalah 6,9 KM.



Gambar 11 Jarak Tempuh PT. BMT Dalam Pengiriman Barang

PT. BMT menggunakan *pick up* (1.500cc) yang dapat memuat 100 Pcs *Collar* pada setiap pengirimannya. Biaya yang harus dikeluarkan oleh PT. BMT untuk menempuh jarak 6,9 KM dalam sekali jalan (*Half Trip*) adalah Rp. 40.000, maka biaya yang harus dikeluarkan untuk dua kali jarak tempuh

(*Full Trip* = 13,8 KM) untuk kembali ke PT. BMT setelah mengirim barang adalah Rp. 80.000. Tetapi dengan terjadinya produk cacat maka pengiriman dilakukan dua kali dari jarak *Full Trip* hal ini konsekuensi dikarenakan harus mengambil produk cacat yang berada di konsumen.

Tabel 8 Biaya Distribusi (DIST)

Kriteria	Total Produksi	Produk Cacat	Biaya Pengiriman Normal	Biaya Pengambilan Defect	Total Biaya Distribusi (Rp)
Sebelum Perbaikan	108	8	Rp. 80.000	Rp. 80.000	Rp. 160.000
Sesudah Perbaikan	100	0	Rp. 80.000	Rp. 80.000	Rp. 80.000

- Biaya Gudang (WRHS)

Biaya penyimpanan atau gudang yang termasuk didalamnya adalah biaya inspeksi kedatangan material, biaya tenaga kerja yang bekerja pada gudang dan biaya gedung (Pettersson dan Segerstedt, 2012). Berdasarkan data produksi PT. BMT memiliki cacat sebanyak 8 pcs Collar dari

100 pcs produksi dalam 5 (lima) hari. Sehingga akan menimbulkan biaya tambahan apabila terjadinya cacat yaitu penyimpanan material (seperti *safety* dan *buffer stock*) yang disimpan dalam rangka mengantisipasi terjadinya cacat produk selama proses produksi

Tabel 9 Biaya Gudang (WRHS)

Kriteria	Total Produksi	Produk Cacat	Biaya Penyimpanan/ Pc Material	Total Biaya Gudang (Rp)
Sebelum Perbaikan	108	8	Rp. 5.000	Rp. 540.000
Sesudah Perbaikan	100	0	Rp. 5.000	Rp. 500.000

- Biaya Modal (CPTL)

Biaya modal atau kapital yang termasuk didalamnya adalah biaya modal gudang, biaya modal transportasi dan biaya perputaran uang hingga konsumen membayar *invoice* (Pettersson dan Segerstedt, 2012). Dalam penelitian ini biaya capital atau biaya investasi belum dapat diukur dengan lebih rinci, sehingga biaya yang akan digunakan adalah Rp. 0.

- Biaya Pemasangan (INTSL)

Biaya pemasangan yang termasuk didalamnya adalah biaya modal gudang, biaya modal transportasi dan biaya perputaran uang hingga konsumen membayar *invoice* (Pettersson dan Segerstedt, 2012). Dalam penelitian ini dapat dikatakan tidak memiliki biaya pemasangan hal ini dikarenakan pemasangan produk Collar bukan kewajiban PT. BMT melainkan sudah menjadi kewajiban dari konsumen melalui departemen perakitannya. Sehingga

biaya pemasangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rp. 0.

7. Perhitungan Biaya Rantai Pasok (SCC)

Setelah seluruh bidang yang termasuk pada biaya rantai pasok, maka PT. BMT dapat menghitung biaya rantai pasoknya. Perbandingan biaya rantai pasokan (SCC) antara sebelum dan sesudah penerapan Six Sigma adalah sebagai berikut:

- SCC Sebelum Perbaikan

Pada masa sebelum dilakukan perbaikan proses fabrikasi menggunakan metode Lean dan Six Sigma, *defect* atau produk cacat masih terjadi dengan jumlah yang tidak sedikit, hal ini akan berdampak pada biaya produksi yang lebih tinggi, kebutuhan akan bahan baku lebih banyak, biaya transportasi lebih tinggi, hal ini bertujuan untuk mengganti produk yang cacat. Berikut perhitungan Biaya Rantai Pasok (SCC) sebelum perbaikan:

$$\begin{aligned}
 \text{SCC} &= \text{MANF} + \text{ADMN} + \text{DIST} + \text{WRHS} + \text{CPTL} + \text{INSTL} \\
 &= \text{Rp. } 35.640.000 + 0 + \text{Rp. } 160.000 + \text{Rp. } 540.000 + \text{Rp. } 0 + \text{Rp. } 0 \\
 &= \text{Rp. } 36.340.000
 \end{aligned}$$

- SCC Sesudah Perbaikan

Pada masa sesudah dilakukan perbaikan proses fabrikasi menggunakan metode Six Sigma, *defect* atau produk cacat sudah tidak terjadi. sehingga hal ini akan berdampak pada biaya produksi yang lebih rendah, kebutuhan akan bahan baku lebih

sedikit, biaya transportasi lebih rendah, hal ini bertujuan untuk mengganti produk yang cacat jauh lebih sedikit dibandingkan dengan sebelum dilakukan perbaikan. Berikut perhitungan Biaya Rantai Pasok (SCC) sesudah perbaikan:

$$\begin{aligned}
 \text{SCC} &= \text{MANF} + \text{ADMN} + \text{DIST} + \text{WRHS} + \text{CPTL} + \text{INSTL} \\
 &= \text{Rp. } 33.000.000 + 0 + \text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 500.000 + \text{Rp. } 0 + \text{Rp. } 0 \\
 &= \text{Rp. } 33.580.000
 \end{aligned}$$

D. Simpulan

Dengan menerapkan metode Six Sigma, PT. BMT dapat mengurangi jumlah produk cacat yang dihasilkan dari proses fabrikasi produk Collar, dapat dibuktikan bahwa terjadinya penurunan jumlah produk cacat dari 8 pcs per 100 pcs produk Collar menjadi 0 pc dari 100 pcs produk Collar. Sebelum menerapkan Six Sigma kapabilitas proses fabrikasi PT. BMT berada pada nilai Cpk = 0,57 dan setelah menerapkan Six Sigma makan kapabilitas proses fabrikasi PT. BMT berada pada nilai Cpk = 5,94. Hal ini menunjukkan bahwa proses fabrikasi PT. BMT telah berada pada kondisi ideal.

Selain itu, nilai sigma yang dihasilkan mengalami peningkatan dari sebelumnya berada pada level 2,5 Sigma menjadi 6 Sigma. Dari sisi ekonomi bisnis, loss profit yang dihasilkan dari proses fabrikasi PT. BMT dapat berkurang yang semula mengalami kerugian Rp. 2.640.000 dalam setiap 100 Pcs produk collar, saat ini menjadi Rp. 0 hal ini dikarenakan sudah tidak lagi terjadinya produk cacat. Penerapan metode Six Sigma juga berdampak positif terhadap biaya rantai pasok secara keseluruhan, biaya rantai pasok yang semula Rp. 36.340.000 dapat berkurang menjadi Rp. 33.580.000. Sehingga PT. BMT kini memiliki proses fabrikasi yang jauh lebih efektif dan efisien.

Penelitian ini memiliki kekurangan dalam menjabarkan biaya rantai pasok pada sisi administrasi, kapital dan pemasangan,

sehingga dalam penelitian selanjutnya disarankan dapat membedah biaya-biaya tersebut dengan lebih rinci. Selain itu, data sampel dalam penelitian ini terbatas pada 100 data sampel, kedepannya diharapkan dapat menggunakan data sampel yang jauh lebih banyak guna melihat tingkat kestabilan proses fabrikasi yang lebih akurat.

E. Daftar Pustaka

- World Bank. (2016). The World Bank. Retrieved Oktober 26, 2017, from <http://databank.worldbank.org/data/download/GDP.pdf>
- Salah, S., Rahim, A. and Carretero, J. (2010), "The integration of Six Sigma and Lean management", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1 No. 3, pp. 249-274.
- Wang, F.K. and Chen, K.S. (2010), "Applying Lean Six Sigma and TRIZ methodology in banking services", *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol. 21 No. 3, pp. 301-315.
- Wang, F.K. and Chen, K.S. (2012), "Application of Lean Six Sigma to a panel equipment manufacturer", *Total Quality Management and Business*

- Excellence, Vol. 23 Nos 3/4, pp. 417-429.
- Snee, R. (2010), "Lean Six Sigma – getting better all the time", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29.
- Pamfilie, R., Petcu, A. and Draghici, M. (2012), "The importance of leadership in driving a strategic Lean Six Sigma management", *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol. 58, pp. 187-196.
- Gnanaraj, S.M., Devadasan, S.R., Muruges, R. and Sreenivasa, C.G. (2012). "Sensitisation of SMEs towards the implementation of Lean Six Sigma – an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME", *Production Planning and Control*, pp. 37-41.
- Van den Bos, A., Kemper, B. and de Wall, V. (2014), "A study on how to improve the throughput time of Lean Six Sigma projects in a construction company", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 5 No. 2, pp. 212-226.
- Furterer, S. and Elshennawy, A.K. (2005), "Implementation of TQM and Lean Six Sigma tools in local government: a framework and a case study", *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol. 16 No. 10, pp. 1179-1191.
- Rahman, S. (2006), "Quality management in logistics: an examination of industry practices", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 11 No. 3, pp. 233-240.
- Beamon, B.M. and Ware, T.M. (1998), "A process quality model for the analysis, improvement and control of supply chain systems", *Logistics Information Management*, Vol. 11 No. 2, pp. 105-113.
- Christopher, M., (1998). *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Services*, 2 ed. Pitman, London.
- Ballou, R.H., (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*, 5 ed. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Shapiro, J.F., (2001). *Modeling the Supply Chain*. Duxbury, Pacific Grove.
- Schary, P.B., Skjøtt-Larsen, T., (2001). *Managing the Global Supply Chain*. Handelshøjskolens forlag, Copenhagen.
- Kumar, S., Chang, C.W., (2007). Reverse auctions: How much total supply chain cost savings are there? A conceptual overview. *Journal of Revenue and Pricing Management* 6 (2), 77–85.
- Su, T.Y., Lei, X.H., (2008). Research on supply chain cost reduction based on process and time analysis. In: *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Article number 4738147, pp. 1625–1629.
- Petterson, A.I., Segerstedt, A., (2013). Measuring Supply Chain Cost. *International Journal Production Economics* 143, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.012>
- Hosang, J., Bongju, J., (2005). Decentralised production–distribution planning system using collaborative agents in a supply chain network. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 25 (1–2), 167–173.

- Hinckley, C. and Barkan, P. (1995), "The role of variation, mistakes, and complexity in producing nonconformities", *Journal of Quality Technology*, Vol. 27 No. 3, pp. 242-249.
- Pojasek, R.B. (2003), "Lean, Six Sigma, and the systems approach: management initiatives for process improvement", *Environmental Quality Management*, Vol. 13 No. 2, pp. 85-92.
- Gaspersz, Vincent. (2006). Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach – Strategi Dramatik Reduksi Biaya dan Pemborosan Menggunakan Pendekatan Lean- Sigma. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- K. S. Chen , M. L. Huang & R. K. Li (2010) Process capability analysis for an entire product, *International Journal of Production Research*, 39:17, 4077-4087, DOI: 10.1080/00207540110073082
- Montgomery, D.e. (1985) *Introduction to Statistical Quality Control*, Wiley: New York.
- Goldsby, T. and Martichenko, R. (2005), "Lean six sigma logistics: strategic development to operational success", J. Ross Publishing, Inc. pp. 5-6.
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R.K., Tiwari, M.K. and Perry, D. (2006), "Implementing the Lean Sigma Framework in an Indian SME: a case study", *Production Planning and Control*, Vol. 17 No. 4, pp. 407-23.
- Kumar, M., Antony, J., Madu, C. N., Montgomery, D. C., & Park, S. H. (2008), Common myths of Six Sigma demystified. *International Journal of Quality & Reliability Management* , 25 (8), 878-895.
- Burton, T. (2004), *Implementing Six Sigma: The Realities of DMAIC, Six Sigma for Small and Mid-Sized Organisations*, J. Ross Publishing, Incorporated, Florida, pp. 67-86.
- Novitasari, N., Damayanti, D. D., Kamil, A. A. (2019), A Model Development of Perishable Product to Minimize Total Supply Chain Cost on Fresh Food and Frozen Product Sales on The Trains, *International Conference on Industrial Enterprise and System Engineering (IcoIESE)*, Vol. 2, pp. 359 – 363.
- Yang, Y. and Chan, A. (2018), Steel Construction in Hong Kong: Supply Chain and Cost Issues, 13th *International Conference on Steel, Space and Composite Structures*.
- Salah S., Rahim A. (2019) *Implementing Lean Six Sigma in Supply Chain Management*. In: *An Integrated Company-Wide Management System*. Springer, Cham., pp 105 – 111.
- Zhang, A., Luo, W., Shi, Y., Chia, S. and Sim, Z. (2016), "Lean and Six Sigma in logistics: a pilot survey study in Singapore", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 36 No. 11, pp. 1625-1643. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0093>
- Kaushik, M., Chauhan, G., Mathiyazhagan, K., Ojha, R., Kumar, M. (2019), "Reducing Rejections Using Six Sigma: a Case from Indian Automobile Component Manufacturing Industry, *International Journal of Services and Operations Management*, Vol. 3 No. 1.