

Analisis Nilai Sigma Menggunakan Pendekatan DMAIC Pada Proses Inspeksi Kapal Tugboat

Vina Olivia, Yusuf Nurhuda, and Andrew W.P.Mantik

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

E-mail: Vinaolivia078@email.com

Abstrak

Penelitian ini menganalisis nilai Sigma menggunakan pendekatan *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk meningkatkan kualitas proses inspeksi kapal tugboat di PT. XYZ. Industri galangan kapal di Indonesia menghadapi persaingan ketat, menuntut produk berkualitas dan pengiriman tepat waktu sesuai dengan aspek *QCD* (*Quality, Cost, Delivery*). Metodologi penelitian kuantitatif digunakan dengan pengumpulan data statistik, wawancara *QC Inspector*, dan survei lapangan. Tahap *define* mengidentifikasi masalah kualitas yang berkaitan dengan *defect visual weld* dan kebocoran saat *leak test*. Diagram *SIPOC* digunakan untuk memahami interaksi proses. Pada tahap *measure*, perhitungan *Defect Per Million Opportunities* (*DPMO*) menunjukkan nilai rata-rata *DPMO* tertinggi pada Januari (235.135), diikuti Maret (225.912) dan Februari (183.256). Tingkat Sigma yang dihasilkan adalah 4.03 (Januari), 3.96 (Februari), dan 3.94 (Maret), yang meskipun baik, namun memerlukan peningkatan. Usulan perbaikan pada tahap *Improve* mencakup peningkatan kompetensi pekerja, pemeliharaan preventif mesin, manajemen material, pengembangan prosedur, dan perbaikan lingkungan kerja untuk kedua jenis *defect* tersebut. Diharapkan analisis Sigma dengan pendekatan *DMAIC* ini akan menghasilkan perbaikan berkelanjutan, meningkatkan kualitas produk, dan memperluas pangsa pasar global industri galangan kapal.

Kata kunci: DMAIC, Sigma, Kualitas

Abstract

This study analyzes the Sigma value using the *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) approach to enhance the quality of tugboat inspection processes at PT. XYZ the Indonesian shipbuilding industry faces intense competition, demanding quality products and timely delivery in line with *QCD* (*Quality, Cost, Delivery*) aspects. A quantitative research methodology was employed, involving statistical data collection, *QC Inspector* interviews, and field surveys. The *Define* phase identified quality issues related to visual weld defects and leak test discrepancies. A *SIPOC* diagram was utilized to understand process interactions. In the *Measure* phase, *Defect Per Million Opportunities* (*DPMO*) calculations showed the highest average *DPMO* in January (235,135), followed by March (225,912) and February (183,256). The resulting Sigma levels were 4.03 (January), 3.96 (February), and 3.94 (March), which, although considered good, necessitated further improvement. Proposed improvements in the *Improve* phase include enhancing worker competency, implementing preventive machine maintenance, improving material management, developing detailed procedures, and optimizing the working environment for both defect types. It is expected that this Sigma analysis using the *DMAIC* approach will lead to continuous improvement, increased product quality, and expanded global market share for the shipbuilding industry.

Keywords : DMAIC, Sigma, Quality

1 Pendahuluan

Industri galangan kapal di Indonesia merupakan salah satu bentuk dukungan terhadap target pemerintah saat ini, salah satu prioritas nasional yaitu menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia, kebijakan ini terdapat pada peraturan presiden republik Indonesia nomor 34 tahun 2022 tentang rencana aksi kebijakan kelautan Indonesia tahun 2021-2025 [1]. Sebagai penunjang kegiatan maritim di berbagai sektor salah satunya transportasi laut. Galangan kapal dituntut untuk mampu menyediakan produk kapal yang berkualitas, pengiriman dan penyerahan produk yang tepat waktu, dan pengeluaran yang serendah-rendahnya. Ketiga aspek ini dikenal dengan istilah *QCD (Quality, Cost, Delivery)* [2].

Kementerian Perindustrian mencatat, permintaan produksi kapal mengalami peningkatan pada akhir tahun 2022, kepercayaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan galangan nasional masih tinggi. Saat ini, Indonesia memiliki lebih dari 250 perusahaan galangan kapal dengan kapasitas produksi mencapai sekitar 1 juta *DWT (Dead weight Tonnage)* per tahun untuk pembangunan kapal baru, dan 127 industri pendukung yang memproduksi bahan baku dan komponen berstandar *marine use* [3]. Hal ini menjadikan industri galangan kapal berada pada pangsa pasar *red ocean*, upaya perusahaan agar dapat berkompetisi untuk mendapatkan pangsa pasar yang lebih besar di pasar yang sudah padat dan kompetitif ini, maka setiap perusahaan melakukan peningkatan diri dalam bentuk perbaikan kualitas produk yang dihasilkan. Adapun pengendalian kualitas yang dapat dilakukan seperti meminimalisir cacat produksi, mencegah kesalahan dalam pelayanan dan meningkatkan keterampilan para pekerjanya, hal ini yang dapat menjadi daya saing ataupun nilai jual baik galangan kapal domestik maupun internasional [4].

Tugboat merupakan salah satu produk yang dihasilkan pada industri galangan kapal, agar produk yang dihasilkan berkualitas, perlu adanya pengendalian mutu dalam setiap proses produksinya, yang menjadi fokus utama ataupun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu hanya menghitung nilai *defect* kapal *tugboat*, yang akan menjadi item dalam menghitung sigma hanya *defect visual weld, air test, mechanical, electrical* dan *commissioning*, periode menghitung nilai sigma hanya bulan Januari- Maret 2025, tidak adanya tahapan *control* pada penelitian ini.

Quality Control atau pengendalian kualitas kapal *tugboat* bertujuan untuk mengurangi *defect* yang terdapat pada proses inspeksi saat fabrikasi, *outfitting*, maupun *commissioning*. Apabila tidak adanya pengendalian kualitas produk, maka akan menimbulkan kerugian berupa peningkatan biaya perbaikan, tidak tepatnya target serta waktu produksi, dan penyimpangan yang tidak diketahui sehingga tidak dapat dilakukan perbaikan yang akibatnya *defect* akan terjadi berkelanjutan. Dengan adanya pengendalian kualitas dalam proses inspeksi maka penyimpangan yang terjadi dapat dijadikan sebagai alat perbaikan proses produksi dimasa mendatang [5].

Agar dapat mengurangi *defect* sekaligus sebagai alat pengendali mutu pada proses pembangunan kapal *tugboat* maka penulis mengimplementasikan analisis statistik yaitu dengan menghitung nilai *Sigma* menggunakan pendekatan *DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)* untuk mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab *defect* dalam suatu proses produksi kapal *tugboat* [6]. Penelitian ini hanya berfokus pada nilai *defect* proses inspeksi *visual weld, leak test, electrical check, mechanical*, dan *commissioning*. Analisis ini harapannya dapat memberi manfaat jangka panjang berupa perbaikan berkelanjutan di seluruh lini produksi, dengan meningkatnya kualitas produk, maka industri galangan kapal akan memperluas pangsa pasar di tingkat global.

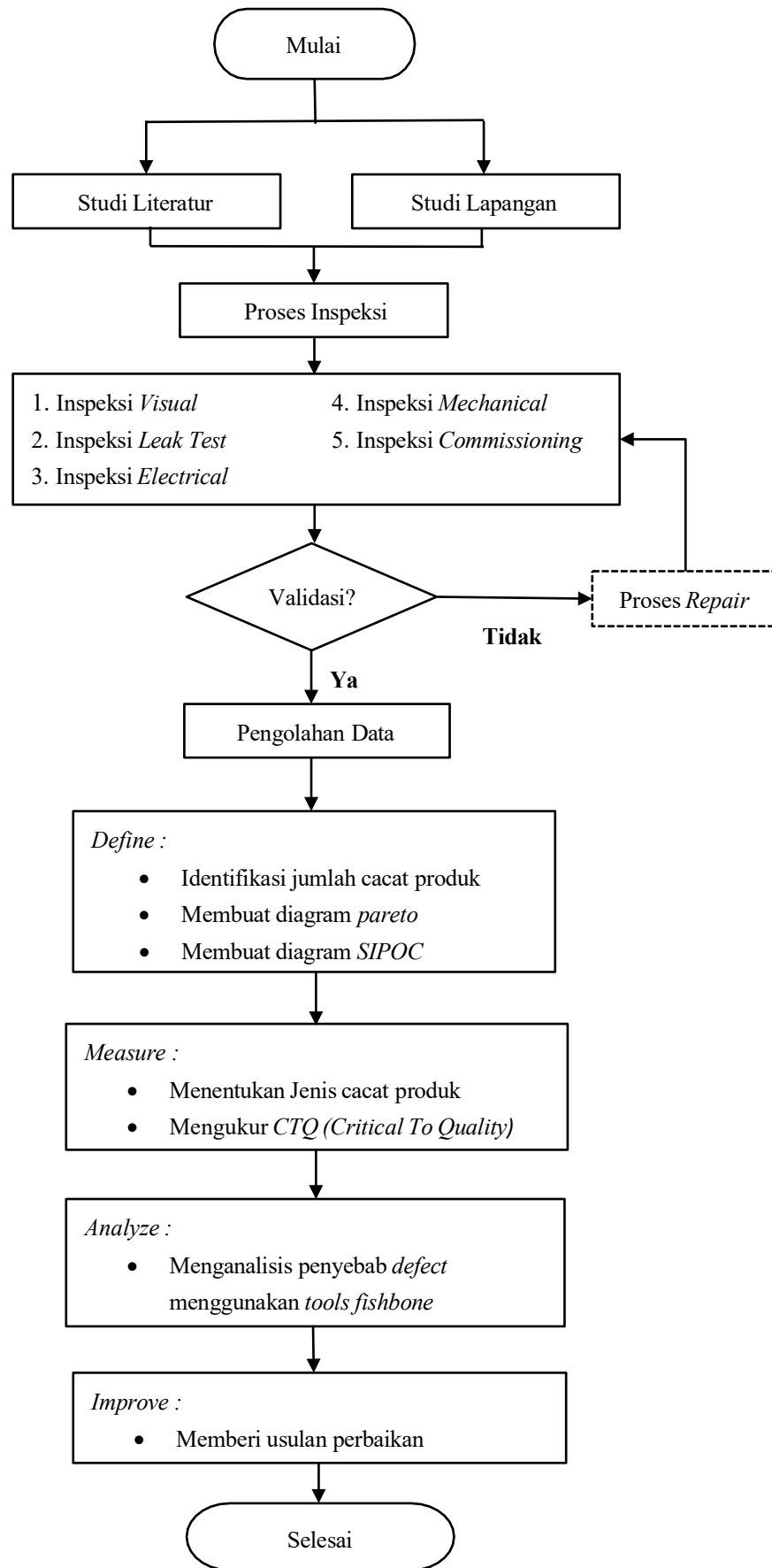
2 Metodologi Penelitian

Prosedur penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif untuk mengukur atau mengetahui nilai *sigma* menggunakan data statistik pada proses inspeksi kapal *tugboat* yang telah dilakukan. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan dalam pelaksanaan analisis *sigma* berupa pendekatan *DMAIC*. *Sigma* merupakan sebuah metode atau cara untuk mencapai kinerja operasi hanya 3,4 cacat pada setiap satu juta peluang. Metode *sigma* secara keseluruhan berdasarkan fakta, data, dan analisis statistik. *Sigma* memberi manfaat diantaranya adalah pengurangan biaya, peningkatan produktivitas, pertumbuhan pangsa pasar, pengurangan cacat serta pengembangan produksi atau jasa [7].

Variabel pada penelitian ini adalah nilai *defect* yang berdampak pada kualitas produk akhir, dalam hal ini yang akan menjadi sampel penelitian yaitu 17 unit kapal *tugboat* yang berlokasi di PT. XYZ. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara *QC Inspector* mengenai faktor penyebab *defect* beserta nilai *defect* dan survei lapangan. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah *software* statistik berupa excel, dan dokumen laporan berupa formulir *RFI (Request For Inspection)* maupun *protocol* hasil inspeksi pada bulan Januari sampai dengan Maret 2025. Parameter utama yang dianalisis meliputi *DPMO (Defect Per Million Opportunities)*, *sigma level*, area inspeksi, serta frekuensi *defect* yang paling sering terjadi.

2.1 Prosedur Penelitian

1. Metodologi penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur dengan mencari informasi dari jurnal yang relevan untuk memahami konsep, teori, dan hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik yang sedang diteliti.
 2. Studi literatur yang sudah didapatkan sebagai bahan landasan teori, dilanjutkan dengan studi lapangan dengan mengamati langsung proses inspeksi dan berinteraksi dengan *QC Inspector*.
 3. Pada tahap proses inspeksi yaitu melakukan beberapa kegiatan diantaranya pengukuran, pengujian seperti pengujian *air test* dan juga dokumentasi temuan.
 4. Pada proses pengumpulan dan pengolahan data, penulis memperoleh data dari *summary defect tugboat* oleh *team QC Inspector*.
 5. Setelah pengumpulan data *defect* per bulannya, maka pengolahan data dimulai dengan:
 - Tahap *Define*, mengidentifikasi proses apa yang akan menjadi evaluasi.
 - Tahap *Measure*, pada tahap ini menghitung sejauh mana kemampuan produksi serta mengetahui hasil produk dapat memenuhi kriteria kebutuhan pelanggan atau tidak.
 - Tahapan *Analyze*, mengidentifikasi penyebab dan akibat yang perlu dikendalikan menggunakan tools fishbone.
 - Tahap *Improve*, yaitu fase memperbaiki proses dan menghilangkan penyebab defect dengan mengambil tindakan korektif.
 - Tahapan *Control*, mengendalikan solusi yang sudah diimplementasikan [8].
- Gambar 1. di bawah ini merupakan diagram *flowchart* dari prosedur penelitian yang sudah dijelaskan di atas.



Gambar 1. Diagram Flow Chart

3 Analisa Data dan Pembahasan

3.1 Data Produk Defect

Berikut ini merupakan jumlah data *defect* pada produksi tugboat pada periode bulan Januari sampai Maret tahun 2025, adapun ditunjukkan pada tabel 1. berikut.

Tabel 1. Data Defect Tugboat

Bulan	Jumlah Produksi	Jenis Defect				
		Visual	Air Test	Mechanical	Electrical	Commissioning
Januari	2.406	811	190	14	0	0
Februari	3.224	1183	70	50	0	0
Maret	2.542	1058	230	76	0	0

Defect pada proses inspeksi kapal tugboat dikelompokkan menjadi 5, diantaranya adalah *Defect visual welding, defect air test, defect mechanical, defect electrical, dan defect commissioning.*

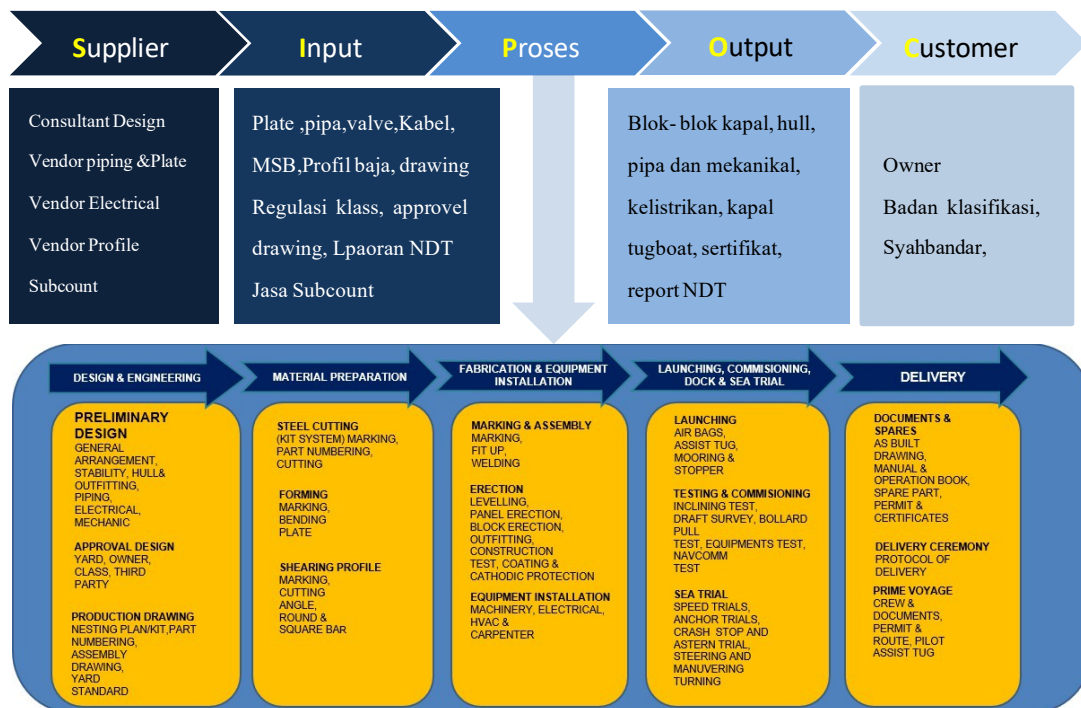
3.2 Tahap Define

Proses produksi kapal tugboat teridentifikasi mengalami kendala kualitas, ditandai dengan ketidaksesuaian produk terhadap spesifikasi teknis. Beberapa temuan cacat defect signifikan yang menjadi perhatian utama meliputi kesalahan dalam perakitan, adanya porositas di area tangki bahan bakar, serta kegagalan dalam uji kedekatan yang ditunjukkan oleh adanya kebocoran. Isu kualitas ini berimplikasi langsung pada mutu produk dan kepuasan pelanggan, sehingga memerlukan analisis proses yang komprehensif. Oleh karena itu, untuk dapat meningkatkan kualitas secara sistematis, perlu dilakukan pemetaan proses beserta interaksinya dan identifikasi pelanggan pada setiap tahap. Diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*) diadopsi sebagai metodologi untuk memvisualisasikan elemen-elemen tersebut guna mendukung inisiatif peningkatan proses [9].

3.2.1 Diagram SIPOC

Diagram *SIPOC* memberi gambaran mengenai kebutuhan proses beserta interaksinya.

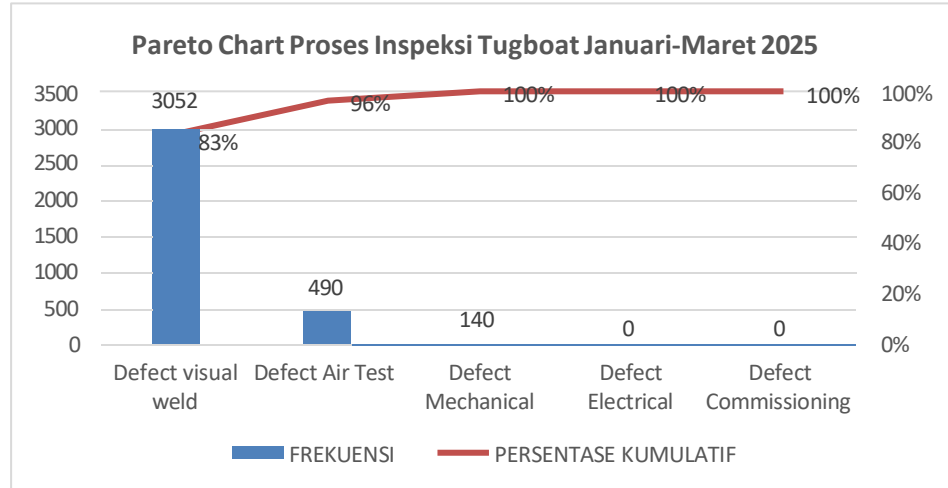
Diagram *SIPOC* akan produksi kapal tugboat disajikan pada gambar 2. di bawah ini.



Gambar 2. Diagram SIPOC

3.2.2 Diagram Pareto

Diagram pareto pada gambar 3. merupakan penyajian secara visual untuk membantu mengidentifikasi dan memprioritaskan masalah yang paling signifikan atau memiliki frekuensi kejadian tertinggi dalam sebuah proses.



Gambar 3. Diagram Pareto

Dari diagram pareto di atas dapat disimpulkan bahwa pada bulan Januari-Maret *defect* tugboat terbanyak terjadi pada *visual weld* sebesar 3052 *defect* dengan nilai persentase kumulatif 83%, selanjutnya *defect air test* dengan nilai *defect* sebesar 490, persentase kumulatif di angka 96%.

3.3 Tahap Measure

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan proses produksi dan sejauh mana produk yang dihasilkan dapat memenuhi kepuasan *customer*. Pada tahap ini pengukuran yang dilakukan melalui 2 tahap sebagai berikut:

a. Penentuan *Critical to Quality (CTQ)*

Merupakan karakteristik-karakteristik yang dapat menjadi penyebab hasil produksi kapal tugboat tidak dapat memenuhi harapan *customer*. Standar yang menjadi acuan dalam proses inspeksi *visual welding* adalah Rules BKI Part 1. *Seagoing Ship, Rules vol VI. Rules For Welding, 2024. Annex(F) Imperfections in welded joints in steel*. Berikut tabel 2. dari *QTC* beserta rules BKI mengenai toleransi *visual welding*.

Tabel 2. *QTC* dan Rules BKI *Welded Joints*

Defect	Critical To Quality (CTQ)	Rules Bki (ISO 5817)
Welding		Toleransi
Cracks	Kekuatan sambungan las	Not Permitted
Undercut	Kekuatan dan ketahanan lelah las	Continue undercut (Not Permitted)
Porositas	Kualitas dan kerapatan las	Not Permitted
Penetrasi Tidak Sempurna	Kekuatan dan keutuhan las	$h \leq 0,2 t$, but max 2 mm / Not permitted
Spatter	Bentuk dan dimensi kapal	Permitted, if the properties of the parent metal are not affected
Air Test		Toleransi
Kebocoran	Kerapatan kompartemen/tangki	Not Permitted
Mechanical		Toleransi
Kerusakan Mesin, sistem, pompa	Performa dan kehandalan propulsi	Not Permitted
Electrical		Toleransi
Gangguan Sistem Kelistrikan Utama dan Navigasi	Ketersediaan daya untuk operasi kapal, keandalan navigasi	Not Permitted
Commissioning		Toleransi
Sistem Tidak Berfungsi Penuh	Kesiapan operasional kapal	Not Permitted

b. Penentuan *Baseline* Kinerja

Pada tahap ini, tingkat kinerja perusahaan sebelum sigma di implementasikan diukur. Langkah-langkah untuk mengukur *baseline* kinerja sebagai berikut :

1. Menentukan periode pengujian
2. Menghitung banyaknya produk yang akan diinspeksi dalam satu periode
3. Menghitung jumlah produk *defect*
4. Menuliskan jumlah *CTQ* potensial penyebab terjadinya cacat produk
5. Menghitung nilai *DPMO* dengan menggunakan rumus $\frac{Defect}{Total Opportunity} \times 1.000.000$
6. Nilai *DPMO* selanjutnya akan dikonversikan kedalam tingkat sigma. Tabel 3. di bawah ini menunjukkan perhitungan nilai *DPMO* dan tingkat sigma pada bulan Januari – Maret [11].

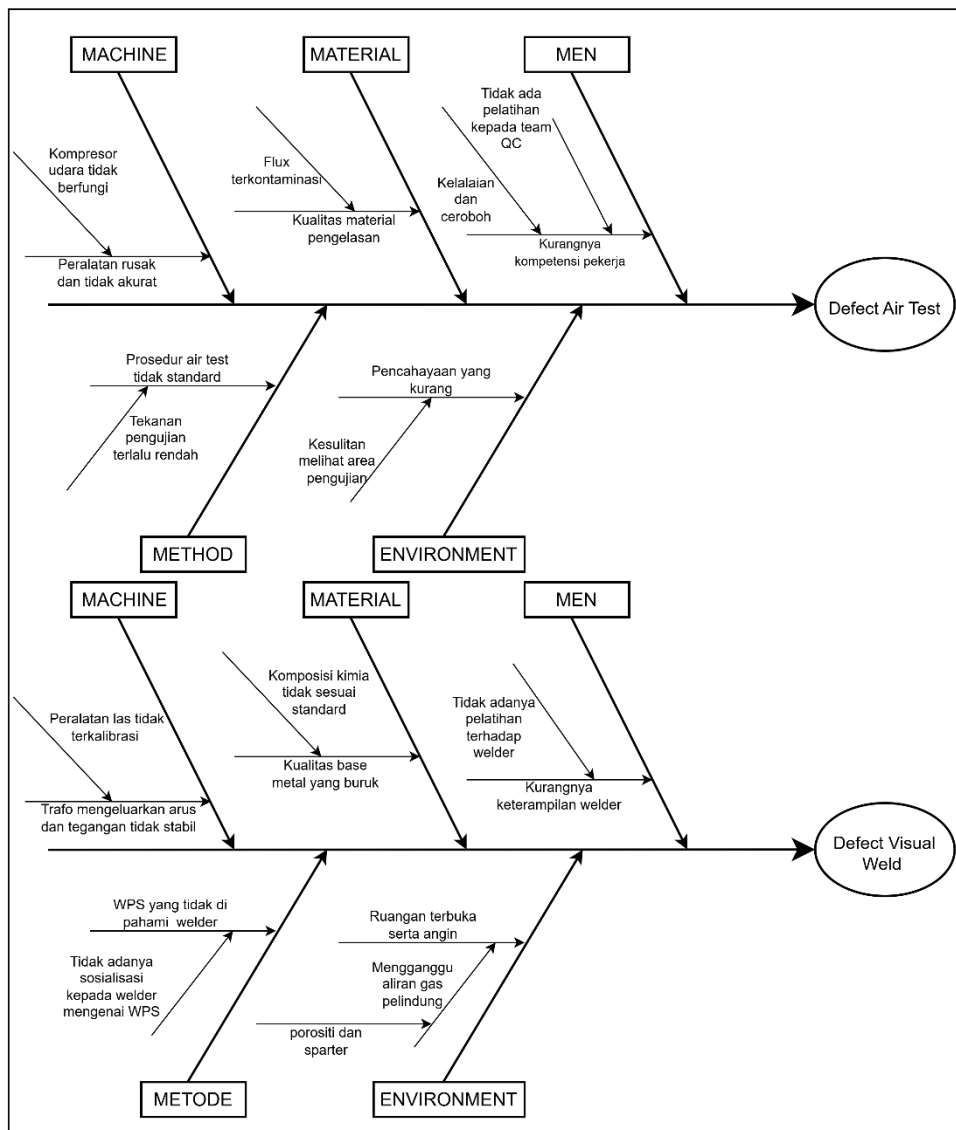
Tabel3. Nilai *DPMO* dan Tingkat Sigma

Produk (PS)	DPMO (JANUARI)					AVG	Z	α
	Fab	Air Test	Electrical	Mech	Comm			
100127	23.559	10416,6667	62500	0	0	16.079	2,14	3,64
100128	35.714	142857,143	0	0	0	29.762	1,88	3,38
100179	62.500	0	0	0	0	10.417	2,30	3,80
100180	32.230	0	0	0	0	5.372	2,55	4,05
100203	0	0	62500	0	0	10.417	2,30	3,80
100205	18.421	166666,667	62500	0	0	41.265	1,73	3,23
100206	15.038	150000	104166,67	0	0	44.867	1,69	3,19
100207	44.643	153225,806	0	0	0	32.978	1,83	3,33
100208	42.208	0	0	0	0	7.035	2,45	3,95
100209	33.693	0	0	0	0	5.615	2,53	4,03
100210	38265,3	0	0	0	0	6.378	2,49	3,99
100211	31887,7	0	0	0	0	5.315	2,55	4,05
100214	62500	0	0	0	0	10.417	2,30	3,80
100215	33.958	0	0	0	0	5.660	2,53	4,03
100216	21358,5	0	0	0	0	3.560	2,69	4,19
JANUARI						235.135	2,53	4,03
FEBRUARI						183.256	2,46	3,96
MARET						225.912	2,44	3,94

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata *DPMO* (*Defect Per Million Opportunities*) selama 3 bulan yaitu sebesar 235.135 pada bulan Januari, 183.256 pada bulan Februari dan 225.912 pada bulan Maret. Nilai ini berarti dari sejuta kesempatan yang ada akan terdapat kemungkinan kegagalan dengan nilai *DPMO* berdasarkan nilai yang telah dituliskan di atas. Nilai sigma yang dihasilkan dari data di atas sebesar 4,03 pada bulan Januari, 3,96 pada bulan Februari, dan 3,94 pada bulan Maret. Pencapaian nilai sigma ini sudah termasuk baik, akan tetapi perlu adanya peningkatan kembali sehingga dapat meminimalkan permasalahan untuk meningkatkan kualitas dalam rangka menjamin produk yang dihasilkan.

3.4 Tahap *Analyze*

Berdasarkan diagram pareto pada gambar 3.2 fokus perbaikan dilakukan pada *defect visual* dengan persentase kumulatif 83% dan selanjutnya jenis kecacatan kedua yaitu *defect air test* dengan persentase kumulatif 96%. Nilai persentase kumulatif ini menjadi alasan dilakukannya identifikasi dengan menggunakan *fishbone diagram* untuk mengetahui sebab akibat pada kedua jenis defect yang terdapat pada gambar 4. di bawah ini.



Gambar 4. Diagram Fishbone

3.5 Tahap Improve

Berdasarkan analisis penyebab utama kecacatan, dua *defect* dengan nilai *DPMO* tertinggi adalah *visual weld* dan *air test*. Sebagai tindak lanjut, tabel 4. berikut merinci usulan tindakan perbaikan yang spesifik untuk mengatasi *defect air test* guna menekan tingkat kecacatan produk

Tabel4. Usulan Perbaikan Defect Air Test

UNSUR	FAKTOR PENYEBAB	USULAN PERBAIKAN
<i>Men</i>	Pekerja kurang berkompeten	Diberi SOP atau pelatihan
<i>Machine</i>	Alat air test rusak	Pemeliharaan preventif
<i>Material</i>	Material terkontaminasi	Manajemen material
<i>Method</i>	Tekanan tidak sesuai	Kembangkan prosedur terperinci
<i>Environment</i>	Kesulitan melihat area test	Penggunaan senter kualitas baik

Tindakan perbaikan pada *defect visual weld* yang sudah diidentifikasi penyebabnya pada diagram *fishbone* pada gambar 4. terdapat pada tabel 5. berikut:

Tabel 5. Usulan Perbaikan Defect Visual Weld

UNSUR	FAKTOR PENYEBAB	USULAN PERBAIKAN
<i>Man</i>	Poor welder	Diadakan welder test dan welder school
<i>Machine</i>	Trafo mengeluarkan arus tidak stabil	Pemeliharaan preventif terjadwal/ kalibrasi mesin
<i>Material</i>	Kualitas base metal yang buruk	Inspeksi material incoming dan manajemen penyimpanan
<i>Method</i>	Welder tidak memaham WPS	Implementasi WPS ketat, verifikasi parameter las
<i>Environment</i>	Ruangan pengelasan terbuka dan angin	Menyediakan area pengelasan tertutup, sediakan pelindung angin (screen)

4 Kesimpulan & Saran

Berdasarkan perhitungan *DPMO (Defect Per Million Opportunities)* selama periode Januari hingga Maret 2025, nilai rata-rata *DPMO* tertinggi tercatat pada bulan Januari (235.135), diikuti oleh Maret (225.912) dan Februari (183.256). Nilai ini menunjukkan bahwa dari satu juta kesempatan, terdapat kemungkinan kegagalan sesuai dengan nilai *DPMO* yang disebutkan. Tingkat sigma yang dihasilkan menunjukkan angka 4,03 pada bulan Januari, 3,96 pada bulan Februari, dan 3,94 pada bulan Maret. Meskipun pencapaian nilai sigma ini sudah termasuk baik, penelitian menggarisbawahi perlunya peningkatan lebih lanjut untuk meminimalkan permasalahan guna menjamin kualitas produk yang dihasilkan.

Usulan perbaikan telah dirumuskan untuk *defect air test* dan *defect visual weld* berdasarkan analisis akar masalah dari diagram *fishbone*. Untuk *defect air test*, usulan perbaikan mencakup pemberian SOP atau pelatihan untuk pekerja yang kurang berkompeten, pemeliharaan preventif untuk alat *air test* yang rusak. Sementara itu, usulan perbaikan untuk *defect visual weld* meliputi mengadakan *welder test* dan *welder school* untuk mengatasi *poor welder*, pemeliharaan preventif terjadwal/kalibrasi mesin untuk trafo yang mengeluarkan arus tidak stabil, inspeksi material *incoming* dan manajemen penyimpanan untuk kualitas *base metal* yang buruk, implementasi WPS ketat dan verifikasi parameter las bagi *welder* yang tidak memahami WPS, serta menyediakan area pengelasan tertutup dan pelindung angin untuk mengatasi ruangan pengelasan terbuka dan angin.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa dengan mengimplementasikan analisis Sigma menggunakan pendekatan DMAIC dan usulan perbaikan yang telah diidentifikasi, selain itu nilai sigma ini dapat dijadikan evaluasi terhadap kinerja *subcont* pada saat meeting bulanan yang rutin diadakan setiap bulannya di PT. XYZ, diharapkan dapat terjadi perbaikan berkelanjutan di seluruh lini produksi, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas produk dan memperluas pangsa pasar industri galangan kapal di tingkat global.

Mengingat adanya beberapa batasan dalam penelitian ini, serta potensi pengembangan yang ada, disarankan beberapa arah penelitian dan tindak lanjut diantaranya adalah tidak hanya menghitung nilai *defect* pada kapal tugboat namun dapat menghitung nilai *defect* pada kapal-kapal yang besar seperti *barge*, *crane barge*. Selain itu penelitian ini dapat disempurnakan dengan menambah *defect painting* dan *blasting* yang juga sangat *crucial*, yang terakhir menerapkan tahapan *control* pada pendekatan penelitian dengan harapan usulan perbaikan dapat dilakukan evaluasi.

5 Daftar Pustaka

- [1] B. Sajiwo Santoso *et al.*, “Bramanda Sajiwo Santoso.” [Online]. Available: <https://kkp.go.id/artikel/12993-laut-masa-depan-bangsa-mari-jaga-bersama>
- [2] T. A. R. Raden Vina Iskandya Putri1, “‘Бсп За България’ Е Под Номер 1 В Бюлетината За Вота, Герб - С Номер 2, Пп-Дб - С Номер 12,” *Peran Kepuasan Nasabah Dalam Memediasi Pengaruh Cust. Relatsh. Mark. Terhadap Loyal. Nasabah*, vol. 2, no. 3, pp. 310–324, 2023, [Online]. Available: <https://bnr.bg/post/101787017/bsp-za-balgaria-e-pod-nomer-1-v-buletinata-za-vota-gerb-s-nomer-2-pp-db-s-nomer-12>
- [3] J. Hasil Karya Ilmiah, D. Ali Mustofa, A. Wibawa Budi Santosa, A. Trimulyono, and L. Kapal-Kapal Kecil Dan Perikanan, “JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Optimalisasi Penjadwalan Ulang Pekerjaan Reparasi Kapal TB. Orion Harbour dan TB. Pandora Harbour Dengan Shop Level Planning and Scheduling Menggunakan CPM,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 11, no. 3, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [4] P. D. R. Jannaah and Y. C. Winursito, “Analisis total quality control hasil pengelasan bengkel welding MO & EO PT XYZ menggunakan metode basic seven tools dan new seven tools,” *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 573–584, Jan. 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.39919.
- [5] N. M and M. N. Sari, “Analisis Total Quality Control Sebagai Upaya Untuk Meminimalisir Resiko Kerusakan Produk,” *JEKPEND J. Ekon. dan Pendidik.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.26858/jekpend.v6i1.40081.
- [6] N. Nadila, “Analisis Mutu Hasil Uji Radiografi Pengelasan Lambung Kapal Tunda 2 X 2200 Hp Type Asd= Quality Analysis of Radiographic Test ...,” 2023, [Online]. Available: http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/35710/%0Ahttp://repository.unhas.ac.id/id/eprint/35710/2/D031191012_skripsi_26-02-2024_bab_1-2.pdf
- [7] P. Fithri, “Six Sigma Sebagai Alat Pengendalian Mutu Pada Hasil Produksi Kain Mentah Pt Unitex, Tbk,” *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 14, no. 1, p. 43, 2019, doi: 10.14710/jati.14.1.43-52.
- [8] N. Baldah, “Analisis Tingkat Kecacatan Dengan Metode Six Sigma Pada Line Tgsw,” *EKOMABIS J. Ekon. Manaj. Bisnis*, vol. 1, no. 01, pp. 27–44, 2020, doi: 10.37366/ekomabis.v1i01.4.
- [9] W. O. Widarto, A. Firdaus, and A. Kusumawati, “Analisis Pengendalian Kualitas Air Minum dalam Kemasan Menggunakan Metode Six Sigma,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 5, no. 1, p. 17, 2019, doi: 10.30656/intech.v5i1.1460.
- [10] Y. name here, “Rules for Classification and Construction Part 1 Seagoing Ships RULES FOR WELDING,” vol. VI, 2024, [Online]. Available: www.bki.co.id
- [11] T. C. Widodo, “Analisa Pengendalian Kualitas Resin Abc Menggunakan Six Sigma Di Pt. Pardic Jaya Chemicals,” *J. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 51–62, 2019, doi: 10.31000/jt.v1i2.1459.