

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri memiliki peran penting dalam pembangunan ekonomi karena mampu mendorong pertumbuhan, menciptakan lapangan kerja, serta meningkatkan daya saing suatu negara di tingkat global. Perkembangan industri saat ini sangat dipengaruhi oleh kemajuan teknologi dan tuntutan pasar yang semakin kompetitif. Salah satu cabang industri yang menjadi motor penggerak adalah industri manufaktur, yaitu kegiatan yang mengolah bahan mentah menjadi produk bernilai tambah tinggi. Industri manufaktur dituntut tidak hanya menghasilkan produk berkualitas, tetapi juga menjaga efisiensi biaya, waktu, dan sumber daya. Dalam konteks tersebut, keberadaan lini produksi menjadi krusial karena berhubungan langsung dengan kelancaran aliran material, kualitas produk, serta produktivitas perusahaan (Rizka dkk., 2024).

PT Industri Kereta Api (INKA) Persero merupakan perusahaan manufaktur strategis di Indonesia yang bergerak di bidang perkeretaapian dan berlokasi di Jalan Yos Sudarso No.71, Madiun Lor, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur 63122. Sebagai produsen kereta api terintegrasi pertama di Asia Tenggara, PT INKA memproduksi berbagai sarana transportasi berbasis rel seperti kereta penumpang, kereta barang, LRT, hingga kereta berkecepatan tinggi. Salah satu komponen utama yang diproduksi adalah Bogie, yaitu rangka bawah kereta yang menopang beban, menjaga stabilitas, serta memengaruhi kenyamanan dan

keselamatan perjalanan. Kompleksitas dan peran penting Bogie menjadikannya objek penelitian yang tepat untuk dikaji dari sisi efisiensi dan efektivitas lini proses produksinya.

Tabel 1.1 Data *Waste Overproduction*

Produksi Yang Berlebih (<i>Overproduction</i>)			
Periode (2025)	Jumlah Produksi (Unit)	Jumlah Permintaan (Unit)	<i>Overproduction</i> (Unit)
Januari	66	64	2
Februari	66	64	2
Maret	66	64	2
April	59	57	2
Mei	62	60	2
Juni	63	61	2
Juli	75	73	2
Agustus	69	67	2
September	71	69	2
Oktober	75	73	2
November	68	66	2
Desember	71	69	2
Total	811	787	24
Rata-Rata/Bulan	68	66	2

(Sumber: PT INKA (Persero), 2025)

Berdasarkan data produksi periode Januari-Desember 2025, terlihat bahwa jumlah produksi setiap bulan selalu lebih tinggi dibanding jumlah permintaan. Total produksi selama tahun 2025 mencapai 811 *unit*, sedangkan total permintaan sebesar 787 *unit*, sehingga terjadi *overproduction* kumulatif sebesar 24 *unit*. *Overproduction* terjadi secara konsisten di setiap bulan dengan selisih 2 *unit*, yang menunjukkan adanya kecenderungan produksi dilakukan melebihi kebutuhan. Secara rata-rata, produksi per bulan berada pada 68 *unit* dengan permintaan 66 *unit*, sehingga surplus rata-rata tetap 2 *unit* per bulan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem produksi belum sepenuhnya berbasis kebutuhan aktual, sehingga berpotensi menimbulkan penumpukan persediaan dan menurunkan efisiensi proses produksi.

Tabel 1.2 Data *Waste Waiting*

Waktu Tunggu (<i>Waiting</i>)			
No	Titik Proses	Penyebab	<i>Waiting</i> (Menit)
1	<i>Sideframe Assembly</i>	Menunggu jig/peralatan	60
2	<i>Bogie Frame → Annealing</i>	Antrean proses annealing	90
3	Pendinginan pasca <i>Annealing</i>	Proses pendinginan alami	120
4	<i>Finish Good</i>	Menunggu pengiriman/penyerahan	60
Total			330

(Sumber: PT INKA (Persero), 2025)

Berdasarkan data dalam Tabel 1.2, terdapat aktivitas yang menyebabkan waktu tunggu dalam proses produksi di PT INKA (Persero). Diketahui bahwa waktu tunggu terjadi pada beberapa titik proses utama dalam produksi Bogie. Waktu tunggu sebesar 60 menit ditemukan pada proses *sideframe assembly*, yang disebabkan oleh keterbatasan ketersediaan jig dan peralatan pendukung. Selain itu, waktu tunggu yang lebih lama, yaitu 90 menit, terjadi pada rangka Bogie setelah proses *bogie frame assembly* sebelum memasuki proses *annealing*, yang disebabkan oleh antrean akibat keterbatasan kapasitas fasilitas *annealing*. Waktu tunggu terbesar terjadi pada tahap pendinginan pasca *annealing*, yaitu sebesar 120 menit, karena proses pendinginan harus dilakukan secara alami sebelum rangka Bogie dapat diproses ke tahap selanjutnya. Waktu tunggu juga masih ditemukan pada area *finish good* sebesar 60 menit yang disebabkan oleh menunggu proses pengiriman atau penyerahan produk.

Tabel 1.3 Data *Waste Inventory*

Inventaris Yang Berlebih (<i>Excess Inventory</i>)				
No	Lokasi <i>Excess Inventory</i>	Jenis Item	Jumlah (Unit)	Keterangan
1	<i>Raw Material</i>	Bahan Baku	1	Penyimpanan sementara
2	<i>Sideframe Assembly</i>	Komponen <i>Sideframe</i>	1	Menunggu proses berikutnya

Inventaris Yang Berlebih (<i>Excess Inventory</i>)				
No	Lokasi <i>Excess Inventory</i>	Jenis Item	Jumlah (<i>Unit</i>)	Keterangan
3	Antrean <i>Annealing</i>	Rangka Bogie	1	Menunggu kapasitas <i>annealing</i>
4	<i>Finish Good</i>	Bogie Jadi	1	Menunggu pengiriman/penyerahan

(Sumber: PT INKA (Persero), 2025)

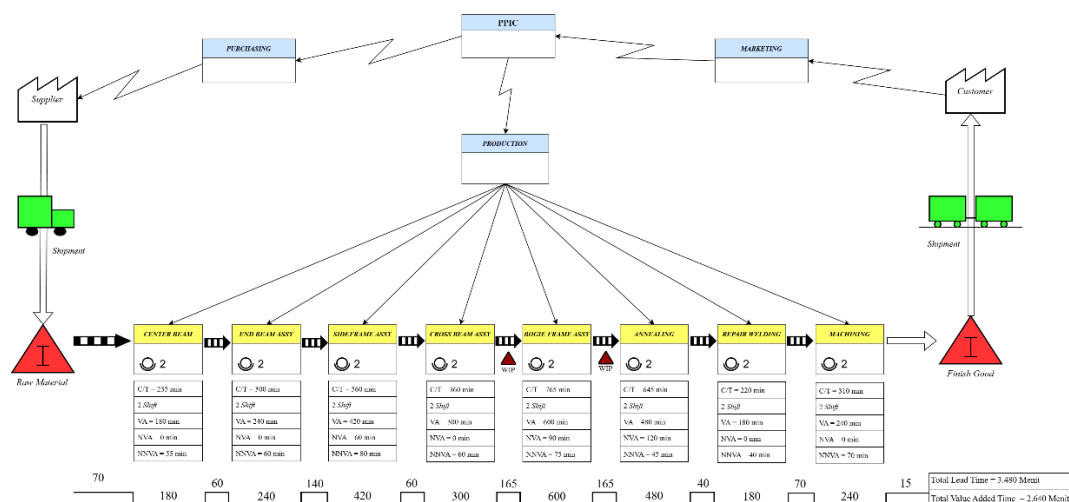
Berdasarkan Tabel 1.3, pemborosan *excess inventory* ditemukan pada beberapa titik sepanjang aliran produksi Bogie, mulai dari area *raw material*, proses *sideframe assembly*, antrean menuju proses *annealing*, hingga area *finish good*. *Excess inventory* pada area *raw material* berupa bahan baku yang berada dalam kondisi menunggu sebelum dilepas ke proses produksi berikutnya, sedangkan pada *sideframe assembly*, *excess inventory* berupa komponen yang telah selesai diproses namun belum dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Penumpukan *inventory* juga terjadi pada rangka Bogie yang telah selesai dirakit dan harus menunggu karena keterbatasan kapasitas proses *annealing*.

Tabel 1.4 Data *Waste Overprocessing*

Proses Berlebihan (<i>Oveprocessing</i>)				
Periode (2025)	Jenis Permasalahan	Total Produksi (<i>Unit</i>)	Jumlah Rework (<i>Unit</i>)	Jumlah Rework (%)
Januari	Pengerjaan Ulang (<i>Rework</i>)	66	56	84,85%
Februari		66	59	89,39%
Maret		66	63	95,45%
April		59	47	79,66%
Mei		62	55	88,71%
Juni		63	54	85,71%
Juli		75	75	100,00%
Agustus		69	66	95,65%
September		71	64	90,14%
Oktober		75	75	100,0%
November		68	61	89,71%
Desember		71	60	84,51%
Total			735	90,63%
Rata-Rata			61	90,32%

(Sumber: PT INKA (Persero), 2025)

Berdasarkan Tabel 1.5, dapat diketahui bahwa aktivitas *rework* masih terjadi secara konsisten setiap bulan dengan tingkat yang bervariasi. Total *rework* yang terjadi selama tahun 2025 mencapai 735 unit, dengan rata-rata 61 unit per bulan. Persentase *rework* dihitung dengan membandingkan jumlah *rework* terhadap total produksi pada bulan yang sama, sedangkan untuk nilai tahunan digunakan pendekatan *overall rate*, karena total produksi tiap bulan berbeda akibat penyesuaian jam kerja. Berdasarkan perhitungan tersebut, *rework* tahun 2025 sebesar 735 unit dari total produksi 811 unit menghasilkan persentase *rework* tahunan sebesar 90,63%.

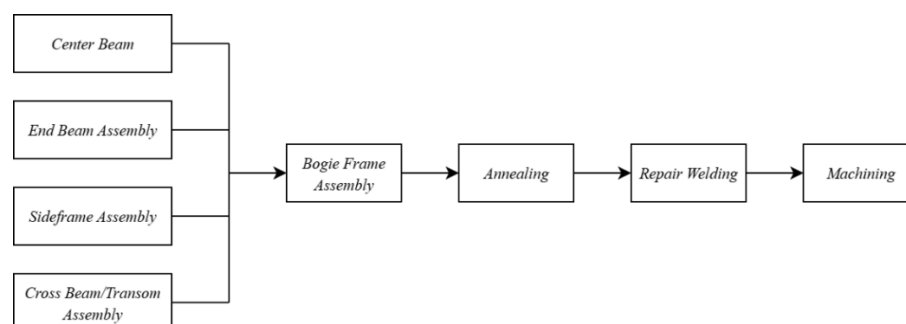


Gambar 1.1 *Current State Map* PT INKA (Persero)

(Sumber: PT INKA (Persero))

Gambar 1.1 menunjukkan gambaran lengkap aliran proses produksi Bogie di PT INKA, yang menggambarkan aliran material dan informasi, serta titik-titik pemborosan yang perlu diperbaiki. Proses produksi Bogie di PT INKA menghadapi sejumlah kendala yang menghambat efisiensi, antara lain tingginya jumlah *Work in Process* (WIP) pada beberapa stasiun kerja yang menyebabkan *lead time* produksi

menjadi panjang. Proses seperti *Bogie Frame Assembly* dan *Annealing* menunjukkan WIP yang sangat tinggi dan *lead time* yang sangat panjang, yang menyebabkan ketidakseimbangan kapasitas antar proses, sehingga menciptakan *bottleneck* dan mengakibatkan aliran material tidak berjalan lancar. Selain itu, sistem produksi yang masih dominan menggunakan *push-based system* mengakibatkan penumpukan material pada titik tertentu, karena produksi dilakukan berdasarkan prediksi kebutuhan, tanpa memperhitungkan kapasitas aktual di setiap stasiun kerja. Hal ini menyebabkan ketidaksesuaian antara pasokan material dan permintaan proses berikutnya, seperti yang terlihat pada tahapan *Repair Welding* dan *Machining* yang masih memiliki waktu siklus panjang meskipun ada *bottleneck*. Sebaliknya, penerapan *pull-based system* yang lebih efisien, yang mengutamakan produksi berdasarkan kebutuhan nyata dari proses berikutnya, dapat mengurangi penumpukan material dan mempercepat aliran produksi. Sistem *E-Kanban* berbasis *pull* sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan mempercepat pengiriman material sesuai kebutuhan yang ada. Permasalahan-permasalahan ini berdampak pada meningkatnya biaya operasional dan berkurangnya fleksibilitas perusahaan dalam memenuhi target produksi.



Gambar 1.2 Alur Proses Produksi Bogie PT INKA (Persero)

(Sumber: PT INKA (Persero))

Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.2, siklus manufaktur Bogie di PT INKA (Persero) terbagi menjadi dua tahapan krusial, yaitu fase fabrikasi dan fase *finishing*. Secara signifikan, proses fabrikasi memerlukan durasi pengerjaan yang jauh lebih ekstensif apabila dibandingkan dengan tahap *finishing*. Pada proses fabrikasi terdapat beberapa sub proses yang dimulai dari pengerjaan Bogie *frame assembly*, *annealing*, *repair welding*, hingga *machining*. Proses produksi komponen Bogie di PT INKA (Persero) melibatkan beberapa tahapan perakitan komponen utama. Sebelum dilakukan *assembly*, komponen *center beam* merupakan bagian tunggal (*single part*). Sementara itu, sebelum pembentukan *end beam assembly*, terdapat tiga komponen utama yaitu *end beam*, *end plate*, dan *stiffener*. Pada tahap *sideframe assembly*, terdapat 9 komponen yang mencakup *bottom assembly* (yang terdiri dari *bottom plate* dan *swing link plate*), *web 1*, *web 2*, *stiffener/rib* (terdiri dari 7 varian), *top plate*, serta beberapa komponen web lainnya yaitu *web 3*, *web 4*, *web 5*, dan *web assembly* (yang terdiri dari *web 6*, *web 7*, dan *web 8*). Terakhir, pada *cross beam/transom assembly*, terdapat lima bagian utama yang meliputi *bottom plate*, *web x2*, *stiffener/rib* (terdiri dari 3 varian), *top*, dan *backing plate*. Komponen-komponen utama pada Bogie seperti *center beam*, *end beam assembly*, *sideframe assembly*, dan *cross beam/transom assembly* dibuat pada proses pengerjaan Bogie *frame assembly* dan kemudian dirakit pada proses *annealing*, *repair welding*, dan *machining*. Waktu yang paling lama dibutuhkan adalah untuk membuat Bogie *frame assembly*. Penerapan sistem *E-Kanban* berfungsi untuk mengomunikasikan kebutuhan material secara *real-time* sekaligus memastikan setiap komponen diproduksi sesuai jadwal (*just-in-time*). Penggunaan

konsep *pull system* di dalamnya memudahkan manajemen dalam mengatur jadwal produksi agar lebih responsif terhadap kebutuhan aktual.

Dalam kondisi eksisting, PT INKA (Persero) perlu berupaya untuk terus mempertajam keunggulan operasional guna menjaga daya saing perusahaan. Salah satu instrumen strategis yang dapat diimplementasikan adalah filosofi *Lean Manufacturing*, yang berorientasi pada eliminasi berbagai bentuk pemborosan serta penguatan aktivitas bernilai tambah secara berkelanjutan. Salah satu alat utama dalam *Lean* adalah *Value Stream Mapping* (VSM) yang memberikan gambaran visual mengenai keterkaitan aliran informasi dan material. Dengan metode ini, perusahaan dapat dengan mudah membedakan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah, sehingga perancangan kondisi masa depan yang lebih ramping dapat diwujudkan (Setiawan dkk., 2022). Teknik ini digunakan untuk memperpendek *lead time* selama proses produksi, sehingga efisiensi dan produktivitas dapat meningkat. Melalui penerapan *Value Stream Mapping* (VSM), perusahaan dapat memahami secara lebih menyeluruh hubungan antar proses dan antar departemen yang sebelumnya terpisah, sekaligus mengatasi keterbatasan analisis konvensional yang belum mampu menggambarkan aliran proses secara utuh. VSM terdiri dari dua tahap utama, yaitu *Current State Mapping* yang menggambarkan kondisi aktual aliran nilai dan membantu mengidentifikasi pemborosan serta area perbaikan, serta *Future State Mapping* yang menunjukkan kondisi ideal setelah penerapan perbaikan berbasis *lean manufacturing* (Noviyana dkk., 2024). Selain itu, usulan penerapan *E-Kanban System* sebagai bagian dari konsep *Just-In-Time* mampu mengatur aliran material dengan mekanisme *pull based system* sehingga produksi

berjalan sesuai kebutuhan proses berikutnya. Dengan menggunakan teknologi digital, *E-Kanban* mempermudah manajemen inventaris dan pengendalian aliran material secara otomatis dan lebih efisien. Kombinasi VSM yang memberi gambaran tentang aliran nilai dan *E-Kanban* yang memastikan kontrol material lebih optimal dalam kerangka *Lean manufacturing* dapat menjadi solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi lini produksi Bogie PT INKA (Persero).

Merujuk pada penjelasan di atas, upaya untuk mendeteksi dan mereduksi pemborosan pada lini produksi Bogie menuntut adanya kajian sistematis di setiap tahapan kerja. Evaluasi ini mencakup pengukuran waktu siklus, waktu tunggu, serta intensitas kegiatan *non-produktif* melalui pemetaan *Value Stream Mapping* (VSM) dalam pendekatan *Lean Manufacturing*. Melalui langkah ini, perusahaan dapat menyusun usulan perbaikan yang akurat guna memperkuat posisi strategis di tengah persaingan industri perkeretaapian yang semakin kompetitif. Penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan *future state map* yang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses produksi Bogie di PT INKA (Persero), menekan jumlah WIP, mengurangi *lead time*, dan meningkatkan produktivitas lini produksi. Dari sisi akademis, penelitian ini memberikan nilai tambah bagi literatur teknik industri, khususnya dalam mengeksplorasi sinergi antara *Value Stream Mapping* (VSM) dan *E-Kanban* pada sektor manufaktur perkeretaapian. Dari sisi praktis, temuan ini diharapkan menjadi acuan strategis bagi PT INKA (Persero) dalam mengakselerasi efektivitas produksi Bogie, sekaligus memperkuat keunggulan kompetitif perusahaan di pasar global yang mengutamakan standar kualitas dan efisiensi tinggi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dianalisis lebih lanjut dalam penelitian ini yakni:

1. Bagaimana kondisi eksisting aliran material pada proses produksi Bogie di PT INKA (Persero) Madiun, dan jenis pemborosan (*waste*) apa saja yang terjadi yang dapat mempengaruhi kelancaran produksi?
2. Bagaimana perbaikan sistem dapat mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi proses produksi Bogie di PT INKA (Persero) Madiun?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dilakukan agar penelitian ini lebih terarah dan pokok bahasan tidak melebar keluar topik yang ditentukan. Batasan yang digunakan dalam penelitian ini yakni:

1. Penelitian ini berfokus pada proses fabrikasi pada lini produksi Bogie di PT INKA (Persero).
2. Penelitian ini membatasi analisis pada 4 dari 7 jenis *waste* dalam *Lean Manufacturing*, yaitu *overproduction*, *waiting*, *excess inventory*, dan *overprocessing*.
3. Penelitian ini tidak membahas aspek teknis dari sistem kesatuan roda pada Kereta Api (Bogie).
4. Penelitian ini tidak membahas perhitungan biaya terkait dengan pemborosan (*waste*) maupun biaya implementasi dari usulan perbaikan yang diajukan.

5. Penelitian ini dibatasi pada responden yang merupakan pegawai tetap PT INKA (Persero), sehingga hasil analisis didasarkan pada kondisi dan informasi yang diperoleh dari pegawai tetap yang terlibat langsung dalam proses produksi.

1.4 Asumsi Penelitian

Untuk mendukung kerangka berpikir dan memperjelas arah kajian, penelitian ini menetapkan sejumlah asumsi dasar yang dijabarkan di bawah ini:

1. Data yang diperoleh dari PT INKA (Persero) terkait proses produksi Bogie diasumsikan akurat, lengkap, dan merepresentasikan kondisi sebenarnya dari proses produksi yang berjalan lancar sebagaimana mestinya, sehingga dapat digunakan sebagai dasar yang *valid* untuk analisis pemborosan (*waste*) dan penerapan metode *Lean Manufacturing*.
2. Kebijakan perusahaan terkait pengendalian pemborosan, termasuk dalam mengidentifikasi jenis-jenis *waste* dan faktor-faktor penyebabnya, diasumsikan tidak mengalami perubahan selama penelitian berlangsung.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini diarahkan untuk menyelesaikan permasalahan yang telah diidentifikasi, yang selanjutnya dijabarkan dalam tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi eksisting aliran produksi Bogie di PT INKA (Persero) Madiun serta mengidentifikasi aktivitas pemborosan (*waste*) yang terjadi dengan menggunakan metode *Value Stream Mapping* (VSM).

2. Mengusulkan perbaikan sistem aliran produksi Bogie dengan menerapkan *E-Kanban System* dalam kerangka *Lean Manufacturing* untuk menekan jumlah *Work in Process* (WIP), mengurangi *lead time*, serta mengatasi pemborosan dan meningkatkan efisiensi dalam proses produksi di PT INKA (Persero) Madiun.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dapat diberikan bagi semua pihak adalah sebagai berikut:

1.6.1 Manfaat Teoritis

1. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi pustaka sekaligus sebagai alat untuk mengevaluasi hubungan antara teori akademik dan penerapannya dalam menghadapi masalah nyata di industri manufaktur.
2. Menyajikan model integrasi *Lean manufacturing* dengan metode *Value Stream Mapping* (VSM) dan *E-Kanban System* khususnya untuk industri manufaktur.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan usulan perbaikan bagi PT INKA (Persero) dalam upaya meminimalkan *waste* pada lini produksi Bogie. Melalui penerapan *Lean Manufacturing* yaitu dengan *Value Stream Mapping* dan *E-Kanban System*, perusahaan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses, produktivitas, serta kualitas produk Bogie secara lebih optimal.

2. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi dasar bagi penerapan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) di PT INKA (Persero). Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan untuk mengidentifikasi area lain yang masih perlu ditingkatkan efisiensinya.

1.7 Sistematika Penulisan

Struktur penulisan dalam tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan dasar pemikiran dan alasan ilmiah yang melandasi pelaksanaan penelitian. Di dalamnya juga dipaparkan rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan yang ingin dicapai, serta asumsi yang digunakan sebagai acuan dalam analisis. Selain itu, bab ini memuat kontribusi teoritis dan praktis penelitian, sekaligus memberikan gambaran umum alur penulisan agar pembaca lebih mudah memahami isi dokumen secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan kerangka teoretis yang berfungsi sebagai landasan fundamental dalam proses pengolahan serta interpretasi data penelitian. Penjelasan dimulai dari tinjauan sistem manufaktur dan variasi proses produksi, yang kemudian mendalami filosofi *Lean Manufacturing* beserta identifikasi berbagai bentuk inefisiensi atau *waste*. Lebih lanjut, bagian ini memaparkan metode *Value*

Stream Mapping (VSM) serta mekanisme *E-Kanban System* sebagai pilar utama dalam merancang usulan perbaikan pada studi ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan kerangka metodologi secara menyeluruh, mencakup prosedur perolehan data faktual serta strategi analitis yang diterapkan dalam tahap pengolahan. Rangkaian langkah strategis dalam membedah permasalahan penelitian dirangkum secara visual dalam *flowchart* sebagai panduan alur kerja yang jelas.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan penjelasan yang mencakup metodologi pengumpulan data di lapangan dan teknik pengolahannya menjadi informasi yang terorganisir. Melalui kajian mendalam terhadap hasil tersebut, penelitian ini berupaya merumuskan langkah-langkah solutif yang tepat sasaran guna menjawab tantangan yang dihadapi di objek penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini, disajikan rangkuman komprehensif dari hasil evaluasi data yang telah diperoleh, serta diikuti oleh usulan langkah-langkah korektif yang diharapkan mampu meningkatkan kinerja dan efisiensi di lingkungan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN