

Usulan Perbaikan Kualitas Motor BLDC 2KW Menggunakan *Six Sigma* di PT.Pindad

Fadillah Gustiani^{*}, Puti Renosori, Chaznin R. Muhammad

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

fadillahgustiani0832@gmail.com, putirenosori@yahoo.co.id, chaznin_crm@yahoo.com

Abstract. PT. Pindad, as a state-owned manufacturing enterprise, is experiencing quality issues with one of its products, specifically the 2 KW BLDC Motor, which had an average defect percentage of 10.05% in 2024. This research aims to identify the causes of defects and propose improvements using the Six Sigma DMAIC method. In the Define stage, a SMART-based improvement project was successfully formulated, including team structure and SIPOC process mapping. The Measure stage identified customer CTQs (performance, cost, reliability) and determined the types of defects, namely noise (39%), damaged screw holes (32%), and engine error (29%), while establishing an initial performance baseline of Sigma level 3.33 (DPMO 33,421). The Analyze stage utilized a Fishbone Diagram and FMEA to reveal root causes related to human factors, materials, methods, machinery, and environment. Risk analysis produced the highest RPN (512) for the issue of inadequate material hardness. The Improve stage, using the 5W+1H method, generated thirteen specific improvement proposals based on RPN values to enhance process capability from the original Sigma 3.33 to Sigma 4.00. The implementation of these proposals is expected not only to significantly reduce product defects but also to strengthen the quality assurance system and improve product reliability in the long term.

Keywords: *Six Sigma, DMAIC, FMEA.*

Abstrak. PT. Pindad, sebagai BUMN manufaktur, mengalami masalah kualitas pada salah satu produk yaitu Motor BLDC 2 KW dengan tingkat persentase cacat rata-rata 10,05% pada 2024. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab cacat dan memberikan usulan perbaikan dengan metode Six Sigma DMAIC. Tahap Define berhasil merumuskan proyek perbaikan berbasis SMART, struktur tim, dan pemetaan proses SIPOC. Tahap Measure mengidentifikasi CTQ pelanggan (kinerja, biaya, keandalan) dan mendapatkan jenis cacat, yaitu *noise* dengan tingkat persentase 39%, rusak lubang baut 32% dan *engine error* 29% serta menetapkan baseline kinerja awal sebesar sigma 3,33 (DPMO 33.421). Tahap Analyze menggunakan Fishbone Diagram dan FMEA berhasil mengungkap akar penyebab dari faktor manusia, material, metode, mesin, dan lingkungan. Analisis risiko menghasilkan RPN tertinggi (512) pada masalah kekerasan material yang tidak memadai. Tahap *Improve* dengan menggunakan metode 5W+1H menghasilkan tiga belas usulan perbaikan spesifik berdasarkan nilai RPN untuk meningkatkan kapabilitas proses yang semula sigma 3,33 menjadi sigma 4,00. Implementasi usulan ini diharapkan tidak hanya mengurangi cacat produk secara signifikan, tetapi juga memperkuat sistem jaminan kualitas dan meningkatkan keandalan produk dalam jangka panjang.

Kata Kunci: *Six Sigma, DMAIC, FMEA.*

A. Pendahuluan

PT. Pindad merupakan salah satu perusahaan milik negara (BUMN) di Indonesia yang bergerak di bidang industri manufaktur, produk yang dihasilkan diantaranya adalah senjata, munisi, kendaraan khusus, alat berat, peralatan industri dan jasa, infrastruktur perhubungan, layanan pertambangan, dan *cyber security*. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pembimbing lapangan, diketahui bahwa Divisi MRO pada Departemen Produksi dan Elektrik memiliki beberapa kendala yang diketahui sering terjadinya produk cacat yang muncul selama proses produksi, sementara perusahaan tidak menerapkan proses *rework* untuk memperbaiki produk yang bermasalah. Akibatnya, setiap produk yang tidak sesuai standar kualitas langsung dikategorikan sebagai cacat dan tidak dapat dipasarkan. Hal ini tidak hanya menimbulkan penumpukan produk cacat, kerugian dari sisi biaya, dan juga menurunkan efektivitas produksi secara keseluruhan.

Oleh karena itu, peningkatan kualitas melalui pengendalian proses yang lebih ketat menjadi hal yang sangat penting untuk dilakukan agar jumlah cacat dapat ditekan dan produk yang dihasilkan benar-benar memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Produk yang mengalami kendala dalam pengendalian kualitas pada saat produksi, yaitu Motor BLDC 2 KW, Motor BLDC 5 KW, Motor Permanent Magnet 25 KW, Motor Permanent Magnet 75 KW, Motor Traksi 100 KW, Motor 2 Traksi 155 KW, Motor Traksi 180 KW, Motor Traksi Repowering Holec 180 KW, Stator Generator Type 1FC7 1MW. Pada Tabel 1.1 merupakan data jumlah produksi dan jumlah produk cacat di departemen produksi dan elektrik periode 2024(2)

Tabel 1. Data Jumlah Produksi dan Jumlah Produk Cacat di Departemen Produksi dan Elektrik Periode 2024

Produk	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat	% Kecacatan
Motor BLDC 2 KW	15.290	1.533	10,05%
Motor BLDC 5 KW	12.367	787	6,36%
Motor Permanent Magnet 25 KW	7.890	346	4,39%
Motor Permanent Magnet 75 KW	8.540	479	5,61%
Motor Traksi 100 KW	11.120	502	4,51%
Motor Traksi 155 KW	9.770	512	5,24%
Motor Traksi 180 KW	9.605	409	4,26%
Motor Traksi Repowering Holec 180 KW	8.450	269	3,18%
Stator Generator Type 1FC7 1MW	6.980	213	3,05%

Sumber: PT. Pindad Persero

Tabel 1 menunjukkan bahwa Motor BLDC 2 KW menjadi fokus utama penelitian karena tingkat cacat produk ini tercatat mencapai 10,05% paling tinggi dari produk lainnya dan melebihi standar yang telah ditetapkan perusahaan yaitu 3,20%. Permasalahan ini menunjukkan perlunya perbaikan yang lebih efektif untuk menekan jumlah produk cacat yang tidak lolos pengendalian kualitas. Salah satu metode yang tepat untuk mengatasi hal ini adalah *Six Sigma*, karena mampu mengidentifikasi dan menghilangkan akar penyebab cacat melalui pendekatan data yang sistematis.

Penerapan *Six Sigma* tidak hanya menurunkan tingkat cacat, tetapi juga meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi biaya produksi, dan menjaga kepuasan pelanggan. Dengan tahapan *Six Sigma* yaitu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), dapat membantu proses perbaikan berjalan secara terstruktur dan berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kecacatan produk Motor BLDC 2 KW pada proses produksi, menghitung tingkat kapabilitas sigma melalui perhitungan nilai sigma berdasarkan DPMO, serta memberikan usulan perbaikan kualitas menggunakan metode *Six Sigma* untuk meminimalkan tingkat kecacatan produk tersebut.

Sigma adalah ukuran yang menunjukkan seberapa jauh data dalam suatu proses menyebar dari nilai rata-ratanya. Sebuah proses yang mampu beroperasi pada atau mendekati tingkat *Six Sigma* umumnya memiliki tingkat kerusakan yang sangat kecil, tidak melebihi beberapa bagian dalam satu juta unit (ppm), bahkan ketika terjadi sedikit pergeseran pada nilai rata-rata. Secara statistik, kondisi ini dianggap sebagai pencapaian tanpa kesalahan (*zero defects*) (Gasperz, 2002).

B. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *Six Sigma* dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk menganalisis serta mengurangi tingkat kecacatan pada produk Motor BLDC 2 KW di Divisi *Maintenance Repair and Overhaul* (MRO) PT Pindad melalui penerapan metode *Six Sigma*. Berikut tahapannya:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi dan studi dokumen di PT.Pindad. Tujuan dari proses pengumpulan data untuk mengumpulkan data primer dan data sekunder yang akan digunakan dalam pengolahan data.

2. Pengolahan Data

Langkah berikutnya adalah mengolah data tersebut berdasarkan metode *Six Sigma* melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*). Berikut terdapat langkah langkah proses pengerjaan:

Tahap *Define*

Tahap *Define* yaitu fase untuk mengenali serta merumuskan permasalahan yang akan diselesaikan (Gaspersz, 2002). Tahapan ini mencakup beberapa poin penting, antara lain:

- Pernyataan tujuan proyek. Disusun untuk menjelaskan secara rinci isu-isu utama serta sasaran yang ingin dicapai, dengan berlandaskan pada prinsip SMART.
- Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma*. Untuk memastikan setiap individu mengetahui perannya dalam proyek.
- Proses – proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya. diidentifikasi menggunakan alat SIPOC (*Suppliers-Inputs-Processes-Outputs-Customers*). Membantu memetakan semua elemen penting yang terkait dalam proyek perbaikan proses yang mungkin belum tercover secara menyeluruh.

Tahap *Measure*

Tahap *Measure* yang berfokus pada pengukuran kondisi proses saat ini mencakup tiga aktivitas pokok yang harus dilaksanakan, diantaranya:

- Menetapkan karakteristik kualitas (CTQ). CTQ merujuk pada elemen-elemen kualitas yang dianggap penting oleh pelanggan.
- Diagram pareto. Diagram pareto membantu dalam memetakan permasalahan berdasarkan frekuensi atau dampaknya, sehingga sumber masalah yang paling signifikan dapat diatasi terlebih dahulu.
- Menghitung DPMO dan kapabilitas *sigma*. DPMO digunakan sebagai alat ukur tingkat kegagalan dengan melihat jumlah kesalahan dari satu juta kemungkinan kesalahan yang dapat terjadi dengan menggunakan persamaan:

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Defect}}{(\text{Jumlah item yang diperiksa} \times \text{CTQ Potensial})} \times 1.000.000 \quad \dots(1)$$

Tahap *Analyze*

Gaspersz (2002) menyatakan bahwa tahap *Analyze* adalah tahap ketiga dalam pendekatan *Six Sigma*. Dalam langkah ini, beberapa kegiatan yang dilakukan antara lain:

- Menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*. Target kinerja ditetapkan berdasarkan prinsip SMART agar dapat mengukur sejauh mana proses sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
- Mengenali akar penyebab terjadinya kecacatan atau kegagalan. Diagram Fishbone digunakan untuk mengidentifikasi dan menjabarkan secara rinci berbagai faktor penyebab suatu masalah, sehingga membantu dalam menemukan akar permasalahan secara sistematis.
- Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dipakai untuk mengenali dan mencegah sebanyak mungkin potensi kegagalan dalam produk, proses, atau sistem sebelum kegagalan tersebut benar-benar terjadi.

Tahap *Improve*

Tahap *Improve* mencakup rekomendasi perbaikan yang berkaitan dengan isu yang dibahas dalam penelitian. Dalam tahap ini, menggunakan metode 5W+1H.

Tahap *Control*

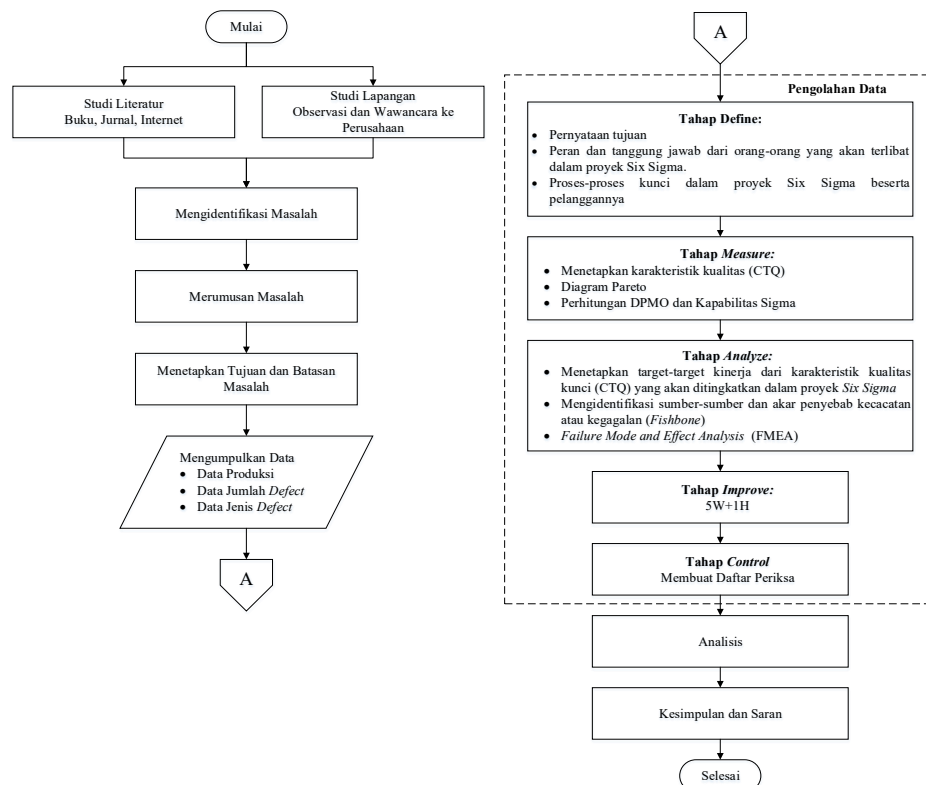
Tahap *Control* merupakan fase terakhir dalam proses *Six Sigma*, di mana fokusnya adalah mengendalikan faktor-faktor penyebab masalah agar proses tetap stabil dan kerusakan atau gangguan tidak terulang kembali.

3. Analisis

Analisis dilakukan terhadap hasil pengolahan data. Hasil analisis yang didapat seperti informasi jumlah cacat terbanyak, penyebab dan jenis kecacatan produk.

4. Kesimpulan dan Saran

Dalam bagian kesimpulan dan saran, disajikan hasil pembahasan yang telah dianalisis secara menyeluruh. Kesimpulan bertujuan memberikan jawaban atas rumusan masalah penelitian, sedangkan saran ditujukan untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 adalah tahapan penelitian produk Motor BLDC 2 KW di Divisi *Maintenance Repair and Overhaul* (MRO) PT. Pindad

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berikut hasil dari proses pengolahan data menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) yang mendukung upaya perbaikan yang lebih efektif dalam menekan jumlah produk cacat.

Tahap *Define*

Tahap *Define* dilakukan untuk mengidentifikasi serta merumuskan permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian. Tahapan pendefinisian dimulai dengan pernyataan tujuan proyek *sigma*, Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma* dan Proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya.

Tabel 2 Pernyataan Tujuan Proyek *Six Sigma* Pengendalian Kualitas Produk Motor BLDC 2 KW

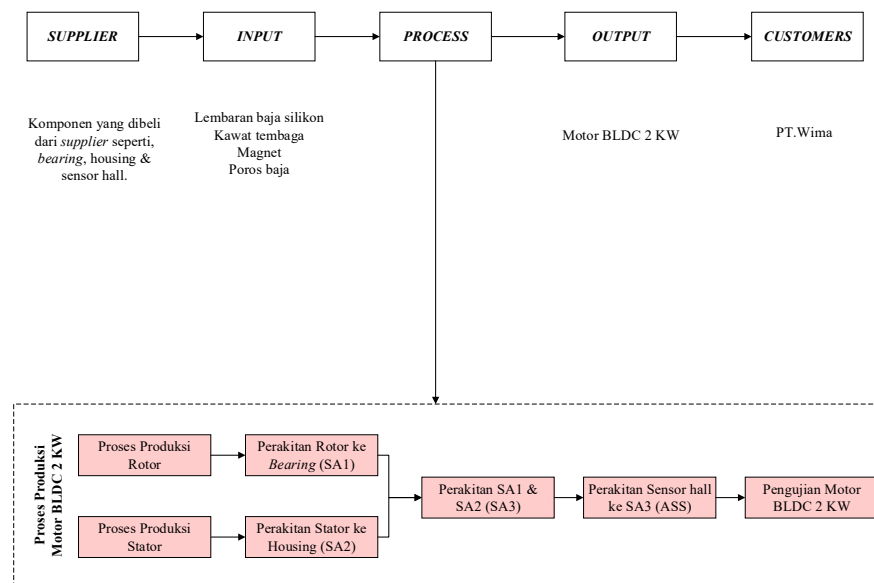
PROYEK <i>SIX SIGMA</i> PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK MOTOR BLDC 2 KW	
Pernyataan Permasalahan	Berdasarkan wawancara dan studi dokumen pernyataan tujuan dari proyek <i>Six Sigma</i> untuk pengendalian kualitas produk Motor BLDC 2 KW ditemukan kecacatan pada produk Motor BLDC 2 KW. Kecacatan ini menimbulkan penumpukan produk cacat yang tidak adanya proses <i>rework</i> sehingga menimbulkan kerugian bagi PT. Pindad dan kepuasan konsumen belum tercapai dengan baik.
Pernyataan Tujuan	Tujuan dilakukan proyek <i>Six Sigma</i> ini adalah untuk meningkatkan pencapaian target-target kualitas produk Motor BLDC 2 KW dengan menurunkan nilai DPMO dan peningkatan kapabilitas proses. Tujuan tersebut dapat dicapai dengan memberikan usulan perbaikan dan usulan kondisi optimal pada faktor yang mempengaruhi terjadinya kecacatan.
Ruang Lingkup	Lingkup pada proyek ini adalah pada perbaikan kualitas produk Motor BLDC 2 KW. Proyek peningkatan kualitas ini dilakukan sampai pada tahap control.

Tabel 2 adalah pernyataan tujuan yang mendefinisikan permasalahan, nilai-nilai utama, serta sasaran yang ingin dicapai dalam proyek berdasarkan prinsip SMART (*specific, measurable, achievable, result-oriented, dan time bound*) pada pengendalian kualitas produk Motor BLDC 2 KW.

Tabel 3. Peran Orang Terlibat dalam Proyek *Six Sigma* di PT. Pindad

No	Peran Generik	Peran Orang Yang Terlibat
1	<i>Senior Champions</i>	General Manager MRO
2	<i>Champions</i>	Manager Produksi & Elektrik
3	<i>Master Black Belts</i>	Junior Manager Elektrik
4	<i>Black Belts</i>	Kepala Teknisi Elektrik
5	<i>Green Belts</i>	<i>Supervisor</i>
6	Anggota Tim	Operator

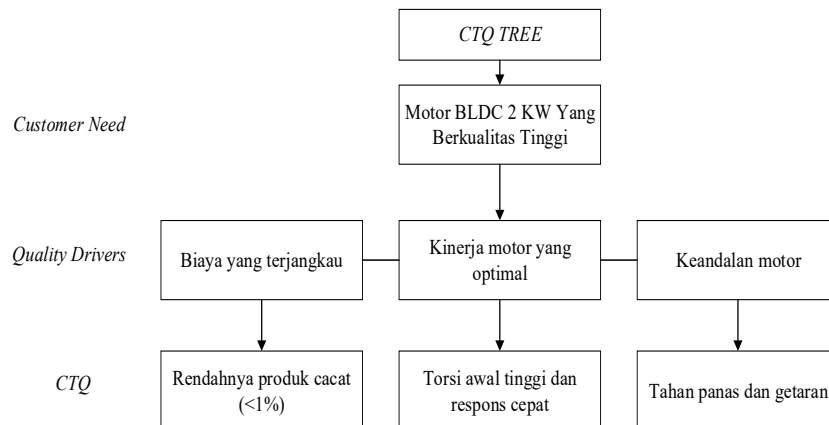
Tabel 3 adalah peran setiap individu atau kelompok dalam *Six Sigma* ditentukan berdasarkan jabatan mereka yang digunakan untuk peningkatan kualitas dengan metode *Six Sigma*. Pembagian tugas ini disesuaikan dengan struktur organisasi di perusahaan yang bersangkutan. Enam peran utama dalam pengendalian kualitas proyek *Six Sigma* adalah *senior champion, champions, master black belts, black belts, green belts*, dan anggota tim.

**Gambar 2.** Diagram SIPOC Produk Motor BLDC 2 KW

Gambar 2 adalah diagram SIPOC digunakan untuk melihat faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi proses pembuatan produk Motor BLDC 2 KW dengan mendefinisikan proses produksi dimulai dari penentuan *supplier* dalam pengadaan bahan baku sampai proses pengiriman produk Motor BLDC 2 KW kepada konsumen.

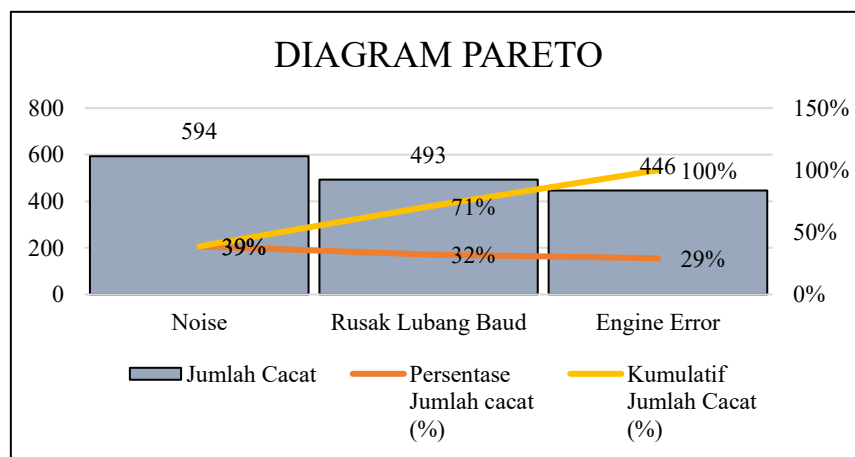
Tahap Measure

Pada tahap ini, kinerja proses produksi Motor BLDC 2 KW diukur menggunakan *Defect per Million Opportunities* (DPMO) atau dikonversi ke dalam ukuran *sigma*. Namun sebelum pengukuran dilakukan, perlu ditentukan karakteristik kualitas (CTQ) yang berkaitan dengan proses tersebut. CTQ harus jelas menunjukkan hubungan antara apa yang akan diperbaiki dan kebutuhan pelanggan.



Gambar 3. CTQ Tree Produk Motor BLDC 2 KW

Gambar 3 adalah CTQ Tree untuk menggambarkan permintaan pelanggan terhadap motor BLDC 2 KW dengan kualitas tinggi, terdapat tiga aspek kunci yang menjadi penentu. Pertama, kinerja motor yang optimal yang diwujudkan melalui torsi awal yang tinggi dan respons yang cepat. Kedua, biaya yang terjangkau yang dapat dicapai dengan rendahnya produk cacat yaitu kurang dari 1%. Ketiga, keandalan motor dalam jangka panjang yang dicapai dengan desain yang memiliki daya tahan tinggi, serta ketahanan terhadap panas dan getaran.



Gambar 4. Diagram Pareto Jenis Kecacatan Produk Motor BLDC 2 KW

Gambar 4 adalah diagram pareto yang dipakai untuk menentukan jenis cacat dalam perbaikan maupun pengendalian kualitas. Jenis cacat yang memiliki persentase tertinggi adalah jenis kecacatan *noise* dengan tingkat persentase cacat sebesar 39%, diikuti jenis cacat rusak lubang baud dengan tingkat persentase 32% dan jenis cacat *engine error* dengan tingkat persentase 29%.

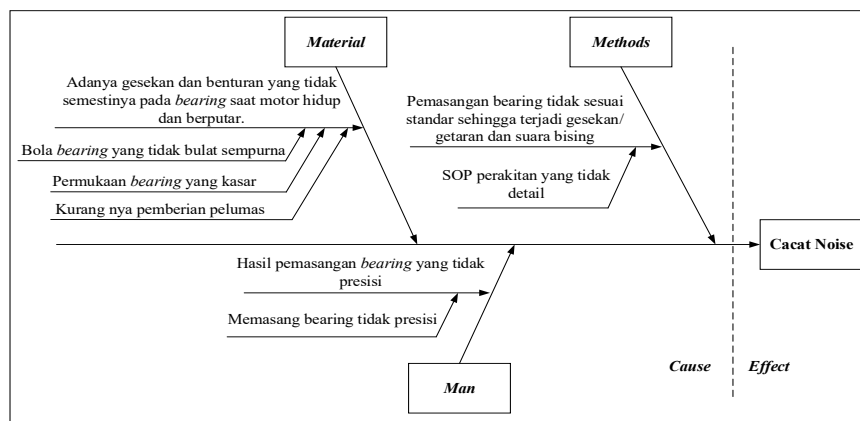
Tabel 4. Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma

No	Bulan	Jumlah Produksi (Unit)	Total Produk Cacat (Unit)	CTQ Penyebab Cacat	DPMO	Nilai Sigma
1	Januari	1.320	124	3	31.313	3,36
2	Februari	1.100	126	3	38.182	3,27
3	Maret	1.210	125	3	34.435	3,32
4	April	1.276	128	3	33.438	3,33
5	Mei	1.320	137	3	34.596	3,32
6	Juni	1.320	125	3	31.566	3,36
7	Juli	1.320	126	3	31.818	3,36
8	Agustus	1.276	129	3	33.699	3,33
9	September	1.254	122	3	32.430	3,35
10	Oktober	1.254	129	3	34.290	3,32
11	November	1.320	123	3	31.061	3,36
12	Desember	1.320	139	3	35.101	3,31
Rata-Rata				3		
TOTAL		15.290	1.533		33.421	3,33

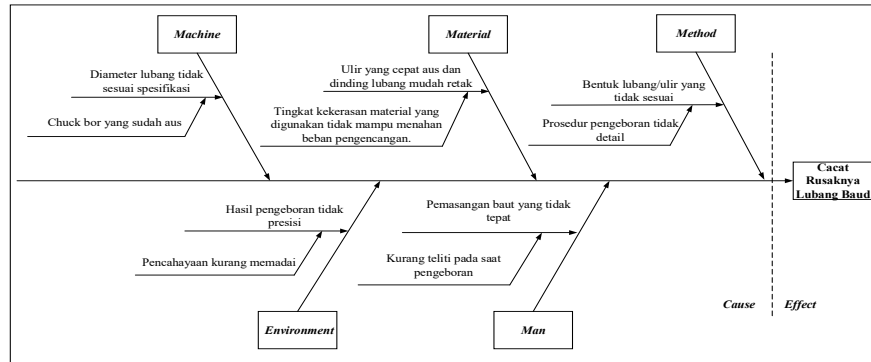
Tabel 4 adalah perhitungan DPMO dan kapabilitas sigma untuk menunjukkan jumlah banyaknya kecacatan atau kegagalan per satu juta kesempatan. Hasil dari perhitungan didapatkan nilai DPMO sebesar 33.421 dan nilai *sigma* menjadi 3,33 *sigma* yang artinya menunjukkan proses berada pada tingkat kapabilitas yang rendah dan masih jauh dari *level Six Sigma* (6 *sigma*) yang hanya menghasilkan sekitar 3,4 cacat per sejuta peluang.

Tahap *Analyze*

Tahap *Analyze* dilakukan penetapan target kinerja dari karakteristik kualitas (CTQ) yang mempertimbangkan kapabilitas sigma saat ini serta sumber daya yang tersedia di perusahaan. Setelah berdiskusi dengan pembimbing lapangan, ditetapkan target kinerja Motor BLDC 2 KW sebesar 4,00-sigma, yang berarti perlu ada peningkatan sebesar 0,67-sigma dari capaian sekarang membutuhkan waktu total antara 2 tahun hingga 3 tahun untuk mencapai hasil implementasi menyeluruh. Selanjutnya, dilakukan identifikasi sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan menggunakan *diagram Fishbone*. Setelah itu, dilakukan juga analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN.

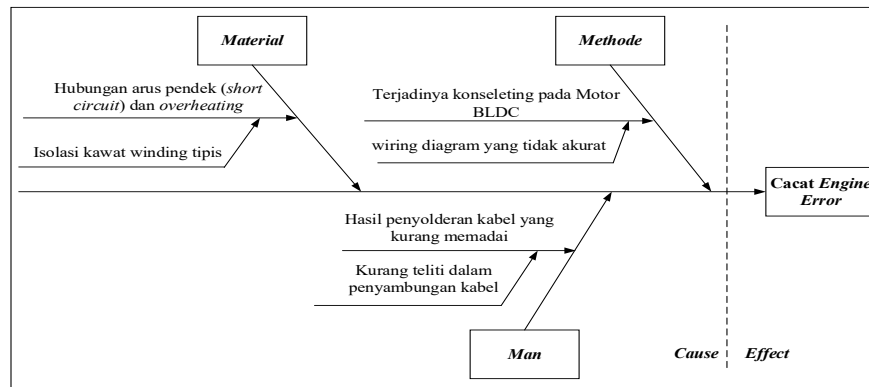
**Gambar 5.** Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone*) untuk Cacat Noise

Gambar 5 adalah diagram sebab-akibat (*Fishbone*) untuk jenis cacat *noise* pada produk Motor BLDC 2 KW, bisa terjadi pada suara yang tidak normal atau berisik yang muncul saat motor beroperasi. Cacat ini bisa terjadi karena faktor mesin, material dan manusia.



Gambar 6. Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone*) untuk Cacat Rusak Lubang Baud

Gambar 6 adalah diagram sebab-akibat (*Fisbone*) untuk jenis cacat rusak lubang baud yang dapat menyebabkan sambungan komponen menjadi tidak kuat dan berdampak negatif pada kinerja motor. Cacat ini bisa terjadi karena faktor metode, material, mesin, manusia dan lingkungan.



Gambar 7. Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone*) untuk Cacat Engine Error

Gambar 7 adalah diagram sebab-akibat (*Fisbone*) untuk jenis cacat *engine error* yang dapat mengakibatkan *overheat*, tenaga kurang optimal, atau konsumsi energi yang berlebihan. Cacat ini bisa terjadi karena faktor metode, material, mesin, manusia dan lingkungan.

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dirancang untuk mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin terjadi serta menentukan *rating score* tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kemunculan (*Occurrence*), kemampuan deteksi (*Detection*). Setelah penentuan *rating score* dilakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk memprioritaskan potensi risiko.

Tabel 5. Hasil Perhitungan RPN

<i>Component and Function</i>	<i>Potensial Failure Modes</i>	<i>Potential Effect(s) of Mode</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause(s) of Failure</i>	<i>Occurance</i>	<i>Current Controls, Detection</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Rank</i>
Lubang baud, berfungsi sebagai pengikat antar komponen	Rusak Lubang Baud	Rusak Lubang Baud	8	Tingkat kekerasan material yang digunakan tidak mampu menahan beban pengencangan.	8	Tidak ada pengujian ulang untuk tingkat kekerasan produk	8	512	1

Tabel 6 adalah hasil perhitungan RPN dengan RPN tertinggi yaitu sebesar 512 pada jenis cacat rusak lubang baud dengan penyebab kegagalan tingkat kekerasan material yang digunakan tidak mampu menahan beban pengencangan. Untuk mengatasi masalah ini, diusulkan perbaikan dengan melakukan uji kekerasan sebelum produksi dimulai, bisa menggunakan alat uji seperti *rockwell hardness tester*. Langkah strategis ini akan menjamin kepatuhan material terhadap standar kualitas,

menekan risiko kerusakan lubang baut, sekaligus meningkatkan keandalan produk secara menyeluruh.

Tahap *Improve*

Setelah prioritas perbaikan diketahui berdasarkan hasil nilai RPN pada Tabel 5 dengan menggunakan metode FMEA, selanjutnya membuat usulan perbaikan dengan menggunakan 5W+1H.

Tabel 6. Usulan Perbaikan Menggunakan 5W+1H

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Cause(s) of Failure</i>	What (Apa target utama perbaikan?)	Why (Mengapa perbaikan perlu dilakukan?)	Where (Dimana perbaikan dilakukan?)	When (Kapan perbaikan dilakukan?)	Who (Siapa yang melakukan perbaikan?)	How (Bagaimana melakukan perbaikan?)
Rusak Lubang Baud	Tingkat kekerasan material yang digunakan tidak mampu menahan beban pengencangan.	Melakukan inspeksi dan tes pada material	Memastikan material memenuhi standar	Di bagian pengadaan barang dan jasa	Setiap material datang	Tim QA	Melakukan uji kekerasan sebelum produksi dimulai, bisa menggunakan alat uji seperti rockwell hardness tester

Tabel 6 adalah usulan perbaikan menggunakan 5W+1H sesuai dengan nilai RPN tertinggi yang menunjukkan urgensi untuk segera dilakukan perbaikan.

Tahap *Control*

Tahapan control merupakan tahap terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang bertujuan untuk menstandarisasi perbaikan sesuai dengan jenis kecacatan yang telah diidentifikasi.

Tabel 7. Daftar Periksa pada Tahap *Control*

Pernyataan	Ya	Tidak
Apakah proyek <i>Six Sigma</i> telah memberikan hasil yang sangat memuaskan berupa penurunan DPMO, peningkatan Kapabilitas Sigma?		
Apakah praktek-praktek terbaik dalam proyek <i>Six Sigma</i> telah distandardisasikan dan disebarluaskan ke seluruh organisasi sebagai proses pembelajaran dan transfer pengetahuan baru?		
Apakah Tim <i>Six Sigma</i> telah melakukan transfer pengetahuan dan praktek-praktek kerja terbaik selama proyek <i>Six Sigma</i> kepada pemilik atau penanggung jawab proses?		
Apakah prosedur-prosedur kerja telah didokumentasikan dan dijadikan sebagai pedoman kerja standar?		
Apakah laporan kerja tentang proyek <i>Six Sigma</i> itu telah ditulis dengan format yang sederhana dan baku serta didokumentasikan dan disimpan dengan baik?		

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, identifikasi faktor penyebab cacat pada Motor BLDC 2 KW berhasil dilakukan dengan analisis Fishbone, mengungkapkan bahwa tiga jenis cacat utama yaitu *noise*, rusak lubang baut, dan *engine error* disebabkan oleh berbagai faktor seperti kualitas bearing yang tidak sesuai, ketidakakuratan operator, SOP yang kurang detail, kekerasan material tidak memadai, kondisi mesin tidak optimal, serta prosedur pengeboran dan penyambungan kabel yang tidak konsisten. Kondisi ini diperkuat dengan nilai DPMO sebesar 33.421 (setara sigma 3,33) yang menunjukkan bahwa kinerja kualitas produk belum optimal dan memerlukan perbaikan sistematis. Berdasarkan prioritas yang ditetapkan melalui analisis FMEA, perbaikan mendesak diperlukan pada faktor material, metode, mesin, manusia, dan lingkungan. Untuk mengatasi akar masalah ini, telah diusulkan sejumlah tindakan perbaikan yang diharapkan tidak hanya mengurangi cacat produk dan risiko kegagalan, tetapi juga memperkuat sistem jaminan kualitas, menekan biaya perbaikan, serta meningkatkan keandalan produk dan kepuasan pelanggan secara berkelanjutan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua atas kasih sayang, dan dukungan moral, demi keberhasilan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan penguji serta staff di PT. Pindad Divisi MRO yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penyempurnaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Fadilah, Hastari, dan Pudyaningsih. (2019). *Pengendalian Kualitas Produk Sebagai Upaya Mengontrol Tingkat Kerusakan Pada Ud. Sindang Kasih Gondang Wetan*. Jurnal EKSIS, [e-journal] 11(2), 1-14. Tersedia pada: Universitas Merdeka Pasuruan <https://oldlppm.indocakti.ac.id/foto_berita/artikel-Asco%20pasuruan.pdf> [Diakses 02 Juni 2025].
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001 : 2000 MBNQA dan HCCP*. [e-book] Jakarta. Gramedia.
- Heizer, J., dan Render, B., (2016). *Operations Management (Manajemen Operasi)*, Edisi 11, Jakarta Selatan: Salemba Empat
- Juharni. (2017). *Managemen Mutu Terpadu*. Makassar: CV Sah Media. [online] Tersedia pada: <<https://doi.org/10.46576/bn.v4i2.1695>> [Diakses 02 Juni 2025].
- McDermott, R.E., Mikulak, R.J. dan Beauregard, M.R. (2009). *The Basic Of FMEA 2nd Edition*. New York: Taylor and Francis Group.
- Mitra, Amitava. (2016). *Fundamentals of Quality Control and Improvement. 4th Edition*. New Jersey: Willey.
- Pebrianggara, A. (2020). *Pengaruh Kualitas Produk, Kualitas Pelayanan, Dan Citra Merek Terhadap Keputusan Pembelian Smartphone Di Kota Sidoarjo Pada Era Pandemi Covid-19*. JURKAMI: Jurnal Pendidikan Ekonomi, [E-journal] 5(2), 149-161. Tersedia pada: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, <<http://jurnal.stkippersada.ac.id/jurnal/index.php/JPE>> [Diakses 18 Juni 2025].
- PT. Pindad (Persero). 2024. "PT Pindad (Persero) Web site". [Online]. Tersedia pada: <<https://pindad.com/>> [Diakses 02 Juni 2025].
- Sirine, H., & Kurniawati, E. P. (2017). *Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus pada PT Diras Concept Sukoharjo)*. AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship, [e-journal] 02 (03), 254-290. Tersedia pada: Universitas Kristen Satya Wacana, <<https://journal.uui.ac.id/ajie/article/view/8969/7519>> [Diakses 05 Oktober 2025]
- Tannady, H. (2015). *Pengendalian Kualitas*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wijaya, Tony. (2018). *Manajemen Kualitas Jasa*. Edisi Kedua, Jakarta: PT. Indeks
- Renaldi R, Mulyati DS. Usulan Perbaikan Kualitas Pelayanan Restoran Menggunakan Metode Servqual dan Kano. Jurnal Riset Teknik Industri. 2022 Dec 20;109–16. doi:10.29313/jrti.v2i2.1245
- Muhammad Yudio Saralino, Puti Renosori. Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode SQCDan TRIZ. Jurnal Riset Teknik Industri. 2024 Jul 9;49–58. doi:10.29313/jrti.v4i1.3841