

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MANAJEMEN MUTU DALAM SISTEM PRODUKSI

Mutu merupakan aspek mendasar dalam sistem produksi karena menentukan kemampuan suatu produk untuk memenuhi kebutuhan, harapan, dan standar yang telah ditetapkan. Dalam lingkungan manufaktur, mutu tidak hanya dinilai dari hasil akhir produk, tetapi juga dari kestabilan proses yang menghasilkan produk tersebut. Produk yang bermutu lahir dari proses yang terkendali, penggunaan bahan baku yang sesuai, pengoperasian mesin yang tepat, penerapan metode kerja yang konsisten, serta pengawasan yang dilakukan secara berkelanjutan.

Manajemen mutu memandang bahwa kualitas bukan semata-mata tanggung jawab bagian inspeksi, melainkan menjadi tanggung jawab seluruh bagian yang terlibat dalam proses produksi. Setiap tahapan produksi memiliki potensi menghasilkan variasi, sehingga pengendalian mutu perlu dilakukan sejak awal proses sampai produk akhir. Apabila pengendalian hanya dilakukan pada tahap akhir, maka perusahaan hanya mampu menemukan cacat setelah produk selesai dibuat. Kondisi tersebut tidak efisien karena produk cacat telah menyerap bahan baku, tenaga kerja, waktu produksi, energi, dan biaya operasional.

Pendekatan manajemen mutu terpadu menekankan pentingnya keterlibatan manajemen, fokus pada pelanggan, pengendalian proses, perbaikan berkelanjutan, dan pengambilan keputusan berbasis data. Wassan et al. (2022) menjelaskan bahwa penerapan Total Quality Management berpengaruh terhadap keberlanjutan dan kinerja organisasi karena mutu diposisikan sebagai sistem yang menghubungkan proses, sumber daya manusia, dan pencapaian kinerja. Dengan demikian, mutu harus dipahami sebagai proses yang dirancang, dikendalikan, diukur, dan diperbaiki secara terus-menerus, bukan hanya sebagai aktivitas pemeriksaan produk akhir.

Dalam perkembangan industri modern, manajemen mutu juga semakin berkaitan dengan kemampuan organisasi dalam mengelola data, teknologi, dan perubahan proses. Aichouni et al. (2024) menyatakan bahwa integrasi praktik manajemen mutu dengan teknologi dan kemampuan organisasi dapat meningkatkan

efisiensi operasional, mengurangi pemborosan, serta memperkuat kualitas produk. Pandangan ini menegaskan bahwa mutu tidak dapat dilepaskan dari kemampuan sistem produksi dalam membaca penyimpangan proses, menganalisis penyebab masalah, dan mengambil tindakan korektif berdasarkan data yang objektif.

Berdasarkan pandangan tersebut, kualitas dalam produksi harus ditempatkan sebagai sistem pengendalian yang menyeluruh. Produk yang tidak sesuai spesifikasi tidak hanya menunjukkan adanya kegagalan pada produk, tetapi juga menunjukkan adanya ketidakterkendalian pada proses. Oleh karena itu, pembahasan mengenai kualitas produk perlu diarahkan pada hubungan antara standar mutu, variasi proses, kecacatan, dan metode perbaikan yang digunakan untuk menurunkan tingkat penyimpangan.

2.2 KUALITAS PRODUK

Kualitas produk adalah tingkat kesesuaian suatu produk terhadap spesifikasi, fungsi, standar, dan kebutuhan pengguna. Produk dinyatakan berkualitas apabila karakteristiknya berada dalam batas toleransi yang ditentukan dan mampu memberikan manfaat sesuai tujuan penggunaannya. Dalam industri manufaktur, kualitas produk dapat dilihat dari dua sisi, yaitu kualitas kesesuaian dan kualitas kinerja. Kualitas kesesuaian menunjukkan sejauh mana produk memenuhi standar teknis, sedangkan kualitas kinerja menunjukkan sejauh mana produk mampu menjalankan fungsi yang diharapkan.

Kualitas produk sangat dipengaruhi oleh kestabilan proses produksi. Proses yang stabil akan menghasilkan produk dengan variasi rendah, sedangkan proses yang tidak stabil akan menghasilkan produk dengan variasi tinggi. Variasi yang terlalu besar dapat menyebabkan produk berada di luar batas spesifikasi. Produk yang berada di luar batas spesifikasi disebut produk tidak sesuai atau produk cacat. Semakin tinggi jumlah produk cacat, semakin rendah kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang konsisten.

Dalam produksi berbasis proses, kualitas produk tidak dapat hanya dinilai melalui hasil akhir. Setiap karakteristik mutu perlu diidentifikasi sejak awal agar dapat diketahui parameter mana yang paling menentukan keberhasilan produk. Karakteristik mutu tersebut dapat berupa komposisi bahan, dimensi, ukuran,

kekuatan, kadar air, keseragaman bentuk, warna, tekstur, maupun parameter fisik dan kimia lainnya. Karakteristik yang paling berpengaruh terhadap kepuasan pengguna dan kesesuaian standar disebut Critical to Quality atau CTQ.

Kualitas produk juga berkaitan erat dengan biaya mutu. Produk yang tidak memenuhi spesifikasi dapat menimbulkan biaya tambahan berupa pengerjaan ulang, pemilahan ulang, kehilangan bahan, penurunan efisiensi mesin, keterlambatan produksi, hingga keluhan konsumen. Oleh karena itu, pengendalian kualitas harus diarahkan untuk mencegah cacat, bukan hanya menemukan cacat. Pencegahan cacat dilakukan melalui pengukuran proses, analisis penyebab, dan tindakan perbaikan terhadap faktor-faktor yang menimbulkan penyimpangan.

2.3 VARIASI PROSES DAN PRODUK CACAT

Variasi proses merupakan perbedaan hasil yang muncul meskipun proses dilakukan dengan metode yang sama. Dalam sistem produksi, variasi adalah hal yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, tetapi dapat dikendalikan agar tetap berada dalam batas yang dapat diterima. Variasi proses dapat berasal dari bahan baku, kondisi mesin, keterampilan operator, metode kerja, lingkungan produksi, alat ukur, serta ketidakkonsistenan pengawasan.

Variasi proses dibedakan menjadi variasi alami dan variasi khusus. Variasi alami adalah variasi kecil yang melekat pada proses dan masih berada dalam batas kendali. Variasi khusus adalah variasi yang muncul karena adanya penyebab tertentu yang tidak normal, misalnya kerusakan mesin, kesalahan pengaturan parameter, bahan baku tidak sesuai, kelalaian operator, perubahan suhu lingkungan, atau kesalahan metode pengukuran. Variasi khusus harus segera diidentifikasi karena dapat menyebabkan produk tidak sesuai spesifikasi.

Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan. Cacat dapat bersifat fisik, kimia, dimensi, fungsional, maupun visual. Dalam pengendalian kualitas, cacat bukan hanya dihitung sebagai jumlah produk rusak, tetapi juga dianalisis berdasarkan jenis cacat, frekuensi kemunculan, tingkat keparahan, dan penyebab utamanya. Analisis tersebut penting agar tindakan perbaikan tidak dilakukan secara umum, tetapi diarahkan pada penyebab dominan yang paling berpengaruh terhadap penurunan kualitas.

Pengendalian variasi menjadi inti dari perbaikan kualitas. Semakin kecil variasi proses, semakin tinggi konsistensi produk yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin besar variasi proses, semakin besar peluang produk keluar dari batas spesifikasi. Oleh karena itu, metode pengendalian kualitas modern menekankan pentingnya data produksi, data cacat, analisis statistik, dan pemetaan penyebab masalah.

2.4 PENGENDALIAN KUALITAS

Pengendalian kualitas adalah serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk memastikan bahwa proses produksi berjalan sesuai standar dan menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi. Pengendalian kualitas bertujuan untuk mengurangi penyimpangan, menekan jumlah cacat, meningkatkan stabilitas proses, serta memastikan bahwa produk akhir dapat diterima oleh pengguna. Pengendalian kualitas yang baik harus bersifat sistematis, terukur, dan berbasis data.

Soeryono et al. (2025) menjelaskan bahwa Statistical Process Control dapat digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk memantau stabilitas proses, mengurangi variasi, dan meningkatkan kualitas produk dalam industri manufaktur. Pengendalian kualitas berbasis statistik memungkinkan penyimpangan proses dideteksi lebih awal sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum jumlah produk cacat semakin besar.

Pengendalian kualitas tidak hanya berfungsi sebagai alat pemeriksaan, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan. Data yang diperoleh dari proses produksi dapat digunakan untuk mengetahui pola kecacatan, menentukan jenis cacat dominan, menilai apakah proses masih berada dalam batas kendali, serta menyusun prioritas perbaikan. Dengan demikian, pengendalian kualitas menjadi jembatan antara kondisi aktual proses dan tindakan perbaikan yang harus dilakukan.

Beberapa alat yang umum digunakan dalam pengendalian kualitas antara lain check sheet, histogram, diagram Pareto, diagram sebab-akibat, peta kendali, scatter diagram, dan stratifikasi. Alat-alat tersebut membantu proses analisis agar masalah kualitas dapat dilihat secara lebih objektif. Dalam penelitian berbasis perbaikan kualitas, alat yang paling sering digunakan adalah diagram Pareto,

diagram sebab-akibat, dan peta kendali karena ketiganya mampu menunjukkan jenis cacat dominan, penyebab potensial, dan kestabilan proses.

2.5 DIAGRAM PARETO

Diagram Pareto adalah alat pengendalian kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis masalah yang paling dominan. Diagram ini disusun berdasarkan prinsip bahwa sebagian besar masalah biasanya disebabkan oleh sebagian kecil faktor utama. Dalam konteks kualitas, diagram Pareto membantu menentukan jenis cacat yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total kecacatan.

Penggunaan diagram Pareto penting karena tidak semua jenis cacat memiliki tingkat pengaruh yang sama. Ada cacat yang sering terjadi dan berdampak besar, ada pula cacat yang jarang terjadi dan berdampak kecil. Dengan diagram Pareto, prioritas perbaikan dapat diarahkan pada jenis cacat yang paling dominan terlebih dahulu. Pendekatan ini membuat proses perbaikan menjadi lebih efisien karena sumber daya difokuskan pada masalah yang memberikan dampak paling besar terhadap kualitas.

Dalam penerapannya, data cacat diklasifikasikan berdasarkan jenis cacat, kemudian dihitung jumlah atau persentasenya. Jenis cacat dengan jumlah tertinggi ditempatkan pada urutan pertama, diikuti jenis cacat lain secara menurun. Setelah itu, persentase kumulatif dihitung untuk mengetahui kontribusi keseluruhan. Hasil diagram Pareto digunakan sebagai dasar untuk menentukan masalah prioritas yang perlu dianalisis lebih lanjut menggunakan alat lain, seperti diagram sebab-akibat.

2.6 DIAGRAM SEBAB-AKIBAT

Diagram sebab-akibat atau fishbone diagram adalah alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab potensial dari suatu masalah kualitas. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah utama dengan faktor-faktor penyebab yang mungkin memengaruhinya. Faktor penyebab biasanya dikelompokkan ke dalam beberapa kategori, seperti manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran.

Diagram sebab-akibat membantu proses analisis menjadi lebih terstruktur.

Tanpa alat ini, penyebab masalah sering kali hanya didasarkan pada dugaan atau pengalaman subjektif. Dengan menggunakan diagram sebab-akibat, setiap kemungkinan penyebab dapat dipetakan secara jelas sehingga proses pencarian akar masalah menjadi lebih sistematis. Alat ini tidak langsung membuktikan penyebab utama, tetapi memberikan arah analisis terhadap faktor-faktor yang perlu diperiksa lebih lanjut.

Dalam pengendalian kualitas, diagram sebab-akibat digunakan setelah masalah dominan diketahui. Jenis cacat yang paling besar kontribusinya dianalisis untuk mengetahui faktor penyebab yang mungkin terjadi. Misalnya, cacat dapat muncul akibat bahan baku yang tidak seragam, pengaturan mesin yang tidak tepat, metode kerja yang tidak konsisten, operator kurang teliti, kondisi lingkungan tidak stabil, atau alat ukur yang tidak akurat. Hasil analisis ini menjadi dasar penyusunan usulan perbaikan.

2.7 PETA KENDALI

Peta kendali adalah alat statistik yang digunakan untuk memantau apakah suatu proses berada dalam kondisi terkendali atau tidak. Peta kendali menampilkan data proses dari waktu ke waktu dengan batas kendali atas, batas kendali bawah, dan garis tengah. Apabila data berada di antara batas kendali dan tidak menunjukkan pola tertentu yang mencurigakan, maka proses dapat dikatakan terkendali secara statistik. Sebaliknya, apabila terdapat data yang keluar dari batas kendali atau menunjukkan pola tidak normal, maka proses perlu dianalisis lebih lanjut.

Peta kendali penting karena mampu membedakan variasi alami dan variasi khusus. Variasi alami masih dapat diterima karena merupakan bagian normal dari proses. Variasi khusus harus ditelusuri karena menunjukkan adanya gangguan pada proses. Dengan peta kendali, pengambil keputusan dapat mengetahui kapan proses perlu diperbaiki dan kapan proses masih berjalan normal.

Dalam pengendalian produk cacat, peta kendali yang sering digunakan adalah p-chart. P-chart digunakan untuk mengendalikan proporsi produk cacat dalam suatu periode pengamatan. Peta kendali ini cocok digunakan apabila data yang dianalisis berbentuk atribut, yaitu produk dikategorikan sebagai sesuai atau

tidak sesuai. Dengan menggunakan p-chart, tingkat kecacatan dapat dipantau secara periodik sehingga kestabilan proses dapat diketahui secara lebih jelas.

2.8 PUPUK NPK DAN KARAKTERISTIK MUTUNYA

Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk yang mengandung tiga unsur hara utama, yaitu nitrogen, fosfor, dan kalium. Nitrogen berperan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman, fosfor berperan dalam pembentukan akar dan perkembangan generatif, sedangkan kalium berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman serta membantu kualitas hasil panen. Kombinasi ketiga unsur tersebut menjadikan pupuk NPK sebagai salah satu jenis pupuk yang banyak digunakan dalam kegiatan pertanian.

Kualitas pupuk NPK tidak hanya ditentukan oleh kandungan unsur hara, tetapi juga oleh karakteristik fisik granul. Faraon et al. (2023) menjelaskan bahwa formulasi pupuk NPK dalam bentuk granul berkaitan dengan komposisi, porositas, morfologi, dan ukuran granul. Dalam penelitian tersebut, granul berukuran 2-4 mm dipisahkan sebagai ukuran yang umum digunakan, sedangkan ukuran yang terlalu kecil atau terlalu besar dikembalikan ke proses. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran granul merupakan salah satu parameter penting dalam kualitas pupuk berbentuk butiran.

Granulasi merupakan proses pembesaran partikel menjadi butiran yang memiliki ukuran dan sifat tertentu. Hardhianti et al. (2025) menjelaskan bahwa proses granulasi bertujuan membentuk granul dengan karakteristik tertentu dan bahwa jenis larutan pengikat serta rasio cairan terhadap padatan dapat memengaruhi distribusi ukuran granul NPK. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan ammonium sulfat sebagai pengikat dapat meningkatkan pembentukan granul dan menghasilkan distribusi ukuran yang lebih konsisten dibandingkan penggunaan air.

Karakteristik mutu pupuk granul meliputi kesesuaian kadar unsur hara, keseragaman ukuran granul, kekerasan granul, kadar air, dan ketahanan terhadap penggumpalan. Kadar unsur hara menunjukkan kesesuaian komposisi kimia dengan formula yang ditetapkan. Ukuran granul menunjukkan keseragaman bentuk fisik produk. Kekerasan granul menunjukkan kemampuan butiran menahan tekanan

selama penyimpanan dan distribusi. Kadar air menunjukkan tingkat kelembapan produk yang dapat memengaruhi stabilitas dan kecenderungan menggumpal.

Avsar dan Ulusal (2021) menjelaskan bahwa penggumpalan pada pupuk granul dapat dipengaruhi oleh kelembapan, suhu, tekanan penyimpanan, kandungan air, keberadaan partikel halus, komposisi kimia, struktur partikel, serta kondisi penyimpanan. Penelitian tersebut juga menegaskan bahwa kadar air, distribusi ukuran partikel, dan kekuatan mekanik merupakan karakteristik dasar yang memengaruhi kecenderungan caking pada pupuk granul.

Berdasarkan uraian tersebut, kualitas pupuk NPK berbentuk granul harus dilihat sebagai gabungan antara kualitas kimia dan kualitas fisik. Produk dapat memiliki komposisi unsur hara yang sesuai, tetapi tetap bermasalah apabila ukuran granul tidak seragam, kadar air tinggi, mudah hancur, atau mudah menggumpal. Oleh karena itu, pengendalian kualitas pada produk granul perlu memperhatikan parameter mutu secara menyeluruh, bukan hanya salah satu karakteristik saja.

2.9 SIX SIGMA

Six Sigma merupakan pendekatan perbaikan kualitas yang berfokus pada pengurangan variasi proses dan penurunan jumlah cacat. Pendekatan ini menggunakan data dan alat statistik untuk mengukur kinerja proses, menemukan penyebab masalah, dan menyusun tindakan perbaikan. Six Sigma tidak hanya digunakan untuk menghitung jumlah produk cacat, tetapi juga untuk memahami kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi.

Maryani et al. (2024) menjelaskan bahwa Six Sigma dapat diterapkan pada sektor manufaktur maupun jasa karena pendekatan ini membantu memperbaiki kualitas proses, meningkatkan produktivitas, meningkatkan efisiensi, menurunkan biaya, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Kajian tersebut juga menunjukkan bahwa alat seperti analisis Pareto dan diagram sebab-akibat banyak digunakan dalam penerapan Six Sigma untuk mengidentifikasi masalah dan penyebab kecacatan.

Dalam Six Sigma, kualitas proses diukur menggunakan indikator statistik seperti Defects Per Million Opportunities dan level sigma. DPMO menunjukkan

jumlah cacat yang terjadi dalam satu juta peluang kecacatan. Semakin kecil nilai DPMO, semakin baik kinerja proses. Level sigma menunjukkan tingkat kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Semakin tinggi level sigma, semakin rendah tingkat kecacatan proses.

Putri et al. (2025) menjelaskan bahwa Six Sigma dapat digunakan untuk mengidentifikasi pengendalian, menganalisis penyebab, dan menyusun usulan perbaikan melalui tahapan DMAIC. Penelitian tersebut menggunakan nilai DPMO dan level sigma untuk menunjukkan kondisi kinerja proses serta menentukan arah perbaikan kualitas. Hal ini menunjukkan bahwa Six Sigma relevan digunakan ketika penelitian membutuhkan ukuran kuantitatif terhadap kecacatan dan kapabilitas proses.

Six Sigma memiliki kekuatan karena tidak berhenti pada identifikasi cacat. Pendekatan ini menuntut proses perbaikan yang bertahap, mulai dari mendefinisikan masalah, mengukur kinerja, menganalisis penyebab, menyusun perbaikan, hingga mengendalikan hasil perbaikan. Dengan demikian, Six Sigma sesuai digunakan untuk penelitian yang bertujuan meningkatkan kualitas produk melalui analisis data produksi dan data kecacatan.

2.10 DMAIC

DMAIC merupakan tahapan sistematis dalam Six Sigma yang terdiri dari Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control. Tahapan ini digunakan untuk menyelesaikan masalah kualitas secara terarah. Setiap tahap memiliki fungsi yang berbeda, tetapi saling berhubungan sebagai satu siklus perbaikan.

Tahap Define digunakan untuk mendefinisikan masalah kualitas yang akan diteliti. Pada tahap ini ditentukan ruang lingkup masalah, jenis cacat yang menjadi perhatian, karakteristik kualitas kritis, dan tujuan perbaikan. Tahap ini penting karena masalah kualitas harus dirumuskan secara jelas agar analisis tidak melebar dan tetap fokus pada permasalahan utama.

Tahap Measure digunakan untuk mengukur kondisi proses saat ini. Pengukuran dilakukan dengan mengumpulkan data produksi, data cacat, jumlah peluang cacat, dan jenis kecacatan. Pada tahap ini dapat dihitung nilai DPMO dan level sigma. Hasil pengukuran menjadi dasar untuk mengetahui seberapa besar

tingkat kecacatan dan seberapa baik kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang sesuai standar.

Tahap Analyze digunakan untuk mencari penyebab utama kecacatan. Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan alat bantu seperti diagram Pareto, diagram sebab-akibat, dan peta kendali. Diagram Pareto digunakan untuk mengetahui jenis cacat dominan. Diagram sebab-akibat digunakan untuk memetakan penyebab potensial. Peta kendali digunakan untuk mengetahui kestabilan proses.

Tahap Improve digunakan untuk menyusun usulan perbaikan terhadap penyebab kecacatan yang telah ditemukan. Usulan perbaikan harus diarahkan pada faktor penyebab, bukan hanya pada gejala. Apabila penyebab cacat berasal dari metode kerja, maka perbaikan diarahkan pada standar prosedur. Apabila penyebab berasal dari mesin, maka perbaikan diarahkan pada pengaturan, pemeliharaan, atau pengawasan mesin. Apabila penyebab berasal dari material, maka perbaikan diarahkan pada pengendalian bahan baku.

Tahap Control digunakan untuk menjaga agar perbaikan yang telah disusun dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Tahap ini dapat dilakukan melalui pembuatan standar kerja, pengawasan berkala, penggunaan peta kendali, pencatatan data mutu, pelatihan operator, dan evaluasi rutin. Tanpa tahap pengendalian, perbaikan yang telah dilakukan berpotensi tidak bertahan karena proses dapat kembali pada kondisi sebelumnya.

Alarcón et al. (2024) menunjukkan bahwa integrasi Lean dan Six Sigma dengan DMAIC, root cause analysis, process mapping, dan statistical process control dapat digunakan untuk mengurangi variasi komposisi produk dan meningkatkan kinerja produktivitas pada industri kimia. Penelitian tersebut menegaskan bahwa DMAIC efektif digunakan pada proses yang memiliki masalah variasi, terutama ketika kualitas produk dipengaruhi oleh banyak variabel proses.

2.11 DEFECTS PER MILLION OPPORTUNITIES

Defects Per Million Opportunities atau DPMO merupakan ukuran yang digunakan untuk mengetahui jumlah cacat dalam satu juta peluang kecacatan. DPMO digunakan karena jumlah cacat saja belum cukup untuk menggambarkan

kinerja kualitas. Dua proses dapat memiliki jumlah cacat yang sama, tetapi tingkat kecacatannya berbeda apabila jumlah unit produksi dan jumlah peluang cacatnya berbeda.

Perhitungan DPMO dilakukan dengan membandingkan jumlah cacat terhadap jumlah unit produksi dan jumlah peluang cacat pada setiap unit. Secara umum, rumus DPMO adalah:

$$DPMO = \frac{JumlahCacat}{JumlahUnit \times PeluangCacat} \times 1.000.000$$

Nilai DPMO memberikan gambaran mengenai seberapa besar peluang terjadinya cacat dalam proses. Semakin tinggi nilai DPMO, semakin rendah kemampuan proses. Sebaliknya, semakin rendah nilai DPMO, semakin baik kemampuan proses. DPMO juga menjadi dasar untuk menentukan level sigma.

2.12 LEVEL SIGMA

Level sigma menunjukkan tingkat kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Level sigma yang lebih tinggi menunjukkan bahwa proses semakin stabil dan jumlah cacat semakin rendah. Dalam konsep Six Sigma, target ideal kualitas adalah mendekati kondisi cacat yang sangat rendah. Namun, dalam praktik manufaktur, level sigma sering digunakan sebagai alat evaluasi untuk mengetahui posisi kinerja proses saat ini dan menentukan target perbaikan yang realistis.

Level sigma diperoleh dari konversi nilai DPMO. Semakin kecil DPMO, semakin tinggi level sigma. Penggunaan level sigma membantu proses evaluasi menjadi lebih mudah dipahami karena kinerja proses dinyatakan dalam satu ukuran standar. Level sigma juga dapat digunakan untuk membandingkan kinerja antarperiode atau antarproses.

Dalam penelitian kualitas, level sigma tidak hanya digunakan sebagai angka hasil perhitungan, tetapi juga sebagai dasar analisis. Apabila level sigma masih rendah, maka proses memerlukan perbaikan yang lebih mendasar. Apabila level sigma sudah cukup baik tetapi masih terdapat cacat dominan, maka perbaikan dapat difokuskan pada jenis cacat tertentu agar proses menjadi lebih stabil.

2.13 HUBUNGAN PENGENDALIAN KUALITAS DAN SIX SIGMA

Pengendalian kualitas dan Six Sigma memiliki hubungan yang saling melengkapi. Pengendalian kualitas menyediakan alat untuk mengamati proses, mencatat kecacatan, dan menilai kestabilan. Six Sigma menyediakan kerangka yang lebih sistematis untuk mengukur kinerja, menganalisis penyebab, menyusun perbaikan, dan mengendalikan hasil perbaikan. Dengan demikian, Six Sigma dapat dipandang sebagai pendekatan yang memadukan alat-alat pengendalian kualitas ke dalam tahapan perbaikan yang terstruktur.

Penggunaan diagram Pareto, diagram sebab-akibat, peta kendali, DPMO, dan level sigma dalam satu alur analisis memungkinkan masalah kualitas dipahami secara menyeluruh. Diagram Pareto menunjukkan prioritas masalah. Diagram sebab-akibat menunjukkan kemungkinan penyebab. Peta kendali menunjukkan kestabilan proses. DPMO menunjukkan tingkat kecacatan. Level sigma menunjukkan kemampuan proses. Kombinasi alat tersebut membuat analisis kualitas menjadi lebih kuat karena didasarkan pada data dan alur berpikir yang logis.

Pendekatan tersebut sesuai untuk produk yang memiliki beberapa karakteristik kualitas sekaligus. Pada produk berbentuk granul, misalnya, kecacatan dapat muncul dari ketidaksesuaian komposisi, ukuran tidak seragam, kekerasan rendah, kadar air tinggi, atau penggumpalan. Oleh karena itu, pengendalian kualitas membutuhkan metode yang mampu mengidentifikasi jenis cacat dominan dan penyebabnya secara sistematis.

2.14 PENELITIAN TERDAHULU

NO .	PENELITI	FOKUS PENELITIAN	HASIL UTAMA	RELEVANSI
1	Wassan et al. (2022)	Pengaruh Total Quality	TQM berpengaruh positif terhadap	Menjadi dasar bahwa kualitas

		Management terhadap keberlanjutan dan kinerja organisasi	keberlanjutan dan kinerja organisasi	harus dikelola sebagai enyus menyeluruh
2	Aichouni et al. (2024)	Integrasi Total Quality Management dan Industry 4.0	Integrasi teknologi dan manajemen mutu dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan kualitas produk	Mendukung pentingnya pengambilan penyusun kualitas berbasis data
3	Maryani et al. (2024)	Kajian sistematis penerapan Six Sigma pada enyusun manufaktur dan jasa di Indonesia	Six Sigma dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas, produktivitas, efisiensi, dan kepuasan pelanggan	Menjadi dasar pemilihan Six Sigma sebagai pendekatan perbaikan kualitas
4	Alarcón et al. (2024)	Penerapan Lean Six Sigma dalam proses manufaktur kimia	DMAIC, Ishikawa, SIPOC, dan SPC dapat menurunkan variasi produk dan meningkatkan kinerja proses	Mendukung penggunaan DMAIC dan alat penyusun dalam pengendalian variasi
5	Soeryono et al. (2025)	Pengendalian kualitas menggunakan	SPC membantu memantau stabilitas proses, mengurangi	Mendukung penggunaan peta kendali dan analisis proses

		Statistical Process Control	variasi, dan meningkatkan kemampuan proses	
6	Putri et al. (2025)	Analisis pengendalian kualitas menggunakan Six Sigma dan FMEA	Six Sigma digunakan untuk menghitung DPMO, level sigma, menganalisis penyebab, dan menyusun perbaikan	Mendukung penggunaan DPMO dan level sigma sebagai ukuran kinerja kualitas
7	Faraon et al. (2023)	Formulasi pupuk NPK menggunakan granulator	Ukuran granul, komposisi, morfologi, dan porositas menjadi karakteristik penting dalam pupuk NPK granul	Mendukung penentuan karakteristik mutu produk granul
8	Hardhianti et al. (2025)	Pengaruh konsentrasi ammonium sulfat terhadap distribusi ukuran granul NPK	Jenis pengikat dan rasio cairan terhadap padatan memengaruhi pembentukan serta keseragaman ukuran granul	Mendukung analisis terhadap ukuran granul sebagai parameter mutu