

Analisa Pengendalian Kualitas Produk Cacat Terhadap Produk *Spun Pile* di PT Adhi Persada Beton (APB)

1st Ikhtira Mahardia

Teknik Industri

Universitas Telkom Purwokerto

Purwokerto, Indonesia

ikhtiramahardika@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aiza Yudha Pratama

Teknik Industri

Universitas Telkom Purwokerto

Purwokerto, Indonesia

aizayp@telkomuniversity.ac.id

3rd Ade Yanyan Ramdhani

Teknik Industri

Universitas Telkom Purwokerto

Purwokerto, Indonesia

yanyanramdhani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — PT. Adhi Persada Beton (APB) menghadapi masalah tingginya tingkat kecacatan pada produk *spun pile* seperti ketebalan, *volume*, *bubble*, permukaan tidak rata, sirip, lengket kulit, keropos lubang baut, dan putus *heading*. Masalah ini dapat berdampak pada meningkatnya biaya perbaikan, terganggunya proses produksi dan pengiriman, serta menurunnya kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas produk *spun pile*, mengidentifikasi jenis cacat, serta merumuskan usulan perbaikan untuk menurunkan tingkat kecacatan dan meningkatkan kualitas produk. Metode yang digunakan adalah *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC yang meliputi tahap *define*, *measure*, *analyze*, *improve*, dan *control*, sedangkan perumusan usulan perbaikan dilakukan menggunakan analisis 5W+1H. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai *Defects Per Unit* (DPU) dan *Defects Per Opportunity* (DPO) sebesar 0,016, nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) sebesar 16188, serta nilai sigma sebesar 3,68. Analisis Diagram Pareto menunjukkan bahwa sebagian besar kecacatan berasal dari beberapa jenis cacat dominan, seperti keropos lubang baut, lengket kulit, dan ketebalan, sedangkan Diagram *Fishbone* mengidentifikasi faktor manusia dan mesin sebagai penyebab utama terjadinya kecacatan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dirumuskan usulan perbaikan seperti formulir evaluasi kinerja pekerja dan standar operasional prosedur (SOP) mesin, yang diharapkan mampu menurunkan tingkat kecacatan dan meningkatkan kualitas produk *spun pile* secara berkelanjutan.

Kata kunci — cacat, DMAIC, pengendalian kualitas, produk, *six sigma*, *spun pile*.

I. PENDAHULUAN

Kualitas produk merupakan faktor utama yang menentukan kelangsungan hidup dan daya saing perusahaan di tengah meningkatnya persaingan pasar. Konsumen yang semakin selektif menuntut perusahaan untuk menghasilkan produk yang memenuhi atau melampaui standar kualitas yang ditetapkan. Pengendalian kualitas yang baik berperan penting dalam menghasilkan produk yang kompetitif, sedangkan pengendalian kualitas yang lemah dapat meningkatkan jumlah produk cacat, menurunkan minat pasar, dan mengurangi daya saing perusahaan [1]. Oleh karena itu, perusahaan tidak hanya dituntut untuk meningkatkan volume produksi, tetapi juga menjaga konsistensi kualitas produk agar kepuasan konsumen dan profitabilitas jangka panjang dapat tercapai [2].

Produk yang tidak memenuhi spesifikasi kualitas dikategorikan sebagai produk cacat dan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti bahan baku, mesin, metode kerja, maupun sumber daya manusia. Keberadaan produk cacat berdampak pada meningkatnya biaya produksi, pemborosan sumber daya, serta perpanjangan waktu proses akibat aktivitas perbaikan ulang. Dengan demikian, sistem pengendalian kualitas yang efektif diperlukan untuk memastikan kesesuaian produk dengan standar dan meminimalkan kecacatan selama proses produksi berlangsung [3], [4].

Dalam industri beton pra cetak, pengendalian kualitas memiliki peran yang sangat krusial karena berkaitan langsung dengan kekuatan, daya tahan, dan keamanan struktur. Kegagalan kualitas pada produk beton dapat menimbulkan risiko keselamatan dan kerugian finansial yang signifikan. Oleh sebab itu, penerapan pengendalian kualitas yang ketat dan sistematis diperlukan untuk mengurangi variasi proses, menjaga konsistensi mutu, serta meningkatkan efisiensi dan kepuasan pelanggan [5].

PT Adhi Persada Beton merupakan perusahaan beton pra cetak yang memproduksi berbagai jenis produk, salah satunya *spun pile*. Namun, pada Plant Sadang Purwakarta, perusahaan masih menghadapi permasalahan kualitas berupa tingginya tingkat produk cacat *spun pile* dengan jenis kecacatan seperti lengket kulit, keropos lubang baut, dan ketebalan. Persentase kecacatan tercatat berada pada kisaran 4,86% hingga 25,71%, melebihi standar toleransi perusahaan sebesar 3%, dengan total produk cacat mencapai 783 unit. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya biaya perbaikan hingga Rp117.890.455 selama periode Januari–November serta mengganggu kelancaran produksi dan distribusi [6].

Permasalahan kecacatan tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi mesin, tetapi juga oleh ketidakkonsistenan metode kerja, variabilitas keterampilan tenaga kerja, serta lemahnya pengendalian proses secara menyeluruh. Dalam praktiknya, pengendalian kualitas di industri beton pra cetak masih cenderung bersifat reaktif dan berfokus pada inspeksi akhir produk, sehingga belum mampu mengidentifikasi akar penyebab kecacatan secara komprehensif.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC efektif dalam mengukur kinerja kualitas, menganalisis kapabilitas proses, serta mengidentifikasi penyebab utama kecacatan melalui alat seperti peta kendali, diagram Pareto, dan diagram *fishbone* [7], [8], [9]. Namun, sebagian besar penelitian masih

terbatas pada tahap pengukuran dan analisis, serta belum banyak yang secara spesifik membahas penerapan *Six Sigma* pada produk *spun pile* di industri beton pra cetak Indonesia dengan fokus pada perumusan usulan perbaikan yang aplikatif [10], [11], [12], [13].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja pengendalian kualitas produk *spun pile* di PT Adhi Persada Beton menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAI, menganalisis faktor utama penyebab produk cacat, serta menyusun usulan perbaikan yang praktis dan dapat diimplementasikan. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan kajian pengendalian kualitas serta kontribusi praktis bagi perusahaan dalam menurunkan tingkat kecacatan, menekan biaya kualitas, dan meningkatkan daya saing secara berkelanjutan.

II. KAJIAN TEORI

A. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas merupakan sistem terintegrasi yang mengoordinasikan aktivitas produksi dan inspeksi secara berkelanjutan untuk mencapai tingkat kualitas yang diinginkan. Pengendalian kualitas dilakukan melalui pemantauan, evaluasi, dan peningkatan proses produksi agar produk yang dihasilkan memenuhi standar yang telah ditetapkan. Upaya peningkatan kualitas meliputi pemahaman kebutuhan pelanggan, penetapan spesifikasi kualitas yang tepat, serta peningkatan kesadaran karyawan terhadap pentingnya kualitas. Dalam praktiknya, metode statistik digunakan sebagai alat pengendalian untuk mengidentifikasi dan mengendalikan produk cacat yang tidak sesuai spesifikasi [14].

B. Proses Produksi

Proses produksi merupakan rangkaian aktivitas yang mengubah bahan baku menjadi produk jadi yang memiliki nilai tambah. Proses ini tidak hanya melibatkan pengolahan fisik, tetapi juga pengaturan dan pengendalian agar hasil produksi memenuhi standar kualitas yang ditetapkan perusahaan. Proses produksi berperan sebagai penghubung antara sumber daya yang tersedia dan kebutuhan pasar, serta menjadi faktor penting dalam mendukung keberlanjutan dan perkembangan bisnis [15].

C. *Spun Pile*

Spun pile merupakan tiang pancang beton pra tekan yang dibuat dengan metode pemutaran dalam cetakan khusus untuk menghasilkan kekuatan struktural yang tinggi. Produk ini memiliki ketahanan terhadap beban vertikal dan lateral, sehingga banyak digunakan pada kondisi tanah lunak atau berair untuk menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih kuat. *Spun pile* banyak diterapkan dalam proyek konstruksi modern karena proses pemasangannya relatif cepat dan minim gangguan lingkungan [16].

D. *Six Sigma*

Six Sigma merupakan metode peningkatan proses yang bertujuan untuk mengurangi kecacatan, kesalahan, waktu siklus, dan biaya operasional, serta meningkatkan produktivitas dan kepuasan pelanggan. Metode ini juga digunakan sebagai ukuran kinerja sistem industri dalam

menilai kualitas proses produksi. Semakin tinggi level sigma yang dicapai, maka semakin baik kinerja proses produksi yang dihasilkan [17].

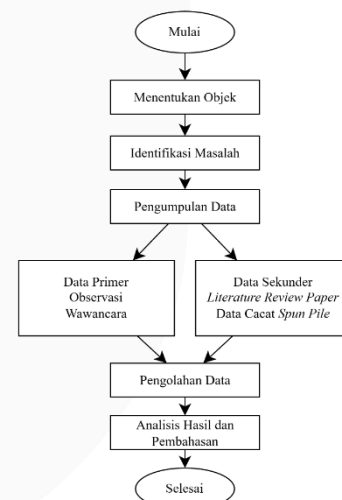
E. DMAIC

DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) merupakan pendekatan dalam *Six Sigma* yang digunakan untuk meningkatkan level sigma proses produksi melalui tahapan perbaikan yang sistematis. Metode ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta menurunkan tingkat kecacatan produk. Tahap *Define* berfokus pada identifikasi masalah kualitas berdasarkan kebutuhan pelanggan melalui penentuan *Critical to Quality* (CTQ), sedangkan tahap *Measure* bertujuan untuk mengumpulkan dan mengolah data guna mengukur kinerja proses produksi [18].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) untuk menganalisis dan memperbaiki pengendalian kualitas produk *spun pile*. Metode ini dipilih karena mampu mengidentifikasi variasi proses, mengukur kinerja kualitas, serta merumuskan usulan perbaikan secara sistematis. Penelitian dilaksanakan pada periode Januari - November 2024 dengan menggunakan data produksi dan data produk cacat sebagai objek analisis.

A. Alur Penelitian



GAMBAR 1
(Alur Penelitian)

Penelitian ini diawali dengan penentuan objek penelitian, yaitu analisis pengendalian kualitas produk cacat *spun pile* di PT Adhi Persada Beton (APB). Identifikasi masalah dilakukan melalui studi literatur, dilanjutkan dengan penetapan tujuan penelitian untuk menganalisis pengendalian kualitas guna menurunkan tingkat kecacatan produk. Data penelitian terdiri atas data primer yang diperoleh melalui observasi dan wawancara serta data sekunder dari dokumen perusahaan dan literatur terkait. Data yang terkumpul selanjutnya diolah dan dianalisis untuk mengidentifikasi kecacatan produk, menarik kesimpulan, serta merumuskan rekomendasi perbaikan bagi perusahaan.

B. Tahap *Define*

Tahap *Define* merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan kualitas pada produk *spun pile*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi jenis dan jumlah kecacatan produk serta penentuan *Critical to Quality* (CTQ) sebagai karakteristik kualitas utama yang memengaruhi kepuasan pelanggan. Proses identifikasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel berdasarkan data produksi perusahaan.

C. Tahap *Measure*

Tahap *Measure* bertujuan untuk memvalidasi permasalahan dan mengukur kinerja proses produksi berdasarkan data produk cacat. Pengukuran dilakukan menggunakan peta kendali proporsi (P-Chart) untuk mengendalikan proporsi produk cacat pada data produksi yang bervariasi, serta perhitungan tingkat sigma dan *Defects Per Million Opportunities* (DPMO). Proporsi produk cacat dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$P = \frac{\text{Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}} \quad (1)$$

Kemudian, garis tengah atau *Center Line* (CL) dihitung menggunakan persamaan (2):

$$CL = P = \frac{\sum n\bar{p}}{\sum n} \quad (2)$$

Dengan keterangan:

P = Produk Cacat

$\sum n\bar{p}$ = Jumlah Total Produk Cacat

$\sum n$ = Jumlah Produksi

Batas atas kendali atau *Upper Control Limit* (UCL) dan batas bawah kendali (*Lower Control Limit*/LCL) masing-masing dihitung menggunakan persamaan (3) dan persamaan (4) untuk menentukan batas variasi proses produksi yang masih berada dalam kondisi terkendali.

$$UCL = P + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 + \bar{P})}{n}} \quad (3)$$

$$LCL = P + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}} \quad (4)$$

Keterangan:

$\bar{P}$: Rata-rata kerusakan

n : Jumlah produksi

Setelah batas kendali ditetapkan, pengukuran kinerja kualitas proses dilanjutkan menggunakan indikator Six Sigma, yang meliputi perhitungan *Defect per Unit* (DPU) pada persamaan (5), *Defect per Opportunity* (DPO) pada persamaan (6), persentase produk yang memenuhi standar (*Yield*) pada Persamaan (7), serta *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) pada persamaan (8).

$$DPU = \frac{CTQ}{\text{Jumlah Produksi}} \quad (5)$$

$$DPO = \frac{\text{Produksi Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times CTQ} \quad (6)$$

$$Yield = 1 - DPO \quad (7)$$

$$DPMO = \frac{\text{Produksi Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times CTQ} \times 1.000.000 \quad (8)$$

Nilai DPMO tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan tingkat kapabilitas proses melalui perhitungan nilai sigma proses sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (9):

$$Sigma = Norm.S.INV \times \left(1 - \frac{DPMO}{1.000.000}\right) + 1,5 \quad (9)$$

D. Tahap *Analyze*

Tahap *Analyze* bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama terjadinya produk cacat. Analisis dilakukan menggunakan diagram Pareto untuk menentukan jenis kecacatan dominan yang paling berkontribusi terhadap total kecacatan. Selanjutnya, diagram *Fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab kecacatan berdasarkan faktor manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran [19][20].

E. Tahap *Improve*

Tahap *Improve* merupakan tahap perumusan solusi untuk mengatasi penyebab utama kecacatan produk. Pada tahap ini disusun usulan perbaikan menggunakan metode 5W+1H (*What, Why, Where, When, Who, dan How*) yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pengendalian kualitas dan menurunkan tingkat produk cacat pada proses produksi *spun pile*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Define*

Berdasarkan data produksi periode Januari–November 2024, total produksi *spun pile* mencapai 6.974 unit dengan jumlah produk cacat sebanyak 783 unit. Kecacatan dominan meliputi keropos lubang baut, lengket kulit, dan ketebalan tidak sesuai, sementara jenis cacat lainnya terjadi dalam jumlah relatif lebih kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat kecacatan masih cukup signifikan dan memerlukan upaya perbaikan kualitas secara berkelanjutan.

Oleh karena itu, tahap *Define* dalam metode *Six Sigma* menjadi krusial untuk menetapkan parameter kualitas melalui penentuan *Critical to Quality* (CTQ), spesifikasi material, proses produksi, serta prosedur pengujian, guna mengidentifikasi permasalahan utama dan merumuskan tujuan perbaikan agar produk memenuhi standar perusahaan.

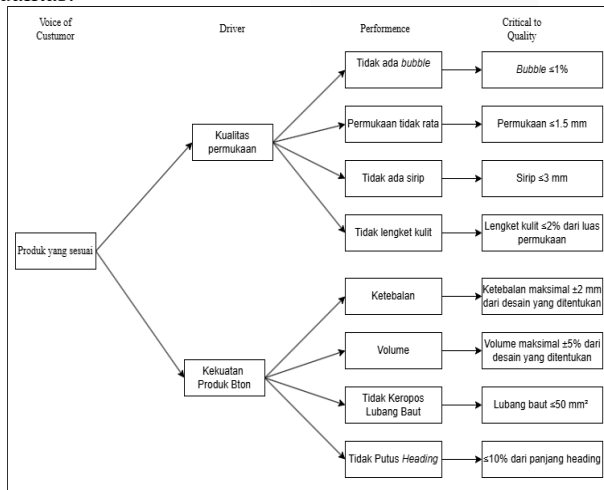
Data produk cacat yang teridentifikasi pada periode Januari hingga November 2024 selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis pada tahapan berikutnya dalam penelitian ini.

TABEL 1
(Identifikasi Kecacatan)

Bulan	Jumlah Produksi	Jenis Kecacatan								Total	%
		Ketebalan	Volume	Bubble	Permukaan Tidak Rata	Sirip	Lengket Kulit	Keropos Lubang Baut	Putus Heading		
1	301					21	36			57	18,94%
2	818	50	17	26		6	34	3		136	16,63%
3	1.111	34	4	28			11	26		103	9,27%
4	367	15		3			22			40	10,90%
5	438	11		12			18	38		79	18,04%
6	594	10		5			27	15		57	9,60%
7	245	6		2			21	18	16	63	25,71%
8	642	10		25	1		17	38	5	96	14,95%
9	947	10		8			4	24		46	4,86%
10	947	18	15	1	2		10	27		73	7,71%
11	564	7	1	1		1	4	19		33	5,85%
Jumlah	6974	171	37	111	3	28	204	208	21	783	11,23%

Berdasarkan hasil pengumpulan data produksi periode Januari–November, tercatat total kecacatan sebanyak 783-unit dengan delapan jenis cacat, yaitu ketebalan, volume, bubble, permukaan tidak rata, sirip, lengket kulit, keropos lubang baut, dan putus heading. Kecacatan dominan terjadi pada keropos lubang baut, lengket kulit, dan ketebalan, yang menunjukkan bahwa permasalahan kualitas masih muncul secara berulang dalam proses produksi *spun pile* di PT Adhi Persada Beton.

Variasi dan frekuensi kecacatan tersebut mengindikasikan bahwa permasalahan kualitas bersifat sistematis dan berpotensi menurunkan tingkat penerimaan produk oleh pelanggan, sehingga perlu dianalisis lebih lanjut dari perspektif kebutuhan pengguna. Oleh karena itu, data kecacatan dikaitkan dengan Voice of Customer (VoC) untuk mengidentifikasi karakteristik kualitas yang paling krusial, yang selanjutnya diterjemahkan ke dalam Critical to Quality (CTQ) sebagai parameter teknis terukur dalam pengendalian kualitas.



GAMBAR 2
(Critical to Quality (CTQ))

Berdasarkan GAMBAR 2, permasalahan kualitas produk *spun pile* di PT Adhi Persada Beton (APB) diturunkan dari VoC yang menekankan pemenuhan standar kualitas sesuai kebutuhan pelanggan. VoC mengidentifikasi dua *quality driver* utama, yaitu kualitas permukaan dan kekuatan produk beton, yang berperan penting dalam menjamin fungsi dan keandalan produk di lapangan.

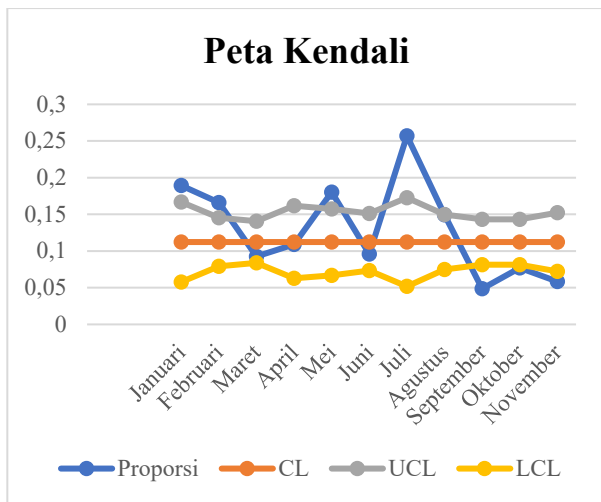
Pada aspek kualitas permukaan, indikator CTQ yang harus dikendalikan meliputi tidak adanya *bubble*, permukaan tidak rata, sirip, dan lengket kulit beton. *Bubble* dibatasi maksimal 1% dari volume beton, permukaan tidak rata dibatasi deviasi maksimum 1,5 mm, sirip dibatasi ketebalan maksimum 3 mm, serta lengket kulit beton dibatasi maksimal 2% dari luas permukaan beton. Pengendalian indikator ini bertujuan menjaga kehalusan permukaan, ketepatan dimensi, dan kemudahan pemasangan produk.

Sementara itu, pada aspek kekuatan produk beton, indikator CTQ meliputi ketebalan, volume, keropos pada lubang baut, dan putus pada *heading*. Ketebalan beton dibatasi penyimpangan maksimum ± 2 mm dari desain, volume dibatasi toleransi $\pm 5\%$, luas keropos lubang baut tidak boleh melebihi 50 mm², dan kerusakan *heading* dibatasi maksimal 10% dari panjang total. Pengendalian CTQ pada aspek ini bertujuan memastikan kekuatan struktural dan keandalan produk *spun pile* dalam menyalurkan beban.

B. Measure

1. Peta Kendali

Peta kendali digunakan untuk menganalisis apakah proses produksi berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Peta kendali disusun melalui perhitungan proporsi cacat, *Central Line* (CL), *Upper Control Limit* (UCL), dan *Lower Control Limit* (LCL) yang diperoleh dari persamaan yang telah dijelaskan pada bagian metode penelitian. Perhitungan parameter tersebut bertujuan untuk menetapkan batas kendali atas dan bawah serta memantau stabilitas proporsi unit cacat dalam proses produksi.



GAMBAR 3
(Peta Kendali)

Hasil perhitungan peta kendali pada GAMBAR 3 menunjukkan bahwa selama periode Januari hingga November jumlah produksi berkisar antara 301 hingga 1.111 unit per bulan, dengan total produksi sebesar 6.974 unit dan total kecacatan sebanyak 783 unit. Nilai proporsi cacat berada pada rentang 0,049–0,257 dengan rata-rata proporsi sebesar 0,1123. Nilai *Central Line* (CL) diperoleh sebesar 0,112, sedangkan *Upper Control Limit*

(UCL) berada pada rentang 0,141–0,173 dan *Lower Control Limit* (LCL) pada rentang 0,052–0,084.

Berdasarkan hasil tersebut, nilai rata-rata produk yang memenuhi spesifikasi ($1 - p$) sebesar 0,8877 menunjukkan bahwa sebagian besar proses produksi masih berada dalam kondisi wajar. Namun, analisis peta kendali memperlihatkan adanya ketidakstabilan proses, khususnya pada bulan Juli yang menunjukkan lonjakan proporsi cacat sebesar 0,257 dan melampaui batas atas kendali. Selain itu, bulan Januari, Februari, dan Mei juga berada di atas UCL, sementara bulan September, Oktober, dan November berada di bawah LCL. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses produksi pada bulan-bulan tersebut tidak berada dalam kendali statistik.

2. DPMO dan Nilai Sigma

Sejalan dengan hasil peta kendali yang menunjukkan adanya ketidakstabilan proses pada beberapa periode produksi, pengukuran kinerja kualitas selanjutnya dilakukan menggunakan indikator Six Sigma melalui perhitungan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan level sigma. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana proses produksi *spun pile* telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan perusahaan.

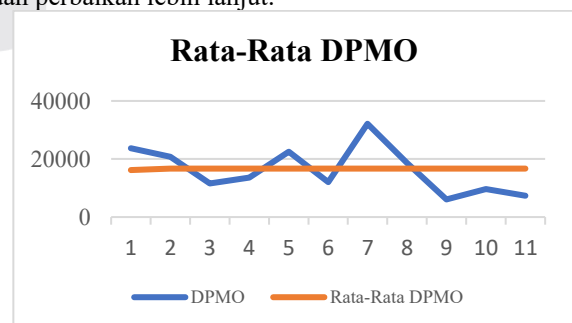
TABEL 2
(Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma)

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Kecacatan	Total Produk	DPU	DPO	Yield	DPMO	Nilai Sigma
Januari	301	57	244	0,027	0,024	0,98	23671	3,48
Februari	818	136	682	0,010	0,021	0,98	20782	3,54
Maret	1.111	103	1008	0,007	0,012	0,99	11589	3,77
April	367	40	327	0,022	0,014	0,99	13624	3,71
Mei	438	79	359	0,018	0,023	0,98	22546	3,50
Juni	594	57	537	0,013	0,012	0,99	11995	3,76
Juli	245	63	182	0,033	0,032	0,97	32143	3,35
Agustus	642	96	546	0,012	0,019	0,98	18692	3,58
September	947	46	901	0,008	0,006	0,99	6072	4,01
Oktober	947	73	874	0,008	0,010	0,99	9636	3,84
November	564	33	531	0,014	0,007	0,99	7314	3,94
Rata-Rata	634	71,18	562,8	0,016	0,016	0,99	16188	3,68

Berdasarkan TABEL 2, rata-rata produksi bulanan tercatat sebesar 634 unit dengan rata-rata kecacatan 71,18 unit. Nilai *Defect Per Unit* (DPU) dan *Defect Per Opportunity* (DPO) berada pada rentang 0,033–0,08 dengan rata-rata 0,016, yang menunjukkan tingkat kecacatan relatif rendah. Nilai *Yield* rata-rata sebesar 0,99 mengindikasikan bahwa sekitar 99% produk berhasil diproduksi tanpa cacat. Nilai DPMO rata-rata sebesar 16.188 menandakan bahwa jumlah kecacatan per sejuta peluang masih tergolong rendah, sedangkan nilai sigma rata-rata sebesar 3,68 menunjukkan bahwa kinerja proses berada pada tingkat kualitas yang cukup baik menurut standar *Six Sigma*.

Namun demikian, variasi kinerja kualitas masih terjadi antar periode produksi. Bulan November menunjukkan kinerja terbaik dengan nilai DPMO terendah sebesar 7.314, *Yield* tertinggi, dan level sigma tertinggi sebesar 3,94. Sebaliknya, bulan Juli menunjukkan kinerja kualitas terendah yang sejalan dengan hasil peta kendali sebelumnya, di mana proporsi

cacat melebihi batas atas kendali. Hal ini menegaskan bahwa meskipun secara umum proses produksi berada pada level kualitas yang cukup baik, ketidakstabilan proses pada periode tertentu masih memerlukan perhatian dan perbaikan lebih lanjut.

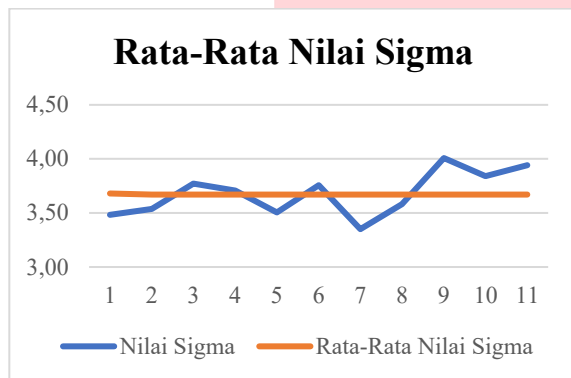


GAMBAR 4
(Rata-Rata DPMO)

Berdasarkan Gambar 4.3, grafik DPMO memperlihatkan fluktuasi kinerja kualitas selama periode Januari hingga November. Nilai DPMO yang tinggi pada

awal dan pertengahan periode menunjukkan proses produksi yang belum stabil, sedangkan penurunan DPMO pada periode akhir mengindikasikan adanya perbaikan kualitas dan peningkatan pengendalian proses. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan kualitas secara berkelanjutan serta analisis akar penyebab kecacatan agar kestabilan proses dan kualitas produk dapat terus ditingkatkan.

GAMBAR 5 menunjukkan grafik nilai sigma sebagai indikator kapabilitas dan kestabilan proses produksi *spun pile*. Semakin tinggi nilai sigma, semakin rendah tingkat kecacatan dan semakin baik kualitas produk. Hasil analisis menunjukkan nilai sigma rata-rata sebesar 3,68 yang mengindikasikan bahwa proses produksi berada pada tingkat kualitas yang cukup baik menurut standar *Six Sigma*.



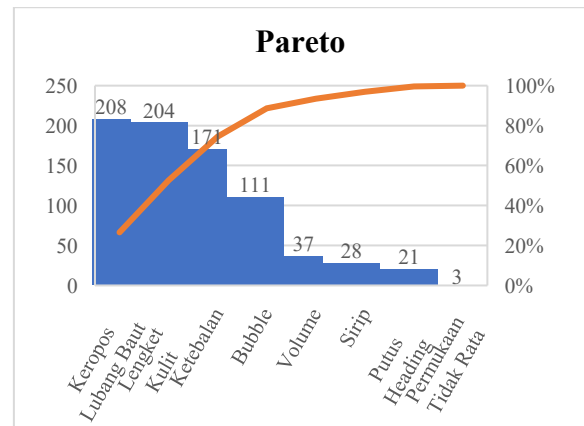
GAMBAR 5
(Rata-Rata Nilai Sigma)

Meskipun demikian, grafik memperlihatkan fluktuasi nilai sigma selama periode pengamatan. Pada awal periode, nilai sigma berada pada kisaran 3,5–3,6, kemudian meningkat hingga sekitar 3,8 pada periode 3–4, dan mengalami penurunan pada periode 5–7 dengan titik terendah sekitar 3,35. Perbaikan kualitas terlihat pada periode 8–11, dengan nilai tertinggi mencapai sekitar 4,1. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa proses produksi belum sepenuhnya stabil dan masih dipengaruhi oleh variasi yang belum terkendali. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab variasi tersebut guna menjaga kestabilan proses dan meningkatkan kapabilitas produksi secara berkelanjutan.

C. Analyze

Tahap *Analyze* dalam metode *Six Sigma* bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama kecacatan dalam proses produksi sehingga dapat dirumuskan rekomendasi perbaikan yang tepat. Pada tahap ini digunakan diagram Pareto untuk menentukan jenis cacat yang paling dominan serta diagram *fishbone* untuk menelusuri akar penyebab terjadinya cacat tersebut. Hasil analisis menjadi dasar dalam penentuan prioritas perbaikan.

1. Diagram Pareto

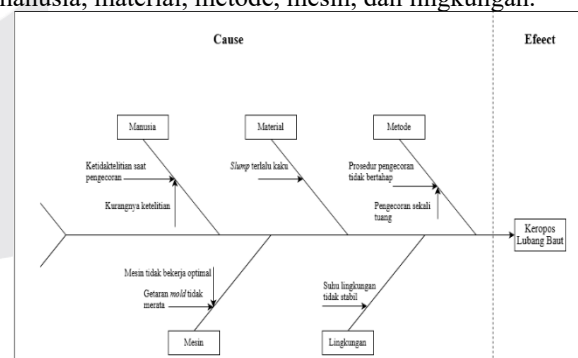


GAMBAR 6
(Diagram Pareto)

Berdasarkan Diagram Pareto pada GAMBAR 6, tiga jenis cacat utama yang paling dominan adalah keropos lubang baut (27%), lengket kulit (26%), dan ketebalan (22%), yang secara kumulatif menyumbang lebih dari 70% dari total kecacatan. Temuan ini sesuai dengan prinsip Pareto 80/20, di mana sebagian besar masalah disebabkan oleh sejumlah kecil faktor utama. Oleh karena itu, upaya perbaikan difokuskan pada ketiga jenis cacat tersebut karena berpotensi memberikan dampak paling signifikan terhadap penurunan total kecacatan. Sementara itu, cacat lain seperti *bubble*, volume, sirip, putus heading, dan permukaan tidak rata memiliki kontribusi yang relatif kecil sehingga tidak menjadi prioritas utama dalam perbaikan jangka pendek.

2. Fishbone

Diagram *fishbone* digunakan sebagai alat analisis untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya cacat berdasarkan hasil diskusi dengan bagian *Quality Control* (QC). Analisis difokuskan pada tiga jenis cacat utama, yaitu keropos lubang baut, lengket kulit, dan ketebalan, yang masing-masing dipengaruhi oleh lima faktor utama: manusia, material, metode, mesin, dan lingkungan.

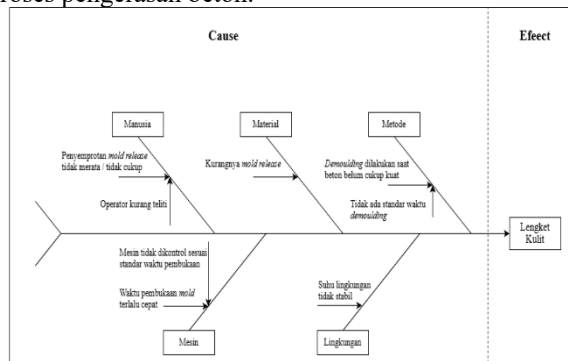


GAMBAR 7
(Fishbone Keropos Lubang Baut)

Pada cacat keropos lubang baut (GAMBAR 7), faktor manusia berkaitan dengan ketidaktepatan saat *finishing*, faktor material disebabkan oleh *slump* beton yang terlalu kaku, faktor metode terkait pengecoran yang tidak bertahap, faktor mesin berasal dari getaran cetakan yang tidak merata, serta faktor lingkungan berupa suhu yang tidak stabil yang memengaruhi proses pemadatan.

Cacat lengket kulit pada GAMBAR 8 dipengaruhi oleh penyemprotan *mold release* yang tidak merata

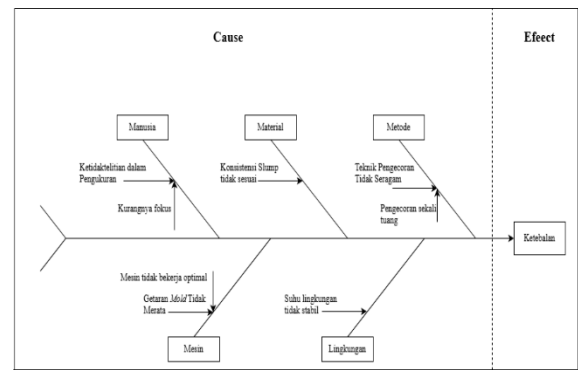
(manusia dan material), waktu pelepasan cetakan yang terlalu cepat (metode dan mesin), serta kondisi suhu lingkungan yang tidak stabil sehingga memengaruhi proses pengerasan beton.



GAMBAR 8

(Fishbone Lengket Kulit)

Sementara itu, cacat ketebalan pada GAMBAR 9 disebabkan oleh ketidaktelitian pengukuran (manusia), konsistensi *slump* yang tidak terjaga (material), teknik pengecoran yang tidak seragam (metode), getaran cetakan yang tidak merata (mesin), serta pengaruh temperatur lingkungan terhadap proses pengikatan beton.



GAMBAR 9

(Fishbone Ketebalan)

Hasil analisis *fishbone* menunjukkan bahwa variasi pada faktor manusia, material, metode, mesin, dan lingkungan berkontribusi signifikan terhadap terjadinya cacat, sehingga perlu menjadi fokus utama dalam perumusan usulan perbaikan pada tahap *Improve*.

D. Improve

Tahap *Improve* merupakan lanjutan dari analisis Six Sigma yang bertujuan merumuskan dan menerapkan solusi untuk mengurangi kecacatan serta meningkatkan kualitas produk. Pada tahap ini digunakan metode 5W+1H (*What, Why, Where, When, Who, dan How*) sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi akar masalah dan menyusun usulan perbaikan yang aplikatif. Usulan perbaikan difokuskan pada tiga jenis cacat utama yang terjadi dalam proses produksi spun pile di PT Adhi Persada Beton.

TABEL 3
(Usulan Perbaikan Keropos Lubang Baut)

Faktor	Apa (<i>What</i>)	Mengapa (<i>Why</i>)	Dimana (<i>Where</i>)	Kapan (<i>When</i>)	Siapa (<i>Who</i>)	Bagaimana (<i>How</i>)
Manusia	Ketidaktelitian saat pengecoran	Kurangnya fokus dan pengecekan kualitas akhir	Area pengecoran	Saat proses pengecoran	Operator pengecoran	Membuat formulir evaluasi kinerja pekerja
Mesin	Getaran <i>mold</i> tidak merata	Mesin tidak bekerja optimal	Area <i>molding</i>	Saat pengecoran dan pemadatan	operator <i>mold</i>	Membuat SOP pemeriksaan dan perawatan mesin
Material	<i>Slump</i> terlalu kaku	Komposisi campuran mulai mengeras	Area <i>mixing</i> material	Saat persiapan pengecoran	Operator peralatan pencampuran material	Membuat SOP kontrol <i>slump</i>
Metode	Prosedur pengecoran tidak bertahap	Rongga udara terbentuk karena pengecoran sekali tuang	Area pengecoran	Selama proses pengecoran	Tim pengecoran	Menerapkan Teknik pengecoran sesuai standar, pengecoran dilakukan dari ujung sampai ujung cetakan
Lingkungan	Suhu lingkungan tidak stabil	Perubahan suhu memengaruhi setting material	Area produksi	Sepanjang proses produksi	Manajemen produksi	Mengatur suhu lingkungan, suhu lingkungan bekisar 25°-30°C

Berdasarkan TABEL 3, cacat keropos lubang baut dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan. Upaya perbaikan yang diusulkan meliputi evaluasi kinerja operator pengecoran, penyusunan SOP pemeriksaan dan perawatan mesin, pengendalian konsistensi *slump* beton, penerapan teknik pengecoran bertahap sesuai standar, serta pengaturan suhu lingkungan produksi pada kisaran 25–30°C.

Selanjutnya, berdasarkan TABEL 4, cacat lengket kulit disebabkan oleh penyempitan *mold release* yang tidak merata, waktu pembukaan cetakan yang terlalu cepat, serta kondisi lingkungan yang tidak stabil. Usulan perbaikan mencakup penetapan standar penggunaan *mold release*, pengaturan waktu pembukaan *mold* dan *demoulding* sesuai standar, evaluasi kinerja operator, serta pengendalian suhu lingkungan produksi.

TABEL 4
(Usulan Perbaikan Lengkret Kulit)

Faktor	Apa (<i>What</i>)	Mengapa (<i>Why</i>)	Dimana (<i>Where</i>)	Kapan (<i>When</i>)	Siapa (<i>Who</i>)	Bagaimana (<i>How</i>)
Manusia	Penyemprotan <i>mold release</i> tidak merata / tidak cukup	Operator kurang teliti	Area pengecoran	Sebelum pengecoran dimulai	Operator	Membuat formulir evaluasi kinerja pekerja
Mesin	Waktu pembukaan <i>mold</i> terlalu cepat	Mesin tidak dikontrol sesuai standar waktu	Area produksi	Saat proses pembongkaran <i>mold</i>	Operator mesin	Mengatur waktu pembukaan <i>mold</i> sesuai standar berkisar 15-30 menit
Material	Kurangnya <i>mold release</i>	Penggunaan <i>mold release</i> kurang	Area produksi	Saat persiapan sebelum pengecoran	Tim produksi	Menetapkan standar penggunaan <i>mold release</i> berkisar 2-3 ember
Metode	<i>Demoulding</i> dilakukan saat beton belum cukup kuat	Tidak ada standar waktu <i>demoulding</i>	Area produksi	Saat proses <i>demoulding</i>	Tim produksi	Menentukan standar waktu <i>demoulding</i> berkisar 8-12 jam
Lingkungan	Suhu lingkungan tidak stabil	Perubahan suhu mempengaruhi proses pengeringan beton	Area produksi	Selama proses pengeringan	Manajemen produksi	Mengatur suhu lingkungan, suhu lingkungan bekisar 25°-30°C

TABEL 5
(Usulan Perbaikan Ketebalan)

Faktor	Apa (<i>What</i>)	Mengapa (<i>Why</i>)	Dimana (<i>Where</i>)	Kapan (<i>When</i>)	Siapa (<i>Who</i>)	Bagaimana (<i>How</i>)
Manusia	Ketidakteelitian dalam pengukuran	Kurangnya ketelitian dalam melakukan pengukuran	Area produksi	Saat melakukan pengukuran	Operator	Membuat formulir evaluasi kinerja pekerja
Mesin	Getaran <i>mold</i> tidak merata	Mesin tidak bekerja optimal	Area <i>molding</i>	Saat proses pengecoran	operator mesin	Membuat SOP pemeriksaan dan perawatan mesin
Material	Konsistensi <i>slump</i> tidak sesuai	Komposisi campuran mulai mengeras	Area <i>mixing</i> material	Saat persiapan pengecoran	Tim produksi	Membuat SOP kontrol <i>slump</i>
Metode	Teknik pengecoran tidak seragam	Pekerja tidak mengikuti prosedur yang sama	Area pengecoran	Selama proses pengecoran	Tim produksi	Menerapkan Teknik pengecoran sesuai standar, pengecoran dilakukan dari ujung sampai ujung cetakan
Lingkungan	Suhu lingkungan tidak stabil	Perubahan suhu memengaruhi kinerja beton	Area produksi	Selama proses pengecoran	Manajemen produksi	Mengatur suhu lingkungan, suhu lingkungan bekisar 25°-30°C

Sementara itu, berdasarkan TABEL 5, cacat ketebalan dipengaruhi oleh ketidakteelitian pengukuran, getaran cetakan yang tidak merata, konsistensi *slump* yang tidak sesuai, serta teknik pengecoran yang tidak seragam. Oleh karena itu, perbaikan difokuskan pada peningkatan ketelitian operator, perawatan mesin secara berkala, pengendalian mutu material melalui SOP *slump* beton, penerapan teknik pengecoran standar, dan pengaturan suhu lingkungan.

Secara keseluruhan, tahap *Improve* menghasilkan usulan perbaikan terstruktur yang dapat dijadikan pedoman operasional untuk menekan kecacatan dominan dan meningkatkan kinerja kualitas produksi secara berkelanjutan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis pengendalian kualitas produk *spunpile* di PT. Adhi Persada Beton (APB) menggunakan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (*define, measure, analyze, improve dan control*), dapat disimpulkan bahwa proses produksi masih mengalami tingkat kecacatan yang melebihi standar toleransi perusahaan sebesar 3%, dengan total produk cacat sebanyak 783 unit dari 6.974 unit produksi selama periode Januari hingga November 2024. Jenis cacat dominan yang ditemukan meliputi keropos lubang baut, lengket kulit, dan ketebalan, yang berdampak pada penurunan kualitas produk serta efisiensi proses produksi.

Hasil pengukuran menggunakan peta kendali menunjukkan bahwa meskipun proses produksi masih berada dalam batas kendali, kestabilan proses belum sepenuhnya tercapai karena terdapat beberapa periode dengan proporsi kecacatan yang melampaui batas kendali. Nilai rata-rata DPMO sebesar 16.188 dan nilai sigma sebesar 3,68 menunjukkan bahwa kinerja proses berada pada level yang cukup baik, namun masih memerlukan peningkatan untuk mencapai proses yang lebih stabil dan sesuai dengan standar perusahaan.

Analisis menggunakan diagram Pareto dan *fishbone* mengidentifikasi bahwa faktor manusia dan mesin merupakan penyebab utama terjadinya kecacatan, yang berkaitan dengan kurangnya kedisiplinan dan ketelitian operator serta minimnya perawatan dan pemeriksaan mesin. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diusulkan penerapan formulir evaluasi kinerja pekerja guna meningkatkan disiplin dan kualitas kerja, serta penyusunan dan penerapan standar operasional prosedur (SOP) pemeriksaan dan perawatan mesin agar kondisi mesin tetap optimal dan tidak mengganggu kelancaran proses produksi.

REFERENSI

[1] F. A. Lestari dan N. Purwatmini, “Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda

- DMAIC,” *J. Ecodemica J. Ekon. Manajemen, dan Bisnis*, vol. 5, no. 1, hal. 79–85, 2021, doi: 10.31294/jeco.v5i1.9233.
- [2] A. F. Shiyamy, S. Rohmat, dan A. Sopian, “Artikel analisis pengendalian kualitas produk dengan,” *J. Ilm. Manaj.*, vol. 2, no. 2, hal. 32–45, 2021.
- [3] R. Ratnadi dan E. Suprianto, “Pengendalian Kualitas Produksi Menggunakan Alat Bantu Statistik (Seven Tools) Dalam Upaya Menekan Tingkat Kerusakan Produk,” *J. Indept*, vol. 6, no. 2, hal. 11, 2020.
- [4] M. Huda, W. Safitri, dan N. Hartati, “Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control,” *J. Adm. Kant.*, vol. 9, no. 2, hal. 173–182, 2021.
- [5] N. N. Asmi dan Z. Rais, “Perbandingan Efektivitas Diagram Kontrol Decision On Belief Dan Diagram Kontrol P Pada Pengendalian Kualitas Produk Bata Ringan Di PT . Bumi Sarana Beton,” vol. 6, no. 2, hal. 95–106, 2024, doi: 10.35580/variensiunm159.
- [6] H. Alfisahri , Khusnul, “Pengaruh Proses Produksi Dan Pengendalian Kualitas Terhadap Kualitas Produk Spun Pile,” *J. Ilm. Mhs. Merdeka EMBA*, vol. 2, no. 1, hal. 91–103, 2023.
- [7] R. Dimas Alfianto dan B. Cipta Zega, “Pengendalian Kualitas Produk Pc Spun Pile Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Pada Pt. Jaya Beton Indonesia Surabaya,” *J. Vokasi Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, hal. 118–126, 2023.
- [8] E. B. Utomo, “Peningkatan Kualitas Produk Genteng Beton Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis Pada Pt. X,” *J. Tecnoscienza*, vol. 7, hal. 76–91, 2022.
- [9] A. Faturachman, I. Prakoso, A. A. Sibarani, dan K. Muhammad, “Penerapan Metode Six Sigma dalam Analisis Kualitas Produk (Studi Kasus Perusahaan Pemroduksi Baja Tulang Beton),” *SPECTA J. Technol.*, vol. 4, no. 2, hal. 45–54, 2020, doi: 10.35718/specta.v4i2.189.
- [10] A. Qothrunnada dan R. Rochmoeljati, “Pengendalian Kualitas Proses Produksi Paving Block K300 T-6 Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Di PT. Pesona Arnos Beton,” *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 8, no. 2, hal. 94, 2023, doi: 10.36722/sst.v8i2.1783.
- [11] S. M. Wirawati dan S. N. Arthawati, “Analisa Kualitas Produk baja Besi Beton Menggunakan Metode Basic Seven Tools Dan Taguchi Di PT. ABC,” *J. InTent*, vol. 4, no. 1, hal. 64–72, 2021.
- [12] Suharyanto, R. L. Herlina, dan A. Mulyana, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Waring Dengan Metode Seven Tools Di Cv. Kas Sumedang,” *J. TEDC*, vol. 16, no. 1, hal. 37–49, 2022.
- [13] N. A. Pratama, M. Z. Dito, O. O. Kurniawan, dan A. Z. Al-Faritsy, “Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Seven Tools Dan Kaizen Dalam Upaya Mengurangi Tingkat Kecacatan Produk,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 2, hal. 53–62, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i1.111.
- [14] S. Supardi dan A. Dharmanto, “Analisis Statistical Quality Control Pada Pengendalian Kualitas Produk,” *JIMFE (Jurnal Ilm. Manaj. Fak. Ekon.*, vol. 6, no. 2, hal. 199–210, 2020.
- [15] E. Herlina, F. H. E. Prabowo, dan D. Nuraida, “Analisis Pengendalian Mutu Dalam Meningkatkan Proses Produksi,” *J. Fokus Manaj. Bisnis*, vol. 11, no. 2, hal. 173, 2021, doi: 10.12928/fokus.v11i2.4263.
- [16] M. Simanjuntak dan B. Kusumadanu, “Kajian Produktivitas Spun Pile pada Perusahaan Precast XYZ (Studi Kasus: Perusahaan Precast di Pulau Jawa),” *J. Tek. Ind.*, hal. 276–285, 2020.
- [17] A. Irwanto, D. Arifin, dan M. M. Arifin, “Peningkatan Kualitas Produk Gearbox Dengan Pendekatan Dmaic Six Sigma Pada Pt. X, Y, Z,” *J. Kalibr. Karya Lintas Ilmu Bid. Rekayasa Arsitektur, Sipil, Ind.*, vol. 3, no. 1, hal. 1–17, 2020, doi: 10.37721/kalibrasi.v3i1.638.
- [18] F. Sumasto, P. Satria, dan E. Rusmiati, “Implementasi Pendekatan DMAIC untuk Quality Improvement pada Industri Manufaktur Kereta Api,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 8, no. 2, hal. 161–170, 2022, doi: 10.30656/intech.v8i2.4734.
- [19] Alfie Oktavia & Dene Herwanto, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Pendekatan Statistical Quality Control (SQC) di PT. Samcon,” *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 2, hal. 106–113, 2021, doi: 10.36040/industri.v11i2.3666.
- [20] M. H. Cipta Dinata, D. Andesta, dan H. Hidayat, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Tangga Besi PT.AJG Untuk Mengurangi Kecacatan Produk Menggunakan Metode Statistik Quality Control (SQC),” *J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 5, no. 1, hal. 27–36, 2022, doi: 10.31602/jieom.v5i1.7181.