

# Aplikasi *Lean Six Sigma* sebagai Upaya Pengurangan Defect Produk *Water Pump*

Anni Intan Faricha<sup>1</sup>, Yugowati Praharsi<sup>2</sup>, dan Farizi Rachman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

Email: [annifaricha@student.ppns.ac.id](mailto:annifaricha@student.ppns.ac.id)

## Abstract

The foundry company has a commitment to always prioritise product quality, the exact dimensions of the products resulting from the finishing CNC process, are classified as without defects. Water Pump products are targeted that have a high reject rate, due to defects in the form of CNC dimension failure, bad casting and 5 variance of te defects. The results of processing Non Conformance Report waster pump products, the number of product quantity increases in production, this successfully proves that there is a defect waste process behaviour. This research applies Six Sigma method for reduce defect. This method includes DMAIC, Define critical waste defect (SIPOC), Measure with DPMO and sigma value Analyze with Fishbone Diagram, Improve with Kaizen resulting in an output sigma level value of 2.98 which rose to 3.00 with a DPMO value from 69,178 to 67,702 due to improvements as well as a predetermined target increase in the sigma level value.

**Keywords:** Defect, DMAIC, Foundry, Kaizen, Six Sigma.

## 1. Pendahuluan

Perusahaan *foundry* tidak semata hanya melakukan pengejaran target omset saja dalam menjalankan bisnisnya, melainkan juga melakukan perbaikan secara *continuous* oleh para stakeholder perusahaan untuk meningkatkan hasil *finish good product* sesuai target yang signifikan. Dengan demikian, kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen untuk mendapatkan suatu produk. Perusahaan ini menjalankan *continuous improvement* pada perlakuan produksinya dalam bidang pengecoran logam, khususnya departemen CNC. Perhatikan berikut ini :

**Tabel 1.** Detail Presentase NCR 5 tahun

Bulan	2022	2021	2020	2019	2018
Januari	8,55%	9,32%	19,45%	0%	0%
Februari	7,22%	0,77%	0%	0%	0%
Maret	0%	3,51%	0%	0%	6,03%
April	13,02%	0%	15,10%	0%	0%
Mei	0%	4,34%	6,71%	0%	0%
Juni	20,63%	0%	12,83%	4,92%	0%
Juli	7,56%	0%	19,10%	8,91%	0%
Agustus	7,52%	0%	18,94%	13,23%	0%
September	0%	0%	9,62%	0%	0%
Oktober	6,64%	10,79%	11,01%	0%	0%
November	4,01%	0%	0%	12,95%	0%
Desember	6,34%	18,42%	12,04%	9,18%	4,72%
<b>Total</b>	<b>81,49%</b>	<b>47,15%</b>	<b>124,80%</b>	<b>49,19%</b>	<b>10,75%</b>

Perusahaan *foundry* menerapkan sistem *make to order* salah satu contohnya adalah produk *water pump*, dimana pada rentang tahun 2018-2022 dalam setiap

bulannya, semua jenis *defect* yang terdapat dalam data NCR (*Non Conformance Report*) dari produk *water pump* selalu terjadi di departemen CNC. Presentase paling banyak terjadi bulan Juni 2022 dan Juli 2020, mencapai persentase 81,49% pada 2022 dan 124,8% pada tahun 2020.

Berdasarkan Tabel 1 tersebut dalam rentang 2018- 2022 tingkat *defect* produk *water pump* semakin tinggi ditandai dengan bertambahnya presentase dari 10,75% hingga 81,49%. Berdasarkan permasalahan diatas maka perusahaan membutuhkan langkah perbaikan agar kualitas produk dapat terkendali untuk dilakukan analisis terjadinya *defect* serta mampu memberikan usulan perbaikan (*improve*) demi menekan tingkat *defect* tersebut (Iis, et al., 2022). *Defect* adalah salah satu elemen dari pemborosan (*waste*). Terdapat 7 konsep *waste* yang menyatu dengan konsep *Lean*. Konsep *Lean* adalah salah satu metodologi yang paling banyak digunakan untuk perbaikan proses, menghilangkan pemborosan dan menambah nilai. (Praharsi. et al., 2019)Kelompok *waste* ini dibagi menjadi dua fungsi berdasarkan jenis industri, yaitu *Lean Manufacturing* dan *Lean Service*. *Lean Manufacturing* terdiri dari tujuh jenis *waste* yaitu transportasi berlebih, *inventory*, gerakan berlebih, menunggu, produksi berlebih, proses berlebih, dan cacat/*defect*. (Taiichi Ohno., 1988). Terdapat 37 *tools* yang tepat jika digunakan pada industri kecil. Beberapa diantaranya yaitu *kaizen*, 5S, *kanban*. (Matt & Rauch, 2013)

---

<sup>1\*</sup> Correspondence author

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Lean Six Sigma

Pada penelitian ini fokus *Lean Manufacturing* adalah menghilangkan pemborosan dan menciptakan nilai tambah, yang dikombinasikan dengan metode *Six Sigma*. Metode *Six sigma* motorola adalah salah satu metode baru yang paling populer yang dijadikan alternatif dalam prinsip-prinsip pengendalian kualitas terobosan dalam bidang manajemen kualitas (Gaspersz, 2002). Penggunaan Metode ini akan digunakan *kaizen* untuk usulan perbaikan.

Metode *Six Sigma* terdiri dari 5 langkah konsep penyelesaian masalah yaitu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). (Nizar. Et all., 2020). *SixSigma* bertujuan untuk mereduksi tingkat variabilitas kualitas produk utama sampai tingkat *defect* jarang terjadi. (Montgomery, 2019). Kedua metode diatas kemudian diintegrasikan menjadi metode LSS (*Lean Six Sigma*).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 1. Define Phase

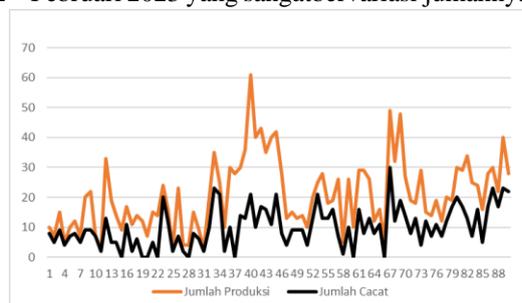
Pada tahap awal Tahap ini meliputi proses mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ), membentuk LSS *team*, membuat peta proses tingkat tinggi atau diagram SIPOC, pengklasifikasian waste yang palingbanyak terjadi bersama para *stake holder* yang tepat gunadalam mewujudkan rencana implementasi proyek *Lean Six Sigma*. Berdasarkan hasil kuisioner *waste* oleh penulis dengan *expert judgment* departemen CNC terdapat 3 *waste* kritis dengan urutan tertinggi [1] *waste defect*, [2] *waste waiting*, [3] *waste motion*. *Expert Judgment* juga termasuk dalam tim LSS, yang kemudian dilakukan wawancara sehingga menghasilkan 2 CTQyaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.** Hasil CTQ Produk *Water Pump*

CTQ	Keterangan
Dimensi/Ukuran	a. Dimensi <i>Flange</i> Kanan dan Kiri ( $200 \pm 0.5$ ); ( $100 \pm 0.5$ ); ( $61 \pm 0.25$ ) (143.5 (Simetris)); (Jig M12) b. Dimensi <i>Groove</i> ( $171.6 \pm 0.1$ ); ( $177.7 \pm 0.1$ ); ( $87 - 0.3$ ); ( $5.4 \pm 0.1$ ); ( $4 \pm 0.1$ ); ( $16 \pm 0.1$ ); ( $26 \pm 0.1$ )
Visual Produk	(Tidak Bocor/Lubang/Tidak Berbekas Pencekaman)

Dari keterangan CTQ diatas, produk *water pump* akan digolongkan kedalam produk *defect* jikalau tidak memenuhi standar kriteria tersebut. Pada Tabel 2 menunjukkan data CTQ pada proses produksi *water pump* di lingkup pengerjaan departemen CNC. Terdapat2 bagian *on process/OP* yang menjadi CTQ, yaitu bagian*flange* dan *groove*. Pertama, jenis CTQ dimensi yaitu target ukuran hasil proses CNC sudah memenuhi standartoleransi yang ditetapkan atau belum, dicocokkan denganukuran pada *detail drawing*, ketepatan jarak antar flange,pengecekan jig *groove*. Kedua, CTQ visual produk yaitu verifikasi kualitas visual/tampilan pada seluruh permukaan produk *water pump* (kebersihan dari *chip*, tidak ada bekas sayatan/goresan krusial, kebersihan hasillas)

Tim LSS terdiri dari orang-orang *expert judgment (manager, supervisor 1 dan 2, leader)* sebagai inisiator sekaligus pemimpin di departemen CNC, ditambah operator sebagai anggota pelaksana. Kriteria yang harus dipenuhi oleh masing-masing anggota adalah harus menguasai pengetahuan tentang LSS, *waste* terkritis yang terjadi dalam departemen CNC. Diketahui dari hasil *waste defect* tertinggi, dilakukan pengolahan *defect rate* dalam bulan Desember 2022 – Februari 2023 yang sangat bervariasi jumlahnya. Berikut grafik variasi *defect*.



**Gambar 1.** Defect Rate Produk Water Pump

Berikut adalah Gambar 1 yang menyatakan grafik garis dari jumlah *defect* yang terjadi dalam periode pengambilan data oleh penulis selama 90 hari pada bulan Desember 2022 sampai Februari 2023.

Gambar 4.1 merupakan jumlah *defect* pada produk yang ditunjukkan oleh (garis hitam) terhadap jumlah produksi produk *water pump* (garis oranye). Diambil sampel selama 3 bulan, terbukti mengalami kenaikan dan penurunan. Sebuah produk *defect* berakhir dilakukan *reject* atau *rework*. *Rework* adalah proses pengerjaan ulang produksi *water pump* karena kesalahan pada item produk, dimana pekerjaan tersebut ditolak oleh *quality control* karena tidak mencapai CTQ. Cacat-cacat produk yang terdapat di departemen CNC, seharusnya diberi label sesuai jenis *defect*, *bad handling* (M01), *bad casting dimension* (M02), *porosity* (M03), *CNC dimension failure* (M05), *cutting tools broken* (M06), *hydrostatic failure* (M07), atau *bad CNC* (M08). Hal ini menyebabkan terjadinya ketidakpastian dalam mencapai target CNC produk *water pump*. Besar kecilnya *defect* menyebabkan penambahan biaya, tenaga, serta waktu untuk melakukan *rework* yang sangat merugikan pendapatan *Finish Good CNC* (FGC).

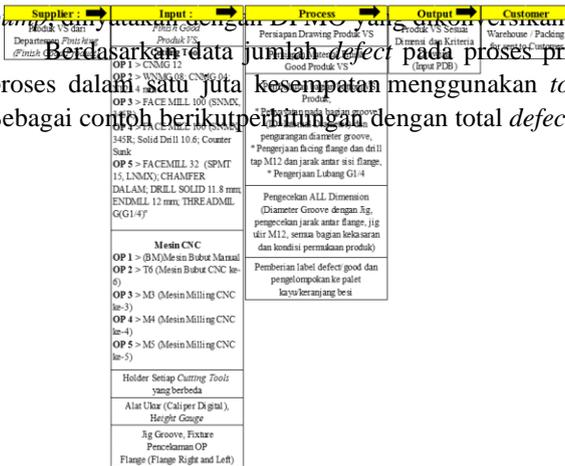
Pembuatan SIPOC *diagram* ini bertujuan supaya pemetaan proses *water pump* produk yang dilakukan CNC. Tahap CNC dapat terklasifikasi secara sempurna, dimulai dari *supplier* sampai berakhir kepada *customer*. Tahap *supplier* ini dimana produk *water pump* didapat dari departemen *finishing casting* lalu dilanjutkan dengan pengisian *form* bukti serah terima barang kepada departemen CNC. Tahap *input* dapat dimulai jika pengecekan produk *water pump* sudah dilakukan, untuk memastikan produk yang diberikan apakah sudah sesuai standar yang berlaku atau tidak. Setelah melalui proses permesinan, produk *water pump* berubah status menjadi *output* dimana langsung diserahkan kepada pihak selanjutnya yaitu pihak *customer*, dikirimkan atau

disimpan pada *warehouse* digunakan sebagai inputan *finished good* CNC produk *water pump*. Berikut adalah diagram SIPOC yang menggambarkan digram aliran petaproses produk *water pump* dari awal sampai akhir yang disajikan dalam Gambar 4.2. Pada Gambar tersebut dilengkapi dengan penjelasan per bagian dalam setiap proses SIPOC diagram.

pengukuran (*Measure*) *waste* utama, yakni pengukuran *waste defect* keseluruhan pada proses produksi produk *water pump* menjadi ke dalam nilai *sigma*

Berdasarkan data jumlah *defect* pada proses produksi produk *WATER PUMP*, diperhitungkan pula kemampuan proses dalam satu juta kesempatan menggunakan *tools Defect per Million Opportunities* (DPMO) dan nilai *sigma*. Sebagai contoh berikut perhitungan dengan total *defect* seluruhnya menggunakan Persamaan 2.5.

$$DPMO = \frac{907}{1873 \times 7} \times 1.000.000 \quad (5)$$



**Gambar 2.** SIPOC Produk *Water Pump*

Pada Gambar 2 menunjukkan *Supplier*, *Input*, *Process*, *Output* dan *Customer* (SIPOC) produk *water pump* pada departemen CNC. Berikut penguraian lebih lengkapnya :

**1. Supplier**

Pada bagian ini produk *water pump* didapatkan dari hasil *casting* dari departemen *finishing* maupun stok dari *warehouse*. Produk yang hendak dilakukan proses CNC, secara visual harus bagus atau tidak ada yang lubang, dengan bentuk *flange* yang simetris antara kiri dan kanan.

**2. Input**

Selanjutnya adalah *input*. Bagian ini adalah peta perlengkapan produk *water pump*, antara lain berupa *finish good casting*, *cutting tools*, mesin CNC yang digunakan, jenis holder, alat ukur dan *jig fixture* yang digunakan.

**3. Process**

Tahap selanjutnya adalah peta proses dimana dimulai dari persiapan *detail drawing*, persiapan material, pengecekan program CNC, proses penyayatan produk, pengecekan dimensi, pemberian label hingga dilakukan inspeksi oleh tim *quality control*.

**4. Output**

Tahap keluaran atau *output* yang dihasilkan setelah seluruh proses dilakukan adalah produk *water pump* yang sudah sesuai CTQ secara dimensi dan visual. Hasil dari *output* ini dinamai *finish good CNC*.

**5. Customer**

Tahap terakhir setelah produk *water pump* sudah memenuhi standar dan kriteria CTQ, produk diserahkan pada *customer* langsung atau kepada pihak perantara, yakni *warehouse* sebagai hasil input *finish good CNC*.

**2. Measure Phase**

Tahap kedua setelah berhasil mendefinisikan *waste* terkritik dalam penerapan *Lean Six Sigma* yakni tahap

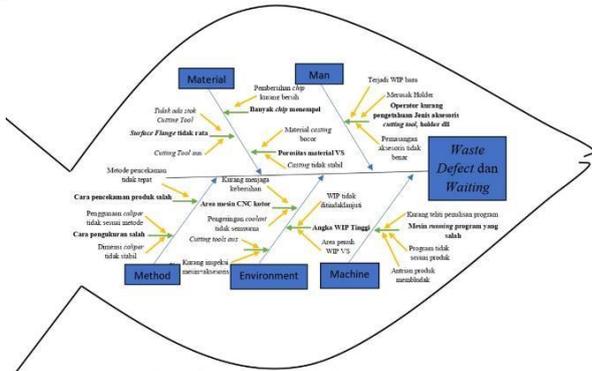
$$DPMO = 69178,6$$

$$\text{Nilai Sigma} = \text{NORMASINV}((1.000.000 - 69.178 / 1.000.000) + 1,5 (6)) = 2,98194$$

### 3. Analyze Phase

Tahap selanjutnya setelah dilakukan analyze. Tahap ini adalah proses menganalisis dimana terbukti bahwa masih tingginya angka *defect* dalam proses produksi *water pump* di area departemen CNC pasti memiliki penyebab utama. Berikut adalah beberapa cara untuk menganalisis penyebab prioritas. Penulis menggunakan tools diagram *fishbone* untuk menganalisis penyebab prioritas pada departemen CNC.

Berdasarkan wawancara analisis *fishbone* maka dapat disajikan Gambar 4 dibawah ini, dimana analisis penyebab utama terdapat pada sub sub akar dari setiap tulang pada diagram *fishbone*. Berikut adalah Gambar 4 akar penyebab permasalahan kedua *defect* dan *waiting* :



Gambar 4. Diagram *Fishbone Waste Defect dan Waiting*

Berikut adalah penjelasannya :

1. *Man*, berkaitan dengan operator (pekerja pengoperasian mesin CNC departemen CNC Perusahaan *Foundry*) yang bertugas menjalankan program CNC produk *water pump*. Berdasarkan pengamatan para *expert judgment* di lapangan, produktivitas/kinerja operator yang kurang maksimal ini disebabkan oleh operator kurang pengetahuan tentang jenis, kegunaan setiap aksesoris pada holder yang dipakai. Kejadian ini akan menyebabkan holder akan rusak.
2. *Material*, material pun memiliki peran yang cukup besar dalam kelancaran proses CNC departemen CNC, karena material yang harus digunakan memiliki visual yang *good casting*. Berdasarkan data, didapatkan

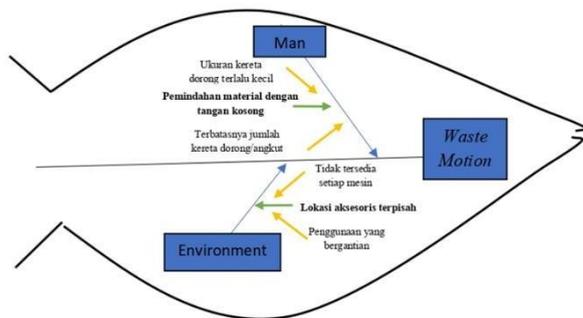
beberapa material yang mengandung porositas, sehingga material mengalami kebocoran/lubang yang diketahui setelah proses CNC dilakukan.

3. *Method*, metode yang salah pada pengecekan produk juga dapat mengakibatkan kesalahan yang fatal, contohnya *defect* pada produk *water pump* karena *chuck* tidak mencekam dengan sempurna *fixture* atau produk sehingga dimensi dan visual produk tidak tercapai, mesin akan mengalami kerusakan kecil atau besar.

4. *Machine*, seringkali operator yang menjalankan program yang salah, menjadikan *defect* dan *WIP (Work in Process)* beberapa produk *water pump*. Kejadian ini disebabkan salah satunya karena operator pun kurang teliti dan memahami pemrograman CNC yang benar. Bisa karena melakukan *running* program sebelumnya (program CNC beda produk), ataupun ada salah satu elemen program yang salah penulisan dan setting pengaturan pada mesin yang tidak disesuaikan dengan standar.

5. *Environment*, lingkungan departemen CNC yang kurang mendukung seperti kurang luasnya tempat kosong untuk pengklasifikasian produk, atau penuhnya area dikarenakan angka produk *WIP (Work in Process)* yang tinggi, juga dapat mengakibatkan *waste defect*. Contohnya produk *water pump* yang lama tertumpuk dan tidak diberikan *layer/lapisan* membuat goresan atau *defect* baru pada produk *water pump* dan harus dilakukan *rework* kembali.

Selanjutnya adalah analisis dari diagram *fishbone* dari *waste* kedua yakni *motion*. Berikut adalah penjelasan dari Gambar 5 :



**Gambar 5.** Diagram *Fishbone Waste Motion* Waste tertinggi kedua, adalah *motion*. Berdasarkan analisis *fishbone* pada Gambar 5 maka akar penyebab permasalahan *waste motion* yakni : *Man dan Environment*, berkaitan dengan *waste motion*, tidak sedikit operator yang bergerak kesana kemari dengan tidak banyak pertimbangan, karena kebutuhan *tools* yang bermacam-macam namun persediaannya sangat terbatas. Contoh, *caliper* produk, dimana setiap operator membutuhkan *caliper* untuk melakukan pengukuran produk *water pump*, *cutting tools* yang digunakan sebagai mata pisau penyayat pada mesin CNC, dimana jumlah dan jenis *cutting tools* ini tidak bisa diperkirakan apakah tersedia atau tidak di dalam kantor. Sehingga operator yang hendak memakai jenis lain, harus memastikan dahulu kepada *leader* dan *leader* baru akan

mengecek persediaannya. Hal ini sangat membuang waktu proses produk, dan mengakibatkan frekuensi *waste motion* sangat tinggi terjadi. Permasalahan perpindahan dalam pengangkutan produk *water pump* yang biasa terjadi di *value stream* adalah tidak adanya kereta dorong/kereta angkut produk pada setiap titiknya. Hal ini menyebabkan operator melakukan pengangkutan produk *water pump* secara mandiri (manual) dengan membawa per 2-3 pcs dengan jarak tempuh yang cukup jauh dari mesin CNC. *Waste motion* ini dinilai sangat merugikan perusahaan, karena dengan operator yang harus bergerak berulang kali, fokus bekerja akan cepat hilang, ditambah dengan tenaga yang dikeluarkan berlebihan, namun itu semua kegiatan itu tidak bernilai tambah (*Non Value Adding*).

#### **4. Improve Phase**

Proses perencanaan perbaikan dengan metode *LeanManufacturing* dilakukan secara *kaizen* (secara terus menerus). Kegiatan ini diharapkan dapat menjadi langkah awal untuk meminimalisir *defect* yang terjadi akibat akar penyebab utama tersebut. Berikut ini beberapa tindakan perbaikan berupa *correction action* tersebut dibuat bersama dengan *expert judgment* dengancara wawancara dan *brainstorming*. Langkah *improve* yang tepat dalam mengatasi hal diatas ialah :

- Melakukan perumusan SOP untuk standarisasi material *finish good casting* produk *water pump* dengan pihak departemen *casting* sebelum dilakukan serah terima ke departemen *CNC*.
- Mengestimasi kebutuhan *cutting tool* setiap 1 bulan sekali, agar pada saat tim *warehouse* terjadi kehabisan stok *cutting tool*/belum datang karena ada keterlambatan pengiriman, pihak departemen *CNC* dapat berjaga-jaga dan tidak sampai kehabisan persediaan.
- Melakukan *training* secara rutin minimal 1 kali dalam sebulan tentang materi pemahaman jenis *cutting tool*, masa pakai, kegunaan, pemasangan pada jenis holder, standar holder yang digunakan, metode pemasangan produk pada mesin (pencekaman, pemasangan *fixture*, pengaturan kecepatan mesin *CNC* dsb). Berikut direkomendasikan kartu *training operator*. Dengan adanya *training* rutin ini, *skill operator* dapat terus terasah dan handal dalam pengoperasian mesin *CNC*. Maka langkah selanjutnya adalah penetapan beberapa SOP maupun tata tertib baru untuk menjaga konsistensi langkah *improve* departemen *CNC*.

#### **5. Control Phase**

Hasil dari *continuous improvement* diatas diberikan standarisasi pengontrolan yang ketat dari tahap awal perlakuan produk *water pump* hingga menjadi *Finish Good CNC*. Tahap pengontrolan ini juga dapat dilakukan dengan perhitungan ulang nilai *sigma* dan *DPMO* untuk mengetahui kenaikan angka perbaikan yang signifikan, dan juga dilakukan dengan tujuan untuk menjaga konsistensi upaya perbaikan dalam meminimalkan *waste* yang terjadi.

#### 4. Kesimpulan

1. Terdapat 7 waste yang terjadi yaitu *waste* kecacatan produk (defect), kelebihan produksi (over production), waktu menunggu (waiting), transportasi (transportation), persediaan (inventory), perpindahan (motion), proses yang berlebih (excess processing). Berdasarkan kuisioner expert judgment ada 3 waste tertinggi yaitu waste defect, waiting dan motion.
2. Tingkat cacat atau defect (DPMO) pada proses CNC produk *water pump* adalah 69.178, dengan nilai sigma sebesar 2,98. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, hasil casting yang buruk, operator yang kurang pemahaman tentang jenis dan pemakaian aksesoris, kurangnya jumlah kereta angkut sehingga menimbulkan aktivitas yang tidak bernilai tambah atau Non Value Adding Activity (NVAA)
3. Faktor penyebab terjadinya waste defect waiting dan motion adalah karena 6 faktor utama yaitu :
  - a. Waste Defect dan Waiting
    - Faktor Material : Proses pembuatan casting yang tidak stabil dan tidak tersedianya aksesoris seperti cutting tool yang diperlukan
    - Faktor Man : Kesalahan operator dalam memasang aksesoris mesin
    - Faktor Method : Metode pengecaman produk *WATER PUMP* pada mesin CNC yang kurang tepat
  - b. Waste Motion
    - Faktor Man dan Environment : Ukuran kereta angkut produk yang terlalu kecil dan minim jumlahnya, penggunaan aksesoris mesin yang bergantian antara operator satu dengan yang lain.
4. Usulan perbaikan yang dicanangkan oleh penulis untuk meminimalkan waste dengan metode Kaizen faktor Man, Method, Man, Machine, Environment (4M+1E) yaitu melakukan detail correction action dari hasil wawancara expert judgment, pembuatan SOP dan tata tertib yang bisa meningkatkan efisiensi kinerja pada proses CNC. Tahap improve tersebut berhasil menurunkan nilai DPMO dari 69.178 menjadi 67.702 dan menaikkan 0,02 nilai sigma dari 2,98 menjadi 3,00. Usulan control yang dilakukan adalah dengan memberlakukan secara terus menerus (*kaizen*).

#### 5. Pustaka

Bakhtiar, S., Tahir, S. & Hasni, R. A. (2013). *Analisa Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode*

*Statistical Quality Control (SQC)*. **Malikussaleh Industrial Engineering Journal**, 2 (1), 29-36

- Dewi, A.P., Rachmadita, R. N. & Rachman, F., (2018). *Analisis Pengendalian Kualitas Pelapisan Baja Material Siku SS540 di PT. X dengan Menggunakan Metode SPC*. **Jurnal Metris** 19 (1), 25-30
- Garza-Reyes, J.A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., and Tan, K.H., (2018) *The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations*, **International Journal of Production Economics**, vol. 200, pp.170-180.
- Gaspersz, V. (1998). *Statistical Process Control Penerapan Teknik – Teknik Statistikal Dalam Manajemen Bisnis Total*. Jakarta: Gramedia.
- Godina, R., Matias, J.C.O & Azevedo, S. (2016). *Quality Improvement with Statistical Process Control in the Automotive Industry*, **International Journal of Industrial Engineering and Management**, 7 (1), 1-8.
- Nafisa, I., Karuniawan, B. W. & Rachman, F., (2022). *Penerapan Metode Six Sigma dalam Pengendalian Kualitas Produk E-Clip Railway di Perusahaan Foundry*. Surabaya, **Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya**.
- Montgomery, D. (1985) *Introduction To Statistical Quality Control*. **United States of America: John Wiley and Sons, Inc.**
- Praharsi, Y., Abu, M., Suhardjito, G. and Wee, H. (2019), "Modeling a traditional fishing boat building in east java, Indonesia", **Ocean Engineering**, Vol. 189, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106234.
- Praharsi, Y., Abu, M., Suhardjito, G. and Wee, H. (2019), "Lean management and analysis – an empirical study of a traditional shipbuilding industry in Indonesia", *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto*, **IEOM Society International**.
- Praharsi, Y., Abu, M., Suhardjito, G. and Wee, H. (2021), 'The Application Of Lean Six sigma And Supply Chain Resilience In Maritime Industry During The Era Of Covid-19', **International Journal of Lean Six sigma**, Vol. 12, No. 4, Pp. 800–834.
- Rosihanida, N.R., R.N. Rachmadita, & F.Rachman (2018). *Analisa Pengendalian Kualitas Proses Produksi Botol Pada Departemen Blow Molding Di Industri Packaging*. **Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application**