

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Kualitas

Quality adalah salah satu faktor terpenting dalam keputusan pembelian konsumen saat suatu produk diproduksi. Oleh karena itu, perusahaan harus memperhatikan kualitas agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan mereka. Untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi, kualitas produksi merupakan salah satu hal terpenting yang menjadi fokus perusahaan, mulai dari seluruh proses produksi hingga produk akhir. Untuk dapat bersaing dengan perusahaan lain dalam lingkungan bisnis saat ini, perusahaan didorong untuk terus berinovasi serta meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan produktivitas operasionalnya. Setiap perusahaan yang memproduksi suatu produk perlu memantau kualitasnya secara ketat untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi persyaratan atau kriteria yang menentukan apakah produk akhir termasuk dalam kategori baik atau buruk (Shania et al., 2022).

Quality adalah faktor yang ada pada suatu produk atau hasil yang menentukan apakah produk tersebut diminati atau tidak (Noerpratomo, 2018). Kualitas adalah keadaan alami yang berkaitan dengan suatu barang, jasa, sumber daya manusia, prosedur, dan lingkungan yang sesuai dengan atau melampaui harapan. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas mencakup kualitas sumber daya manusia serta produk dan jasa akhir dan lingkungan (Hernawati Suryatman et al., 2020).

Secara mendasar, kualitas produk mencerminkan sejauh mana sebuah barang mampu menjalankan peran dan fungsinya secara optimal. Hal ini tidak hanya terbatas pada ketahanan dan keandalan produk saat digunakan, tetapi juga mencakup presisi, kemudahan operasional, hingga aksesibilitas layanan perbaikan jika terjadi kerusakan. sebuah produk tidak sekadar dipandang sebagai wujud fisik yang bisa dikenali. Lebih dari itu, produk merupakan perpaduan antara aspek fisik (*tangible*) tetapi juga mencakup aspek *nonfisik* (*intangible*). Unsur-unsur seperti kemasan, pemilihan warna, harga, reputasi merek, hingga kualitas pelayanan dan citra penjual menjadi satu kesatuan yang

membentuk nilai produk tersebut. Singkatnya, produk adalah segala sesuatu yang dihadirkan ke pasar untuk menarik perhatian, dimiliki, atau dikonsumsi guna memenuhi kebutuhan serta memberikan kepuasan bagi penggunaannya. Untuk mengukur seberapa baik kualitas suatu produk harus merumuskan beberapa indikator utama yang perlu diperhatikan (Ayunani et al., 2023):

1. *Performance* (Kinerja): Karakteristik operasional utama dari produk inti.
2. *Durability* (Daya Tahan): Masa pakai atau usia ekonomis produk sebelum akhirnya harus diganti.
3. *Conformance to Specifications* (Kesesuaian Spesifikasi): Sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan sebelumnya.
4. *Features* (Fitur): Karakteristik pelengkap yang menambah nilai guna atau daya tarik produk.
5. *Aesthetics* (Estetika): Aspek kualitas yang berkaitan dengan daya tarik produk berdasarkan persepsi panca indra, meliputi penampilan, rasa, dan suara.
6. *Perceived Quality* (Kesan Kualitas): Reputasi atau citra produk di mata konsumen (aspek subjektif).
7. *Serviceability*: Kecepatan, kompetensi, dan kemudahan dalam penanganan servis atau perbaikan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kualitas adalah salah satu faktor yang penting dalam perusahaan dalam menjaga serta menjamin suatu keadaan dengan baik, untuk memenuhi kebutuhan dan preferensi pelanggan. Teori kualitas digunakan sebagai jembatan untuk menyelaraskan antara *output* produksi, dengan ekspektasi *standard* pasar. Pipa baja dengan ketebalan 0,7 mm memiliki spesifikasi kegunaannya yang ketat. *Defect* sekecil apa pun akan berdampak pada fungsi akhirnya. Oleh karena itu, penerapan teori ini sangat relevan untuk mengukur sejauh mana proses pada lini Mill P-2 mampu menjaga integritas produk agar tetap sesuai dengan spesifikasi kualitas yang diminta tanpa keluhan dari konsumen.

2.1.2 Pengendalian Kualitas (*Quality Control*)

Prosedur yang digunakan oleh suatu perusahaan untuk memastikan bahwa semua kegiatan operasional dan proses produksi dilaksanakan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan dikenal sebagai pengendalian mutu. Jika terjadi masalah, masalah tersebut

dapat diatasi sehingga rencana yang ada dapat terus dilaksanakan. Pengendalian kualitas merupakan metode yang efektif untuk mengintegrasikan inisiatif pemeliharaan dan peningkatan kualitas ke dalam suatu bisnis atau organisasi, guna memastikan penyediaan barang dan jasa yang memuaskan pelanggan. Tujuan pengendalian kualitas adalah meningkatkan kepuasan pelanggan dengan menyediakan layanan berkualitas tinggi, sedangkan pelaksanaannya memengaruhi setiap kegiatan yang terlibat dalam proses tersebut, mulai dari pimpinan hingga karyawan (Utami et al., 2025).

Pengendalian mutu (*Quality Control*) adalah kegiatan bersama yang tidak dapat dilakukan secara individu. Jika semua pihak turut serta dalam program ini, mulai dari manajemen perusahaan hingga bagian penjualan dan pekerja, maka program tersebut akan berhasil. Pengendalian mutu kini telah diterapkan secara luas oleh banyak perusahaan di Indonesia. Perusahaan akan memperoleh beberapa manfaat dengan menerapkan pengendalian kualitas, termasuk kemampuan untuk meningkatkan kualitas produk. Mengurangi jumlah produk yang tidak memenuhi standar, menyederhanakan prosedur produksi agar produk jadi memenuhi standar dan spesifikasi perusahaan, menghilangkan biaya yang tidak perlu selama proses produksi, serta meningkatkan pendapatan merupakan berbagai cara untuk meningkatkan produktivitas (Shania et al., 2022).

Pengendalian mutu adalah prosedur yang digunakan untuk memastikan bahwa barang yang dihasilkan melalui proses produksi suatu unit bisnis memenuhi harapan, serta untuk melakukan penyesuaian terhadap proses tersebut jika ada produk yang tidak memenuhi harapan, demi menghasilkan kualitas terbaik. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah memantau hasil produksi guna memastikan bahwa proses produksi mengikuti prosedur standar dan kualitas produk dapat ditingkatkan (Supardi & Dharmanto, 2020)

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pengendalian mutu adalah aktivitas yang dilakukan oleh sebuah perusahaan untuk menjaga sistemnya dan memastikan bahwa hasil produksinya memenuhi kriteria perusahaan. Pada penelitian ini, teori pengendalian mutu digunakan sebagai alat bantu untuk mendeteksi hal-hal abnormal pada jalur proses produksi Mill P-2, bukan hanya aktivitas administratif untuk mendokumentasikan jumlah cacat. Teori ini memberikan sebuah kriteria penyimpangan yang tepat untuk membedakan

antara variasi proses yang wajar dan kesalahan teknis yang fatal, karena pipa baja dengan *thicknes* 0,7 mm memiliki sifat material yang sangat sensitif terhadap perubahan temperatur pengelasan dan tekanan rol.

Faktor utama mengapa teori ini relevan dalam situasi ini adalah karena kemampuan teori ini untuk mengubah data mentah dari rantai produksi menjadi sebuah keputusan manajerial. Setiap produk cacat akan dianggap sebagai kerugian bahan rutin tanpa landasan teori pengendalian mutu yang kuat. Namun, karena adanya teori ini, setiap cacat menjadi sebuah sumber informasi berharga untuk memastikan konsistensi produk tetap akurat sesuai spesifikasi teknis sekaligus meminimalkan limbah yang tidak perlu pada jalur proses produksi.

2.1.3 Six Sigma

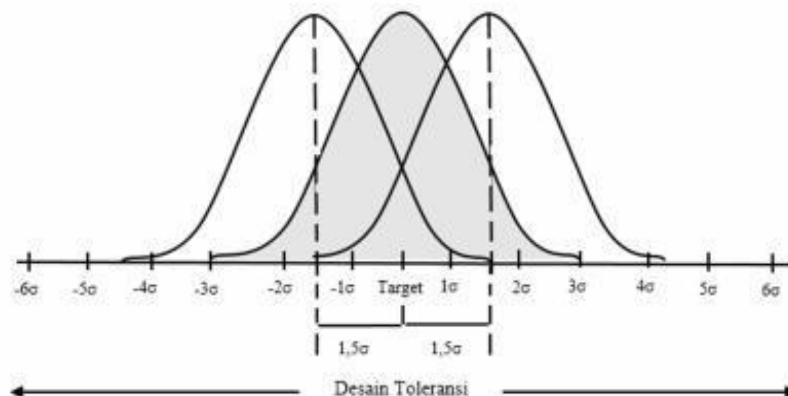
Six Sigma adalah proses peningkatan kualitas yang diterapkan oleh banyak perusahaan dan organisasi. Pendekatan ini didasarkan pada gagasan bahwa jumlah cacat tidak boleh melebihi 3,4 per sejuta unit yang diproduksi. Metode *Six Sigma*, yang berupaya mengurangi jumlah produk cacat dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kualitas produk, merupakan salah satu cara untuk mengevaluasi kualitas suatu perusahaan. Melalui identifikasi ini, penyebab berbagai jenis cacat dapat diidentifikasi secara tepat, sehingga rekomendasi perbaikan dapat diberikan sebagai bagian dari proses peningkatan kualitas perusahaan (Adib Wicaksono et al., 2026). *Six Sigma* adalah konsep statistik yang bertujuan untuk meningkatkan proses terkait cacat atau kesalahan. *Six Sigma* menegaskan adanya korelasi yang kuat antara proses dan hasil akhir. Seiring dengan peningkatan kualitas produk, nilai Sigma akan menurun. Oleh karena itu, bisa dikatakan bahwa kualitas yang unggul akan dihasilkan dari nilai Sigma yang tinggi (Sukirno et al., 2021).

Six Sigma adalah proses peningkatan kualitas yang memastikan bahwa setiap produk (barang atau jasa) memiliki kurang dari 3,4 cacat per sejuta peluang (DPMO). Dengan demikian, *Six Sigma* merupakan metode yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, meningkatkan, dan mengoptimalkan kesuksesan perusahaan. Siklus DMAIC merupakan prosedur utama untuk perbaikan berkelanjutan menuju target *Six Sigma*, dan *Six Sigma* menggunakan metode statistik untuk mengidentifikasi aspek-aspek penting (Fatikhul Ikhsan et al., 2021).

Six Sigma dipahami sebagai sebuah metodologi dalam manajemen kualitas yang menitikberatkan pada upaya sistematis untuk meningkatkan efisiensi proses. Fokus utamanya adalah meminimalisir variasi yang terjadi di dalam proses produksi sehingga jumlah cacat atau *defect* dapat dikurangi secara signifikan. Dengan menekan tingkat kegagalan hingga mendekati titik *zero defect*, perusahaan dapat meningkatkan performa prosesnya, yang pada akhirnya bertujuan untuk mencapai kepuasan pelanggan sebagai sasaran mutu tertinggi (Rofi'ul Huda et al., 2025).

Six Sigma adalah pendekatan yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan mengoptimalkan kinerja perusahaan. Secara khusus, pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pelanggan merupakan pendorong utama di balik penerapan *Six Sigma*. Selain memberikan perhatian khusus pada pengelolaan dan perombakan proses bisnis, metode ini juga menuntut komitmen yang kuat terhadap fakta dan analisis statistik.bisnis (Ulfah Maria & Auliandri Aria, 2019). Metodologi *Six Sigma* merupakan pendekatan manajemen untuk mengurangi cacat pada barang, jasa, dan prosedur. Metodologi ini digunakan di industri sebagai alat untuk peningkatan kinerja perusahaan. *Six Sigma* adalah strategi sistematis untuk meningkatkan kualitas produk dan operasional. Dengan menggunakan metodologi yang berbasis proyek, *Six Sigma* membantu suatu organisasi untuk mencapai tujuan strategis. Karena *Six Sigma* adalah metodologi yang berbasis proyek, pemilihan proyek yang tepat sangat penting agar perusahaan mendapatkan keuntungan finansial terbesar (Mittal et al., 2023).

Dari sudut pandang pengukuran, *Six Sigma* mengacu pada ambang batas kualitas di mana tingkat cacat yang paling umum adalah 3,4 cacat per satu juta peluang. Pengukuran tingkat *Six Sigma* dapat dijelaskan sebagai analisis mengenai apa yang diinginkan pelanggan (*Voice Of The Customer*) dari suatu produk. Keinginan pelanggan tersebut kemudian diubah menjadi ukuran yang berbeda. Hal ini dikenal sebagai CTQ (*Critical to Quality*). Langkah selanjutnya adalah mencari hubungan antara hasil dan proses (Novia Nasution & Wasono, 2017).



Gambar 2. 1 Dasar Tingkatan *Six Sigma*, sumber (Novia Nasution & Wasono, 2017)

Tabel 2. 1 Tabel Konversi Sigma, sumber (Novia Nasution & Wasono, 2017)

Sigma Level	DPMO	YIELD
1	690,000	30,9%
2	308,000	69,2%
3	66,800	93,3%
4	6,210	99,4%
5	320	99,98%
6	3,4	99,9997%

Tingkat Standar kualitas *Six Sigma* memperbolehkan adanya variasi produksi, sehingga rata-rata produksi dapat berbeda dari target sekitar 1,5 deviasi standar. Hal ini setara dengan *varians* sebesar setengah dari batas toleransi pengukuran. Data lapangan menunjukkan bahwa kinerja proses rata-rata berada di bawah target, yang menjadi dasar penetapan tingkat kualitas ini. Karena tidak ada proses yang dapat dihentikan pada titik ideal, rata-rata produksi berbeda dari target sekitar 1,5 deviasi standar. Dengan total 3,4 cacat per sejuta peluang, variasi sekitar 1,5 deviasi standar dari target sudah memadai untuk kualitas *Six Sigma* (Novia Nasution & Wasono, 2017).

Manfaat *Six Sigma* bagi Organisasi yaitu (Sirine et al., 2017) :

1. Menjamin Keberlanjutan Bisnis melalui Inovasi

Six Sigma bukan sekadar alat perbaikan, melainkan strategi untuk menjaga pertumbuhan jangka panjang. Dengan membentuk budaya kerja yang adaptif, metode ini memungkinkan perusahaan untuk terus berinovasi dan meregenerasi sistem organisasinya agar tetap dominan di tengah persaingan pasar yang dinamis.

2. Sinkronisasi Target dan Kinerja Personel

Dalam struktur organisasi yang kompleks, setiap divisi sering kali memiliki sasaran yang berbeda. *Six Sigma* berperan sebagai penyelarar yang menyatukan fokus seluruh individu dan unit bisnis ke arah tujuan yang sama. Hal ini menciptakan konsistensi kerja yang terukur di setiap level organisasi.

3. Optimalisasi Nilai Tambah bagi Konsumen

Di era kompetisi yang ketat, sekadar menghasilkan produk bebas cacat belum tentu cukup. *Six Sigma* mendalami apa yang benar-benar bernilai bagi pelanggan, lalu merancang proses pengiriman nilai tersebut secara efektif dan efisien guna menjamin kepuasan serta keuntungan perusahaan.

4. Akselerasi Ritme Perbaikan Operasional

Kecepatan dalam merespons ekspektasi pasar adalah kunci kemenangan kompetisi. Dengan mengintegrasikan berbagai instrumen lintas disiplin ilmu, *Six Sigma* membantu organisasi untuk melakukan perbaikan performa secara lebih cepat, tepat, dan sistematis dibandingkan metode konvensional.

5. Fasilitator Pertukaran Ide dan Pembelajaran (*Cross-Pollination*)

Metode ini mendorong penyebaran gagasan baru ke seluruh bagian organisasi. Tenaga kerja yang terlatih dalam *Six Sigma* memiliki fleksibilitas untuk menerapkan keahlian manajemen proses mereka di berbagai divisi berbeda, sehingga mempermudah standarisasi kinerja dan berbagi praktik terbaik (*best practices*).

6. Penguatan Adaptasi Strategi Bisnis

Pemahaman mendalam terhadap prosedur internal memberikan fleksibilitas bagi perusahaan saat melakukan langkah strategis, seperti ekspansi pasar atau peluncuran produk baru. *Six Sigma* membekali organisasi dengan kemampuan untuk melakukan penyesuaian operasional, baik dalam skala kecil maupun transformasi besar, guna merespons tuntutan bisnis.

Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa, *Six Sigma* merupakan pendekatan kerja yang sangat terstruktur untuk memastikan bahwa produk kami selalu berkualitas tinggi. Metodologi ini tidak berfokus pada pemecahan masalah melainkan, metodologi ini menggunakan data kuantitatif untuk mengidentifikasi potensi masalah. Dalam penelitian ini, metodologi *Six Sigma* digunakan sebagai alat bantu untuk memastikan bahwa

perbaikan yang dilakukan di PT XYZ tidak berdasarkan perasaan atau hanya berdasarkan asumsi saja. Karena pipa baja yang memiliki ketebalan sebesar 0,7 mm sangat rentan terhadap berbagai jenis gangguan. *Six Sigma* sudah terbukti sebagai metodologi yang *standard* untuk memastikan bahwa setiap jenis kesulitan yang timbul dapat diselesaikan secara langsung dengan menggunakan data.

Relevansi teori ini terletak pada kemampuan teori ini untuk mengubah perspektif kita terhadap gagal. Jika salah satu jenis cacat sering diidentifikasi sebagai nasib atau kesulitan yang muncul dalam proses produksi, maka *Six Sigma* mengidentifikasi hal ini sebagai variasi yang dapat dengan mudah diperbaiki. Dengan tingkat kegagalan yang ditetapkan sebesar nol, metode ini memastikan bahwa produk yang di akhir benar-benar presisi, mampu mencegah erosi material, dan menjaga kualitas pipa baja tetap stabil di mata pelanggan.

2.1.4 Metode DMAIC



Gambar 2. 2 Siklus DMAIC, Sumber (<https://geo-industrie.fr/six-sigma-dmaic-industrie>)

Metodologi DMAIC merupakan komponen utama dalam proses pemecahan masalah *Six Sigma* yang menerapkan perubahan-perubahan yang diperlukan secara sistematis guna mencapai hasil yang diinginkan. Meskipun nama-nama metode tersebut mungkin akan diubah di masa mendatang, metode-metode yang digunakan dalam *Six Sigma* telah menjadi standar yang mapan. Konsep ini dapat diintegrasikan dengan metode-metode lain untuk meningkatkan produktivitas dan akan terus membuktikan keberlanjutan suatu produk di pasar global (Oktaviani et al., 2022). DMAIC adalah metode untuk meningkatkan kualitas proses, menganalisis berbagai jenis masalah potensial, dan mengidentifikasi faktor-faktor utama yang memengaruhi kegagalan produk. Pendekatan ini didasarkan pada metodologi yang jelas dan terdiri dari lima

komponen utama *Six Sigma*. Pendekatan ini didasarkan pada metodologi yang jelas dan terdiri dari lima komponen utama *Six Sigma* (Saefulhadi et al., 2025).

Dalam implementasi *Six Sigma*, pendekatan yang digunakan adalah DMAIC, yang merupakan kerangka kerja terstruktur untuk mengidentifikasi akar masalah dan mengoptimalkan kualitas produksi. Tahapannya meliputi (Rofi'ul Huda et al., 2025):

- *Define* (Mendefinisikan): Langkah awal untuk merumuskan masalah utama yang sedang dihadapi, seperti tingkat kecacatan yang melampaui standar indikator kinerja utama (KPI) perusahaan. Di sini, dilakukan identifikasi terhadap karakteristik produk yang krusial bagi kualitas atau disebut sebagai *Critical to Quality* (CTQ).
- *Measure* (Mengukur): Tahap pengumpulan data faktual mengenai kondisi proses saat ini. Aktivitasnya mencakup pendataan jumlah dan jenis cacat melalui inspeksi serta perhitungan metrik performa seperti *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan nilai Level Sigma untuk mengevaluasi kinerja proses yang ada.
- *Analyze* (Menganalisis): Fokus pada pengolahan data untuk menemukan sumber atau akar penyebab terjadinya cacat. Alat analisis yang umum digunakan adalah diagram tulang ikan untuk mengidentifikasi penyebab mendasar dari kegagalan tersebut dan diagram pareto untuk menentukan prioritas masalah-masalah tersebut.
- *Improve* (Memperbaiki): Merancang dan menerapkan solusi strategis untuk mengeliminasi penyebab utama masalah. Pendekatan yang sering digunakan adalah pendekatan 5W + 1H (Apa, Mengapa, Kapan, Di mana, Siapa, Bagaimana) yang konkret dalam proses produksi.
- *Control* (Mengendalikan): Tahap akhir bertujuan untuk memastikan bahwa kemajuan tersebut diterapkan secara konsisten dan berkelanjutan. Hal ini dicapai melalui pemantauan rutin, standarisasi proses, serta dokumentasi praktik terbaik agar tingkat kecacatan tetap rendah di masa mendatang.

DMAIC (*Define, Measurement, Analyze, Improve and Control*) merupakan komponen mendasar dari metodologi *Six Sigma* yang digunakan untuk mempercepat proses identifikasi kesalahan atau cacat. Adapun tahapan pada metode DMAIC sebagai berikut (Ayu Lestari & Purwatmini, 2021):

1. *Define* (Identifikasi)

Dari sinilah pendekatan *Six Sigma* dimulai. Menetapkan tujuan dan mengidentifikasi atribut kualitas utama yang sangat terkait dengan kebutuhan pelanggan tertentu merupakan bagian dari fase *Define*. Fase *Define* menghasilkan peta proses dalam bentuk diagram alur kerja yang digunakan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai alur proses produksi barang atau jasa tertentu, serta menjelaskan secara jelas tentang perbaikan yang perlu dilakukan. Tujuan produsen dalam menyusun peta proses adalah untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan produktivitas proses (Ayu Lestari & Purwatmini, 2021). Alat-alat yang digunakan dalam proses *define* adalah sebagai berikut:

- a. Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output* dan *Customer*), Diagram ini termasuk salah satu metode yang jelas menunjukkan aliran proses kerja, sering digunakan untuk meningkatkan kualitas. Diagram SIPOC digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi elemen-elemen yang berhubungan dengan proses produksi, yaitu masukan, keluaran, metode, dan pengguna (Febria Suci et al., 2017)
- b. CTQ (*Critical to Quality*), bertujuan untuk menyampaikan karakteristik terpenting kepada pelanggan, seperti dapat dilihat dalam suatu produk atau suatu proses produksi yang harus memenuhi standar kualitas atau batas spesifikasinya guna memenuhi kebutuhan dan ke pelanggan (Ahmad Fadila et al., 2025).

2. *Measure* (Pengukuran)

Measure adalah proses pengumpulan dan analisis data yang berkaitan dengan proses yang ada. Tahap ini merupakan tahap pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan pengambilan sampel. Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data produksi kuantitatif, termasuk total produksi, jumlah barang cacat, dan jenis-jenis cacat. Pengukuran yang digunakan pada tahap *measure* sebagai berikut (Sharma et al., 2018):

- a. *Control Chart* atau peta kendali, adalah grafik yang digunakan untuk menunjukkan bagaimana suatu proses berubah dari waktu ke waktu. Diagram kendali merupakan salah satu jenis alat bantu grafis yang digunakan untuk mengukur stabilitas suatu proses dan memantau perubahan dalam proses tersebut dari waktu ke waktu. Diagram ini memiliki garis atas (*Upper Line*) untuk batas kendali atas, garis bawah (*Lower Line*) untuk batas kendali bawah, dan garis tengah (*Central Line*) untuk rata-rata (*Average*).

Persentase ketidaksesuaian yang dihasilkan oleh suatu proses dipantau menggunakan diagram kendali atribut, yaitu diagram P. Diagram kendali untuk persentase cacat atau untuk jumlah total cacat dapat digunakan jika ukuran sampel untuk setiap pengamatan sama. Namun, jika organisasi ingin melakukan pemeriksaan 100% atau jika ukuran sampel bervariasi dari satu pengamatan ke pengamatan berikutnya (Octavia, 2016), Berikut adalah rumus perhitungan *P Chart* (Saefulhadi et al., 2025):

➤ Menghitung Proporsi *Defect*

$$p = \frac{x}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan :

p = Proporsi *Defect*

x = Jumlah *Defect*

n = Jumlah Produksi

➤ Menghitung Nilai rata-rata P (Batas kendali/*CL*)

$$p = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produksi}} \quad (2.2)$$

➤ Menghitung *Upper Control Limit* (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (2.3)$$

➤ Menghitung *Lower Control Limit* (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (2.4)$$

b. *Defect Per Million Opportunity* (DPMO)

Defects Per Million Opportunities (DPMO) adalah metrik yang digunakan dalam *Six Sigma* untuk mengukur jumlah kesalahan per satu juta kesempatan. Perhitungan ini dapat digunakan untuk menentukan nilai DPMO. Maka dapat dilakukan melalui perhitungan di bawah ini (Saefulhadi et al., 2025):

- Melakukan perhitungan *Defect per Unit* (DPU). DPU adalah kejadian atau kondisi yang terstruktur yang memberikan kesempatan untuk tidak terpenuhinya kebutuhan pelanggan.

$$DPU = \frac{\text{Total Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}} \quad (2.5)$$

- Melakukan perhitungan *Defect per Opportunity* (DPO). DPO adalah konsep yang digunakan dalam peningkatan mutu *Six Sigma* yang menunjukkan berapa banyak kesalahan yang terjadi pada setiap kesempatan. Untuk menghitung nilai DPO (*Defect Per Opportunity*), hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode di bawah ini.

$$DPO = \frac{\text{Total Cacat}}{\text{Jumlah produksi} \times \text{CTQ}} \quad (2.6)$$

- Melakukan perhitungan Nilai *Defect Per Million Opportunity* (DPMO)

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2.7)$$

- Menghitung *Yield*, *Yield* adalah indikator atau metrik yang mengukur efisiensi suatu proses manufaktur dalam menghasilkan produk berkualitas sesuai dengan spesifikasi.

$$\text{Yield}\% = e^{-DPU} \times 100\% \quad (2.8)$$

- Menentukan Nilai Level Sigma. Penentuan nilai level sigma dalam *Six Sigma* merujuk pada peningkatan kinerja suatu proses dan perbaikan aspek-aspek tertentu dari proses tersebut guna memenuhi standar kualitas. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan level sigma.

$$\text{Level Sigma} = \text{Normsin}v \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (2.9)$$

3. *Analyze* (Analisis)

Tahap Analisis adalah tahap untuk menganalisis dan mengidentifikasi penyebab utama suatu masalah sehingga penanggulangan dapat dilakukan dengan mudah pada penyebab utama tersebut. Identifikasi masalah dan penentuan sumber penyebab masalah kualitas dilakukan dengan menggunakan analisis diagram *Fishbone* dan diagram Pareto. Tahap ini melibatkan analisis hubungan antara berbagai faktor yang telah diidentifikasi guna

memahami faktor-faktor dominan yang perlu ditangani. Berdasarkan data yang dikumpulkan selama tahap *Define* dan *Measure*, perlu diidentifikasi proses produksi yang memengaruhi CTQ. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan diagram sebab-akibat, yang juga dikenal sebagai diagram *Ishikawa*. Pareto digunakan untuk menggambarkan berbagai faktor penyebab dan karakteristik kualitas (akibat) yang ditimbulkan oleh faktor-faktor tersebut (Febria Suci et al., 2017). Berikut *Tools* yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Diagram Pareto adalah adalah suatu teknik khusus untuk mengklasifikasikan masalah atau suatu cara untuk menarik perhatian dalam suatu proses penanganan tantangan. Diagram Pareto digunakan untuk membandingkan beberapa kategori kejadian dengan menggunakan ukuran, dari kiri ke kanan, serta dari yang paling besar ke yang paling kecil. Kegiatan yang memanfaatkan diagram Pareto lebih efektif karena fokus pada faktor yang paling mempengaruhi kemampuan organisasi dalam merespon berbagai situasi (Sharma et al., 2018). Diagram Pareto adalah digunakan untuk mengklasifikasikan masalah berdasarkan penyebab dan gejalanya dalam bentuk diagram batang (Surya Andika et al., 2025).
- b. Diagram *Fishbone*, Kegunaan dari diagram *Fish Bone* dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyebab masalah yang dapat diatasi, atau untuk menunjukkan hubungan antara masalah dan faktor-faktor yang menyebabkannya (Ahmad Fadila et al., 2025). Diagram *cause and effect*, berguna untuk menganalisis risiko-risiko yang mungkin timbul akibat berbagai penyebab dan sub-penyebab dari suatu dampak, termasuk pada skala yang sangat besar. Analisis tulang ikan dapat diandalkan untuk merekomendasikan solusi praktis terhadap suatu masalah, dengan mempertimbangkan hubungan sebab-akibat (Surya Andika et al., 2025).

4. *Improve* (Perbaikan)

Bagian ini dapat digunakan untuk memperbaiki, menerapkan perubahan, dan memvalidasi perubahan-perubahan tersebut. Terdapat tiga aspek utama yang perlu diperhatikan dalam fase ini, yaitu (Febria Suci et al., 2017):

- a. Mengidentifikasi faktor yang menyebabkan variasi proses.
- b. Menentukan hubungan antara variabel yang menyebabkan variasi tersebut.
- c. Melakukan batas toleransi operasional.

Tahap berikutnya adalah *improve* atau peningkatan. Rencana tindakan harus disusun untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma* setelah asal-usul dan penyebab mendasar dari masalah kualitas telah diidentifikasi. Pendekatan 5W+1H digunakan untuk mengusulkan perbaikan selama tahap Peningkatan. Salah satu tugas terpenting dalam program peningkatan kualitas adalah menyusun rencana tindakan. Penting untuk mengambil keputusan mengenai siapa yang akan bertanggung jawab atas rencana tindakan tersebut, di mana rencana tersebut akan dilaksanakan, apa yang akan dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan), dan mengapa. Metode analisis 5W+1H dapat digunakan pada tahap pengembangan rencana tindakan ini. Apa, mengapa, di mana, kapan, siapa, dan bagaimana merupakan komponen pendekatan 5W+1H. Alasan (mengapa) pelaksanaan rencana tindakan, di mana rencana tersebut akan dilaksanakan, dan siapa yang akan bertanggung jawab atasnya. Metode analisis 5W+1H dapat digunakan pada tahap ini dalam pengembangan rencana tindakan. Apa, mengapa, di mana, kapan, siapa, dan bagaimana merupakan komponen teknik 5W+1H (Octavia, 2016).

5. Tahap *Control*

Ini adalah tahap operasional terakhir dari proyek peningkatan mutu *Six Sigma*. Pada tahap ini, prosedur-prosedur dan hasil peningkatan mutu didokumentasikan agar dapat digunakan sebagai prosedur kerja *standard* untuk mengatasi masalah serupa atau mencegah terulangnya praktik-praktik lama. Selanjutnya, tanggung jawab atau kepemilikan dialihkan dari tim *Six Sigma* kepada penanggung jawab proses, dan hal ini menandakan bahwa proyek *Six Sigma* telah mendekati akhir (Arjuna Pujangga et al., 2017). Tahap kontrol merupakan langkah terakhir dalam metode DMAIC. Pada fase ini, semua data perbaikan yang telah diselesaikan ditinjau, dan semua kegiatan yang disebutkan di atas kemudian didokumentasikan dan disebarluaskan kepada seluruh karyawan perusahaan tempat perbaikan tersebut berlangsung (Hakim Hidajat & Momon Subagyo, 2022).

Tahap *Control* merupakan fase final dalam metodologi DMAIC yang berfungsi sebagai pengunci keberhasilan. Setelah solusi perbaikan diterapkan pada tahap *Improve*, tahap ini memastikan bahwa performa baru tersebut terjaga stabilitasnya. elemen penting dalam tahap *Control* meliputi (Azwir et al., 2022):

- Standarisasi Operasional: Mengubah hasil perbaikan menjadi prosedur baku atau *Standard Operating Procedure* (SOP). Hal ini bertujuan agar setiap operator memiliki panduan yang seragam dan meminimalisir variasi akibat faktor manusia.
- Pemantauan *Real Time*: Penggunaan alat bantu statistik seperti *Control Chart* (Peta Kendali) untuk mengawasi apakah proses tetap berada dalam batas toleransi yang diizinkan.
- Audit dan Evaluasi: Melakukan pengecekan secara periodik untuk memastikan bahwa kedisiplinan terhadap standar baru tetap dijalankan oleh seluruh tim di rantai produksi. Tahap *Control* merupakan fase penutup dalam siklus DMAIC yang berfungsi sebagai mekanisme penjaminan agar perbaikan yang telah dicapai pada tahap *Improve* dapat dipertahankan secara konsisten. Fokus utamanya adalah melakukan *monitoring* terhadap proses baru untuk mencegah kembalinya masalah lama. Elemen utama dalam tahap *Control* mencakup (Ahmad, 2019):
 - ❖ Dokumentasi Standar: Mengukuhkan hasil perbaikan menjadi sebuah pedoman tertulis atau standar baru bagi pekerja. Hal ini penting agar perubahan yang membawa dampak positif tidak hilang begitu saja.
 - ❖ Pengawasan Berkelanjutan: Melakukan kontrol secara periodik terhadap faktor-faktor penyebab cacat yang sebelumnya telah diidentifikasi (seperti faktor manusia, mesin, dan metode).
 - ❖ Pencegahan Variasi: Memastikan bahwa variabel-variabel kritis dalam produksi tetap berada dalam batas kendali agar tingkat *sigma* yang telah ditingkatkan tidak menurun kembali di masa depan.

Secara metodologis, penggunaan siklus DMAIC dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai sebuah protokol pemecahan masalah yang disiplin untuk memastikan bahwa setiap tindakan perbaikan didasarkan pada data konkret, bukan sekadar asumsi teknis. Relevansi utama DMAIC bagi penelitian pada lini Mill P-2 ini terletak pada alur kerjanya yang saling mengunci, peneliti dipaksa untuk benar-benar memahami masalah melalui angka (*Measure*) dan membuktikan akar penyebabnya secara ilmiah (*Analyze*) sebelum berani memberikan solusi (*Improve*). Mengingat karakteristik pipa baja dengan ketebalan 0,7 mm yang memiliki toleransi kesalahan sangat kecil, kerangka DMAIC ini sangat relevan sebagai penjaga agar fokus perbaikan tidak meluas

ke hal-hal yang tidak krusial. Dengan mengikuti urutan ini, setiap usulan perubahan yang dihasilkan memiliki dasar bukti yang kuat (*evidence-based*), sehingga risiko kegagalan implementasi dapat ditekan dan stabilitas kualitas produk dapat dijamin melalui mekanisme pengawasan yang berkelanjutan (*Control*). Singkatnya, DMAIC memberikan kepastian bahwa setiap langkah yang diambil dalam mereduksi *defect* adalah langkah yang efektif, efisien, dan dapat dipertanggungjawabkan hasilnya.

2.2 Penelitian Terkait

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Peneliti & Tahun	Metode	Hasil Penelitian	Research Gap
1	Upaya Menurunkan Tingkat Cacat pada Pipa Baja dengan Analisis Diagram Sebab Akibat dan Metode 5W +1H	Casban & Aria Purnamasari Dewi (2019)	Diagram Sebab Akibat dan Metode 5W + 1H	- Hasil penelitian ditemukan cacat kampuh las bagian luar dan bagian dalam - serta akar penyebab terbesar dari faktor manusia dan mesin dengan usulan pada pelatihan operator dan pemeliharaan mesin rutin	- Penelitian casban tidak menggunakan metode <i>Six Sigma</i> DMAIC - Objek penelitiannya adalah pipa baja bulat standar API 5L (pipa minyak/gas), berbeda dengan skripsi Anda yang spesifik pada pipa baja kotak (<i>hollow section</i>) 40×60×0,7mm menggunakan mesin <i>Solid State HF Welder</i> - Tidak menghasilkan dokumen

					pengendalian konkret
2	• Usulan Perbaikan Kualitas Produk Pipa Baja Las Spiral Menggunakan Metode <i>Six Sigma</i> Berdasarkan <i>Design of Experiment</i> (DOE)	Sandria Sandi, Maria Ulfah dan Putro Ferro Ferdinant (2017)	<i>Six Sigma</i> DMAIC + DOE	• Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat <i>high low</i> (Lasan tidak rata) menjadi cacat paling dominan. • Serta faktor mesin menjadi faktor dengan RPN tertinggi	• Penelitian Sandria menggunakan DOE sebagai alat <i>improve</i> • Objek penelitiannya adalah pipa baja las spiral sedangkan penelitian ini adalah pipa kotak (<i>Hollow</i>) • Penelitian Sandria tidak menghasilkan dokumen standar operasional
3	• Analisis Pengendalian Kualitas Produk Pipa Baja di PT Kunango Jantan dengan Metode <i>Six Sigma</i>	Dzakirah Rofiana Fadri dan Hary Fandeli (2026)	<i>Six Sigma</i> DMAIC	• Hasil penelitian terdapat 8 jenis CTQ dengan cacat tidak kena las. • Penyebab utama Tidak kena las yakni kelalaian operator, mesin <i>welding</i> aus, kualitas material tidak seragam, dan pengaturan	• Penelitian Dzakirah menggunakan data bulanan sedangkan saya menggunakan data harian • Penelitian Dzakirah tidak menghasilkan dokumen operasional yang spesifik dan rekomendasi yang diberikan bersifat umum

				mesin tidak sesuai SOP	Memproduksi bebrgaia jenis pipa, sedangkan peneltian ini berfokus pada pipa kotak
4	Analisis <i>Defect Rate</i> Pengelasan Pipa Baja Spiral dan Penanggulan gannnya Menggunaka n Metode <i>Six Sigma</i>	M Rofi'ul Huda, Dini Kurniawati & Heni Hendaryati	<i>Six Sigma</i> DMAIC	- Hasil penelitian ditemukan 7 jenis cacat dengan <i>stop start</i> sebagai yang paling dominan - Meningkatnya Nilai level sigma jadi 3,771 <i>Defect rate</i> berhasil diturunkan drastis dari 8,11% menjadi 1,03%	- Penelitian Huda hanya berfokus pada <i>defect</i> di area pengelasan saja, sedangkan skripsi ini mencakup keseluruhan proses produksi dan <i>froming</i> hingga <i>cutting</i> - Penelitian Huda Sampai pada tahap implementasi dan pengukuran dampak nyata - Menggunakan analisis FMEA
5	Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Produk Cacat Pada Pipa Baja Standar	Sarah Octavia	<i>Six Sigma</i> DMAIC	- Terdapat dua cacat berdasarkan diagram pareto - Diperoleh nilai sigma untuk pipa baja ASTM	Penelitian Sarah berfokus pada pipa baja standar ASTM A53, sedangkan Penelitian ini berfokus pada pipa baja kotak (<i>hollow</i>)

	ASTM A53 Dengan Metode DMAIC DI PT Bakrie <i>Pipe Industri</i>			A53 adalah 3,232 •Penyebab cacat berdasarkan <i>fishbone</i> kondisi <i>roll</i> yang tidak seimbang antara kanan dan kiri, kemampuan operator, kurang teliti kemudian cacat <i>open weld</i> disebabkan <i>supply</i> air terhambat karena kotor kemudian kurang telitinya operator dan kesalahan dalam melakukan penyetingan mesin	•Menggunakan analisis FMEA • Penelitian Penelitian Sarah tidak menghasilkan dokumen operasional yang spesifik dan rekomendasi yang diberikan bersifat umum • Hanya berupa usulan perbaikan
--	---	--	--	--	---

Dalam menangani permasalahan kualitas di sektor industri manufaktur, penelitian yang terkait atau yang sudah ada sebelumnya memang sangat penting karena memberikan dasar teori untuk mengatasi berbagai kesulitan yang terkait dengan adanya cacat produk. Hal ini karena proses yang bervariasi, spesifikasi yang tidak seimbang, serta sistem kontrol yang tidak memadai seringkali terkait dengan permasalahan kualitas di sektor industri manufaktur, terutama untuk produk-produk berbahan logam seperti pipa baja. Hal ini karena banyak penelitian yang menggunakan metode DMAIC bersama dengan pendekatan *Six Sigma* untuk mengukur kinerja proses, mengetahui penyebab adanya cacat

produk, serta menawarkan berbagai solusi untuk perbaikan proses berdasarkan data. Penelitian ini adalah sumber daya penting untuk menciptakan strategi pengendalian kualitas yang efisien dan berkelanjutan.

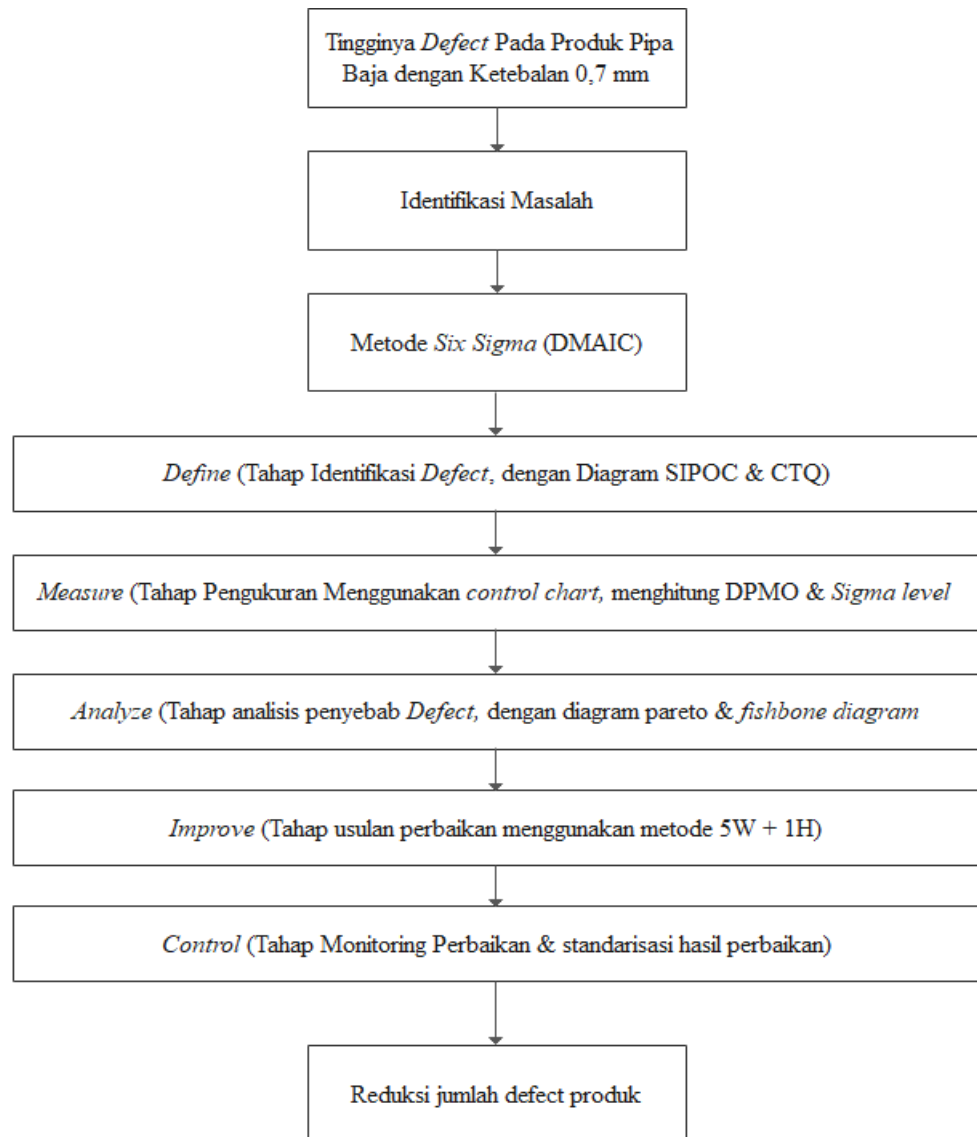
Dari penelitian-penelitian sebelumnya, diperoleh kesimpulan bahwa banyak penelitian menggunakan metodologi *Six Sigma* (DMAIC) dalam melakukan reduksi cacat pada jenis-jenis produk manufaktur, termasuk pada jenis produk logam. Penelitian-penelitian sebelumnya umumnya bersifat umum, yaitu tidak secara khusus memfokuskan pada jenis produk pipa baja, seperti pada penelitian ini, yang memiliki ketebalan tipis, yaitu 0,7 mm. Penelitian-penelitian sebelumnya juga umumnya tidak memfokuskan pada lini produksi tertentu, seperti pada penelitian ini, yaitu pada lini produksi pabrik P-2. Meskipun peneliti-peneliti sebelumnya telah berhasil menggunakan DMAIC pada produk lain, penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam pengendalian kualitas Pipa Baja Ketebalan 0,7 mm yang memiliki karakteristik teknis yang belum dibahas secara mendalam di literatur sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini memiliki keunikan pada fokus penelitian, yaitu penelitian analisis khusus pada jenis produk pipa baja tipis pada lini produksi Mill P-2 menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC.

2.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran, yang juga dikenal sebagai kerangka teoretis, berfungsi sebagai landasan intelektual untuk melakukan penelitian dan didasarkan pada pengamatan, fakta, serta literatur. Oleh karena itu, teori atau konsep yang berfungsi sebagai landasan untuk melakukan penelitian diturunkan dari kerangka konseptual. Kerangka konseptual berfungsi sebagai landasan untuk mengatasi masalah penelitian dengan mendefinisikan variabel-variabel penelitian secara relevan dan komprehensif terkait dengan masalah penelitian. Sedangkan penelitian berbentuk pernyataan atau *narrative* yang dilakukan oleh peneliti dimulai dari data dan menggunakan teori sebagai landasan penjelasan sebelum ditutup dengan pernyataan atau hipotesis, kuantitatif *Research* sering disimpulkan dengan suatu hal di terima atau di tolak terhadap hipotesis penelitian tersebut (Zahra Syahputri et al., 2023).

Keterkaitan alur pemikiran dalam penelitian ini dibuat secara sistematis untuk menyelesaikan masalah tinggi tingkat cacat dalam lini produksi pipa baja, dengan khususnya untuk varian ketebalan 0,7 mm. Alur kerja ini dimulai dengan proses

identifikasi masalah tentang bagaimana besarnya tingkat kegagalan tersebut, yang diikuti oleh implementasi metodologi *Six Sigma* berdasarkan siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*). Pilihan ini digunakan karena adanya kapabilitas dalam merumuskan solusi untuk menekan variasi dalam proses produksi.



Gambar 2. 3 Kerangka Pemikiran

Di awal, atau pada *Define* dan *Measure*, aspek utama yang menjadi perhatian adalah *mapping* proses bisnis berdasarkan SIPOC diagram, dan juga mencari *Critical to Quality* (CTQ). Peneliti kemudian melakukan pengukuran untuk mendapatkan gambaran yang tepat berapa besar performa dengan menghitung DPMO dan level Sigma. Setelah dikumpulkan, maka proses berlanjut ke tahap *Analyze*, menggunakan Pareto diagram

untuk mencari prioritas masalah, dan digunakan *Fishbone* diagram untuk mencari akar masalah berdasarkan faktor teknis dan operasional.

Menginjak fase terakhir, rencana pembenahan dibuat menggunakan pendekatan *Improve* dengan menggunakan metode 5W+1H. Bukan hanya sampai pada tahap proposal, namun juga dikembangkan hingga fase *Control* agar standar baru yang sudah ditetapkan benar-benar bisa diikuti dan dikontrol secara terus-menerus. Dengan demikian, kombinasi alat-alat statistik dan manajemen kualitas tersebut diharapkan bisa memberikan kontribusi signifikan dalam bentuk penurunan jumlah barang cacat yang cukup besar, sehingga meningkatnya efisiensi dan persaingan industri. Dengan menerapkan metode DMAIC pada proses *Six Sigma*, diharapkan dapat menurunkan tingkat *defect* pada produk pipa baja ketebalan 0,7 mm pada lini Mill P-2.

Dalam dunia industri manufaktur, khususnya dalam dunia produksi pipa baja, kualitas produk memiliki dampak yang signifikan terhadap keberhasilan atau kegagalan suatu bisnis dalam memenuhi standar dan memenuhi kebutuhan konsumen. Pada lini produksi Mill P-2, proses produksi pipa baja dengan ketebalan 0,7 mm memiliki potensi tinggi terjadinya cacat karena adanya variasi proses, ketidaksesuaian parameter mesin, faktor manusia, dan faktor material. Cacat yang terjadi ini akan memicu kenaikan biaya produksi, penurunan produktivitas, dan penurunan kualitas produk. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan suatu pendekatan sistematis dan berbasis data dalam menganalisis dan mengatasi kualitas proses produksi. Menerapkan *Six Sigma* dengan menggunakan metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) merupakan salah satu teknik untuk mengatasi masalah ini.

Kerangka pemikiran penelitian ini menunjukkan bahwa permasalahan tingginya *defect* pada produk pipa baja ini dapat dianalisis dan diperbaiki dengan menggunakan metode *Six Sigma* dengan tahapan DMAIC. Dengan menggunakan tahapan analisis ini, akan dilakukan identifikasi permasalahan, pengukuran kinerja proses, analisis penyebab, perbaikan, serta pengendalian proses secara berkelanjutan sehingga tujuan penelitian yakni mereduksi *defect* produk dan peningkatan *Quality Control*.