

STRATEGI PENINGKATAN KUALITAS DISTRIBUSI KENDARAAN TAKTIS MAUNG MV3 MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DMAIC

Rahadi Meta Tri Sulaksana

Program Studi Teknik Industri, Universitas Sili Al-Aitaa, Jl. Aceng Ciganitri, Kec. Bojongsoang, Kab. Bandung, Jawa Barat 40287, Indonesia.

E-mail: rahadimeta@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem distribusi kendaraan taktis Maung MV3 dari PT Pindad ke Kodam I / Bukit Barisan guna menjaga kualitas produk hingga diterima pengguna akhir. Berdasarkan observasi, ditemukan indikasi inefisiensi dan potensi cacat selama proses pengiriman jarak jauh. Metode yang digunakan adalah *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Hasil tahap *Measure* menunjukkan tingkat cacat (*Defect Rate*) sebesar 25%, dengan temuan kerusakan fungsional dan fisik pada 7 dari 28 unit yang dikirim. Analisis menggunakan diagram SIPOC dan identifikasi *Critical to Quality* (CTQ) menunjukkan bahwa *Zero Defect/Damage* adalah prioritas utama pelanggan. Akar penyebab masalah diidentifikasi melalui tahap *Analyze* yang meliputi kegagalan mitigasi risiko transportasi, kerentanan komponen terhadap guncangan, dan lemahnya titik kontrol kualitas internal. Strategi perbaikan yang diusulkan pada tahap *improve* adalah implementasi instrumen kontrol berupa *checklist* kualitas multi-tahap (pra-pemuatan, pemuatan & pengamanan, serta pembongkaran & serah terima) yang diformalkan dalam Standar Operasional Prosedur (SOP). Implementasi ini diproyeksikan dapat menekan angka *defect rate* secara signifikan dan meningkatkan akuntabilitas antara perusahaan dan vendor logistik.

Kata kunci: Distribusi Alutsista, Kualitas Produk, *Six Sigma* DMAIC

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pembangunan kekuatan pertahanan negara merupakan pilar utama dalam menjaga kedaulatan dan keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Salah satu wujud nyata dari upaya ini adalah melalui peningkatan kemandirian industri pertahanan dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) Tentara Nasional Indonesia (TNI). PT Pindad (Persero) sebagai badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak di bidang industri pertahanan, memegang peranan sentral dalam menyuplai berbagai produk strategis, mulai dari senjata, amunisi, hingga kendaraan khusus.

Salah satu produk unggulan PT Pindad yang kini menjadi tulang punggung mobilitas satuan TNI adalah Kendaraan Taktis (Rantis)

Maung MV3. Kendaraan ini dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan operasional di berbagai medan di Indonesia, menuntut performa tinggi, keandalan, dan kesiapan operasional kapan pun dibutuhkan. Produksi Maung MV3 yang berkualitas tinggi merupakan tahap awal yang krusial, namun nilai strategis dari kendaraan ini baru akan tercapai sepenuhnya ketika unit tersebut telah diterima oleh pengguna akhir (*end-user*) dalam kondisi sempurna dan tepat waktu.

Berdasarkan observasi awal, teridentifikasi adanya indikasi inefisiensi dalam sistem distribusi yang berjalan saat ini. Permasalahan yang mungkin timbul diantaranya adalah Potensi terjadinya cacat minor (misalnya goresan atau kerusakan komponen non-esensial) selama perjalanan panjang. Masalah-masalah ini, meskipun tampak kecil secara individu, secara kumulatif

dapat mengurangi nilai efektivitas dari pengadaan alutsista itu sendiri.

Untuk mengatasi permasalahan yang bersifat sistematis dan berbasis data ini, diperlukan sebuah metodologi yang terstruktur dan terukur. Metodologi *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) merupakan kerangka kerja yang terbukti efektif untuk mengidentifikasi akar masalah, mengurangi variasi dalam proses, dan menghasilkan perbaikan yang berkelanjutan. Dengan menerapkan *Six Sigma*, perusahaan dapat secara sistematis menganalisis proses distribusi, menemukan di mana letak inefisiensi, dan merancang solusi yang tepat sasaran. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan usulan perbaikan konkret bagi PT Pindad untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi rantai pasoknya, sekaligus memastikan alutsista terbaik bangsa diterima oleh para penjaga kedaulatan dalam kondisi dan waktu yang terbaik pula.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana mengidentifikasi dan memetakan alur proses distribusi kendaraan Maung MV3 dari PT Pindad ke Kodam I Bukit Barisan menggunakan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) serta menentukan atribut kualitas yang menjadi *Critical to Quality* (CTQ) dalam proses distribusi tersebut?
2. Apa saja faktor penyebab utama terjadinya permasalahan dalam sistem distribusi kendaraan, seperti kerusakan kendaraan dan ketidakefisienan proses distribusi, berdasarkan analisis data kinerja aktual yang terukur menggunakan pendekatan *Six Sigma* DMAIC?

1.3 Tujuan Penelitian

Sedangkan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dan memetakan alur proses distribusi kendaraan Maung MV3 dari PT Pindad ke Kodam I Bukit Barisan menggunakan diagram SIPOC (*Supplier,*

Input, Process, Output, Customer), serta menentukan atribut kualitas yang paling krusial bagi pelanggan (*Critical to Quality* - CTQ).

2. Menganalisis akar penyebab utama (*root cause*) dari masalah-masalah yang terjadi dalam sistem distribusi, seperti kerusakan kendaraan dan inefisiensi proses, berdasarkan data kinerja aktual yang terukur.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Manajemen Rantai Pasok

Manajemen rantai pasok atau *Supply Chain Management* (SCM) telah menjadi konsep fundamental dalam dunia bisnis modern. Sebelum istilah ini populer pada akhir 1980-an dan awal 1990-an, dunia bisnis lebih sering menggunakan istilah seperti "logistik" dan "manajemen operasi". Namun, SCM memiliki cakupan yang lebih luas dan strategis (Hugos, 2011).

Oliver dan Weber (dalam R. Ruheli, 2024) mendefinisikan *supply chain management* sebagai: "Metode, alat, atau pendekatan pengelolaan *supply chain*. *Supply chain* adalah jaringan fisik yaitu perusahaan-perusahaan yang terlibat dalam memasok bahan baku, memproduksi barang, maupun mengirimkannya ke pemakai akhir".

Menurut Hugos (2011), Manajemen rantai pasok adalah koordinasi produksi, persediaan, lokasi, dan transportasi di antara para partisipan dalam suatu rantai pasok untuk mencapai perpaduan terbaik antara daya tanggap (*responsiveness*) dan efisiensi (*efficiency*) untuk pasar yang dilayani.

2.1.1 Aktivitas Utama dalam Rantai Pasok

Menurut Hugos (2011), ada lima area di mana perusahaan dalam rantai pasok harus membuat keputusan secara individu maupun kolektif. Keputusan-keputusan ini pada akhirnya akan mendefinisikan kemampuan dan efektivitas dari sebuah rantai pasok. Kelima area ini dapat dianggap sebagai aktivitas atau penggerak utama dalam rantai pasok, yaitu:

1. Produksi (*Production*)

Aktivitas ini mencakup keputusan tentang produk apa yang diinginkan pasar, berapa banyak yang harus diproduksi, dan kapan harus diproduksi. Ini melibatkan pembuatan jadwal produksi utama yang mempertimbangkan kapasitas pabrik, keseimbangan beban kerja, kontrol kualitas, dan pemeliharaan peralatan.

2. Persediaan (*Inventory*)

Keputusan ini terkait dengan jenis dan jumlah persediaan yang harus disimpan di setiap tahap dalam rantai pasok, baik sebagai bahan baku, barang setengah jadi, maupun barang jadi. Tujuan utama persediaan adalah sebagai penyangga (*buffer*) terhadap ketidakpastian dalam rantai pasok.

3. Lokasi (*Location*)

Ini adalah keputusan strategis mengenai di mana fasilitas untuk produksi dan penyimpanan persediaan harus ditempatkan. Keputusan lokasi sangat menentukan jalur-jalur yang tersedia bagi produk untuk mengalir hingga sampai ke konsumen akhir dan sangat memengaruhi biaya serta kinerja rantai pasok.

4. Transportasi (*Transportation*)

Aktivitas ini berkaitan dengan bagaimana persediaan dipindahkan dari satu lokasi rantai pasok ke lokasi lainnya. Pilihan moda transportasi, seperti angkutan udara, truk, kapal laut, atau kereta api, melibatkan pertukaran (*trade-off*) antara kecepatan dan biaya.

5. Informasi (*Information*)

Informasi menjadi dasar untuk pengambilan keputusan di keempat area lainnya. Informasi yang tepat waktu dan akurat memungkinkan koordinasi dan pengambilan keputusan yang lebih baik mengenai apa yang harus diproduksi, di mana persediaan harus ditempatkan, dan bagaimana cara terbaik untuk mengangkutnya.

2.2 Manajemen Logistik

Logistik merupakan proses perencanaan, pengendalian, dan koordinasi aliran barang,

jasa, dan informasi dari titik asal ke titik konsumsi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Bowersox, 2002). Menurut Walters (1996), logistik juga merupakan bagian integral dari manajemen rantai pasokan yang mencakup aktivitas pengadaan, produksi, distribusi, dan pelayanan produk atau jasa (Hidayat et al., 2024)

Logistik dapat didefinisikan sebagai proses perencanaan, implementasi, dan pengendalian efisiensi aliran biaya yang efektif dari bahan mentah, barang setengah jadi, hingga barang jadi, beserta informasi terkait dari titik asal ke titik konsumsi dengan tujuan memenuhi kebutuhan pelanggan. Berbeda dengan SCM yang mencakup seluruh jaringan antar perusahaan, manajemen logistik lebih sering berfokus pada aktivitas di dalam satu organisasi untuk memastikan material dan produk bergerak dengan lancar.

Tujuan utama logistik adalah "menyampaikan barang jadi dan bermacam-macam material dalam jumlah yang tepat pada waktu dibutuhkan, dalam keadaan yang dapat dipakai, ke lokasi di mana ia dibutuhkan, dan dengan total biaya yang terendah" (Novelia & Fitriana, 2015)¹⁵. Untuk mencapai tujuan tersebut, logistik memiliki konsep "7 Benar" atau *7 Rights* (Ramdani & Nugroho, 2023), yaitu:

1. Produk yang Tepat (*Right Product*). Mengirimkan barang sesuai spesifikasi pesanan.
2. Kuantitas yang Tepat (*Right Quantity*). Memastikan jumlah barang sesuai dengan permintaan.
3. Kualitas/Kondisi yang Tepat (*Right Quality/Condition*). Menjaga kualitas barang selama penyimpanan dan transportasi agar tidak rusak.
4. Waktu yang Tepat (*Right Time*). Mengirimkan produk tepat waktu, tidak terlalu cepat atau terlambat.
5. Tempat yang Tepat (*Right Place*). Mengantarkan produk ke lokasi tujuan yang benar.

6. Pelanggan yang Tepat (*Right Customer*). Memastikan produk sampai ke tangan konsumen yang memesan.
7. Biaya yang Tepat (*Right Cost*). Melakukan semua aktivitas dengan biaya seefisien mungkin.

2.3 Manajemen Distribusi

Manajemen distribusi merupakan bagian penting dalam logistik yang berfokus pada proses pengiriman produk dari produsen ke konsumen secara efisien. Menurut Bowersox (2002), distribusi mencakup aktivitas seperti pemilihan moda transportasi, pengelolaan gudang, dan penjadwalan pengiriman untuk memastikan produk tersedia sesuai permintaan pelanggan.

Zainal Asnaf (2022) menjelaskan bahwa distribusi melibatkan beberapa komponen utama, termasuk:

1. Transportasi, meliputi pemilihan moda transportasi (darat, laut, udara) berdasarkan biaya, kecepatan, dan keandalan.
2. Manajemen Gudang, meliputi penggunaan teknologi seperti *Warehouse Management System* (WMS) untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan dan pengambilan barang.
3. Koordinasi Rantai Pasok, merupakan integrasi antara pemasok, produsen, dan distributor untuk mengurangi lead time dan biaya.

Selain itu, metode seperti *cross-docking* dan *Just-in-Time* (JIT) digunakan untuk meminimalkan persediaan dan mempercepat alur distribusi. Tantangan utama dalam distribusi meliputi fluktuasi permintaan, keterbatasan infrastruktur, dan kebutuhan akan digitalisasi (zainal Asnaf, 2022)

2.4 Operasional Distribusi

Operasional distribusi mencakup seluruh kegiatan yang bertujuan untuk memastikan produk sampai ke konsumen dengan efisien dan efektif. Operasional distribusi melibatkan perencanaan, pengorganisasian, pengoperasian, dan pengendalian saluran distribusi untuk mencapai tujuan perusahaan

(Suryanto, 2016). Fungsi utama operasional distribusi meliputi:

1. Fungsi Pertukaran (*Transaction Function*), meliputi pembelian, penjualan, dan pengambilan risiko.
2. Fungsi Penyedia Fisik (*Logistical Function*), merupakan pengumpulan, penyimpanan, pemilihan, dan pengangkutan produk.
3. Fungsi Penunjang (*Supporting Function*), yaitu pelayanan purnajual, pendanaan, penyebaran informasi, dan koordinasi saluran.

Operasional distribusi juga harus memperhatikan prinsip-prinsip seperti integrasi sistem, pemanfaatan sumber daya manusia, dan penggunaan teknologi informasi untuk mencapai efisiensi.

2.5 Aspek Kualitas dalam Proses Distribusi

Menjaga kualitas produk selama proses distribusi adalah tanggung jawab bagian *Quality Assurance*. Beberapa aktivitas kunci meliputi:

1. Inspeksi Akhir (*Final Inspection*) yaitu pemeriksaan menyeluruh terhadap kendaraan Maung MV3 setelah selesai diproduksi dan sebelum diserahkan ke bagian logistik. Ini untuk memastikan kendaraan memenuhi semua standar kualitas internal.
2. Pemeriksaan Pra-Pengiriman (*Pre-Delivery Inspection* - PDI) adalah pengecekan terakhir yang dilakukan sesaat sebelum kendaraan dimuat ke alat transportasi. Tujuannya adalah memastikan tidak ada kerusakan atau kekurangan yang terjadi selama penanganan internal di pabrik atau gudang. PDI memastikan kendaraan dalam kondisi sempurna saat memulai perjalanannya ke konsumen.

Pengamanan selama transportasi bertujuan untuk memastikan kendaraan diikat dan dilindungi dengan benar selama perjalanan untuk mencegah kerusakan akibat guncangan atau cuaca.

2.6 Metode Six Sigma

Six Sigma adalah sebuah metodologi dan filosofi manajemen yang terstruktur dan sistematis untuk perbaikan proses strategis yang bertujuan untuk mencapai tingkat kualitas mendekati "nol cacat" (*zero defect*) dan meningkatkan profitabilitas secara signifikan (Srinivasan et al., 2016) dan (Dewi & Ummah, 2019). Konsep ini pada awalnya dikembangkan oleh Motorola pada pertengahan 1980-an untuk meningkatkan kualitas produksi dan mengurangi biaya operasional (Tennakoon & Palawatta, 2015).

Tujuan utama *Six Sigma* adalah mengurangi variasi dalam proses bisnis dan manufaktur. Secara statistik, level kualitas "*Six Sigma*" berarti hanya menghasilkan 3,4 cacat per satu juta peluang (*Defects Per Million Opportunities* - DPMO). Ini menunjukkan tingkat presisi dan keandalan yang sangat tinggi dalam sebuah proses (Srinivasan et al., 2016). Untuk mencapai tujuan ini, *Six Sigma* mengandalkan metode statistik dan pendekatan ilmiah untuk membuat pengurangan dramatis pada tingkat cacat yang ditentukan oleh pelanggan.

2.6.1 Siklus DMAIC

Kerangka kerja utama yang digunakan untuk menerapkan *Six Sigma* dalam perbaikan proses yang sudah ada adalah siklus DMAIC. DMAIC merupakan singkatan dari lima fase yang saling berhubungan, yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control* (Dewi & Ummah, 2019). Pendekatan ini memastikan bahwa solusi yang diterapkan didasarkan pada data dan analisis yang mendalam, bukan sekadar asumsi.

Berikut adalah penjelasan untuk setiap fase dalam siklus DMAIC:

1. *Define* (Definisi)

Fase ini adalah tahap awal di mana masalah diidentifikasi, tujuan proyek ditetapkan, dan ruang lingkupnya dibatasi. Pada tahap ini, tim proyek mendefinisikan apa yang penting bagi pelanggan (dikenal sebagai *Critical to Quality* - CTQ). Alat yang sering digunakan dalam fase ini adalah diagram SIPOC untuk memetakan proses secara

garis besar dan mengidentifikasi elemen-elemen kunci yang terlibat (Tennakoon & Palawatta, 2015). Tujuan dari fase ini adalah untuk memiliki pemahaman yang jelas tentang masalah yang akan diselesaikan dan dampak bisnisnya.

2. *Measure* (Pengukuran)

Setelah masalah didefinisikan, fase *measure* berfokus pada pengumpulan data dan pengukuran kinerja proses saat ini. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data dasar (*baseline*) yang akurat mengenai tingkat kecacatan atau variasi yang ada. Pada tahap ini, metrik-metrik kunci diukur, dan kapabilitas proses saat ini dihitung, sering kali dalam bentuk nilai DPMO dan level sigma (Dewi & Ummah, 2019). Validasi sistem pengukuran juga penting untuk memastikan data yang dikumpulkan akurat dan dapat diandalkan.

3. *Analyze* (Analisis)

Pada fase *analyze*, data yang telah dikumpulkan pada fase sebelumnya dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) dari masalah. Berbagai alat statistik dan analisis digunakan untuk menemukan hubungan sebab-akibat. Salah satu alat yang sangat populer dan efektif pada tahap ini adalah Diagram *Fishbone* (Diagram Tulang Ikan atau Diagram Ishikawa), yang membantu tim untuk melakukan *brainstorming* dan mengkategorikan semua kemungkinan penyebab masalah (Ardha et al., 2023) (Harinta & Arianti, 2024). Tujuannya adalah untuk memvalidasi akar penyebab berdasarkan data, bukan berdasarkan opini.

4. *Improve* (Peningkatan)

Setelah akar penyebab masalah teridentifikasi dan terverifikasi, fase *improve* berfokus pada pengembangan, pengujian, dan penerapan solusi untuk menghilangkan akar penyebab tersebut. Tim akan melakukan *brainstorming* untuk berbagai solusi potensial, kemudian memilih yang paling efektif untuk diimplementasikan. Terkadang, metode

seperti Desain Eksperimen (*Design of Experiment* - DOE) atau metode Taguchi digunakan untuk menemukan pengaturan proses yang optimal.

5. *Control* (Pengendalian)

Fase terakhir, *control*, bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan yang telah diterapkan dapat dipertahankan dalam jangka panjang dan proses tidak kembali ke kondisi sebelumnya. Ini melibatkan pembuatan rencana pengendalian, standardisasi prosedur operasi (SOP), dan penggunaan alat pemantauan seperti diagram kontrol statistik (*Statistical Process Control* - SPC). Tujuannya adalah untuk melembagakan perbaikan dan memantau kinerja proses secara berkelanjutan (Tennakoon & Palawatta, 2015).

2.6.2 SIPOC Diagram

SIPOC adalah alat visualisasi proses tingkat tinggi yang digunakan untuk mendefinisikan ruang lingkup suatu proses bisnis dari awal hingga akhir. Akronim SIPOC adalah singkatan dari *Supplier, Input, Process, Output, dan Customer*. Alat ini sangat berguna pada fase *Define* dalam siklus DMAIC untuk memberikan gambaran umum yang jelas tentang proses yang sedang dianalisis (Wulandari et al., 2023).

Berikut adalah komponen dari diagram SIPOC:

1. *Supplier* (Pemasok) yaitu pihak (internal atau eksternal) yang menyediakan *input* untuk proses.
2. *Input* adalah Sumber daya, material, atau informasi yang diperlukan untuk menjalankan proses.
3. *Process* (Proses), merupakan serangkaian langkah atau aktivitas utama yang mengubah input menjadi *output*. Biasanya digambarkan dalam 4-7 langkah tingkat tinggi.
4. *Output* yaitu produk, jasa, atau informasi yang dihasilkan oleh proses.
5. *Customer* (Pelanggan) merupakan Pihak (internal atau eksternal) yang menerima *output* dari proses.

Dengan menggunakan analisis SIPOC, sebuah proses bisnis dapat ditampilkan secara visual, sehingga memudahkan tim untuk memahami batasan-batasan proses, siapa saja yang terlibat, dan apa saja yang dihasilkan, sebelum masuk ke analisis yang lebih mendalam (Wulandari et al., 2023).

3. Objek dan Metode Penelitian

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini proses distribusi kendaraan taktis Maung MV3 yang diproduksi oleh PT Pindad dan didistribusikan kepada Kodam I Bukit Barisan, khususnya pada aspek kualitas proses distribusi dan potensi permasalahan yang terjadi selama proses pengiriman kendaraan.

3.2 Metode Penelitian

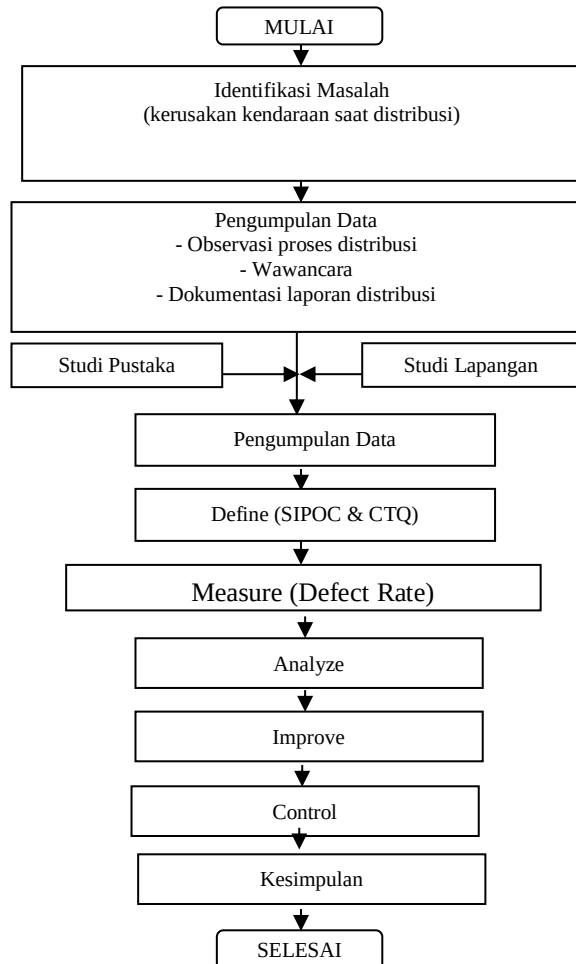
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus yang dianalisis menggunakan metode *Six Sigma* DMAIC untuk meningkatkan kualitas proses distribusi kendaraan Maung MV3.

3.3 Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses distribusi kendaraan serta wawancara dengan personel yang terlibat dalam kegiatan distribusi. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumen internal perusahaan seperti laporan distribusi kendaraan, data kerusakan kendaraan, dokumen pengiriman, serta laporan inspeksi kendaraan.

3.4 Flow Chart Penelitian

Flow chart penelitian terlihat dalam gambar berikut :



Gambar 1. Flow Chart

3.5 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh kendaraan Maung MV3 yang didistribusikan oleh PT Pindad kepada pelanggan. Sampel penelitian berupa 28 unit kendaraan Maung MV3 yang dikirim ke Kodam I Bukit Barisan. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah sampling jenuh (*total sampling*), karena seluruh unit kendaraan dalam satu periode distribusi dijadikan sampel penelitian.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian langsung terhadap objek yang diteliti guna mendapatkan data melalui :

1. Observasi
2. Wawancara.
3. Kuisioner.

3.7 Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Six Sigma melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk mengidentifikasi permasalahan, menganalisis akar penyebab, serta merumuskan strategi peningkatan kualitas dalam proses distribusi kendaraan.

3.7.1 Tahap Define

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang terjadi dalam proses distribusi kendaraan taktis dari produsen ke pengguna. Kegiatan analisis meliputi:

1. Mengidentifikasi kebutuhan dan harapan pelanggan terhadap proses distribusi kendaraan.
2. Memetakan alur proses distribusi menggunakan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*).
3. Menentukan atribut kualitas yang paling penting bagi pelanggan (*Critical to Quality / CTQ*) seperti ketepatan waktu pengiriman, kondisi kendaraan saat diterima, dan kelengkapan kendaraan.
4. Mendefinisikan permasalahan utama yang terjadi dalam proses distribusi kendaraan.

3.7.2 Tahap Measure

Tahap ini bertujuan untuk mengukur kinerja proses distribusi kendaraan yang sedang berjalan. Analisis yang dilakukan meliputi:

1. Mengumpulkan data terkait proses distribusi kendaraan.
2. Mengidentifikasi jumlah kendaraan yang mengalami kerusakan selama proses distribusi.
3. Menghitung tingkat cacat distribusi menggunakan metode *Defects Per Million Opportunities* (DPMO).
4. Menghitung level sigma untuk mengetahui tingkat kualitas proses distribusi kendaraan. Perhitungan DPMO dilakukan dengan rumus:

$$\text{Tingkat Cacat (\%)} = \frac{\text{Jumlah Unit Cacat}}{\text{Total Unit Yang Dikirim}} \times 100\%$$

Nilai DPMO yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi level sigma untuk

mengetahui tingkat performa kualitas proses distribusi.

3.7.3 Tahap *Analyze*

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh untuk menemukan akar penyebab utama permasalahan dalam distribusi kendaraan. Metode yang digunakan antara lain:

1. Diagram *Fishbone* (*Cause and Effect Diagram*) untuk mengidentifikasi faktor penyebab masalah.
2. Analisis *Pareto* untuk menentukan faktor penyebab dominan yang berkontribusi terhadap kerusakan kendaraan atau ketidakefisienan distribusi.
3. Analisis faktor penyebab berdasarkan kategori manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan.

3.7.4 Tahap *Improve*

Tahap ini bertujuan untuk merumuskan solusi perbaikan terhadap permasalahan yang telah diidentifikasi. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

1. Menyusun strategi peningkatan kualitas distribusi kendaraan.
2. Mengusulkan perbaikan prosedur distribusi untuk meminimalkan kerusakan kendaraan selama proses pengiriman.
3. Mengembangkan standar operasional prosedur (SOP) distribusi yang lebih efektif dan efisien.

3.7.5 Tahap *Control*

Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan yang telah dilakukan dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Kegiatan yang dilakukan antara lain:

1. Menyusun sistem pengendalian proses distribusi.
2. Melakukan monitoring dan evaluasi secara berkala terhadap proses distribusi kendaraan.
3. Menetapkan indikator kinerja untuk menjaga stabilitas kualitas distribusi kendaraan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Landasan fundamental dalam identifikasi masalah yang sistematis, diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai batasan dan alur kerja proses distribusi di divisi pemasaran dan penjualan.

4.1.1 Tahap *Define*

Proses distribusi dipetakan menggunakan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*), untuk mengidentifikasi entitas yang terlibat.

Tabel 1.
Diagram SIPOC Distribusi Divisi Pemasaran dan Penjualan

<i>Supplier</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
Eksternal: 1. Kementerian Pertahanan 2. Puspalad	Kontrak 747 Surat Perintah Distribusi Surat Perintah Pengeluaran Material	Purchase Request Dokumen Harga Perkiraan Sendiri (HPS) Distribusi (Perhitungan jarak, BBM, Driver, Transportasi darat/laut, dan total biaya keseluruhan)	Dokumen <i>Purchase Request</i>	- VP Keuangan - VP Rantai Pasok
Internal PT Pindad: 1. Divisi KK (Produksi) 2. Divisi PAM	a. Surat Perintah Pengeluaran Material b. Surat Pengiriman Barang c. Validasi Pihak PAM	Persiapan Distribusi: Komisi Kelengkapan	- Surat Permohonan Bantuan Personil - Hasil Komisi - SPB bubuhi oleh fungsi PAM	Divisi PP
Internal: 1. Divisi PMK3LH 2. Personil Mutu 3. Personil Divisi KMN	a. Daftar personil uji pemeriksaan b. Daftar Personil Perbaikan c. Undangan Annwizing Kegiatan Tender	Surat Permohonan Persiapan Kendaraan - Pemeriksaan Kendaraan - Perbaikan hasil pemeriksaan Kendaraan - Personil Divisi PP melakukan Pemantauan	- Surat permohonan Pemeriksaan - Form <i>Checklist</i> Pemeriksaan Kendaraan <i>Corrective Action</i>	- VP PMK3 LH - GM KMN
Divisi Rantai Pasok		Distribusi Koordinasi dengan Vendor Pemenang (PT PIL)	Rencana Distribusi Aspek <i>Quality</i> ,	PT PIL

Supplier	Input	Process	Output	Customer
			cost, delivery, dan safety	
Divisi PAM		Koordinasi dengan pengamanan	- Daftar Personil PAM - Rencana Pengamanan	Divisi PAM
Divisi PP Eksternal: 1. Perusahaan Jasa Ekspedisi/ Logistik (Pihak Ke-III PT PIL). 2. PT PIL 3. Divisi PP	a. Armada Transportasi (Truk Towing, Kapal). b. Konfirmasi Penerimaan Hasil (KPH).	- Proses packing / pengamanan unit. - Pembuatan dokumen pengiriman (Surat Jalan, dll).	Berita Acara Serah Terima (BAST) / Berita Acara Komisi.	PT PIL
	Jadwal Pegiriman Kendaraan	Pelaksanaan Pengiriman: - Loading unit ke armada transportasi. - Perjalanan menuju lokasi customer.	Laporan status pengiriman.	
		Serah Terima di Lokasi: - Unloading unit di gudang/ satuan pemakai. - Inspeksi bersama antara Pindad & Customer. - Penandatanganan Berita Acara Serah Terima (BAST).	- SPB yang ditandatangani oleh TNI/Kesatuan - Laporan kerusakan (jika ada).	TNI/ Kesatuan

Atribut kualitas kritis (CTQ) yang didefinisikan bagi pelanggan (TNI/Kemhan) meliputi: (1) *Zero Defect/Damage*, (2) *On Time Delivery*, (3) *Completeness*, dan (4) *Safety & Security*.

4.1.2 Tahap Measure

Pengukuran dilakukan terhadap 28 unit Maung MV3 yang dikirim ke Kodam I/Bukit Barisan.

Tabel 1.
Data Jenis Kerusakan Kendaraan

No	Jenis Kerusakan	Unit Kendaraan
1	Head unit tidak berfungsi	1
2	Nameplate nomor rangka tidak sesuai dengan nomor rangka dikendaraan	1

3	Cacat di beberapa tempat	1
4	Accu drop	2
5	Error Engine	1
6	Tuas Eg Hood Lepas	1
Total		7

Ditemukan 7 unit mengalami non-konformitas, termasuk *head unit* tidak berfungsi, *accu drop*, dan cacat fisik. Berdasarkan data tersebut, perhitungan *defect rate* adalah:

$$\text{Tingkat Cacat (\%)} = \frac{7}{28} \times 100\% = 25\%$$

Hasil ini menunjukkan satu dari empat unit berpotensi mengalami kerusakan selama distribusi.

4.1.3 Tahap Analyze

Tahap *analyze* dilaksanakan sebagai tindak lanjut dari temuan kuantitatif pada tahap *measure*, yang menetapkan tingkat cacat (*defect rate*) proses pada angka 25%. Analisis akar penyebab (*root cause*) ini diperdalam dengan sebuah premis fundamental yang menjadi batasan masalah, seluruh non-konformitas teridentifikasi terjadi setelah unit dinyatakan lolos dari proses Inspeksi Pra-Pengiriman (*Pre-Delivery Inspection/PDI*).

Implikasi dari premis tersebut adalah terjadinya pergeseran fokus investigasi. Analisis tidak lagi terkonsentrasi pada potensi kelemahan proses kontrol kualitas internal, melainkan diarahkan secara spesifik pada variabel-variabel yang timbul selama fase distribusi fisik. Domain investigasi dengan demikian mencakup proses penanganan material, metode pengamanan unit (*lashing*), dan dinamika transportasi hingga ke lokasi pelanggan.

Stratifikasi dan analisis berdasarkan kategori kerusakan antara lain :

1. Kerusakan fungsional dan elektrik (*head unit* tidak berfungsi, *accu drop*, *error engine*). Meskipun komponen-komponen ini telah diverifikasi dan dinyatakan berfungsi normal saat pemeriksaan, munculnya kerusakan pasca-inspeksi menunjukkan adanya faktor pemicu selama transit. Potensi akar penyebabnya meliputi:

- a. Guncangan (*shock*) dan getaran (*vibration*) yang berlebihan selama perjalanan darat atau laut dapat merusak komponen elektronik yang sensitif, menyebabkan sambungan kelistrikan terputus, atau memicu sensor untuk melaporkan *error*.
 - b. Prosedur pengamanan unit di atas armada transportasi kemungkinan belum mampu meredam getaran dan guncangan secara efektif. Untuk kasus *accu drop*, durasi perjalanan atau waktu tunggu di pelabuhan / terminal tanpa adanya prosedur pengisian ulang aki secara berkala tetap menjadi penyebab paling mungkin.
2. Kerusakan fisik dan mekanikal (cacat di beberapa tempat, tuas *eg hood* lepas). Kategori kerusakan ini menjadi bukti paling langsung dan kuat adanya masalah dalam fase distribusi fisik. Fakta bahwa unit telah lulus PDI tanpa cacat memperkuat hipotesis bahwa penyebabnya adalah:
- a. Standar Operasional Prosedur (SOP) untuk proses *loading* (pemuatan), pengamanan unit (*lashing*), dan *unloading* (pembongkaran) yang tidak diimplementasikan secara disiplin atau bahkan tidak ada, terutama saat melibatkan jasa logistik pihak ketiga.
 - b. Kondisi armada transportasi dari pihak ketiga yang tidak memenuhi spesifikasi teknis (misalnya, suspensi keras, dek tidak rata) atau penggunaan peralatan pengikat yang tidak standar/usang, yang menyebabkan tekanan berlebih pada badan dan komponen kendaraan.
 - c. *Human error* atau kurangnya kehati-hatian dari personel lapangan (operator, supir) selama proses penanganan fisik yang mengakibatkan benturan atau goresan.
3. Ketidaksesuaian administratif dan perakitan (*nameplate* nomor rangka tidak sesuai). Berbeda secara fundamental dari dua kategori lainnya, non-konformitas ini secara definitif terjadi sebelum PDI. Klarifikasi baru tidak mengubah analisis untuk masalah ini. Tetapi mengindikasikan adanya kegagalan pada proses internal. Potensi akar penyebabnya adalah:
- a. Kegagalan pada *quality gate* atau titik verifikasi akhir di divisi produksi. Hal ini menunjukkan lemahnya proses verifikasi silang (*cross-check*) antara data pada dokumen dan data fisik pada unit.
 - b. *Human error* pada level perakitan (pemasangan *nameplate*) atau pada level administrasi (input data).
4. Sintesis dan hipotesis akar penyebab utama. Dari analisis yang telah dipertajam, dapat disintesis tiga hipotesis utama yang menjadi akar penyebab kerusakan:
- a. Kegagalan mitigasi risiko dalam proses penanganan dan transportasi (penyebab primer) adalah hipotesis utama. Tidak adanya standarisasi dan pengawasan yang ketat pada metode *loading*, pengamanan unit di armada, dan *unloading*, terutama yang dilakukan oleh pihak ketiga, merupakan penyebab langsung dari mayoritas kerusakan fisik dan fungsional yang muncul pasca-inspeksi.
 - b. Kerentanan komponen terhadap kondisi ekstrem selama transit. Beberapa komponen (khususnya elektronik dan *accu*) terbukti tidak cukup tangguh (*robust*) untuk menahan kondisi lingkungan dan guncangan selama proses distribusi, meskipun telah lolos uji fungsional dalam kondisi statis saat PDI.
 - c. Lemahnya titik kontrol kualitas internal untuk aspek administratif. Hipotesis ini secara spesifik menjelaskan akar penyebab untuk non-konformitas seperti ketidaksesuaian *nameplate*, yang menandakan adanya celah pada proses verifikasi di tahap produksi yang tidak terkait dengan proses distribusi.
- Analisis menunjukkan bahwa meskipun unit lulus Inspeksi Pra-Pengiriman (*Pre Distribution Inspection*), kerusakan tetap muncul saat tiba di lokasi pelanggan. Hal ini

mengindikasikan bahwa penyebab utama bukan pada proses produksi, melainkan pada variabel selama fase distribusi fisik, seperti guncangan berlebih, metode pengamanan (*lashing*) yang tidak standar, dan *human error* oleh pihak ketiga (vendor logistik).

4.1.4 Tahap *Improve*

Tujuan dari tahap *improve* adalah untuk mengembangkan serangkaian intervensi yang secara langsung menargetkan ketiga akar penyebab tersebut. Usulan perbaikan dirancang tidak hanya untuk mengatasi masalah yang ada, tetapi juga untuk membangun sebuah proses distribusi yang lebih tangguh (*robust*), prediktif, dan akuntabel, sehingga mampu memenuhi persyaratan *Critical to Quality* (CTQ) dari pelanggan, terutama *Zero Defect/Damage*.

Untuk mencapai tujuan perbaikan dalam proses distribusi alutsista dan mengatasi akar penyebab cacat, beberapa tindakan intervensi yang terstruktur dan komprehensif diperlukan. Langkah pertama adalah merancang dan mengimplementasikan *checklist* inspeksi multi-tahap yang ketat. *Checklist* ini akan diterapkan pada titik-titik kritis sepanjang rantai distribusi, mulai dari persiapan di fasilitas produksi PT Pindad hingga serah terima akhir di lokasi tujuan.

Tahapan *improve* yang dilakukan mulai dari implementasi instrumen dan *control* serta proyeksi hasil dan dampak solusi yang ditawarkan, sebagai berikut :

1. Instrumen Implementasi dan Kontrol

Untuk memastikan seluruh solusi, dapat diimplementasikan secara efektif dan konsisten, dirancang instrumen kontrol praktis. Formulir *checklist* kontrol kualitas distribusi, SOP yang bersifat teoretis dioperasionalkan ke dalam bentuk tiga formulir *checklist* yang wajib diisi di setiap titik kritis. *Checklist* ini berfungsi sebagai alat bukti pelaksanaan standar dan instrumen audit. Titik kontrol tersebut adalah:

a. *Checklist* Pra-Pemuatan: Sebagai *quality gate final internal*.

b. *Checklist* Pemuatan & Pengamanan: Dokumen verifikasi bersama dengan vendor untuk membangun akuntabilitas.

c. *Checklist* Pembongkaran & Serah Terima: Bukti formal kondisi unit saat diterima pelanggan.

2. Proyeksi hasil dan dampak implementasi solusi.

Implementasi rangkaian solusi yang diusulkan diproyeksikan akan menghasilkan dampak positif yang terukur dan signifikan terhadap sistem manajemen mutu distribusi di PT Pindad.

Proyeksi dampak tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Reduksi signifikan pada tingkat kerusakan produk.

Implementasi prosedur inspeksi berlapis dan standarisasi penanganan diproyeksikan akan menekan angka *defect rate* alutsista selama proses distribusi secara substansial. Upaya mitigasi proaktif terhadap potensi kerusakan ini diharapkan dapat mengarahkan sistem menuju pencapaian target kualitas *zero defect*, yang memastikan produk tiba di tujuan dalam kondisi optimal.

b. Optimalisasi akuntabilitas dan ketertelusuran (*traceability*) proses.

Melalui implementasi dan pengarsipan *checklist* secara disiplin dan sistematis, fondasi untuk akuntabilitas proses akan diperkuat secara signifikan. Data yang tercatat dalam dokumen *checklist* tersebut memungkinkan setiap anomali atau ketidaksesuaian (*non-conformance*) untuk dilacak kembali ke tahap proses, waktu, dan personel spesifik yang bertanggung jawab. Informasi terdokumentasi ini menjadi krusial untuk melakukan analisis akar masalah (*root cause analysis*) yang akurat, sehingga tindakan korektif dan preventif dapat dirancang dan diimplementasikan secara efektif.

- c. Peningkatan standardisasi dan konsistensi kinerja.

Penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang diperbarui dan *checklist* yang seragam akan meminimalkan variabilitas dalam eksekusi proses distribusi. Hal tersebut menjamin bahwa kualitas penanganan alutsista tetap terjaga pada level yang sama secara konsisten, independen dari individu personel yang bertugas maupun vendor logistik yang digunakan.

- d. Penguatan reputasi dan kepercayaan pemangku kepentingan.

Dengan terpenuhinya atribut *Critical to Quality* (CTQ) pelanggan secara konsisten terutama terkait kondisi produk saat diterima maka kepercayaan dan kepuasan pengguna akhir akan meningkat. Keberhasilan ini secara langsung akan memperkuat reputasi institusional PT Pindad sebagai produsen alutsista yang andal dan memiliki komitmen tinggi terhadap manajemen kualitas di seluruh rantai pasok (*supply chain*).

Secara keseluruhan, tahap *improve* ini tidak hanya memperbaiki masalah, tetapi juga membangun fondasi untuk keunggulan operasional (*operational excellence*) dalam proses distribusi PT Pindad.

4.1.5 Tahap Control

Tahap *control* merupakan fase kulminasi dari siklus metodologi DMAIC, yang dirancang untuk menjamin keberlanjutan (*sustainability*) dari hasil-hasil perbaikan yang telah dicapai. Objektif fundamental dari tahap ini adalah untuk memastikan bahwa proses distribusi yang telah direayasa ulang dapat diimplementasikan secara konsisten sesuai dengan standar baru yang ditetapkan. Lebih lanjut, fase ini berfokus pada standardisasi, formalisasi dokumentasi, dan pengembangan mekanisme pemantauan jangka panjang guna mencegah regresi proses ke kondisi semula dan menjamin peningkatan kinerja yang berkelanjutan.

Untuk memastikan perbaikan yang telah dicapai bersifat permanen, serangkaian tindakan pengendalian akan dilembagakan menjadi standar operasional baru. Fondasi utama dari tahap ini adalah “formalisasi proses inspeksi dan penggunaan *checklist* ke dalam Standar Operasional Prosedur (SOP) yang mengikat”. SOP ini akan disosialisasikan secara menyeluruh dan diintegrasikan ke dalam program pelatihan bagi seluruh personel terkait, baik karyawan baru maupun yang sudah ada, guna menjamin pemahaman dan eksekusi yang seragam. Selanjutnya, kinerja proses akan dipantau secara kuantitatif dan berkelanjutan melalui metrik kunci, terutama pada tingkat kerusakan (*defect rate*) dan tingkat kepatuhan terhadap SOP. Rencana ini menetapkan standar untuk setiap parameter kritis, menunjuk penanggung jawab, dan mendefinisikan tindakan korektif yang harus segera diambil jika terjadi penyimpangan, sehingga setiap masalah dapat ditangani secara cepat dan konsisten.

Untuk memvalidasi efektivitas sistem dan mendorong perbaikan berkelanjutan, audit internal akan dilaksanakan secara berkala. Hasil audit akan memberikan data objektif mengenai kepatuhan di lapangan dan menjadi bahan evaluasi dalam tinjauan manajemen. Dengan demikian, sistem kontrol ini tidak hanya menjaga kestabilan hasil, tetapi juga membangun fondasi yang kokoh untuk budaya kualitas dan keunggulan operasional jangka panjang di PT Pindad.

Secara keseluruhan dalam tahap control, usaha untuk menjamin keberlanjutan dengan cara *checklist* yang sudah dibuat diformalkan ke dalam SOP yang mengikat dan diintegrasikan dalam program pelatihan personel. Pemantauan kinerja dilakukan secara berkala melalui metrik tingkat kerusakan dan audit internal.

5. Kesimpulan dan Rekomendasi

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1 Proses distribusi kendaraan dapat diidentifikasi dan dipetakan secara sistematis melalui diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*). Pemetaan ini menunjukkan hubungan antara pihak pemasok, sumber daya yang digunakan, tahapan proses distribusi, hasil distribusi, serta pihak penerima kendaraan. Dari hasil analisis tersebut diperoleh atribut kualitas utama atau *Critical to Quality* (CTQ) yang menjadi perhatian utama pelanggan, yaitu ketepatan waktu pengiriman kendaraan, kondisi kendaraan saat diterima, serta kelengkapan kendaraan. Atribut CTQ ini menjadi indikator utama dalam menilai kualitas proses distribusi kendaraan.
- 2 Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram *fishbone* dan analisis *pareto*, diketahui bahwa permasalahan dalam proses distribusi kendaraan disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu faktor manusia, metode distribusi, sistem pengawasan, serta kondisi transportasi selama pengiriman. Faktor manusia berkaitan dengan kurangnya koordinasi dan pengawasan selama proses distribusi. Faktor metode berkaitan dengan prosedur distribusi yang belum optimal. Selain itu, sistem pengawasan yang belum maksimal serta kondisi transportasi juga berkontribusi terhadap terjadinya kerusakan kendaraan atau ketidakefisienan proses distribusi. Dengan demikian, melalui pendekatan *Six Sigma* DMAIC, permasalahan dalam distribusi kendaraan dapat diidentifikasi secara lebih sistematis, sehingga dapat dirumuskan strategi perbaikan yang tepat untuk meningkatkan kualitas proses distribusi kendaraan.

5.2 Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis metode *Six Sigma* DMAIC pada distribusi kendaraan

taktis Maung MV3 oleh PT Pindad, disarankan untuk menyempurnakan SOP distribusi, meningkatkan pengawasan pada setiap tahap pengiriman, memastikan kelayakan armada transportasi, serta meningkatkan kompetensi personel distribusi guna meminimalkan kerusakan kendaraan selama proses pengiriman.

Daftar Pustaka

- Ardha, N. B. D., Riawajanti, N. I., & Haris, Z. A. 2023. *Fishbone Diagram: Application of Root Cause Analysis in Internal Audit Planning*. *International Journal of Financial, Accounting, and Management*, 5(3), 297–309. <https://doi.org/10.35912/ijfam.v5i3.1498>
- Dewi, S. K., & Ummah, D. M. 2019. Perbaikan Kualitas pada Produk Genteng dengan Metode *Six Sigma*. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 14(2), 87. <https://doi.org/10.14710/jati.14.2.87-92>
- Harinta, Y. W., & Arianti, Y. S. 2024. *The Fishbone Diagram Analysis to Know the Factors that Influence the Decreasing Interest of Farmers in The Cultivation of Soybean*. *AMCA Journal of Community Development*, 3(2), 100–102. <https://doi.org/10.51773/ajcd.v4i1.348>
- Hidayat, N., Astuti, S., Azhari, M., Malaikosa, E., Iswahyudi, S., Djajasinga, N., Thamrin, H., Syamsuddin, & Fauzan, M. 2024. Manajemen Logistik dan Rantai Pasok Terintegrasi (*Issue September*).
- Hugos, M. 2011. *Essentials of Supply Chain Management*. In *Essentials of Supply Chain Management*. <https://doi.org/10.1002/9781118386408>
- Novelia, U., & Fitriana, O. 2015. Manajemen Logistik di Giant Ekstra. *Jurnal Utilitas*, 1(1), 94.
- Ramdani, D. D., & Nugroho, D. W. 2023. *Dasar-Dasar Teknik Logistik untuk SMK/MAK Kelas X*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.

- Ruheli, R. 2024. *Kontribusi Supply Chain Management terhadap Kinerja Perusahaan PT. DAM. Jurnal Media Teknologi*, 11(1), 93-106.
- Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumaran, C. 2016. *Six Sigma Through DMAIC Phases: A literature Review. International Journal of Productivity and Quality Management*, 17(2), 236–257. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2016.074462>
- Tennakoon, B. M. M. ., & Palawatta, T. M. B. 2015. *A Case Study on Application of DMAIC to Improve Delivery Efficiency. SSRN Electronic Journal*, December. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2706992>
- Widharto, Y., Iskandari, D., & Nurkertamanda, D. 2018. Analisis Human Reliability Assessment dengan Metode Heart (Studi Kasus PT ABC). *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 13(3), 141. <https://doi.org/10.14710/jati.13.3.141-150>
- Wulandari, I. A. S., Ayuni, S. D., & Hudi, L. 2023. *Implementation of SIPOC Analysis as Productivity Improvement in Tilapia Aquaculture. Community Empowerment*, 8(5), 740–746. <https://doi.org/10.31603/ce.8731>
- Zainal Asnaf. 2022. Pengantar Manajemen Logistik. 59. https://www.academia.edu/30990757/Pengantar_Manajemen_Logistik