

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di era ini ditandai dengan meningkatnya keterbukaan peluang bagi setiap perusahaan untuk berkompetisi di pasar global. Dalam menghadapi tekanan persaingan global yang semakin intens, perusahaan dituntut untuk mengadopsi strategi yang kompetitif dan inovatif. Langkah-langkah tersebut sering kali berfokus pada peningkatan kualitas produk serta penguatan orientasi terhadap kepuasan pelanggan, yang keduanya menjadi faktor kunci dalam mempertahankan keunggulan kompetitif dan relevansi di pasar (Tompubolon & Purba, 2021).

Kualitas merupakan elemen kunci untuk produk agar mampu bersaing di pasar yang semakin ketat. Kualitas dapat diartikan sebagai nilai-nilai yang diharapkan dan dihargai oleh pelanggan. Oleh sebab itu, perusahaan yang bergerak di industri manufaktur perlu mengoptimalkan proses produksi sambil menjaga kualitas tinggi yang diinginkan pelanggan untuk menyesuaikan diri dengan persaingan pasar yang terus meningkat (Widiawati et al., 2024).

Produk yang memiliki kualitas tinggi dihasilkan melalui serangkaian proses yang dirancang secara sistematis dan terkoordinasi dengan baik, dimulai dari tahap perencanaan yang matang, pemilihan serta pengolahan bahan baku yang sesuai dengan standar, hingga tahap akhir produksi. Setiap langkah dalam proses ini diatur secara cermat untuk memastikan integrasi yang optimal antara sumber daya, teknologi, dan prosedur, sehingga mampu menghasilkan produk akhir yang memenuhi spesifikasi dan standar kualitas yang telah ditetapkan (Rios & Green, 2024).

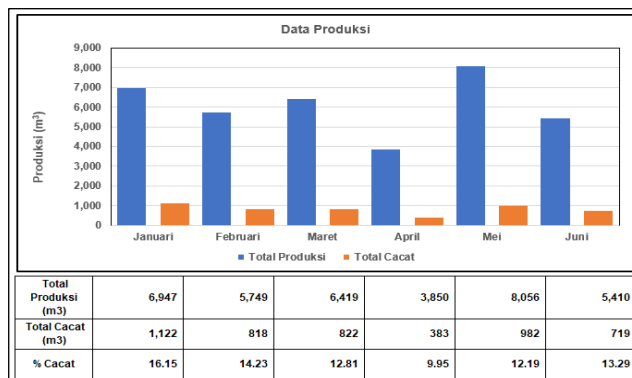
Saat ini, sebagian besar proyek konstruksi menggunakan bata sebagai bahan dasar dinding bangunannya. Kebutuhan penggunaan bata mendorong munculnya berbagai inovasi-inovasi baru dalam pembuatan bata, salah satunya adalah bata ringan. Bata ringan memiliki massa yang lebih ringan dari bata merah konvensional karena bata ringan memiliki banyak pori-pori yang sengaja dibuat. Bata ringan memiliki kelebihan pada segi kemudahan pelaksanaan, kecepatan pemasangan, serta kerapian dalam membangun dinding bangunan. Bata ringan memiliki 2 macam jenis di pasaran, yang dikenal dengan nama *Celular Lightweight Concrete* (CLC) dan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC). Bata ringan AAC adalah beton seluler yang terbentuk dari gelembung udara hasil reaksi kimia. Sementara itu, bata ringan CLC adalah beton seluler yang mengeras secara alami.

PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) adalah perusahaan terkemuka di industri manufaktur bata ringan (hebel) yang memproduksi bata ringan jenis *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC). Perusahaan ini berlokasi di Jalan Kawasan Industri Makassar (KIMA) 17, No 17, Makassar, Sulawesi Selatan. Dengan pengalaman dan keahlian mendalam dalam teknologi produksi, perusahaan ini telah memainkan peran penting dalam berbagai proyek pembangunan infrastruktur di Sulawesi

Selatan, memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan kawasan tersebut melalui produk-produk berkualitas tinggi dan inovatif.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan pelanggan yang sangat dinamis, PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) berupaya memaksimalkan proses produksinya agar menghasilkan *output* yang sesuai standar dan target yang ditetapkan. Namun, pada proses produksi bata ringan yang berjalan saat ini, masih ditemukan hambatan-hambatan yang bersifat pemborosan (*waste*). Berdasarkan hasil observasi dan wawancara di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block), terdapat beberapa jenis pemborosan (*waste*) yang masih sering terjadi yaitu cacat produk (*defect*), waktu tunggu (*waiting/delay*), dan pemrosesan yang tidak sesuai (*inappropriate processing*).

Cacat produk (*defect*) terjadi ketika bata ringan yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi standar yang telah ditetapkan, sehingga memerlukan proses pengerjaan ulang, dijual dengan harga yang lebih rendah, atau bahkan pembuangan produk. Kemudian, waktu tunggu (*waiting/delay*) sering kali disebabkan oleh ketidaksesuaian waktu dalam proses produksi, yang menyebabkan mesin atau pekerja harus menunggu sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Adapun pemrosesan yang tidak sesuai (*inappropriate processing*) mengacu pada proses produksi yang dilakukan tidak sesuai standar yang telah ditetapkan atau dilakukan secara berlebihan, seperti pekerja yang terkadang salah menilai kesiapan produk setengah jadi untuk dilanjutkan ke tahap *cutting* yang berpotensi menyebabkan kecacatan produk. Dari hasil identifikasi lebih lanjut terkait dengan pemborosan (*waste*) yang terjadi, didapatkan jenis pemborosan (*waste*) kritis pada proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) yaitu cacat produk (*defect*). Dampak dari pemborosan (*waste*) ini, tentunya mempengaruhi keoptimalan PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) dalam menghasilkan bata ringan yang memiliki kualitas optimal untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Adanya cacat produk (*defect*) menandakan bahwa terdapat ketidaksesuaian *output* yang dihasilkan dengan standar dan target yang ditetapkan oleh perusahaan. Berikut data hasil produksi dan cacat produk bata ringan PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) periode Januari 2024-Juni 2024 ;



Gambar 1. Data Hasil Produksi dan Cacat Produk Bata Ringan PT Bumi Sarana Kalla Beton (Kalla Block) Periode Januari – Juni 2024

Dari gambar 1, terlihat total hasil produksi dan cacat produk (*defect*) yang dihasilkan dari proses produksi bata ringan PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) periode Januari 2024-Juni 2024. Cacat produk (*defect*) yang dihasilkan cenderung berfluktuasi, hal ini dipengaruhi oleh volume produksi dan perubahan performa produksi setiap bulannya. Adapun kuantitas cacat produk (*defect*) tertinggi terjadi pada bulan Januari 2024 sebanyak 1,122 m³. Sedangkan, kuantitas cacat produk (*defect*) terendah terjadi pada bulan April 2024, yaitu sebesar 383 m³. Berdasarkan identifikasi yang dilakukan, terdapat 3 jenis cacat produk (*defect*) yang dihasilkan dari proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block), yaitu bata ringan dengan kualitas *grade b*, *grade c*, dan *waste*. Setiap jenis cacat yang teridentifikasi, memiliki sifat fisik berbeda-beda yang mempengaruhi performa produk dan penerimaannya oleh pelanggan.

Identifikasi permasalahan jenis pemborosan (*waste*) kritis yaitu cacat produk (*defect*) dalam proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) memberikan gambaran bahwasanya terdapat permasalahan utama mengenai kualitas produk yang dihasilkan. Permasalahan ini tidak hanya memberikan dampak pada efisiensi proses produksi, tetapi juga mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan serta daya saing perusahaan di pasar. Setiap cacat produk (*defect*) yang terjadi, tidak hanya mengakibatkan pemborosan material dan waktu, tetapi juga menambah biaya produksi yang seharusnya dapat dihindari. Lebih lanjut, adanya cacat produk (*defect*) mencerminkan adanya ketidakefisienan dalam proses operasional perusahaan yang harus segera diatasi.

Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis secara mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi terciptanya cacat produk (*defect*) pada produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan terkait kualitas produk. Langkah-langkah perbaikan yang tepat, harus segera diimplementasikan untuk meminimasi jumlah cacat produk (*defect*) di masa mendatang. Upaya ini tentunya akan berkontribusi pada peningkatan kualitas produksi secara keseluruhan yang akhirnya dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan, daya saing, dan keuntungan yang dapat diperoleh perusahaan di masa mendatang.

Adapun pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan kualitas produk khususnya meminimasi cacat produk (*defect*) yaitu menerapkan *Lean Six Sigma* (LSS) dan *Kaizen*. *Lean Six Sigma* (LSS) adalah metodologi yang menggabungkan prinsip-prinsip *Lean* dan *Six Sigma* untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam sebuah proses organisasi (Vallejo et al., 2020). Konsep *Lean* merujuk pada serangkaian teknik dan prinsip manajemen yang bertujuan untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) serta menyederhanakan proses operasional. Dengan mengoptimalkan langkah-langkah proses yang ada, *Lean* dapat membuat perusahaan mencapai tingkat keoptimalannya dalam menghasilkan sebuah produk (Rahardjo et al., 2022). Sementara *Six Sigma* adalah metode manajemen yang berfokus pada peningkatan kualitas dengan cara mengurangi variasi dan cacat dalam suatu proses (Nandakumar et al., 2020).

Adapun *Kaizen* merupakan pendekatan yang berfokus pada perbaikan berkelanjutan dan bertahap, dengan menekankan peningkatan pada proses serta keterlibatan seluruh karyawan dalam organisasi untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan produktivitas (Ghasemi & Sohrabi, 2023). Penerapan prinsip *Lean Six Sigma* (LSS) yang didukung oleh pendekatan *Kaizen* dapat menjadikan perusahaan lebih produktif dalam menghasilkan produk yang berkualitas sehingga mencapai tingkat kepuasan pelanggan yang lebih baik.

Dalam penerapan *Lean Six Sigma* (LSS) digunakan siklus DMAIC, DMAIC adalah alat identifikasi yang terkenal digunakan dalam penerapan LSS untuk perbaikan proses secara berkelanjutan (Guleria et al., 2021). DMAIC adalah akronim dari lima fase yang saling berhubungan yaitu *define* (menentukan), *measure* (mengukur), *analyze* (menganalisis), *improve* (memperbaiki), dan *control* (mengendalikan) (Patil et al., 2020).

Pada penelitian ini, fase DMAIC diuraikan, membahas terkait permasalahan yang dihadapi, mengukur kinerja proses produksi, analisis akar penyebab terjadinya cacat produk (*defect*), dan rancangan usulan tindakan perbaikan. Tahap pertama, *define* yaitu langkah awal penyelesaian masalah dengan mengidentifikasi tahapan proses produksi, merincikan dan merekapitulasi data aktivitas menggunakan *Process Activity Mapping* (PAM), menggambarkan alur proses produksi melalui *Value Stream Mapping* (VSM), mengidentifikasi pemborosan (*waste*) serta menentukan jenis pemborosan (*waste*) kritis pada proses produksi di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block). Selanjutnya, tahap *measure* yaitu mengolah data yang sudah didapatkan dari perusahaan dan observasi seperti mengukur stabilitas proses, mengukur nilai *Defect Per Million Oppurtinities* (DPMO) dan *level sigma*, serta pengukuran kapabilitas *sigma* dan proses. Kemudian, tahap *analyze* yaitu menganalisis proses produksi yang berjalan dan faktor penyebab terjadinya jenis pemborosan (*waste*) kritis. Setelah itu, tahap *improve* yaitu mengevaluasi faktor penyebab terjadinya cacat produk (*defect*) dengan menggunakan *FMEA* dan melibatkan *Kaizen* dalam rancangan usulan perbaikan yang diberikan. Terakhir, *control* bertujuan untuk memastikan bahwa usulan perbaikan yang telah dirancang dapat dilakukan secara konsisten dan bertahap dalam proses produksi.

Berdasarkan penjelasan diatas, peneliti tertarik untuk mengangkat topik penelitian dengan judul **“Penerapan Metode *Lean Six Sigma* dan *Kaizen* Sebagai Upaya Meminimasi *Defect* Pada Produksi Bata Ringan (Studi Kasus : PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block))”**. Dengan pendekatan *Lean Six Sigma* (LSS) dan *Kaizen*, penelitian ini diharapkan dapat menganalisis proses produksi bata ringan yang berjalan dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat produk (*defect*) yang terjadi pada proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block). Pendekatan ini juga bertujuan untuk memberikan rancangan usulan-usulan perbaikan yang efektif untuk meminimasi cacat produk (*defect*) di masa mendatang. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya akan memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan metode pengendalian kualitas, tetapi juga kontribusi praktis yang dapat diimplementasikan secara langsung oleh PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block).

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah dari penelitian ini :

1. Bagaimana tahapan proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block)?
2. Apa saja jenis-jenis dan karakteristik cacat produk (*defect*) pada produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block)?
3. Apa saja faktor penyebab utama terjadinya cacat produk (*defect*) pada produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block)?
4. Bagaimana rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan untuk meminimasi cacat produk (*defect*) pada proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini :

1. Identifikasi tahapan proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (*Kalla Block*).
2. Identifikasi jenis-jenis dan karakteristik cacat produk (*defect*) pada produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block).
3. Analisis faktor penyebab terjadinya cacat produk (*defect*) pada produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block).
4. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk meminimasi cacat produk (*defect*) pada proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block).

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian mengarah pada tujuan yang diharapkan, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini difokuskan pada analisis mendalam terhadap jenis pemborosan kritis pada proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (*Kalla Block*) yaitu cacat produk (*defect*). Adapun jenis pemborosan lain yang teridentifikasi, tidak dianalisis lebih lanjut dalam penelitian ini.
2. Penelitian ini secara khusus hanya menganalisis cacat produk (*defect*) yang terlihat secara fisik.
3. Data penelitian ini diambil dan didapatkan dari PT Bumi Sarana Beton (*Kalla Block*).
4. Penelitian ini hanya sampai pada tahap rekomendasi perbaikan (*improve*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini ialah :

1. Melalui penelitian ini, penulis akan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai keilmuan Teknik Industri, terutama dalam penerapan *Lean Six Sigma* (LSS) dan *Kaizen*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi perusahaan dalam upaya untuk meminimasi cacat produk (*defect*) pada proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block), sehingga dapat meningkatkan keoptimalan dari proses produksi di masa mendatang.

1.6 Teori Dasar

1.6.1 Konsep Dasar *Lean*

Secara signifikan konsep *Lean* berkembang dari praktik industri di Jepang. Konsep *Lean* dipopulerkan oleh *Toyota Production System* yang dikembangkan oleh Taiichi Onho pada tahun 1950-an. *Lean* menjadi suatu pendekatan sistematis yang sering digunakan sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan terkait efektivitas dan efisiensi dalam proses produksi. Penerapan *Lean* mengarahkan perusahaan untuk mencapai kesempurnaan bisnis yang dijalankan oleh perusahaan. Prinsip utama dari *Lean Thinking* ialah berusaha untuk meniadakan pemborosan (*waste*) pada segala bentuk aktivitas perusahaan. Keuntungan dari penerapan *Lean* adalah mengurangi biaya produksi, peningkatan produktivitas, dan pengurangan waktu produksi (Deshmukh et al., 2022).

a. Pemborosan (*Waste*)

Menurut Szabo et al., (2024), pemborosan (*waste*) adalah segala bentuk aktivitas dalam proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk dan hanya meningkatkan penggunaan serta pemborosan sumber daya, seperti material, waktu, tenaga kerja, dan biaya operasional. Terdapat tujuh jenis pemborosan (*waste*), sebagai berikut :

1.) *Over Production*

Over Production (produksi berlebih) adalah situasi di mana suatu produk diproduksi dalam jumlah berlebihan yang tidak sesuai dengan permintaan pelanggan atau lebih cepat dari kebutuhan pasar.

2.) *Waiting*

Waiting (menunggu) adalah pemborosan yang merujuk pada waktu yang terbuang ketika orang, mesin, dan material harus menunggu untuk melanjutkan proses produksi.

3.) *Transportation*

Transportation (perpindahan berlebih) adalah perpindahan material yang tidak diperlukan atau berlebihan yang tidak menambah nilai terhadap produk akhir dan dapat mengganggu efisiensi proses produksi. Jenis pemborosan (*waste*) ini biasanya disebabkan oleh pemanfaatan ruang area produksi yang kurang optimal sehingga jarak perpindahan yang relatif jauh.

4.) *Inappropriate Processing*

Inappropriate processing adalah pemborosan yang terjadi ketika suatu proses, metode, atau alat yang digunakan dalam proses produksi berlebihan, atau tidak sesuai dengan standar yang ditentukan.

5.) *Unnecessary Inventory*

Unnecessary inventory (persediaan yang tidak sesuai kebutuhan) adalah kondisi di mana persediaan yang diadakan melebihi atau tidak selaras dengan permintaan aktual, sehingga menimbulkan inefisiensi dalam penggunaan sumber daya, meningkatkan biaya penyimpanan, serta berpotensi menurunkan kualitas dan nilai barang seiring waktu.

6.) *Unnecessary Motion*

Unnecessary Motion (pergerakan yang berlebihan) adalah aktivitas fisik yang dilakukan oleh pekerja atau peralatan yang tidak memberikan nilai tambah terhadap proses produksi. Pemborosan ini mencakup gerakan yang tidak efisien, seperti mengambil, mengangkat, atau memindahkan material secara berulang-ulang, yang disebabkan oleh tata letak kerja yang buruk, desain stasiun kerja yang tidak ergonomis, atau prosedur kerja yang tidak optimal.

7.) *Defect*

Defect (cacat produk) adalah hasil produksi yang tidak sesuai dengan ketentuan perusahaan atau hasil produksi yang tidak sempurna secara fisik maupun fungsional.

(Rahmanasari et al., 2021)

b. Aktivitas Berdasarkan Kategori

Dalam konsep *Lean*, juga terdapat pembagian aktivitas berdasarkan kategori. Berikut adalah tiga kategori utama aktivitas tersebut:

1.) *Value Added Activity* (VA)

Value Added Activity adalah segala bentuk aktivitas selama proses produksi yang memberikan nilai tambah pada produk untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan.

2.) *Non-Value Added Activity* (NVA)

Non-Value Added Activity adalah segala bentuk aktivitas selama proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah pada produk yang dikategorikan sebagai aktivitas yang seharusnya dapat diminimalkan bahkan dihilangkan.

3.) *Necessary But Non-Value Added Activity* (NNVA)

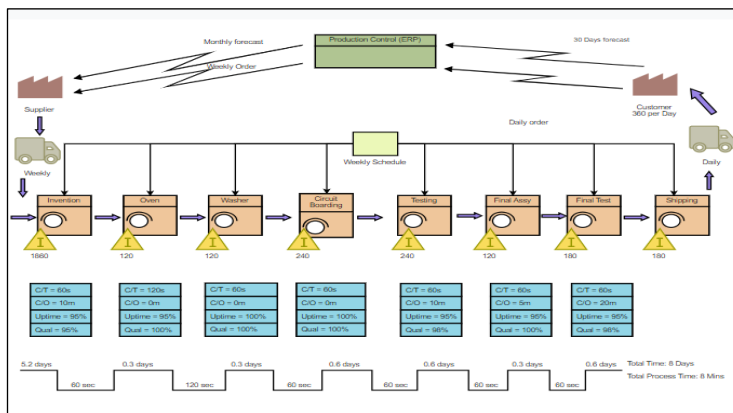
Necessary But Non-Value Added Activity adalah segala bentuk aktivitas selama proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah pada produk tetapi diperlukan dalam operasi yang ada.

(Santos et al., 2023)

c. *Value Stream Mapping* (VSM)

Value Stream Mapping (VSM) adalah sebuah alat analisis berbasis visual yang digunakan dalam manufaktur untuk mendokumentasikan, menganalisis, dan meningkatkan aliran material serta informasi yang terkait dengan proses (Nguyen & Sharmak, 2022). Secara khusus, VSM berfungsi sebagai alat yang

memungkinkan untuk mengidentifikasi dan mengurangi kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activity*) dalam sistem produksi atau aliran proses, dengan tujuan meningkatkan efisiensi, mengurangi variabilitas, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Selain itu, *Value Stream Mapping* (VSM) juga berguna untuk mengidentifikasi dan merekam aliran informasi serta material yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tertentu dalam suatu sistem atau proses (Karmaoui et al., 2023).



Gambar 2. Value Stream Mapping
(Sumber : *Visual Paradigm Online*)

Terdapat simbol-simbol khusus yang digunakan dalam *Value Stream Mapping* (VSM) untuk menyajikan informasi secara visual terkait aktivitas yang dilakukan dalam peta aliran proses (Salwin et al., 2023), sebagai berikut :

Process Box	External Source	Internal Source	Control Point	Inventory	Data Box
Warehouse	Lead Time & VA Line	Push Arrow	Pull Arrow	FIFO Line	Handling
Lorry Transport	Electronic Information	Quality Control	Rework Process	Manual Information	Information

Gambar 3. Icon Value Stream Mapping

d. *Process Activity Mapping* (PAM)

Process Activity Mapping (PAM) adalah teknik analisis yang digunakan untuk memahami, mendokumentasikan, dan mengidentifikasi efisiensi atau inefisiensi dalam suatu proses produksi atau layanan. *tools* ini berfokus pada pemetaan seluruh aktivitas yang terjadi dalam sebuah proses dengan tujuan mengidentifikasi langkah-langkah yang memberikan nilai tambah maupun yang tidak memberikan nilai tambah. Selain itu, dalam alat ini, aktivitas di setiap stasiun

kerja juga diklasifikasikan ke dalam lima jenis kegiatan utama, yaitu O (*Operation*), T (*Transportation*), I (*Inspection*), S (*Storage*), dan D (*Delay*). Masing-masing kategori ini membantu dalam menganalisis aliran kerja dan mengidentifikasi potensi inefisiensi pada proses produksi (Pogowonto & Amrina, 2020).

No	Elemen Kerja	Waktu (s)	Jenis Aktivitas					Ket
			O	I	T	D	S	
1	Perancangan dan desain	9000	✓					VA
2	persiapan bahan baku	1250				✓		NNVA
3	Pemotongan pola	800	✓					VA
4	Penjahitan	7200	✓					VA
5	Pemasangan Aksesoris	1200	✓					VA
6	Pemeriksaan Kualitas	120		✓				NNVA
7	Pengemasan	300	✓					NNVA
8	Membawa produk jadi ke gudang penyimpanan	180			✓			NNVA

Gambar 4. Process Activity Mapping

1.6.2 Metode Borda

Borda adalah metode yang beroperasi berdasarkan prinsip peringkat dan pemungutan suara. Metode ini digunakan untuk menentukan peringkat dalam pengambilan keputusan berbasis preferensi individu. Metode ini sangat efektif dalam pengambilan keputusan kelompok, di mana setiap anggota kelompok memberikan poin tertentu pada setiap kandidat berdasarkan preferensi pribadi. Hasil akhir dari proses ini adalah urutan peringkat kandidat yang mencerminkan konsensus dari semua anggota kelompok (Hudy et al., 2023). Metode Borda menetapkan nilai numerik (skor Borda) ke alternatif, yang kemudian diterjemahkan ke dalam peringkat. Penggunaan metode Borda seringkali diterapkan dalam analisis data kuesioner, di mana setiap jenis kandidat diberi peringkat berdasarkan bobot yang diberikan oleh responden. (Barbera et al., 2023).

Tabel 1. Contoh Perhitungan Metode Borda

Jenis Waste	Peringkat			Skor Akhir	Bobot
	1	2	3		
A	1	2	0	4	0.24
B	2	4	1	8	0.47
C	2	3	0	5	0.29
Total Skor				17	

Misalnya : $(1 \times 2) + (2 \times 1) + (0 \times 0) = 4$

1.6.3 Six Sigma

Six Sigma merupakan metodologi yang sering digunakan dalam industri sebagai alat untuk meningkatkan proses bisnis. *Six Sigma* adalah pendekatan yang berfokus untuk meminimalkan cacat produk (*defect*) dan variasi yang terjadi pada proses untuk meningkatkan kualitas produk (Mittal et al., 2023). Perbaikan dengan *Six*

Sigma difokuskan untuk memperkecil variansi proses secara statistik dengan mengetahui peluang (kemungkinan) terjadiya kecacatan sebesar 0,00034% atau 3,4 unit produk cacat pada satu juta unit produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Dengan diketahuinya *level sigma*, maka dapat dilakukan usaha perbaikan untuk meningkatkan kualitas yang tercermin dengan adanya peningkatan *level sigma* produk tersebut. Presentase dan tingkat kecacatan pada setiap *level sigma* dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Tingkat Kecacatan Sigma

Sigma	DPMO	Presentase Kerusakan
1	691.462	69.15%
2	308.538	30.85%
3	66.807	6.68%
4	6210	0.62%
5	233	0.023%
6	3.4	0.00034%

Dengan mengadopsi *framework Six Sigma*, maka perusahaan dapat mereduksi kecacatan dan mengurangi biaya cacat secara efisien dan signifikan sehingga dapat meningkatkan *level sigma* (Qayyum et al., 2021). Selain itu, implementasi *Six Sigma* dalam perusahaan juga berfungsi untuk meningkatkan keuntungan finansial melalui kontrol kualitas dengan memanfaatkan data, fakta yang diolah dan dianalisis secara statistik (Achibat et al., 2023).

a. Fase *Six Sigma*

Six Sigma adalah konsep dan strategi yang mampu mengurangi tingkat kecacatan (*defect*) dan variasi dalam sebuah proses. Implementasi *Six Sigma* untuk meningkatkan kualitas produk terdiri dari lima fase DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) yang dijelaskan secara umum sebagai berikut :

1.) *Define*

Define merupakan tahap awal *Six Sigma* yang bertujuan untuk mendefinisikan dan mengidentifikasi masalah pada proses produksi secara keseluruhan. Pada tahap ini, dirincikan secara jelas apa yang menjadi masalah inti, menentukan ruang lingkup permasalahan, serta memahami dampak masalah terhadap kualitas produk dan kepuasan pelanggan. Melalui analisis secara mendalam dan pengumpulan data diawal, masalah yang dihadapi dapat diidentifikasi dengan benar dan relevan, sehingga upaya perbaikan yang dilakukan pada tahap-tahap berikutnya lebih terarah dan efektif.

2.) *Measure*

Measure merupakan fase operasional kedua dalam metodologi *Six Sigma* yang berfungsi sebagai fondasi untuk pengukuran kinerja proses yang ada. Pada tahap ini, data yang relevan dikumpulkan dan diolah secara sistematis

untuk memahami sejauh mana masalah yang telah didefinisikan mempengaruhi proses produksi.

3.) *Analyze*

Analyze merupakan tahap kritis pada fase *Six Sigma* yang berfokus mencari dan mengidentifikasi akar penyebab masalah yang telah terdeteksi. Pada tahap ini, dilakukan analisis sebab akibat untuk mengetahui penyebab utama dari permasalahan yang dihadapi. Sehingga, dapat dikembangkan solusi yang tepat sasaran dan efektif pada tahap *Six Sigma* selanjutnya.

4.) *Improve*

Improve bertujuan untuk mengembangkan, memilih dan menerapkan solusi terbaik dengan langkah-langkah konkrit yang dilakukan berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya.

5.) *Control*

Control dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan perubahan berdasarkan hasil yang didapatkan pada fase *improve*. Pada fase *control*, dilakukan pemantauan pada proses untuk memastikan perubahan yang telah dihasilkan telah sesuai dan dengan menjaga kondisi yang sudah ditetapkan pada fase *improve*. Pengendalian (*control*) biasanya dilakukan selama periode waktu tertentu untuk memastikan bahwa perbaikan yang dilakukan sudah benar-benar menjawab permasalahan yang ada.

(Ishak et al. 2020)

b. *Critical to Quality* (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) adalah elemen-elemen yang secara tidak langsung mempengaruhi kepuasan pelanggan terhadap sebuah produk. CTQ menjadi konsep inti pada penerapan *Six Sigma* yang dilakukan pada tahap *define*. CTQ mengidentifikasi fitur produk yang paling penting bagi pelanggan dan yang sangat mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan. Pengaruh dari pembeli memiliki peran penting dalam menentukan CTQ (Kulkarni et al., 2022). Berikut adalah beberapa cara CTQ dapat mempengaruhi daya beli pelanggan:

- 1.) Dengan memastikan bahwa produk memenuhi atau melampaui standar CTQ, perusahaan dapat meningkatkan persepsi kualitas di mata pelanggan. Hal ini dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap produk dan perusahaan, sehingga mendorong mereka untuk melakukan pembelian.
- 2.) Ketika produk secara konsisten memenuhi ekspektasi yang ditentukan oleh CTQ, pelanggan cenderung menjadi lebih setia dan kurang tertarik untuk beralih ke merek atau produk pesaing.
- 3.) CTQ yang terdefinisi dengan baik dapat meningkatkan kepuasan pelanggan setelah pembelian, karena produk memenuhi bahkan melebihi harapan dari pelanggan. Hal ini juga dapat meningkatkan kemungkinan pembelian ulang di masa depan.

Critical to Quality (CTQ) adalah karakteristik spesifik dari kualitas yang harus secara langsung mencerminkan kebutuhan pelanggan dan dikembangkan berdasarkan persyaratan *output* dan layanan yang telah ditetapkan. Kriteria

pelanggan yang tepat harus diterjemahkan secara efektif ke dalam atribut kualitas yang ditetapkan oleh manajemen organisasi (Lemke et al., 2021).

c. *Control Chart*

Dalam dunia industri, kualitas barang yang dihasilkan merupakan faktor yang sangat penting. Barang yang dihasilkan antara lain ditentukan kualitasnya berdasarkan pada pengukuran ataupun penilaian karakteristik-karakteristik tertentu. Peta kendali adalah peta yang memetakan kualitas (atribut ataupun variabel) dari waktu ke waktu. Peta kendali juga umum disebut sebagai peta kontrol, diagram kendali, atau diagram kontrol. Peta kendali berfungsi untuk melacak variasi dan perubahan dari suatu kualitas (atribut atau variabel) dari waktu ke waktu (Chen et al., 2023).

Peta kendali P digunakan untuk memantau proporsi ketidaksesuaian dalam proses. Berbagai jenis peta kendali diterapkan untuk menganalisis dan mengendalikan kualitas proses, salah satunya yaitu peta kendali P yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1.) Peta Kendali P

Peta kendali P merupakan alat yang efektif dalam *Six Sigma* dan *Statistical Process Control* (SPC) untuk pemantauan secara terus-menerus terhadap proses produksi dan identifikasi potensi masalah kualitas produk. Fokus utamanya adalah pada proporsi unit cacat yang dihasilkan dalam perbandingan dengan standar kualitas yang telah ditetapkan sebelumnya oleh perusahaan. Pembuatan peta kendali P bermanfaat untuk mengevaluasi apakah situasi proses yang berjalan berada dalam batasan kendali yang telah ditetapkan, sehingga memungkinkan pemantauan kontinu terhadap proporsi unit cacat terhadap standar kualitas perusahaan (Chen et al., 2023). Berikut langkah-langkah pembuatan peta kendali P :

(a). Tentukan nilai proporsi cacat

$$p = \frac{np}{n} \dots\dots\dots(1)$$

(b). Hitung nilai P bar

$$p^- = \frac{\sum np}{\sum n} \dots\dots\dots(2)$$

(c). Hitung UCL dan LCL

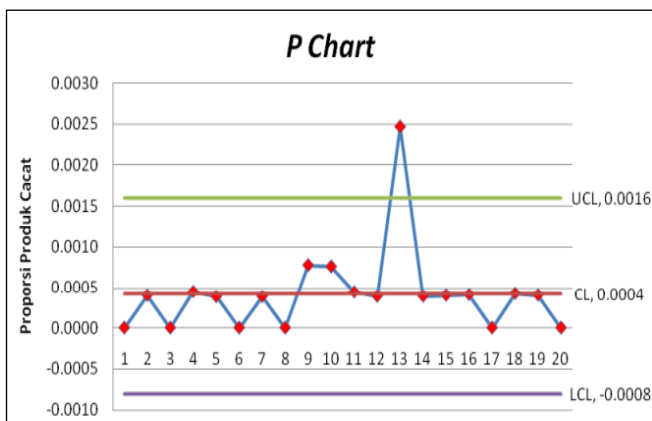
$$UCL = p^- + 3 \sqrt{\frac{p^-(1-p^-)}{n}} \dots\dots\dots(3)$$

$$LCL = p^- - 3 \sqrt{\frac{p^-(1-p^-)}{n}} \dots\dots\dots(4)$$

(d). Membuat grafik *P Chart*

Setelah melakukan perhitungan proporsi cacat, *P bar*, UCL dan LCL, maka dibuatlah grafik *P Chart*. Data dapat dikatakan terkendali apabila

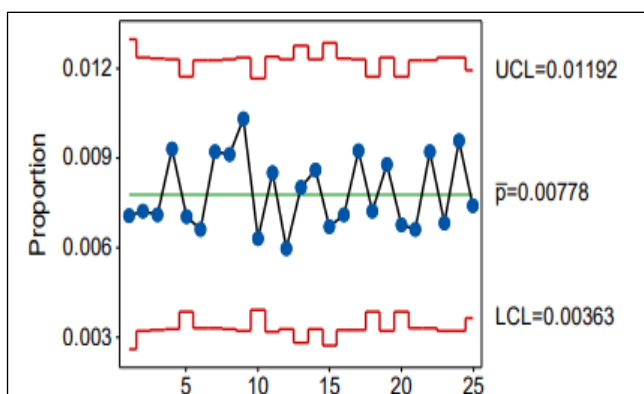
tidak melewati rentang kontrol (UCL dan LCL). Berikut contoh grafik *P Chart* :



Gambar 5. Contoh Peta Kendali *P Chart*
(Sumber : Nitafiyah dkk., 2019)

2.) *Laney P Chart*

Laney P Chart merupakan varian dari *P Chart* yang diterapkan dalam *Statistical Process Control* (SPC) untuk memantau dan mengendalikan proses yang melibatkan proporsi cacat. Penerapan *Laney P Chart* dirancang khusus untuk mengatasi permasalahan *overdispersion* (variasi berlebih) dan *underdispersion* (variasi terlalu kecil), yang sering terjadi pada data dengan variasi yang lebih besar atau lebih kecil daripada yang diharapkan berdasarkan perhitungan statistik konvensional. *Laney P Chart* sangat berguna ketika suatu proses menunjukkan adanya variasi yang berlebihan atau terlalu kecil, yang dapat menyebabkan analisis menggunakan *P Chart* tradisional menjadi kurang efektif atau bahkan menyesatkan (Chen et al., 2023).



Gambar 6. Contoh Peta Kendali *Laney P Chart*

d. Perhitungan DPMO dan Level Six Sigma

Defect merupakan keluaran dari suatu proses produksi yang tidak sesuai dengan standarisasi yang ditetapkan. *Defect per unit* (DPU) memiliki arti yang sama dengan DPMO, hanya saja nilai DPU menunjukkan tingkat kegagalan pada produk secara keseluruhan. Berikut rumus untuk menghitung DPU :

$$DPU = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}} \dots\dots\dots(5)$$

Adapun DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) merupakan suatu ukuran kegagalan dalam *Six Sigma* yang menunjukkan kerusakan suatu produk dalam satu juta barang yang diproduksi. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan mengkonversi nilai DPMO ke *level sigma* :

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{1.000.000 - \text{DPMO}}{1.000.000} \right) + 1.5 \dots\dots\dots (7)$$

Six Sigma Conversion Table								
Yield	DPMO	Sigma	Yield	DPMO	Sigma	Yield	DPMO	Sigma
6.6%	934,000	0	69.2%	308,000	2	99.4%	6,210	4
8.0%	920,000	0.1	72.6%	274,000	2.1	99.5%	4,660	4.1
10.0%	900,000	0.2	75.8%	242,000	2.2	99.7%	3,460	4.2
12.0%	880,000	0.3	78.8%	212,000	2.3	99.75%	2,550	4.3
14.0%	860,000	0.4	81.6%	184,000	2.4	99.81%	1,860	4.4
16.0%	840,000	0.5	84.2%	158,000	2.5	99.87%	1,350	4.5
19.0%	810,000	0.6	86.5%	135,000	2.6	99.90%	960	4.6
22.0%	780,000	0.7	88.5%	115,000	2.7	99.93%	680	4.7
25.0%	750,000	0.8	90.3%	96,800	2.8	99.95%	480	4.8
28.0%	720,000	0.9	91.9%	80,800	2.9	99.97%	330	4.9
31.0%	690,000	1	93.3%	66,800	3	99.977%	230	5
35.0%	650,000	1.1	94.5%	54,800	3.1	99.985%	150	5.1
39.0%	610,000	1.2	95.5%	44,600	3.2	99.990%	100	5.2
43.0%	570,000	1.3	96.4%	35,900	3.3	99.993%	70	5.3
46.0%	540,000	1.4	97.1%	28,700	3.4	99.996%	40	5.4
50.0%	500,000	1.5	97.7%	22,700	3.5	99.997%	30	5.5
54.0%	460,000	1.6	98.2%	17,800	3.6	99.9980%	20	5.6
58.0%	420,000	1.7	98.6%	13,900	3.7	99.9990%	10	5.7
61.8%	382,000	1.8	98.9%	10,700	3.8	99.9992%	8	5.8
65.6%	344,000	1.9	99.2%	8,190	3.9	99.9995%	5	5.9
						99.99966%	3.4	6

Gambar 7. Tabel Konversi Nilai DPMO dan Tingkat Six Sigma

(Kulkarni et al., 2022)

e. Pengukuran Kapabilitas Proses

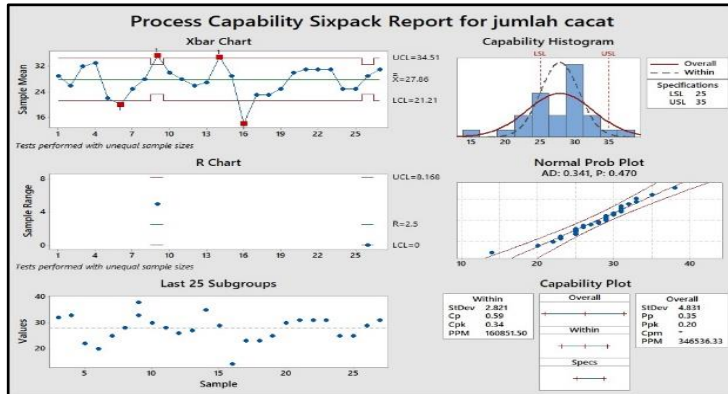
Kapabilitas proses adalah ukuran statistik yang digunakan untuk menilai seberapa baik suatu proses manufaktur atau produksi dapat memenuhi spesifikasi atau toleransi yang telah ditetapkan. Suatu proses dianggap memiliki kapabilitas yang baik jika variasi alaminya sesuai dengan batas spesifikasi yang telah ditetapkan. Berikut rumus yang digunakan untuk mengukur kapabilitas proses :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots(8)$$

$$C_{pk} = \min \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{LSL - \mu}{3\sigma} \right) \dots\dots\dots(9)$$

Jika nilai Cp atau Cpk ≥ 1.33 maka menunjukkan proses sangat kapabel dan menghasilkan produk dengan kualitas tinggi. Jika, nilai Cp > 1 atau Cpk >

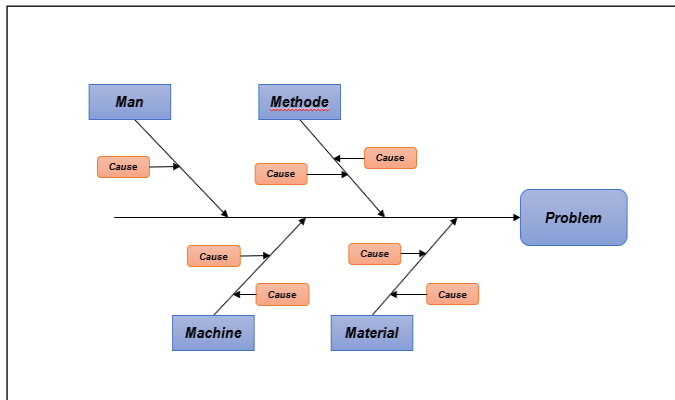
1.33 maka proses cukup kapabel, tetapi ada ruang untuk perbaikan. Kemudian, jika C_p atau $C_{pk} < 1$ maka proses tidak kapabel dan kemungkinan besar menghasilkan *output* yang tidak sesuai dengan spesifikasi (Marquez & Vivas, 2021).



Gambar 8. Contoh Gambar *Process Capability Sixpack*

1.6.4 *Fishbone Diagram*

Fishbone Diagram adalah sebuah teknik yang pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis hubungan sebab-akibat dalam suatu peristiwa yang kompleks. Menurut Sakdiyah et al., (2022), *Fishbone Diagram* berguna untuk penyelesaian masalah dalam suatu organisasi. Hal ini dikarenakan alat ini dapat membantu organisasi memahami dan mendiagnosis suatu permasalahan secara sistematis.



Gambar 9. *Fishbone Diagram*

Terdapat beberapa fungsi dasar dari *Fishbone Diagram* yaitu:

- a. Mengelompokkan secara sistematis berbagai penyebab potensial dari suatu permasalahan.
- b. Mempelajari suatu kejadian sebenarnya dalam suatu proses melalui visual.
- c. Menyajikan informasi kepada pengamat atau tim tentang permasalahan pada proses produksi yang sedang berlangsung.

Fishbone Diagram menjadi *tools* yang umum digunakan untuk menganalisis dan menggambarkan hubungan sebab akibat dari suatu permasalahan, Dari hasil analisis *Fishbone Diagram* dipaparkan informasi secara rinci untuk setiap lini yang menjadi faktor utama penyebab permasalahan yang dihadapi. Berikut beberapa keuntungan penggunaan *Fishbone Diagram* :

- a. Mempersempit cakupan investigasi agar lebih mudah dikelola dan ditindaklanjuti.
- b. Menghasilkan kemungkinan penyebab yang dapat ditindaklanjuti.
- c. Membangun pemahaman bersama tentang kemungkinan penyebab dan solusi.
- d. Memungkinkan diskusi logis tentang perancangan langkah perbaikan.

(Kumah et al., 2023)

1.6.5 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metode proaktif dan berorientasi ke masa depan yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memprioritaskan potensi kegagalan dalam suatu proses, produk, atau sistem. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan dan dampaknya terhadap kinerja atau kualitas secara sistematis, sehingga memungkinkan pengambilan tindakan pencegahan yang tepat (Anjalee et al., 2021).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) mengacu pada proses identifikasi risiko yang terjadi selama tahap produksi, pelaksanaan suatu proses, produk, atau sistem. Adapun langkah-langkah dalam penerapan FMEA untuk mengukur tingkat risiko, sebagai berikut :

- a. Melakukan identifikasi kegiatan berisiko dalam proses.
- b. Menentukan nilai kemungkinan, dampak dan deteksi untuk masing-masing kegiatan berisiko.
- c. Menentukan skor risiko dan RPN.
- d. Melakukan pengurutan kegiatan berisiko berdasarkan skor risiko dan RPN.
- e. Mengembangkan rencana mitigasi risiko yang kritis (penting).
- f. Melakukan evaluasi terhadap skor risiko dan RPN berdasarkan rencana pada tanggap risiko.

RPN (*Risk Priority of Number*) merupakan suatu nilai atau indikator penilaian untuk menentukan tindakan alternatif penyebab suatu permasalahan. RPN (*Risk Priority of Number*) diperoleh melalui perkalian faktor-faktor tersebut, dan RPN digunakan untuk menetapkan prioritas kesalahan serta mengklasifikasikan potensi kegagalan proses. FMEA membantu dalam pengembangan strategi mitigasi untuk mengurangi atau menghilangkan risiko yang teridentifikasi selama proses analisis risiko.

$$\text{RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection} \dots\dots\dots (10)$$

(Subriadi & Najwa, 2020)

Penentuan kriteria-kriteria kemungkinan kejadian (*occurrence*), deteksi (*detection*), dan tingkat kerusakan (*severity*) untuk menentukan RPN (*Risk Priority of Numbers*) digunakan untuk menentukan aksi dari risiko yang diprioritaskan. Berikut ini merupakan nilai dari kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

a. *Severity* (Tingkat Keparahan)

Severity merupakan nilai yang digunakan untuk menilai sejauh mana tingkat keparahan dari konsekuensi yang timbul akibat suatu kegagalan. Semakin tinggi nilai *severity*, semakin besar dampak yang dihasilkan oleh kegagalan tersebut. Seiring meningkatnya tingkat *severity*, keseriusan keadaan juga semakin tinggi, menyebabkan dampak yang ditimbulkan menjadi semakin besar. Rincian penilaian *severity* dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 3. Klasifikasi Tingkat Keparahan (*Severity*)

Tingkat Keparahan	Kriteria Keparahan	Peringkat
Bahaya, Kegagalan terjadi tanpa ada peringatan	<ul style="list-style-type: none"> Menghentikan pengoperasian sistem produksi atau layanan jasa secara keseluruhan dalam waktu yang cukup lama. 	10
Serius, Kegagalan terjadi dengan peringatan	<ul style="list-style-type: none"> Menghasilkan produk atau hasil jasa yang berpengaruh buruk bagi konsumen. Sangat mengganggu kelancaran sistem produksi. 	9
Ekstrem	<ul style="list-style-type: none"> Produk relatif tidak dapat dioperasikan atau hasil jasa sangat tidak memuaskan (0% tingkat kepuasan) tetapi relatif masih diterima konsumen. 	8
Mayor	<ul style="list-style-type: none"> Sedikit mengganggu kelancaran proses produksi atau layanan jasa. Kinerja produk tidak sempurna tetapi masih bisa difungsikan atau hasil jasa tidak cukup memuaskan tetapi masih bisa diterima konsumen. 	7
<i>Significant</i>	<ul style="list-style-type: none"> Kinerja produk menurun karena beberapa fungsi tertentu mungkin tidak beroperasi atau Kinerja hasil jasa menurun karena fungsi kenyamanan tidak terpenuhi. 	6
Sedang	<ul style="list-style-type: none"> Kinerja produk atau jasa menurun tetapi masih bisa diperbaiki. 	5
Rendah	<ul style="list-style-type: none"> Kinerja produk atau hasil jasa menurun tetapi tidak memerlukan perbaikan. 	4
Kecil	<ul style="list-style-type: none"> Dampak kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa atau kinerja produk hasil jasa. Terdapat keluhan dari beberapa konsumen. 	3
Sangat Kecil	<ul style="list-style-type: none"> Dampak sangat kecil terhadap sistem produksi /layanan jasa/kinerja produk atau hasil jasa. 	2
Tidak Ada Dampak	<ul style="list-style-type: none"> Tidak ada dampak terhadap sistem produksi atau layanan jasa maupun produk atau hasil jasa. 	1

b. *Occurrence* (Tingkat Kejadian)

Occurrence adalah nilai yang mencerminkan seberapa sering suatu kegagalan dapat terjadi akibat potensi kegagalan dalam suatu proses. Tingkat *occurrence* digunakan untuk mengukur frekuensi kejadian kegagalan dalam periode waktu tertentu. Detail penilaian tingkat *occurrence* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Klasifikasi Tingkat Kejadian (*Occurance*)

Peluang Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Peringkat
Sangat tinggi dan ekstrem (kegagalan hampir tak terhindarkan)	≥ 1 terjadi per <i>shift</i>	10
Sangat tinggi (kegagalan berhubungan dengan proses yang gagal sebelumnya)	≥ 1 terjadi per hari	9
Tinggi (kegagalan terus berulang)	≥ 1 terjadi per 2-3 hari	8
Relatif tinggi	≥ 1 terjadi per minggu	7
Sedang cenderung tinggi	≥ 1 terjadi per 2 minggu	6
Sedang	≥ 1 terjadi per bulan	5
Relatif rendah	≥ 1 terjadi per 3 bulan	4
Rendah	≥ 1 terjadi per 6 bulan	3
Sangat rendah	≥ 1 terjadi per tahun	2
Hampir tidak mungkin terjadi kegagalan	≤ 1 terjadi per tahun (sangat jarang terjadi)	1

c. *Detection* (Deteksi)

Detection merupakan evaluasi terhadap kemampuan untuk mendeteksi kemungkinan terjadinya suatu kegagalan. Semakin tinggi nilai *detection* dari suatu kegagalan, semakin sulit untuk kegagalan tersebut tidak terdeteksi. Kriteria penilaian tingkat *detection* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Klasifikasi Deteksi (*Detection*)

Kemungkinan Terdeteksi	Kriteria Berdasarkan Rancangan Pengendalian Saat Ini	Peringkat
Hampir mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan.	10
Sangat kecil	Terdapat sangat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kejadian atau kegagalan.	9
Kecil	Terdapat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kejadian atau kegagalan.	8
Sangat rendah	Terdapat kendali tetapi sangat rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kejadian atau kegagalan.	7
Rendah	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kejadian atau kegagalan.	6
Sedang	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang/cukup untuk mendeteksi potensi kejadian atau kegagalan.	5
Agak tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi potensi kejadian atau kegagalan.	4
Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan.	3
Sangat tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mendeteksi potensi kejadian atau kegagalan.	2
Hampir pasti	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi potensi suatu kejadian atau kegagalan.	1

(Sony et al., 2020)

1.6.6 *Kaizen*

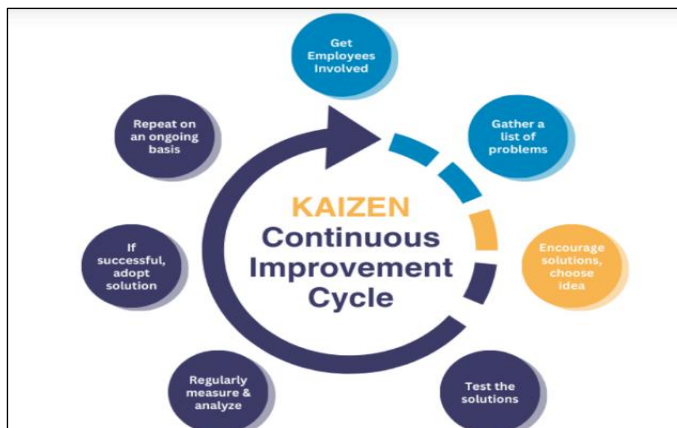
Kaizen merupakan filosofi yang mendorong sebuah organisasi untuk terus menerus menjaga standar kerja yang lebih baik serta untuk mencapai sasaran baru dalam arti kepuasan pelanggan. *Kaizen* tidak hanya diartikan sebatas perbaikan, akan tetapi juga dapat diartikan sebagai pemeliharaan terhadap standar kerja yang sudah dicapai agar kualitas tetap terjaga. Filosofi ini menekankan pentingnya partisipasi setiap anggota organisasi dalam melakukan perbaikan kecil namun berkesinambungan, sehingga perubahan yang dilakukan secara bertahap ini akan menghasilkan peningkatan produktivitas, efisiensi, dan kualitas secara keseluruhan dalam jangka panjang (Rusdiana & Soediantono, 2022). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa filosofi *Kaizen* mengutamakan proses. Terdapat prinsip dalam penerapan *Kaizen* mencakup beberapa konsep kunci yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan produktivitas. Berikut prinsip-prinsip utama dalam penerapan *Kaizen* :

- a. Fokus pada peningkatan terus-menerus dalam semua aspek pekerjaan, dari proses produksi hingga manajemen.
- b. Mengutamakan peningkatan proses daripada hanya hasil akhir.
- c. Keterlibatan semua karyawan dalam organisasi.
- d. Menerapkan dan memelihara standar kerja yang tinggi dan konsisten.
- e. Mengidentifikasi dan menghilangkan segala bentuk pemborosan dalam proses kerja misalnya waktu, material, dan energi.

Dalam manufaktur, implementasi *Kaizen* diperuntukkan untuk mengurangi pemborosan (*waste*) dan meningkatkan efisiensi proses produksi. *Kaizen* mendorong standarisasi proses kerja sehingga karyawan dapat bekerja lebih efisien dan konsisten. Berikut manfaat penggunaan *Kaizen* :

- a. Meningkatkan produktivitas dengan mengidentifikasi dan menghilangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah.
- b. Menghilangkan pemborosan dalam proses produksi.
- c. Meningkatkan kualitas produk dan layanan.
- d. Membuat organisasi lebih fleksibel dan adaptif terhadap perubahan, baik perubahan dalam kebutuhan pelanggan, teknologi, maupun kondisi pasar.
- e. Mendorong kerja sama antar karyawan dan departemen, serta memperkuat komunikasi dalam organisasi.

(Ghasemi & Sohrabi, 2023).



Gambar 10. Kaizen Cycle Improvement
(Sumber : Parsable Blog)

1.6.7 Kajian Induktif

Lean Six Sigma (LSS) merupakan sebuah konsep solusi yang sering digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas produk atau layanan melalui pengurangan pemborosan dan variasi dalam proses bisnis. Berikut ialah penelitian terdahulu dengan menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* (LSS).

Ermayana Megawati, Purnawan Adi Wicaksono, Denny Nurketamanda dalam penelitian yang berjudul "*Reducing Defect in Furniture Industry Using a Aean Six Sigma Approach*" membahas terkait penerapan metodologi *Lean Six Sigma* (LSS) sebagai pendekatan yang digunakan untuk permasalahan cacat produk (*defect*)

yang terjadi di PT AST Indonesia. Pada tahap *define*, dilakukan pembobotan untuk menentukan jenis pemborosan yang kritis. Dari hasil pembobotan, didapatkan bahwasanya jenis pemborosan kritis yaitu cacat produk (*defect*). Berdasarkan data yang telah dirangkum, ditemukan jenis cacat dengan kuantitas terbesar yaitu *veneer edge* yang terkelupas. Setelah itu, penulis menggambarkan proses produksi melalui *Value Stream Mapping (VSM)*. Pada tahap *measure*, dilakukan pengukuran *level sigma* untuk mengetahui kinerja proses. Pada tahap *analyze*, digunakan diagram pareto untuk melihat perbandingan dari setiap jenis cacat yang ada. Selain itu, juga dianalisis terkait sebab akibat terjadinya cacat dominan melalui dengan menggunakan *Fishbone Diagram*. Pada tahap *improve*, diberikan usulan rencana perbaikan untuk meminimasi cacat yang terjadi melalui analisis 5W + 1H. Pada tahap *control*, sebagai langkah untuk memastikan usulan perbaikan yang diberikan dapat berjalan dengan baik, penulis mengusulkan kontrol menggunakan prosedur operasi standar dan kontrol proses harian. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan terjadi peningkatan kinerja kualitas dari *level sigma* 3,3 menjadi 3,7 dikarenakan cacat berhasil dikurangi.

Thi Bao Tram Nguyen, Duc Duy Nguyen, Thi Diem Chau Le, dan Ngoc-Hien Do dalam penelitian yang berjudul "*Lean Six Sigma Application in Automotive Component Manufacturing: A Case Study*" membahas terkait implementasi *Lean Six Sigma (LSS)* di perusahaan manufaktur *push-belts* yang memiliki masalah terkait kualitas produksi. Pada tahap *define*, analisis SIPOC diadopsi untuk memahami proses dengan lebih baik. Dari analisis yang dilakukan, terdapat 2 stasiun yang terkait dengan terjadinya kegagalan dalam proses produksi yaitu *Fine Blanking Process* dan *AOI Station*. Pada tahap *measure*, dilakukan analisis mendalam terkait permasalahan cacat produk yang terjadi. Dari perhitungan *level sigma* pada tahap ini, didapatkan *level sigma* 5.13. Selanjutnya, pada tahap *analyze*, dilakukan analisis menggunakan *Fishbone Diagram* untuk mengetahui kemungkinan akar penyebab yang terjadinya cacat. Selain itu, juga dilakukan pengukuran kapabilitas proses sebagai analisis lebih lanjut terkait potensi penyebab terjadinya cacat produk. Pada tahap *improve*, digunakan *Taguchi DoE* untuk merumuskan langkah perbaikan. Selanjutnya, pada tahap *control*, dirancang upaya-upaya untuk menjaga metode yang telah ditingkatkan sebagai langkah perbaikan. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu melalui penerapan *Lean Six Sigma (LSS)*, akar penyebab cacat produk berhasil diidentifikasi, dan solusi untuk mengatasi permasalahan cacat produk dapat ditemukan.

Ahmad Padhil, Nurhayati Rauf dan Ayu Reski Ilahi dalam penelitian yang berjudul "*Analysis of Quality Control of the Production Process of Rotary Kiln III Using the Lean Six Sigma Method at PT. XYZ Southeast Sulawesi*" membahas terkait penerapan *Lean Six Sigma (LSS)* untuk menangani permasalahan produk cacat (*FerroNickel*) yang disebabkan pada bagian *rotary kiln*. Pada tahap *define*, digunakan diagram SIPOC untuk menggambarkan alur proses produksi *FerroNickel*. Selain itu, tahap ini juga menjelaskan letak permasalahan terciptanya produk cacat. Pada tahap *measure*, dilakukan perhitungan peta kendali, nilai DPMO, dan *level sigma*. Pada tahap *analyze*, dilakukan analisis *fishbone diagram* untuk mengetahui

penyebab terbentuknya klinker yang mempengaruhi terciptanya produk cacat. Pada tahap *improve* digunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan tingkat prioritas penyebab terjadinya cacat sekaligus menentukan tindakan perbaikan. Pada tahap *control*, dilakukan *continuous improvement* dengan memberikan usulan tindakan *quality control* agar nilai *six sigma* perusahaan dapat meningkat. Hasil dari penelitian ini, diketahui *level sigma* perusahaan saat ini adalah 4,028 yang menandakan cukup baik, akan tetapi untuk mencapai *zero defect* diperlukan proses *quality control* yang lebih maksimal dengan usulan tindakan perbaikan yang diberikan.

S. Nallusamy, P.S. Chakraborty, dan G.V. Punna Rao dalam penelitian yang Khawarita Siregar, Aulia Ishak, dan Sara Christin dalam penelitian yang berjudul "*Quality Control Analysis With Lean Six Sigma Approach and Weighted Product Method (Case Study: XYZ Company)*" membahas terkait penerapan *Lean Six Sigma* (LSS) dan metode *Weighted Product* untuk mengatasi pemborosan yang terjadi dalam proses produksi PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri pengolahan karet. Pada tahap *define*, dilakukan penentuan terkait permasalahan yang diangkat, pemilihan produk, riset produk menggunakan *Voice of Customer* (VoC) serta pemetaan proses dan nilai proses. Pada tahap *measure*, dilakukan perhitungan waktu siklus, waktu normal dan waktu standar. Kemudian, juga dilakukan perhitungan metrik ramping meliputi perhitungan efisiensi siklus proses, perhitungan *lead time* proses, kecepatan proses, dan *level sigma*. Pada tahap *analyze*, dilakukan analisis sebab akibat menggunakan *Fishbone Diagram* dan *Five Why Diagram* untuk mengetahui akar penyebab terjadinya berbagai jenis cacat pada *packing sterillizer*. Pada tahap *improve*, digunakan *Weighted Product Model* (WPM) untuk menentukan alternatif terbaik dalam menyelesaikan permasalahan. Terakhir, pada tahap *control*, agar usulan perbaikan dapat berjalan dengan baik, direkomendasikan untuk membuat acuan prosedur kerja bagi operator dan pekerja. Hasil dari penelitian ini, setelah diterapkan usulan perbaikan terjadi peningkatan *Process Cycle Efficiency* (PCE) dari 82,26% menjadi 88,22%, *Initial Process Velocity* (IPV) dari 261.03 menit menjadi 243,38 menit, dan *level sigma* dari 3,51 menjadi 3,65.

S. Nallusamy, P.S. Chakraborty, dan G.V. Punna Rao dalam penelitian yang berjudul "*Reduction Analysis of Welding Defects using Lean Six Sigma and DMAIC Application – A Case Study*" membahas terkait penerapan *Lean Six Sigma* (LSS) untuk mengatasi permasalahan cacat pada proses pengelasan busur tungsten gas yang biasa digunakan dalam industri pompa *submesible*. Pada tahap *define*, penulis memberikan gambaran proses pengelasan melalui diagram SIPOC dan memberikan informasi terkait masalah cacat yang terjadi pada proses pengelasan menggunakan diagram pareto. Pada tahap *measure*, penulis mengumpulkan data sebanyak mungkin untuk mendapatkan informasi secara rinci mengenai prosedur yang berjalan saat ini. Pada tahap *analyze*, digunakan analisis akar penyebab masalah menggunakan *Fishbone Diagram* dan mengevaluasi tingkat kritis setiap penyebab masalah menggunakan instrumen FMEA serta *Why-Why Investigation*. Pada tahap *improve*, diusulkan solusi tindakan perbaikan untuk meminimasi terjadinya cacat.

Pada tahap *control*, dilakukan usaha untuk menjamin bahwa prosedur perbaikan yang dirancang dapat berjalan dan terjaga. Setelah menerapkan pendekatan LSS diharapkan cacat keseluruhan dapat berkurang.

Tabel 6. Penelitian Terdahulu

No	Penulis & tahun	Judul Penelitian	Metode/Tools	Objek Penelitian
1.	Megawati et al., 2020	<i>Reducing defect in furniture industry using a lean six sigma approach</i>	<i>Weight Scoring, Value Stream Mapping, P Chart, Diagram Pareto, Fishbone Diagram, 5W + 1H</i>	<i>Muji Shelves Product</i>
2.	Nguyen et al., 2022	<i>Lean Six Sigma Application in Automotive Component Manufacturing: A Case Study</i>	<i>Diagram SIPOC, Voice of Customer, Voice of Business, Histogram, Fishbone Diagram, Taguchi DoE, FMEA</i>	<i>Automotive Manufacture "Push-Belts"</i>
3.	Ahmad Padhil et al., 2022	<i>Analysis of Quality Control of the Production Process of Rotary Kiln III Using the Lean Six Sigma Method at PT. XYZ Southeast Sulawesi</i>	<i>DMAIC, Diagram SIPOC, P Chart, Level Six Sigma, Fishbone Diagram, FMEA</i>	<i>Ferro Nickel Process</i>
4.	Khawarita Siregar et al., 2020	<i>Quality Control Analysis With Lean Six Sigma Approach and Weighted Product Method (case study: XYZ Company)</i>	<i>DMAIC, Diagram SIPOC, Value Stream Mapping, Voice of Customer (VoC), Process Cycle Efficiency, Innitial Process Velocity, Level Six Sigma, Weighted Product Model</i>	<i>Packing Sterillizer</i>
5.	Nallusamy et al., 2023	<i>Reduction Analysis of Welding Defects using Lean Six Sigma and DMAIC Application – A Case Study</i>	<i>Diagram SIPOC, Process Mapping, Histogram, Root Cause Analysis, Fishbone Diagram, Control Chart, FMEA, WHY-WHY investigation</i>	<i>Process of Gas Tungsten Arc Welding</i>

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) yang bertempat di jalan Kawasan Industri Makassar (KIMA) 17, No 17, Makassar, Sulawesi Selatan. PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur konstruksi bata ringan (hebel). Pengambilan data penelitian ini, dilakukan dalam rentang waktu 3 bulan yaitu Juli-Oktober 2024. Penelitian ini berfokus pada jenis pemborosan kritis yang terjadi dalam proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block), yaitu cacat produk (*defect*). Adapun metode *Lean Six Sigma* (LSS) dan *Kaizen* digunakan dalam penelitian ini sebagai upaya untuk meminimasi cacat produk (*defect*) di masa mendatang.

2.2 Sumber Data

a. Data Primer

Data primer adalah informasi yang diperoleh secara langsung dari hasil pengamatan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block), seperti hasil observasi, wawancara dan penyebaran kuesioner. Adapun data primer dalam penelitian ini ialah rincian rangkaian aktivitas produksi, waktu dari setiap rincian aktivitas produksi, serta informasi yang berhubungan dengan proses perbaikan.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber kepustakaan seperti dokumen perusahaan, literatur-literatur, laporan, *blog*, *website*, buku, karya tulis dan sumber-sumber lain yang erat kaitannya dengan penelitian ini. Adapun data primer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data hasil produksi dan cacat produk periode Januari-Juni 2024.

2.3 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat beberapa tahap yang dilakukan dalam proses penyelesaian masalah yang dihadapi, meliputi :

2.3.1 Tahap Identifikasi Awal

Tahap identifikasi awal merupakan tahap pertama yang dilakukan pada pelaksanaan penelitian. Tahap ini meliputi beberapa aktivitas yaitu :

a. Studi lapangan dan literatur

Studi lapangan dilakukan untuk memahami kondisi terkini di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block). Dalam penelitian ini, penulis mengamati secara langsung proses produksi bata ringan dan mewawancarai pihak-pihak terkait untuk memperoleh data dan informasi yang diperlukan. Tujuan dari kegiatan ini adalah agar penulis dapat mengidentifikasi masalah, khususnya jenis pemborosan yang paling kritis dalam proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla

Block). Selain itu, penulis juga melakukan studi literatur dengan mempelajari teori-teori yang relevan dengan penelitian ini. Melalui studi literatur, penulis dapat menemukan metode yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block).

b. Rumusan awal penelitian

Berdasarkan studi lapangan dan literatur yang dilakukan penulis, maka dihasilkan rumusan awal penelitian meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan manfaat penelitian.

2.3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap pengumpulan dan pengolahan data, penulis mengumpulkan data yang telah didapatkan melalui observasi, wawancara langsung, dan penyebaran kuesioner dari pihak yang terkait dalam penelitian ini. Terdapat 2 jenis data yang didapatkan yaitu data primer dan data sekunder. Data yang telah dikumpulkan, lalu diolah menggunakan metode penyelesaian masalah yang telah ditentukan.

a. *Define*

Pada tahap ini, penulis mendefinisikan proses produksi dan mengidentifikasi permasalahan terkait proses produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block). Hal ini meliputi identifikasi tahapan proses produksi, perincian dan rekapitulasi setiap aktivitas menggunakan *Process Activity Mapping* (PAM), penggambaran alur proses produksi melalui *Value Stream Mapping* (VSM), identifikasi jenis pemborosan (*waste*) yang terjadi, serta penentuan jenis pemborosan (*waste*) kritis pada produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block).

b. *Measure*

Pada tahap ini, penulis melakukan pengolahan dan analisis lebih lanjut terhadap data yang didapatkan, seperti mengukur stabilitas proses, menghitung nilai *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan *level six sigma*, serta pengukuran kapabilitas sigma dan proses.

2.3.3 Tahap Analisis dan Perbaikan

Pada tahap ini, penulis melakukan analisis dari hasil pengolahan data dan memberikan rekomendasi perbaikan terkait permasalahan yang dihadapi.

a. *Analyze*

Pada tahap ini, penulis melakukan beberapa analisis, seperti analisis *Value Stream Mapping* (VSM) dan *Process Activity Mapping* (PAM) pada proses produksi bata ringan, analisis identifikasi jenis pemborosan kritis, analisis stabilitas proses dan kapabilitas proses, analisis fluktuasi cacat produk (*defect*) serta analisis penyebab terjadinya pemborosan kritis (*defect*).

b. *Improve*

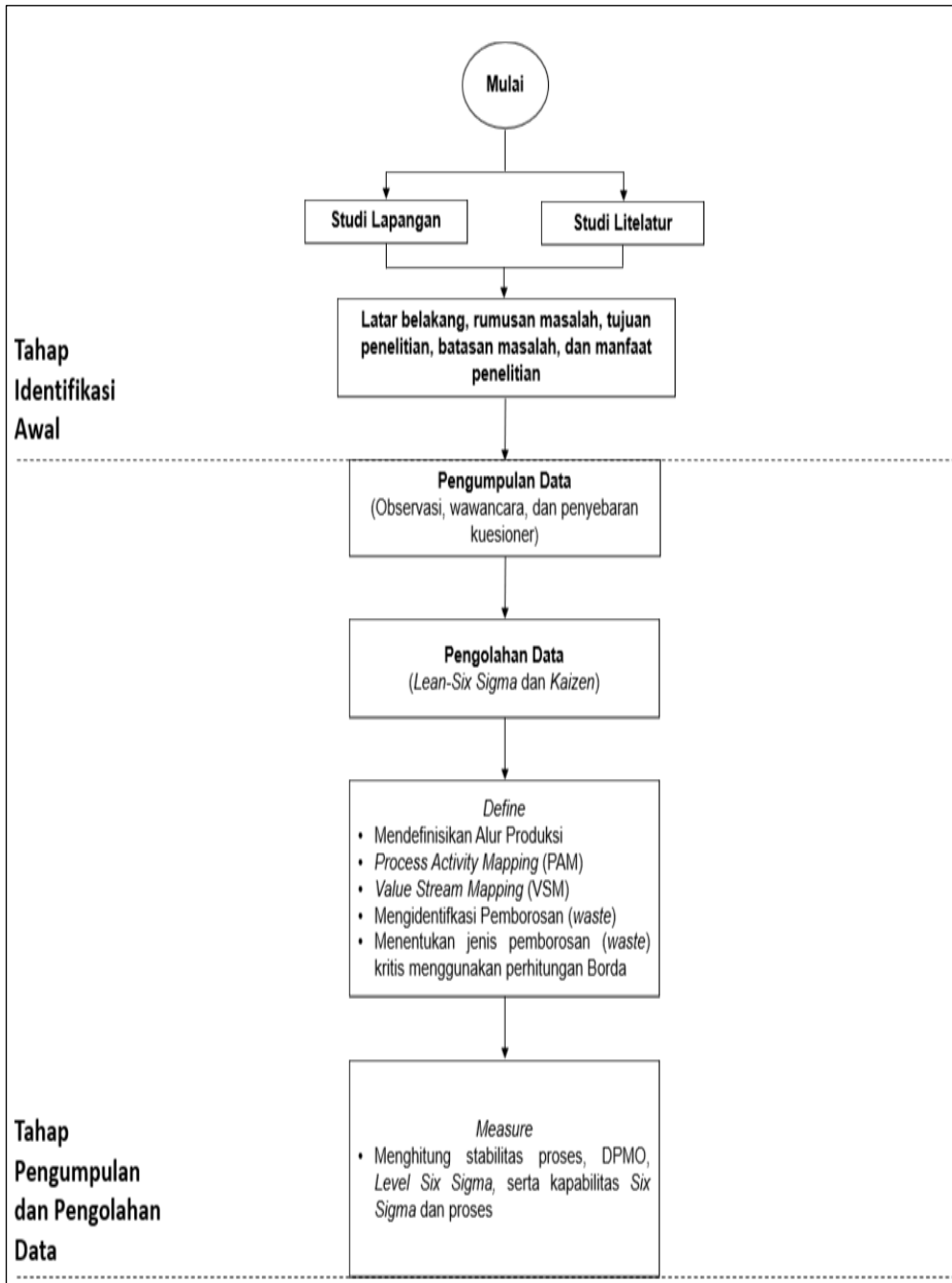
Pada tahap ini, penulis merancang rencana usulan tindakan perbaikan untuk menghilangkan akar penyebab cacat produk (*defect*) pada produksi bata ringan di PT Bumi Sarana Beton (Kalla Block) dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Kaizen*.

2.3.4 Kesimpulan dan Saran

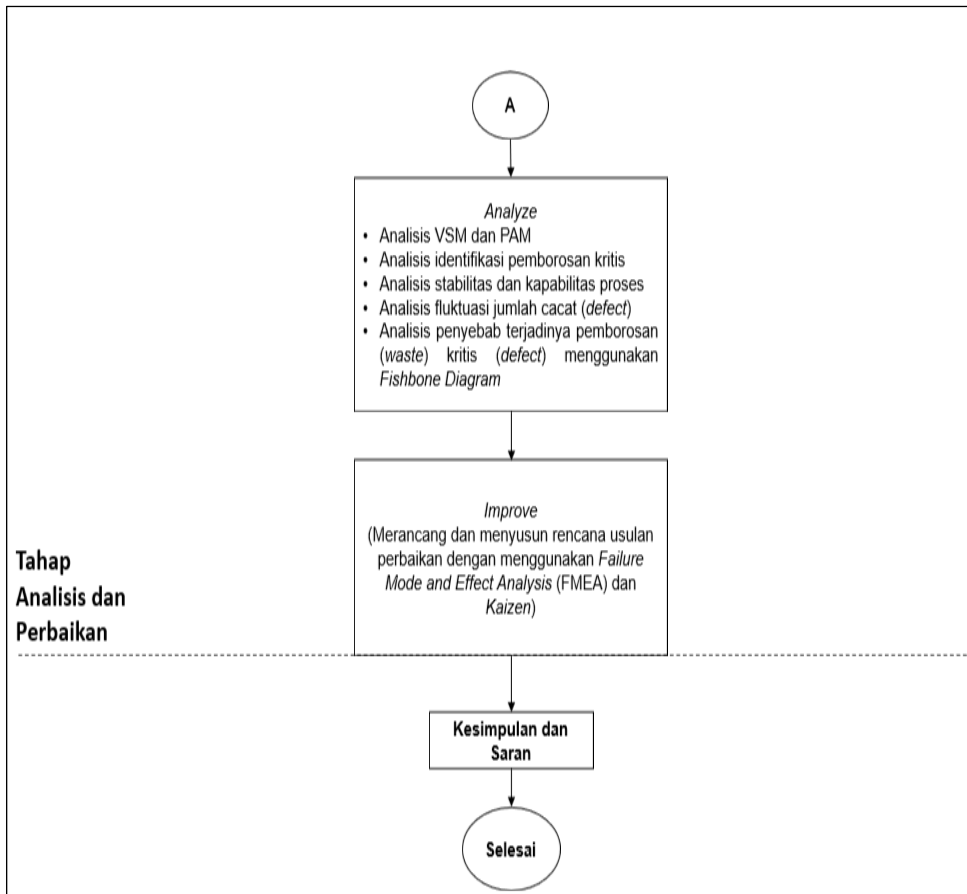
Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Penarikan kesimpulan yang dilakukan juga didasarkan dari tujuan penelitian yang telah ditetapkan sehingga mampu untuk menjawab rumusan masalah dari penelitian. Adapun saran penelitian diperuntukkan agar penelitian yang dilakukan dapat ditingkatkan dan dilanjutkan.

2.4 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar di bawah ini menunjukkan tahapan-tahapan penelitian dalam bentuk *flowchart diagram* :



Gambar 11. Flowchart Penelitian



Gambar 12. Lanjutan *Flowchart* Penelitian