BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka berisi ringkasan mengenai permasalahan dan metode yang dapat diterapkan dalam penyelesaian suatu masalah. Ringkasan tersebut bisa didapatkan melalui referensi dari jurnal, artikel, maupun tugas akhir dari peneliti terdahulu yang membahas serta menyelesaikan permasalahan serupa.

2.1.1 Permasalahan *Overstock* yang Disebabkan oleh Pengendalian Perencanaan Persediaan yang Belum Direncanakan dengan Baik

Pengendalian perencanaan persediaan yang belum direncanakan dengan baik sering kali menjadi akar penyebab permasalahan *overstock*. Dalam konteks perusahaan manufaktur *sparepart* LPG, Rachmawati dan Lentari (2022) Mengungkapkan bahwa fluktuasi permintaan yang cukup signifikan dapat menjadi penyebab perusahaan mengalami kesulitan dalam menentukan jumlah dan waktu pemesanan bahan baku secara akurat. Kondisi tersebut memicu munculnya permasalahan berupa *overstock* dan *stockout* yang memiliki dampak yang signifikan terhadap biaya simpan maupun proses produksi. Permasalahan *overstock* mengakibatkan dana perusahaan tertahan pada material yang berlebih, sedangkan *stockout* mengakibatkan adanya risiko keterlambatan produksi serta kehilangan kesempatan untuk memperoleh keuntungan.

Permasalahan yang ada dapat diatasi dengan menerapkan metode *Min-Max* sebagai pendekatan secara strategis untuk menentukan batas *minimum* dan *maksimum* persediaan. Metode *Min-Max* memungkinkan perusahaan untuk dapat menetapkan *safety stock, minimum dan maksimum stock, order quantity dan reorder point* sehingga proses pemesanan dapat berlangsung dengan lebih terkendali dan responsif terhadap fluktuasi permintaan.

Hasil implementasi yang dilakukan pada penelitian untuk dua jenis bahan baku menunjukkan peningkatan yang signifikan. Persediaan akhir bahan *O-Ring* yang sebelumnya mengalami *overstock* dapat ditekan hingga 33,9 kali lebih rendah dari kondisi awal, sedangkan *rasio stockout* pada bahan *Diaphragm Retainer* dapat diperbaiki sebesar 56,85% sehingga risiko kekurangan material yang dibutuhkan dapat diminimalkan. Strategi ini menegaskan pentingnya pengendalian persediaan dengan kebijakan *Min-Max* sebagai langkah untuk mengoptimalkan biaya dan memastikan kelancaran proses produksi secara kontinu.

Pada industri manufaktur boiler, kebutuhan untuk dapat mengantisipasi permintaan departemen PPIC justru mendorong *procurement* untuk melakukan pemesanan kawat las dalam jumlah yang besar sebagai langkah untuk mencegah keterlambatan produksi. Namun, strategi tersebut menimbulkan permasalahan lain berupa penumpukan persediaan yang berlebih, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan biaya penyimpanan dan penurunan efisiensi pengelolaan *inventory*. Vidiasari dan Jakaria (2024) Penelitian dilakukan dan ditunjukkan bahwa persoalan ini dapat diatasi dengan menerapkan pendekatan *Economic Order Quantity (EOQ)*, yang merupakan sebuah metode kuantitatif yang dirancang untuk menentukan ukuran pemesanan paling ekonomis dengan tujuan agar biaya pemesanan dan biaya persediaan dapat diminimalkan.

Melalui perhitungan jumlah pesanan optimal sebanyak 407 box, dengan frekuensi pembelian empat kali per tahun dan menetapkan safety stock sebanyak 181 box, metode EOQ yang dilakukan terbukti mampu menekan total biaya persediaan yang ada dari Rp. 290.840.000 menjadi Rp. 89.060.000, sehingga menghasilkan nilai efisiensi sebesar Rp. 201.780.000. Temuan ini menegaskan bahwa keputusan dalam pembelian yang didukung dengan analisis kuantitatif dapat menjaga ketersediaan bahan baku serta dapat meningkatkan efektivitas biaya dan keuangan yang stabil.

2.1.2 Permasalahan *Overstock* yang Disebabkan oleh Pencatatan data yang Kurang Akurat

Pencatatan data persediaan yang dilakukan secara manual menjadi salah satu penyebab utama timbulnya permasalahan *overstock* dalam operasional perusahaan. Trianti (2025), melakukan penelitian dan menyatakan bahwa ketidakakuratan data stok pada objek penelitian Swalayan Senyum 5000 Kendari mampu menyebabkan penumpukan barang yang menghambat efisiensi operasional.

Ketidakakuratan pencatatan dapat mengakibatkan perusahaan mengalami kesulitan dalam menentukan jumlah barang yang dipesan secara optimal karena *reorder point* masih ditetapkan berdasarkan perkiraan subjektif. Akibatnya, barang yang tidak seharusnya dipesan kembali justru dipesan dan masuk ke gudang penyimpanan, yang menimbulkan meningkatnya biaya penyimpanan, risiko barang rusak karena menumpuk, serta dapat mengurangi keuntungan perusahaan itu sendiri.

Trianti (2025) menjelaskan bahwa masalah yang terjadi dapat diatasi melalui penerapan pendekatan *Perpetual Inventory System* yang mampu memperbarui data stok secara *real-time* dan otomatis setiap terjadi transaksi keluar-masuk barang. Penerapan pendekatan *Perpetual Inventory System* terbukti mampu meningkatkan akurasi

informasi data persediaan hingga <2% tingkat kesalahan, serta mengurangi kasus *overstock* yang terjadi sebesar kurang lebih 65% melalui perhitungan minimum dan maksimum stok dan notifikasi kritis stok. Sistem yang dijalankan juga mampu menekan potensi dari kerugian hingga mencapai kurang lebih 78% setiap bulannya. Penerapan pendekatan dalam temuan ini menegaskan bahwa sistem pencatatan yang terintegrasi memegang peranan penting dalam upaya mengoptimalkan perencanaan persediaan.

Penelitian yang dilakukan Ewak dan Pusvita (2025) pada Toko Bangunan Sinar Kudus Nabire menunjukkan bahwa penggunaan sistem manajemen persediaan yang dilakukan secara manual dapat menyebabkan ketidakakuratan data yang berdampak pada terjadinya *overstock* dan *stockout*. Hal tersebut terjadi karena informasi persediaan tidak diperbarui secara *real-time*, sehingga proses analisis kebutuhan barang hanya dilakukan berdasarkan perkiraan. Akibatnya, stok barang yang memiliki karakteristik *slow-moving* akan terus menumpuk di gudang dan dapat mengakibatkan adanya sistem operasional yang tidak efisien dan pemborosan biaya penyimpanan.

Dalam mengatasi permasalahan tersebut, Ewak dan Pusvita (2025) merancang dan menerapkan aplikasi manajemen stok berbasis web secara *real-time*, yang terbukti mampu mengurangi risiko terjadinya *overstock,* mempercepat akses informasi terhadap stok, serta dapat meningkatkan ketepatan dalam menentukan pembelian barang yang dibutuhkan. Penelitian ini menegaskan bahwa strategi untuk melakukan digitalisasi pada sistem pencatatan inventori dapat menjadi fondasi dalam pengendalian persediaan. Dengan sistem yang terdigitalisasi, perusahaan mampu menjaga jumlah persediaan tetap berada pada tingkatan yang baik sehingga mengurangi risiko terjadinya penumpukan barang yang menghambat sistem operasional.

Manurung et al (2024) menjelaskan bahwa adanya perbedaan antara sistem persediaan dan stok fisik umumnya muncul akibat adanya kesalahan pencatatan, baik pada proses masuk maupun keluar barang. Akurasi data yang rendah ini memiliki risiko menyebabkan perusahaan melakukan pembelian bahan baku lebih banyak daripada kebutuhan aktualnya, sehingga dapat menyebabkan terjadinya penumpukan *sparepart* di gudang.

Penelitian yang dilakukan Manurung et al, (2024) menemukan bahwa ketidaksesuaian inventori yang terjadi dapat mencapai ribuan satuan dalam jangka satu bulan, sehingga menimbulkan kerugian ekonomi dan dapat memperbesar risiko kerusakan dan penurunan kualitas barang. Oleh karena itu, permasalahan pencatatan data ini perlu mendapatkan perhatian yang serius. Dalam penelitian, implementasi prosedur pencatatan yang disiplin serta penggunaan metode pengendalian yang tepat seperti

metode *Six Sigma DMAIC dan Kaizen 5S* terbukti mampu meningkatkan akurasi data inventori yang ada serta mampu meminimalkan risiko terjadinya *overstock*. Kondisi yang terjadi menegaskan pentingnya sinkronisasi dalam sistem informasi dan kondisi aktual yang ada pada gudang, agar perusahaan dapat mencapai efisiensi biaya persediaan yang optimal.

2.1.3 Permasalahan *Overstock* yang Disebabkan oleh Pencatatan data yang Kurang Akurat

Tata letak area penyimpanan yang belum dirancang secara optimal dapat menyebabkan barang menumpuk karena proses penempatan yang belum mempertimbangkan pola pergerakan barang yang ada di area penyimpanan. Afkar dan Rochmoeljati (2025) melakukan penelitian pada PT. XXX mengungkap bahwa *overstock* pada gudang bahan pembantu terjadi karena adanya pengaturan *layout* yang masih dilakukan tanpa adanya klasifikasi yang tepat, sehingga barang dengan pola *non-moving* dan *slow-moving* mendominasi area penyimpanan yang seharusnya digunakan untuk barang dengan pola *fast-moving*. Kondisi ini tidak hanya menjadi faktor menurunnya efisiensi penyimpanan, namun juga menjadi faktor meningkatnya risiko *overstock* barang yang tidak diperlukan dan dapat mengurangi produktivitas saat proses pengambilan material.

Dalam mengatasi permasalahan tersebut, penulis mengusulkan untuk melakukan penerapan *Class Based Storage* (CBS) dan klasifikasi FSN *(Fast-moving, Slow-moving, Non-moving)* dalam penataan ulang tata letak area penyimpanan. Dengan melakukan relokasi pada material *non-moving* seperti *Acid Clay* dan *Ferro Sulfate* serta dengan melakukan pengurangan pada kapasitas Clay Merah sebesar 64%, ruang penyimpanan berhasil dilakukan relokasi sehingga kapasitas dari material *fast-moving* meningkat secara signifikan dengan jumlah Clay Putih sebesar 10%, Al(OH) sebesar 13% dan Dolomite Jumbo Kasar (71%).

Perubahan dan perbaikan tata letak berdasarkan kategori pergerakan material tersebut diketahui mampu mengurangi risiko terjadinya *overstock*. Selain itu, perubahan juga mempercepat akses dalam pengambilan barang, serta meningkatkan pemanfaatan area penyimpanan menjadi lebih efisien. Kondisi ini menegaskan bahwa tata letak area penyimpanan memegang peranan penting dalam keberhasilan pengendalian persediaan. Tanpa adanya penataan area penyimpanan yang tepat, *overstock* dan pemborosan ruang area penyimpanan akan terus terjadi.

Fatmawati dan Rahmawati (2025) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa pada PT XYZ, ketidaksesuaian tata letak gudang menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan kapasitas penyimpanan, di mana beberapa area penyimpanan mengalami *overload*,

sedangkan area lain belum dimanfaatkan secara baik. Ketidakseimbangan kapasitas penyimpanan ini menyebabkan gudang kesulitan untuk mengatur penempatan barang. Selain itu, untuk menghindari keterlambatan proses distribusi, perusahaan cenderung melakukan penyimpanan secara berlebih atau *overstock* pada barang tertentu sehingga kinerja gudang menurun.

Selain menyebabkan *overstock*, tata letak yang buruk juga mampu meningkatkan risiko terjadinya *deadstock*. Hal ini terjadi karena barang dengan pola pergerakan *slow-moving* ditempatkan di posisi yang kurang strategis sehingga akan sulit untuk dikeluarkan tepat waktu. Permasalahan ini tentu menjadi sebab akan adanya pemborosan ruang dan tingginya biaya penyimpanan pada perusahaan.

Dalam mengatasi permasalahan tersebut, penulis merekomendasikan adanya perbaikan *layout* gudang dengan menerapkan pendekatan *Class Based Storage* (CBS), yaitu dengan melakukan pengelompokan barang berdasarkan karakteristik pergerakan material. Penerapan *layout* baru tersebut diketahui mampu membuat akses material menjadi lebih mudah serta alur distribusi menjadi cepat, meskipun kapasitas penyimpanan mengalami pengurangan sebesar 4,6% pada Gudang 1 dan 19,14% pada Gudang 2 dikarenakan adanya jalur manuver untuk *material handling*. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa tata letak penyimpanan yang tidak optimal menjadi salah satu penyebab utama terjadinya permasalahan *overstock*. Perencanaan *layout* yang disesuaikan dengan tingkat dan pola pergerakan barang melalui pendekatan *Class Based Storage (CBS)* dapat meningkatkan efisiensi ruang, mempercepat proses *handling* barang, serta mencegah terjadinya *overstock* di luar kebutuhan operasional perusahaan.

2.2 Dasar Teori

Dasar teori merupakan kumpulan berbagai teori yang digunakan dalam perancangan solusi. Perancangan yang terpilih dijabarkan dalam teori yang merujuk pada sejumlah buku dari berbagai sumber, jurnal, dan penelitian. Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.2.1 Sistem Produksi

Sistem produksi terdiri dari dua kata, yaitu sistem dan produksi. Sistem dapat diartikan sebagai sekumpulan komponen yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu. Sementara itu, produksi merupakan kegiatan mengubah *input* menjadi barang atau jasa guna memenuhi kebutuhan manusia. Berdasarkan kedua pengertian tersebut, sistem produksi dapat didefinisikan sebagai suatu kesatuan komponen yang saling berinteraksi dalam menjalankan proses *transformasi input*

berupa faktor produksi menjadi *output* berupa barang atau jasa yang dapat dikonsumsi oleh konsumen. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Salim et al. (2022), sistem produksi yang baik mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses produksi melalui pengelolaan sumber daya secara optimal sehingga perusahaan dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. *Input* dalam sistem produksi dapat berupa bahan baku, tenaga kerja, mesin atau peralatan, serta informasi yang mendukung jalannya proses produksi. Seluruh *input* tersebut diproses melalui serangkaian aktivitas yang terstruktur dan terkoordinasi sehingga menghasilkan *output* yang memiliki nilai tambah. Selain itu, sistem produksi juga memiliki metode pengendalian yang digunakan untuk memastikan bahwa proses produksi yang berlangsung sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, baik dari segi kualitas, waktu, maupun biaya. Dengan adanya pengendalian tersebut, sistem produksi tidak hanya berfokus pada proses pengolahan, tetapi juga pada keterpaduan antarkomponen di dalamnya sehingga produksi dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

Tujuan dari adanya sistem produksi adalah untuk menghasilkan barang atau jasa yang mampu memenuhi kebutuhan konsumen. Selain itu, sistem produksi bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia sehingga efisiensi dalam kegiatan produksi dapat tercapai. Efisiensi tersebut mencakup pemanfaatan bahan baku, tenaga kerja, waktu, serta peralatan produksi secara efektif dan proporsional. Sistem produksi juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk melalui penerapan standar operasional yang jelas dan terukur sebagai acuan dalam setiap proses produksi, sehingga dapat menjamin konsistensi kualitas hasil produksi. Selanjutnya, sistem produksi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan cara mengoptimalkan pemanfaatan *input* agar mampu menghasilkan *output* yang maksimal. Dengan demikian, tujuan sistem produksi mencakup pemenuhan kebutuhan konsumen, peningkatan efisiensi, kualitas, dan produktivitas secara terpadu.

Sistem produksi memiliki peran yang penting dalam mendukung kegiatan pengendalian produksi di dalam perusahaan. Dengan adanya sistem produksi yang terstruktur, aktivitas produksi dapat direncanakan, diatur, dan diawasi mulai dari tahap perencanaan hingga tahap akhir proses produksi. Sistem produksi berfungsi sebagai kontrol yang dapat memastikan bahwa aktivitas produksi yang dijalankan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Sistem produksi yang baik dapat meminimalkan terjadinya ketidaksesuaian dalam proses produksi, seperti keterlambatan produksi, kelebihan produksi, maupun kesalahan dalam hal pencatatan.

2.2.2 *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing merupakan sebuah pendekatan yang sering dijumpai dalam industri otomotif yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi. *Lean manufacturing* adalah pendekatan yang digunakan untuk menghilangkan muda (*waste*) dengan cara mengidentifikasi dan juga mengeliminasi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah. Proses penghilangan muda tersebut dilakukan secara bertahap dengan melakukan *improvement* secara terus-menerus dan berkelanjutan sehingga tidak hanya menghilangkan muda, tetapi juga menghasilkan peningkatan. Menurut penelitian Putra dan Al Faritsy (2025), penerapan *lean manufacturing* dapat membantu perusahaan dalam mengurangi pemborosan pada proses produksi, meningkatkan produktivitas, serta memperlancar aliran produksi melalui identifikasi aktivitas yang tidak bernilai tambah.

Muda (*waste)* merupakan sebuah aktivitas yang tidak menambah nilai tambah sehingga sering disebut juga sebagai pemborosan. Adanya muda (*waste*) dalam aktivitas produksi dapat mengakibatkan adanya ketidakefisienan dalam hal penggunaan sumber daya, sehingga identifikasi dan juga eliminasi muda (*waste*) menjadi suatu hal yang penting dalam menjalankan *lean manufacturing.* Menurut Putri et al, (2025). Terdapat 7 jenis muda yang dapat menghambat proses produksi. 7 muda yang dimaksud adalah produksi yang melebihi kebutuhan (*overproduction*), adanya waktu menganggur karena adanya ketidaksiapan pada proses sebelum atau sesudahnya (*waiting*), adanya pergerakan barang yang tidak efisien (*transportation*), terdapat proses yang berlebihan yang tidak sesuai dengan rencana produksi (*overprocessing*), adanya penumpukan stok di dalam gudang (*inventory*), adanya gerakan operator yang tidak perlu dan tidak efisien (*motion*), serta adanya produk cacat hasil dari produksi (*defect*).

Tujuan utama dari adanya eliminasi muda (*waste*) adalah untuk meningkatkan efisiensi baik dari segi proses, waktu, maupun biaya. Dengan menghilangkan aktivitas yang tidak menambah nilai, proses produksi dapat berjalan dengan lebih efektif dan juga efisien. Selain itu, eliminasi muda (*waste*) juga mampu mengurangi hambatan yang ada dalam aliran produksi, sehingga kinerja sistem produksi dapat meningkat secara keseluruhan. Dengan demikian, upaya penghilangan muda (*waste*) tidak hanya berdampak pada efektivitas dan efisiensi, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan performa sistem produksi secara keseluruhan.

2.2.3 Just In Time

Just In Time (JIT) adalah sebuah konsep pengelolaan produksi yang memiliki tujuan, yaitu untuk memproduksi dan menyediakan barang pada waktu tertentu, sesuai jumlah yang dibutuhkan pada saat itu juga. Dengan menerapkan sistem *Just In Time*, muda (*waste*) dapat dikurangi karena produk akan diproduksi jika ada permintaan yang masuk sehingga proses produksi yang berjalan dapat lebih efisien dan efektif. Selain itu, aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah dapat dieliminasi. Menurut penelitian Nuraini dan Ratum (2024), penerapan sistem *Just In Time* mampu mengurangi persediaan berlebih dan menekan pemborosan dalam proses produksi karena kegiatan produksi dilakukan berdasarkan kebutuhan aktual pelanggan. Selain itu, sistem ini juga dapat meningkatkan efisiensi serta kelancaran proses produksi.

Untuk mendukung penerapan konsep *Just In Time*, digunakan *pull system* sebagai mekanisme pengendalian produksi, di mana aktivitas produksi dikendalikan oleh permintaan dari proses berikutnya. *Pull system* merupakan sistem produksi di mana setiap proses hanya akan memproduksi atau menyediakan material ketika terdapat kebutuhan, sehingga dapat menghindari terjadinya produksi yang berlebih dan penumpukan pada persediaan. Dalam sistem ini, aliran produksi berjalan berdasarkan sinyal permintaan, yang berfungsi sebagai sinyal dimulainya aktivitas produksi. Dengan demikian, setiap aktivitas produksi dilakukan secara tepat dan sesuai kebutuhan, sehingga aliran proses menjadi lebih terkendali dan efisien. Selain itu, penerapan *pull system* juga berkontribusi dalam mengurangi pemborosan, khususnya yang berkaitan dengan waktu, kelebihan persediaan, dan aktivitas yang tidak memiliki tambah, sehingga kinerja dari sistem produksi secara keseluruhan dapat meningkat.

2.2.4 *Overstock*

Overstock merupakan kondisi di mana jumlah persediaan barang yang tersimpan di gudang melebihi jumlah yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan aktual dalam periode tertentu. Menurut Esmail (2024), tujuan utama manajemen persediaan adalah memastikan pasokan bahan yang berkelanjutan sambil menghindari *overstock* dan *understock* secara bersamaan, karena keduanya berdampak langsung pada biaya operasional dan efisiensi rantai pasok.

Kondisi *overstock* umumnya dipicu oleh beberapa faktor seperti kesalahan dalam peramalan permintaan, ketidakselarasan antara rencana produksi dan kebutuhan aktual, kebijakan pemesanan yang tidak optimal, maupun fluktuasi permintaan pasar yang tidak terduga.

Dampak dari *overstock* terhadap perusahaan manufaktur mencakup peningkatan biaya penyimpanan dan penanganan gudang, pengikatan modal kerja yang seharusnya dapat digunakan untuk kebutuhan operasional lainnya, risiko keusangan atau kerusakan barang selama masa penyimpanan, serta penurunan efisiensi aliran material di lini produksi.

2.2.5 *Strength Stock*

Strength stock merupakan salah satu indikator kinerja utama *Key Performance Indicator (KPI)* dalam manajemen persediaan yang mengukur berapa lama persediaan yang tersedia saat ini mampu mencukupi kebutuhan operasional atau pengiriman tanpa adanya pasokan tambahan. Konsep ini berkaitan erat dengan *Days of Supply (DOS)* atau *Days of Inventory Outstanding (DIO),* yakni metrik yang mengukur rata-rata jumlah hari suatu perusahaan menyimpan persediaannya sebelum digunakan atau dijual.

Secara matematis, *strength stock* atau hari ketahanan stok dapat dihitung menggunakan formula berikut.

$$Strength\ Stock\ (S) = \frac{End\ Stock}{Average\ Daily\ Demand} \quad (1)$$

End Stock adalah jumlah stok akhir yang tersedia di gudang, dan *Average Daily Demand* adalah rata-rata kebutuhan harian berdasarkan rencana pengiriman atau produksi. Nilai *strength stock* yang tinggi mengindikasikan adanya kelebihan persediaan relatif terhadap kebutuhan aktual, sementara nilai yang terlalu rendah mengindikasikan risiko *stock out*.

Demiray et al. (2024) dalam penelitiannya tentang strategi *safety stock* menyatakan bahwa pengelolaan persediaan yang efisien, termasuk penetapan level stok optimal berdasarkan hari ketahanan stok, merupakan hal krusial untuk keberlangsungan operasional dan efektivitas biaya di berbagai industri. Penelitian tersebut juga menegaskan pentingnya variasi permintaan dalam menentukan level stok yang tepat, agar perusahaan tidak terjebak pada kondisi *overstock* maupun *understock*.

Standar nilai *strength stock* yang ideal bervariasi tergantung pada jenis industri, karakteristik produk, dan kebijakan perusahaan. Pada umumnya, perusahaan manufaktur menetapkan standar *strength stock* berdasarkan kebutuhan minimum untuk menjamin kelancaran proses produksi dan pengiriman tanpa menimbulkan pemborosan akibat penumpukan stok.

2.2.6 *Class Based Storage*

Menurut Putra *et al.* (2024), *Class Based Storage* merupakan metode penyimpanan material dengan cara mengelompokkan barang ke dalam beberapa kelas penyimpanan berdasarkan tingkat aktivitas atau frekuensi perpindahan material di dalam gudang. Metode ini digunakan untuk mengatur penempatan material agar proses penyimpanan dan pengambilan barang dapat dilakukan secara lebih efektif dan terstruktur.

Dalam penerapannya, material dikelompokkan berdasarkan tingkat aktivitasnya menggunakan prinsip *Class Based Storage* yang membagi material ke dalam kategori A, B, dan C. Material kategori A merupakan material dengan tingkat aktivitas tertinggi sehingga ditempatkan pada area yang paling dekat dengan area operasional utama gudang. Material kategori B merupakan material dengan tingkat aktivitas sedang dan ditempatkan pada area dengan tingkat aksesibilitas menengah, sedangkan material kategori C merupakan material dengan tingkat aktivitas terendah sehingga dapat ditempatkan pada area yang lebih jauh dari area utama aktivitas gudang (Fazrin & Ludiya, 2023).

Penerapan metode *Class Based Storage* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan dan mempercepat proses pencarian material. Selain itu, metode ini juga dapat membantu perusahaan dalam menentukan prioritas pengawasan terhadap persediaan yang memiliki tingkat penggunaan tinggi. Dengan adanya pengelompokan material, perusahaan dapat mengurangi waktu perpindahan material serta meningkatkan efektivitas penggunaan ruang penyimpanan.

2.2.7 *Random Storage*

Metode *Random Storage* merupakan metode penyimpanan material di mana barang ditempatkan pada lokasi kosong yang tersedia tanpa memiliki lokasi tetap. Sistem penyimpanan ini memungkinkan setiap material ditempatkan secara fleksibel sesuai kapasitas ruang yang tersedia di gudang. Dengan metode ini, penggunaan area penyimpanan dapat menjadi lebih optimal karena seluruh slot penyimpanan dapat dimanfaatkan.

Menurut penelitian yang dilakukan Sutrisno dan Octavia (2024), metode *Random Storage* atau penyimpanan berbasis *Class Based Storage* dapat meningkatkan efektivitas penggunaan ruang gudang karena penempatan material dilakukan secara fleksibel sesuai kondisi area penyimpanan yang tersedia. Dalam penerapannya, metode ini memerlukan sistem pencatatan lokasi penyimpanan yang baik agar material dapat ditemukan kembali dengan mudah saat dibutuhkan.

Metode *Random Storage* memiliki keunggulan dalam pemanfaatan kapasitas gudang dan fleksibilitas penyimpanan material. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu mengurangi area kosong yang tidak terpakai pada gudang. Namun, apabila pencatatan lokasi penyimpanan tidak dilakukan dengan baik, proses pencarian material dapat memerlukan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, metode ini biasanya didukung oleh sistem administrasi atau database penyimpanan material.

Menurut penelitian Rosihin *et al*. (2021) menyatakan bahwa penerapan metode penyimpanan berbasis klasifikasi mampu membantu mengurangi jarak perpindahan material dan meningkatkan efisiensi aktivitas handling di gudang. Selain itu, penelitian Roziqin dan Rochmoeljati (2025) menjelaskan bahwa penerapan *Class Based Storage* yang didukung klasifikasi material dapat membantu meningkatkan keteraturan tata letak penyimpanan serta mempermudah proses pengambilan barang.

2.2.8 *Dedicated Storage*

Menurut Alfian dan Pratama (2022), *Dedicated Storage* merupakan metode penyimpanan yang menetapkan lokasi tetap untuk setiap material atau produk di dalam gudang. Pada metode ini, setiap material memiliki area penyimpanan yang telah ditentukan secara khusus sehingga lokasi tersebut hanya digunakan oleh material yang bersangkutan. Dengan adanya lokasi penyimpanan yang tetap, setiap material selalu berada pada posisi yang sama sehingga memudahkan proses identifikasi, pencarian, dan pengendalian persediaan.

Karakteristik utama *Dedicated Storage* adalah adanya hubungan tetap antara material dan lokasi penyimpanannya. Setiap material memiliki ruang penyimpanan yang telah dialokasikan sebelumnya dan tidak dapat digunakan oleh material lain meskipun dalam kondisi kosong. Kondisi tersebut menjadikan sistem penyimpanan lebih teratur dan memudahkan operator gudang dalam mengetahui lokasi setiap material yang disimpan.

Metode *Dedicated Storage* memiliki beberapa keunggulan, antara lain mempermudah pengelolaan lokasi penyimpanan, meningkatkan ketertelusuran material, serta mengurangi risiko kesalahan penempatan barang. Selain itu, lokasi penyimpanan yang tetap dapat membantu perusahaan dalam melakukan pengawasan persediaan dan mendukung kelancaran aktivitas operasional gudang. Tata letak penyimpanan yang terstruktur juga memungkinkan proses pencarian material dilakukan dengan lebih cepat dan akurat (Rahayu & Suprayitno, 2023).

Meskipun demikian, *Dedicated Storage* memiliki keterbatasan dalam pemanfaatan ruang penyimpanan. Karena setiap material telah memiliki lokasi khusus, ruang yang tidak terisi tidak dapat digunakan untuk menyimpan material lain. Akibatnya, tingkat

utilisasi ruang penyimpanan dapat menjadi kurang optimal apabila terjadi perubahan jumlah persediaan atau fluktuasi kebutuhan penyimpanan. Oleh karena itu, metode ini lebih sesuai diterapkan pada kondisi penyimpanan yang memiliki karakteristik material dan kebutuhan ruang yang relatif stabil.

2.2.9 *Facility Layout Planning*

Facility Layout Planning (FLP) merupakan metode perancangan tata letak fasilitas yang bertujuan menyusun elemen-elemen dalam suatu sistem produksi atau penyimpanan ke dalam ruang fisik sehingga mampu mendukung kegiatan operasional secara efektif dan efisien. Perancangan tata letak tidak hanya mempertimbangkan penempatan fasilitas, tetapi juga memperhatikan hubungan antararea, aliran perpindahan material, pemanfaatan ruang, serta kebutuhan operasional perusahaan. Oleh karena itu, keputusan mengenai tata letak menjadi salah satu keputusan strategis karena berpengaruh terhadap produktivitas, biaya material handling, dan efisiensi proses kerja.

Menurut Pérez-Gosende et al. (2021), *Facility Layout Planning* merupakan proses sistematis dalam menghasilkan alternatif tata letak dengan mempertimbangkan karakteristik fasilitas, sistem material handling, kebutuhan operasional, serta evaluasi terhadap alternatif layout yang dihasilkan. Proses tersebut umumnya meliputi identifikasi kondisi eksisting, penyusunan alternatif tata letak, evaluasi alternatif, hingga penentuan layout yang paling sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

Pada penelitian ini, metode *Facility Layout Planning* (FLP) digunakan sebagai dasar dalam perancangan tata letak area penyimpanan single part. Penerapan metode dilakukan melalui identifikasi kondisi aktual area penyimpanan, penetapan kriteria perancangan, penyusunan layout dasar, serta evaluasi kesesuaian *layout* terhadap kebutuhan operasional perusahaan. *Layout* dasar yang dihasilkan kemudian menjadi dasar penerapan metode *Class Based Storage* untuk membentuk klasifikasi area penyimpanan dan metode Dedicated Storage untuk menetapkan lokasi penyimpanan tetap bagi setiap material.

2.2.10 Metode *Rasional*

Metode *Rasional* merupakan metode perancangan produk dengan menggunakan pendekatan yang sistematis dan logis. Metode *rasional* memiliki tahapan yang lebih mengedepankan proses pengambilan keputusan yang didasarkan oleh analisis kebutuhan, spesifikasi, karakteristik, dan evaluasi yang bersifat objektif sehingga dapat menghasilkan rancangan yang sesuai dengan keinginan dan tujuan dari *stakeholder*. Cross (2021), menyatakan bahwa metode rasional merupakan tahapan yang membantu dalam melakukan proses perancangan secara sistematis mulai dari identifikasi

permasalahan hingga penyempurnaan detail rancangan. Dalam melakukan tahapan perancangan, terdapat langkah yang perlu dilalui yang dilakukan secara sistematis dan urut. Terdapat tujuh langkah yang dilalui, yaitu klarifikasi tujuan, penetapan fungsi, penetapan kebutuhan, penentuan karakteristik, pengembangan alternatif, evaluasi alternatif, dan *improving details*. Metode *rasional* menggunakan tujuh tahapan tersebut agar hasil rancangan yang dikembangkan dapat menyelesaikan permasalahan yang ada serta menjawab kebutuhan dari *stakeholder*.

2.2.11 Metode Pahl and Beitz

Menurut Dalimunthe (2025), metode *Pahl and Beitz* merupakan metode perancangan melalui pendekatan rekayasa *engineering* (*engineering design*) yang terfokus pada pengembangan solusi teknis tersistematis yang memerlukan analisis fungsi dan spesifikasi teknis yang khusus. Di dalam implementasinya, permasalahan dan kebutuhan diubah menjadi solusi melalui tahapan perancangan yang terstruktur dan sistematis. Setiap tahapan dilakukan secara berurutan agar rancangan yang dijadikan sebagai solusi dapat menjawab permasalahan yang ada. Di dalam proses perancangannya terdapat empat tahapan utama, yaitu perencanaan dan klarifikasi tugas, perencanaan konsep, perencanaan bentuk, dan perencanaan detail. Metode Pahl dan Beitz banyak diterapkan pada perancangan produk teknik yang di dalamnya diperlukan analisis teknis secara mendalam.

2.2.12 *Objective Tree*

Menurut Cross (2021), *Objective tree* merupakan alat yang digunakan dalam metode rasional yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi, dan menyusun tujuan dari perancangan. Selain tujuan, terdapat pula sub-tujuan yang diuraikan berdasarkan tujuan sebelumnya agar dapat terdefinisi secara lebih detail sehingga dengan adanya uraian mengenai tujuan dan sub-tujuan tersebut, diperoleh gambaran dari tujuan yang ingin dicapai dalam proses perancangan. Dengan adanya *objective tree,* dapat menunjukkan keterkaitan antara tujuan dan sub-tujuan. Dengan adanya keterkaitan tersebut dapat memudahkan dalam proses perancangan untuk memahami faktor lain yang harus dipenuhi yang berhubungan dengan tujuan perancangan sehingga dapat membantu untuk menentukan cara untuk mencapai tujuan yang ditetapkan.

2.2.13 *Black Box*

Menurut Cross (2021), *Black Box* merupakan alat yang dapat digunakan untuk menggambarkan suatu produk yang memiliki fungsi dengan mengubah kumpulan *input* yang melalui proses tertentu menjadi sebuah *output* yang sesuai dengan tujuan dari perancangan. Pada *Black Box* terdapat kotak berwarna hitam yang mewakili proses dan

fungsi yang belum diketahui pada awal tahap perancangan. *Black Box* memberikan sebuah gambaran mengenai fungsi yang akan dipenuhi dalam sebuah rancangan. Maka dari itu proses yang terdapat didalam kotak berwarna hitam belum diketahui. Sehingga perancangan memiliki fokus utama pada nilai fungsi yang dapat ditunjukkan melalui *input* dan *outputnya*. *Black Box* memiliki beberapa fungsi yaitu untuk memahami fungsi utama dari perancangan yang akan dibuat, membantu untuk menentukan kebutuhan dan juga spesifikasi desain, dan dapat menjadi dasar yang dapat digunakan untuk menyusun sub-fungsi dalam tahap lainnya.

2.2.14 *Transparent Box*

Menurut Cross (2021), *Transparent Box* merupakan alat yang dapat digunakan untuk melakukan analisis proses yang terdapat pada *Black Box*. *Transparent Box* menjelaskan mengenai proses yang dialami rancangan untuk dapat berubah menjadi *output*. Berbeda dengan *Black Box*, pada *Transparent Box* dilakukan analisis untuk mengetahui bagaimana *input* yang ada diproses melalui berbagai sub-fungsi hingga menghasilkan *output* yang telah ditetapkan. Dengan adanya *Transparent Box*, dapat mendefinisikan proses yang terdapat pada kotak hitam yang ada pada *Black Box* dengan detail dan rinci. Pada *Transparent Box*, *input* yang sudah ada diuraikan menjadi beberapa proses tahapan perancangan. Penjabaran proses tersebut membuat setiap prosesnya dapat dipahami secara lebih jelas dan terperinci.

2.2.15 *Function Diagram*

Menurut Cross (2021), *Function diagram* merupakan alat yang dapat digunakan untuk melakukan analisis fungsi dengan menunjukkan hubungan antar fungsi dan sub-fungsi dalam perancangan. *Function diagram* digunakan untuk menguraikan fungsi yang telah diuraikan pada *Black Box* menjadi sub-fungsi yang lebih detail sehingga dapat memudahkan perancangan dan tentunya memudahkan dalam mengembangkan rencangan solusi.

2.2.16 *Auto Identification and Data Capture (AIDC)*

Menurut Ihsania et al, (2023). *Auto Identification and Data Capture (AIDC)* merupakan sebuah sistem yang diciptakan untuk dapat mengidentifikasi, mengumpukan, dan menyimpan data secara otomatis ke dalam sistem tanpa melalui proses *input* secara manual. Hal tersebut menjadikan sebuah proses pencatatan menjadi lebih efisien dan memiliki akurasi data yang lebih tinggi daripada *input* secara manual. Dengan adanya sistem AIDC, proses pencatatan dapat berjalan secara cepat dan akurat. Adapun beberapa komponen yang dapat digunakan untuk mengumpulkan data pada pada *Auto Identification and Data Capture* yaitu *Barcode*, *QR Code*, dan lain sebagainya. Masing-

masing dari beberapa komponen memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri, sehingga kompinen tersebut dapat digunakan sesuai dengan kebutuhannya. Penerapan *Auto Identidication and Data Capture (AIDC)* memiliki peran yang penting terhadap pengendalian produksi. Dengan adanya implementasi dari AIDC mendukung adanya digitalisasi proses produksi dengan cara meningkatkan akurasi data dan meningkatkan efisiensi dari proses produksi.

2.2.17 *QR Code*

Menurut Faaldiansyah dan Utami, (2024), *QR Code* (*Quick Response Code*) merupakan kode dua dimensi yang digunakan untuk menyimpan dan mengakses informasi melalui proses pemindaian menggunakan perangkat seperti kamera atau aplikasi pemindai tertentu. *QR Code* memiliki bentuk berupa pola titik atau kotak yang tersusun secara unik. Dibandingkan dengan *Barcode* satu dimensi, *QR Code* mampu menyimpan data dalam jumlah yang lebih besar dan dapat diakses dengan lebih mudah oleh pengguna yang melakukan proses *scanning*.

Untuk mengakses maupun menyimpan informasi ke dalam *QR Code*, diperlukan perangkat yang mampu melakukan proses scanning terhadap kode tersebut. Hasil pemindaian kemudian akan diubah menjadi data digital yang berupa informasi lainnya. Data tersebut selanjutnya dapat diproses oleh sistem yang terintegrasi, sehingga memungkinkan terjadinya pencatatan dan pengolahan data secara otomatis. Dengan demikian, penggunaan *QR Code* dapat mempermudah proses akses dan pengelolaan informasi dalam suatu sistem.

Selain itu, penggunaan *QR Code* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode manual, di antaranya adalah tidak butuh waktu yang lama dalam proses pengaksesan karena *scanning* dapat dilakukan dalam waktu singkat, kemampuan untuk menyimpan data dalam jumlah yang lebih banyak, serta dapat meminimalkan risiko terjadinya *human error* karena proses *input* data dilakukan secara otomatis. Dengan begitu, *QR Code* mampu meningkatkan akurasi data serta mendukung sistem yang bersifat *real-time* dibandingkan dengan metode yang dilakukan secara manual.

2.2.18 Sistem Informasi

Sistem informasi merupakan suatu kumpulan komponen yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan mendistribusikan informasi guna mendukung pengambilan keputusan dan pengendalian dalam suatu organisasi. Menurut Laudon et al. (2020), sistem informasi didefinisikan sebagai seperangkat komponen yang saling terhubung untuk mengumpulkan, memproses,

menyimpan, dan mendistribusikan informasi guna mendukung pengambilan keputusan, koordinasi, pengendalian, analisis, dan visualisasi dalam suatu organisasi.

Sistem informasi terdiri dari tiga aktivitas utama yang menghasilkan informasi yang dibutuhkan organisasi. Pertama adalah *input*, yaitu proses pengumpulan data mentah dari dalam maupun luar organisasi. Kedua adalah *processing*, yaitu proses konversi data mentah menjadi bentuk yang lebih bermakna. Ketiga adalah *output*, yaitu proses pendistribusian informasi yang telah diolah kepada pihak yang membutuhkan. Selain tiga aktivitas tersebut, Laudon et al (2020) juga menekankan adanya *mekanisme feedback*, yaitu *output* yang dikembalikan ke anggota organisasi yang sesuai untuk membantu mengevaluasi dan memperbaiki tahap *input*.

Komponen utama sistem informasi meliputi perangkat keras *(hardware),* perangkat lunak *(software),* basis data *(database),* jaringan *(network),* sumber daya manusia *(people),* dan prosedur *(procedures).* Menurut Roch et al. (2022) dalam *Information Systems* for *Business* and *Beyond*, keenam komponen ini harus berjalan secara sinergis agar sistem informasi dapat berfungsi optimal dan memberikan nilai tambah bagi organisasi. Lebih lanjut, Roch et al. (2022) menyatakan bahwa dalam era transformasi digital saat ini, sistem informasi tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan transaksi, melainkan juga sebagai penggerak utama efisiensi operasional melalui otomasi proses dan integrasi antar sistem. Dalam konteks penelitian ini, sistem informasi yang dikembangkan berfungsi untuk mencatat dan mengelola transaksi operasional gudang secara *real-time*, seperti pencatatan barang masuk, barang keluar, dan pembaruan data stok secara otomatis.

2.2.19 *Website*

Website atau situs web merupakan kumpulan halaman web yang saling terhubung dan dapat diakses melalui jaringan internet menggunakan peramban *web (web browser).* Menurut Saia et al. (2022), aplikasi berbasis web *(web apps)* didefinisikan sebagai alat dinamis yang memungkinkan pengguna untuk menjalankan suatu tugas secara interaktif melalui peramban web, di mana setiap perubahan yang terjadi pada bagian *back-end* sistem akan langsung memperbarui tampilan yang dilihat oleh pengguna pada bagian *front-end*. *Website* beroperasi berdasarkan arsitektur *client-server*, di mana peramban web bertindak sebagai *client* yang mengirimkan permintaan *(request)* kepada server, dan server merespons dengan mengirimkan data yang kemudian dirender dan ditampilkan kepada pengguna.

Website dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sifat kontennya. Pertama adalah *website statis*, yaitu *website* yang seluruh kontennya tersimpan dalam berkas

tetap dan tidak berubah kecuali dilakukan perubahan langsung pada kode sumber oleh pengembang. Kedua adalah *website dinamis*, yaitu *website* yang kontennya dapat berubah secara otomatis berdasarkan interaksi pengguna atau data yang diambil dari basis data. Gardella et al. (2024) menyatakan bahwa sistem informasi berbasis web yang bersifat *dinamis* terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan data gudang secara signifikan, di mana sistem yang dikembangkan mampu memproses ratusan pesanan dengan ribuan produk yang terdata secara akurat hanya dalam hitungan minggu setelah implementasi, tanpa gangguan layanan yang berarti.

Komponen utama dalam pengembangan *website* meliputi tiga lapisan teknologi yang saling mendukung. Menurut Saia et al. (2022), pengembangan aplikasi web secara umum dibagi menjadi dua komponen besar, yaitu *front-end* yang merepresentasikan seluruh tampilan yang dilihat dan diinteraksikan oleh pengguna pada layar perangkat, serta *back-end* yang merupakan bagian yang hanya dapat dilihat oleh pengembang dan berfungsi untuk memproses logika bisnis serta mengelola basis data. Selain kedua komponen tersebut, database merupakan lapisan ketiga yang menyimpan seluruh data yang dibutuhkan sistem secara terstruktur dan persisten. Dalam konteks penelitian ini, *website* yang dikembangkan bersifat *dinamis* karena data stok dan status pengambilan barang diperbarui secara otomatis mengikuti kondisi *aktual* di lapangan. Pasaribu (2021) menegaskan bahwa sistem informasi inventori berbasis web merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan pencatatan manual, karena sistem ini memungkinkan pengelolaan data barang, pemantauan stok, dan pelaporan dilakukan secara terpusat, akurat, dan dapat diakses dari berbagai perangkat tanpa batasan lokasi.

2.2.20 Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman merupakan sistem notasi formal yang digunakan untuk menulis instruksi yang dapat dieksekusi oleh komputer guna menyelesaikan tugas atau masalah tertentu. Menurut Matthes (2023), bahasa pemrograman merupakan alat utama yang digunakan pengembang untuk mengomunikasikan instruksi kepada komputer secara terstruktur, di mana setiap bahasa memiliki sintaks yang mengatur cara penulisan kode serta semantik yang menentukan makna dari instruksi yang dituliskan.

Bahasa pemrograman dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori. Berdasarkan tingkat abstraksinya, bahasa pemrograman dibagi menjadi bahasa tingkat rendah *(low-level)* yang dekat dengan bahasa mesin, dan bahasa tingkat tinggi *(high-level)* yang lebih mudah dipahami manusia seperti *Python*, *PHP*, dan *JavaScript*. Berdasarkan paradigmanya, bahasa pemrograman dibagi menjadi pemrograman

prosedural, berorientasi objek *(object-oriented),* fungsional, dan deklaratif. Matthes (2023) menyatakan bahwa pemilihan bahasa pemrograman yang tepat sangat bergantung pada kebutuhan sistem yang akan dibangun, kemampuan tim pengembang, serta ekosistem pustaka dan *framework* yang tersedia.

Dalam konteks pengembangan sistem berbasis web, terdapat beberapa bahasa pemrograman yang umum digunakan. *HTML (HyperText Markup Language*) merupakan bahasa markup standar yang digunakan untuk mendefinisikan struktur dan konten halaman web, mengacu pada *HTML Living Standard (WHATWG). CSS (Cascading* Style Sheets) digunakan untuk mengatur tampilan visual halaman web sesuai standar *W3C CSS Snapshot. JavaScript* merupakan bahasa pemrograman sisi client yang digunakan untuk menambahkan interaktivitas pada halaman web. *PHP* (*Hypertext Preprocessor)* merupakan bahasa pemrograman sisi server yang banyak digunakan untuk memproses logika bisnis dan berkomunikasi dengan basis data. Dalam pengembangan perangkat keras seperti mikrokontroler, bahasa yang umum digunakan adalah *C/C++* yang dikenal karena efisiensinya dalam mengontrol perangkat keras secara langsung. Mikrokontroler *ESP8266* yang digunakan dalam sistem *pick to light* pada penelitian ini diprogram menggunakan bahasa *C++* melalui *platform Arduino IDE*, yang menyediakan antarmuka pemrograman yang lebih sederhana sehingga pengembang dapat fokus pada logika aplikasi tanpa harus mendalami arsitektur perangkat keras secara mendalam.

2.2.21 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan paradigma teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke dalam jaringan internet sehingga perangkat-perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi, bertukar data, dan dikendalikan dari jarak jauh tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Menurut Jarašūnienė et al. (2023) dalam *Sensors*, *IoT* merupakan teknologi yang dirancang untuk memproses data dalam jumlah besar dengan efisiensi tinggi secara *real-time*, serta memfasilitasi implementasi identifikasi cerdas, pelacakan, penelusuran, dan pengelolaan aset menggunakan berbagai perangkat seperti *RFID*, sensor inframerah, GPS, dan pemindai laser.

Arsitektur *IoT* secara umum terdiri dari empat lapisan utama. Lapisan pertama adalah perception layer, yaitu lapisan fisik yang terdiri dari sensor dan aktuator yang bertugas mengumpulkan data dari lingkungan sekitar. Lapisan kedua adalah network layer, yang bertanggung jawab mengirimkan data dari perangkat ke sistem pusat melalui berbagai protokol komunikasi seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth Low Energy (BLE),* maupun *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)*. Lapisan ketiga adalah *middleware layer*, yang

memproses dan menyimpan data yang diterima dari lapisan jaringan. Lapisan keempat adalah *application layer*, yang menyajikan informasi kepada pengguna akhir melalui antarmuka seperti *dashboard web* maupun aplikasi *mobile*.

Dalam lingkungan industri dan pergudangan, IoT telah menjadi fondasi utama konsep *Smart Warehouse* dalam era *Industry 4.0*. Jarašūnienė et al. (2023) menyatakan bahwa kehadiran IoT dalam gudang menciptakan interaksi antara manusia dengan mesin serta mesin dengan mesin secara langsung, sehingga setiap aktivitas pergerakan barang dapat terpantau dan tercatat secara otomatis tanpa ketergantungan pada pencatatan manual. Hal ini secara signifikan meningkatkan akurasi data stok sekaligus mengurangi potensi kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia. Lebih lanjut, Ahmed et al. (2021) menyatakan bahwa penerapan *IoT* dalam manajemen rantai pasok mampu meningkatkan visibilitas secara menyeluruh melalui kemampuan pelacakan dan pemantauan kondisi barang secara kontinu dan *real-time*.

Dalam konteks penelitian ini, *IoT* diimplementasikan melalui penggunaan mikrokontroler *ESP8266* yang terhubung ke jaringan *Wi-Fi* lokal dan berkomunikasi dengan sistem WMS berbasis web melalui *REST API*. Mikrokontroler ini berfungsi sebagai aktuator yang menerima sinyal dari sistem web dan mengaktifkan modul relay untuk menyalakan lampu indikator pada lokasi penyimpanan barang sesuai permintaan pengambilan yang masuk, sehingga aktivitas fisik pengambilan barang dapat dikendalikan dan dipantau secara digital secara *real-time*.

2.2.22 *Real Time Monitoring*

Real-time monitoring merupakan proses pemantauan suatu sistem, proses, atau kondisi secara berkelanjutan tanpa adanya jeda waktu yang signifikan antara terjadinya suatu peristiwa dengan tampilnya informasi tersebut pada sistem pemantau. Dalam konteks sistem berbasis web dan *IoT*, pemantauan *real-time* memungkinkan seluruh data yang dihasilkan oleh perangkat fisik di lapangan untuk langsung tercermin pada antarmuka pengguna tanpa penundaan yang berarti.

Menurut Jarašūnienė et al. (2023), *IoT* merupakan teknologi kunci yang memungkinkan pemrosesan data dalam jumlah besar dengan efisiensi tertinggi dalam waktu singkat di lingkungan gudang secara *real-time*. Sistem pemantauan yang terintegrasi dengan *IoT* memungkinkan pengelola gudang untuk memantau lokasi barang, kondisi stok, dan status pengambilan barang secara langsung tanpa perlu melakukan pengecekan fisik secara manual. Ahmed et al. (2021) menambahkan bahwa visibilitas rantai pasok yang dihasilkan oleh pemantauan berbasis *IoT* secara *real-time* memberikan manfaat nyata

berupa pengurangan ketidakakuratan data inventori, percepatan respons terhadap perubahan permintaan, serta peningkatan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Dalam implementasi teknis pada sistem berbasis web, pembaruan data *real-time* dapat diwujudkan melalui beberapa mekanisme. Mekanisme polling bekerja dengan cara client mengirimkan permintaan data secara berkala kepada server. Mekanisme *WebSocket* memungkinkan koneksi dua arah yang persisten antara client dan server sehingga data dapat dikirimkan kapan saja tanpa menunggu permintaan. Mekanisme *Server-Sent Events (SSE)* memungkinkan server untuk mengirimkan pembaruan data secara aktif kepada client secara satu arah. Ketiga mekanisme ini masing-masing memiliki keunggulan tersendiri tergantung pada kebutuhan sistem dan karakteristik jaringan yang digunakan. Dalam penelitian ini, mekanisme komunikasi antara sistem web dan mikrokontroler *ESP8266* menggunakan protokol *HTTP* berbasis *REST API*, di mana sistem web mengirimkan perintah aktivasi ke mikrokontroler setiap kali terdapat permintaan pengambilan barang, sehingga lampu indikator pada lokasi yang dimaksud dapat menyala secara langsung dan *real-time* sesuai dengan data yang tercatat dalam sistem.

2.2.23 Metode *Waterfall*

Metode *Waterfall* perangkat lunak. Model ini bersifat sekuensial dan linier, di mana setiap tahapan merupakan salah satu model pengembangan perangkat lunak tertua dan paling banyak digunakan dalam rekayasa pengembangan harus diselesaikan secara menyeluruh sebelum tahapan berikutnya dapat dimulai. Saravanos dan Curinga (2023) mendefinisikan model *Waterfall* sebagai pendekatan pengembangan perangkat lunak yang membagi proses menjadi serangkaian fase yang berbeda dan berurutan, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan, di mana setiap fase menghasilkan keluaran yang menjadi masukan bagi fase berikutnya.

a. Fase-fase Metode *Waterfall*

Metode *Waterfall* terdiri dari beberapa fase utama yang dilaksanakan secara berurutan. Fase-fase tersebut adalah sebagai berikut.

1. Analisis Kebutuhan *(Requirement Analysis)*

Pada fase ini dilakukan identifikasi, dokumentasi, dan analisis seluruh kebutuhan sistem yang akan dibangun, baik kebutuhan fungsional maupun non-fungsional. Hasil dari fase ini adalah dokumen spesifikasi kebutuhan perangkat lunak *(Software Requirements Specification/SRS)* yang menjadi acuan dasar seluruh proses pengembangan berikutnya.

2. Perancangan Sistem *(System Design)*

Fase perancangan menerjemahkan kebutuhan yang telah didefinisikan ke dalam arsitektur sistem, desain basis data, desain antarmuka pengguna, dan spesifikasi teknis lainnya. Pada tahap ini ditentukan bagaimana komponen-komponen sistem akan saling berinteraksi untuk memenuhi kebutuhan yang telah ditetapkan.

3. Implementasi *(Implementation/Coding)*

Pada fase ini, hasil perancangan diterjemahkan ke dalam kode program menggunakan bahasa pemrograman yang telah ditentukan. Setiap unit atau modul sistem dikembangkan dan diuji secara terpisah sebelum diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem.

4. Pengujian *(Testing)*

Setelah implementasi selesai, sistem diuji secara menyeluruh untuk memastikan bahwa seluruh fungsi berjalan sesuai spesifikasi dan bebas dari kesalahan. Pengujian meliputi *unit testing*, *integration testing, system testing*, hingga *User Acceptance Testing (UAT).*

5. Pemeliharaan *(Maintenance)*

Fase terakhir mencakup perbaikan kesalahan yang ditemukan setelah sistem digunakan, peningkatan performa, serta penambahan fitur baru jika diperlukan sesuai perkembangan kebutuhan pengguna.

2.2.24 Metode *Agile*

Metode *Agile* merupakan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang menekankan fleksibilitas, kolaborasi, dan kemampuan merespons perubahan kebutuhan secara cepat selama proses pengembangan berlangsung. Tetteh (2024) mendefinisikan metode *Agile* sebagai seperangkat prinsip dan praktik pengembangan perangkat lunak yang berfokus pada pengiriman nilai kepada pelanggan secara inkremental melalui iterasi-iterasi pendek yang dikenal sebagai sprint, dengan durasi umumnya antara satu hingga empat minggu, disertai umpan balik berkelanjutan dari pemangku kepentingan.

a. Prinsip Utama Metode *Agile*

Tetteh (2024) merangkum prinsip-prinsip utama yang menjadi landasan metode Agile berdasarkan *Agile Manifesto* sebagai berikut.

1. Kepuasan pelanggan melalui pengiriman perangkat lunak yang berfungsi secara dini dan berkelanjutan.
2. Menyambut perubahan kebutuhan, bahkan di akhir tahap pengembangan, demi keunggulan kompetitif pelanggan.

3. Pengiriman perangkat lunak yang berfungsi secara berkala dalam rentang waktu yang singkat (beberapa minggu hingga beberapa bulan).
4. Kolaborasi harian antara pelanggan dan tim pengembang selama proyek berlangsung.
5. Perangkat lunak yang berfungsi sebagai ukuran utama kemajuan proyek.
6. Proses *Agile* mendorong pembangunan yang berkelanjutan dengan kecepatan yang dapat dipertahankan secara konstan.
7. Perhatian terus-menerus terhadap keunggulan teknis dan desain yang baik meningkatkan kelincahan tim.
8. Kesederhanaan, seni memaksimalkan jumlah pekerjaan yang tidak perlu dilakukan adalah hal yang esensial.

2.2.25 *Holding Cost*

Holding cost atau *inventory carrying cost* merupakan biaya yang timbul akibat perusahaan menyimpan persediaan dalam suatu periode tertentu. Menurut Castellano dan Glock (2021), *holding cost* merupakan salah satu komponen biaya persediaan yang paling penting karena secara langsung memengaruhi keputusan pengendalian persediaan, ukuran pemesanan, serta tingkat stok yang dipertahankan perusahaan. *Holding cost* mencerminkan biaya ekonomi yang harus ditanggung perusahaan akibat adanya modal yang tertanam dalam persediaan dan berbagai biaya operasional yang berkaitan dengan penyimpanannya.

Dijelaskan lebih lanjut bahwa *holding cost* umumnya terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu biaya modal *(capital cost),* biaya penyimpanan *(storage cost),* biaya layanan persediaan *(inventory service cost),* dan biaya risiko *(inventory risk cost)*. Biaya modal muncul karena dana perusahaan tertahan dalam bentuk persediaan dan tidak dapat digunakan untuk investasi lain yang berpotensi menghasilkan keuntungan. Biaya penyimpanan mencakup biaya gudang, utilitas, peralatan *material handling*, dan tenaga kerja.

Secara matematis, *holding cost* dapat dihitung menggunakan formula umum berikut.

$$Total\ Holding\ Cost = \%CC \times P \times A \quad (2)$$

Dimana variabel %CC merupakan persentase biaya penyimpanan, variabel P merupakan harga per unit, dan variabel A merupakan rata-rata jumlah unit persediaan.

Biaya penyimpanan persediaan pada perusahaan manufaktur dan distribusi umumnya berkisar antara 20% hingga 30% dari nilai rata-rata inventaris per tahun. Persentase

tersebut mencerminkan kombinasi biaya modal, biaya fasilitas penyimpanan, biaya administrasi, serta risiko yang melekat pada persediaan. Berdasarkan hal itu, nilai 25% sering digunakan sebagai *rule of thumb* dalam berbagai analisis inventaris karena dianggap mampu mewakili biaya penyimpanan rata-rata pada sebagian besar industri.

2.2.26 *Payback Period*

Payback Period merupakan metode evaluasi investasi yang digunakan untuk mengukur jangka waktu yang diperlukan agar investasi awal dapat kembali melalui akumulasi arus kas masuk yang dihasilkan oleh suatu proyek. Menurut Yuningsih et al. (2023), *Payback Period* digunakan untuk menilai kelayakan investasi dengan melihat kecepatan pengembalian dana yang telah diinvestasikan. Semakin cepat investasi dapat kembali, semakin baik tingkat kelayakan investasi yang dimiliki suatu proyek.

Secara matematis, *payback period* dapat dihitung menggunakan formula umum berikut.

$$Payback\ Period = \frac{Biaya\ Investasi\ Awal}{Saving\ per\ Bulan} \quad (3)$$

Selain digunakan sebagai alat pengukuran pengembalian investasi, *Payback Period* juga sering digunakan sebagai indikator risiko investasi karena menunjukkan lamanya dana perusahaan tertanam dalam suatu proyek. Proyek dengan periode pengembalian yang lebih singkat umumnya dianggap memiliki risiko yang lebih rendah dibandingkan proyek dengan periode pengembalian yang lebih panjang.

2.2.27 *T-test*

Uji T-test merupakan salah satu metode statistika inferensial yang digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata dua kelompok data. Menurut Chicco, et al. (2025), uji-t pada dasarnya digunakan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara nilai rata-rata dua kelompok sampel, dengan menghasilkan nilai probabilitas *(p-value)* yang menjadi dasar penerimaan atau penolakan hipotesis nol pada ambang batas tertentu, umumnya α sama dengan 0,05.

Hipotesis pada pengujian dirumuskan dalam bentuk hipotesis nol (H0) yang menyatakan tidak terdapat perbedaan rata-rata antara kedua kelompok, dan hipotesis alternatif (H1) yang menyatakan terdapat perbedaan. Seperti pada uji parametrik pada umumnya, *independent samples t-test* memiliki sejumlah asumsi yang perlu dipenuhi, yaitu data berskala interval atau rasio, kedua kelompok yang dibandingkan bersifat independen satu sama lain, serta data pada masing-masing kelompok idealnya menyebar normal.

2.3 Standar dan Kode Etik

Standar dan kode etik merupakan landasan berpikir sekaligus merupakan batasan atas sebuah perancangan dan penelitian yang dilakukan. Standar dan kode etik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.3.1 Standar Perancangan

Standar perancangan merupakan sebuah acuan yang mendasari adanya perancangan. Didalam perancangan terdapat beberapa standar yang perlu diperhatikan agar rancangan yang dikembangkan dapat menjawab permasalahan yang ada. Berikut ini merupakan standar yang digunakan dalam masing-masing rancangan.

a. Standar untuk Perancangan *Layout* Inventory

1. Standar Skala Gambar

Penggunaan skala dalam pembuatan *layout* merupakan aspek mendasar yang tidak dapat diabaikan dalam proses perancangan. Skala digunakan untuk merepresentasikan kondisi aktual gudang ke dalam bentuk gambar dengan perbandingan tertentu, sehingga seluruh elemen dalam sistem dapat divisualisasikan secara proporsional dan akurat. Pemilihan skala harus mempertimbangkan luas area gudang serta tingkat detail yang ingin ditampilkan. Skala 1:50 biasanya digunakan untuk area kecil dengan kebutuhan detail tinggi, seperti area *picking* atau *workstation* tertentu. Skala 1:100 digunakan untuk gudang dengan ukuran menengah, sedangkan skala 1:200 digunakan untuk area yang lebih luas dengan fokus pada gambaran umum sistem. Dalam praktik teknik, penggunaan skala mengacu pada standar ISO 5455, yang mengatur tata cara penggunaan skala dalam gambar teknik agar konsisten dan dapat dipahami secara universal. Penerapan standar ini penting untuk memastikan bahwa hasil perancangan dapat diterjemahkan dengan tepat ke kondisi nyata di lapangan.

2. Standar Pemberian Dimensi

Pemberian dimensi dalam *layout* merupakan elemen penting yang berfungsi untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem memiliki ukuran yang jelas dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Dimensi yang tidak lengkap atau tidak akurat dapat menyebabkan kesalahan dalam implementasi serta mengganggu aliran material. Dimensi yang dicantumkan dalam *layout* meliputi ukuran total area gudang, dimensi rak penyimpanan (panjang, lebar, dan tinggi), lebar lorong (*aisle*), jarak antar rak, serta area operasional seperti *receiving, storage, dan picking*. Selain itu, dimensi juga harus mempertimbangkan ruang tambahan untuk aktivitas operator dan pergerakan alat angkut.

Standar pemberian dimensi mengacu pada ISO 129-1, yang mengatur tata cara penulisan ukuran dalam gambar teknik agar sistematis, konsisten, dan tidak ambigu. Penerapan standar ini sangat penting dalam memastikan bahwa setiap pihak yang terlibat, baik *engineer* maupun *operator*, memiliki pemahaman yang sama terhadap *layout* yang dirancang.

3. Standar Lebar Lorong

Lebar lorong merupakan salah satu parameter teknis yang memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi operasional gudang. Penentuan lebar lorong harus mempertimbangkan jenis alat material handling yang digunakan, frekuensi pergerakan, serta kebutuhan ruang untuk manuver. Secara umum, lebar lorong untuk hand pallet berkisar antara 1,5 hingga 2 meter, sedangkan untuk *forklift* berkisar antara 3 hingga 4 meter. Namun, dalam praktiknya, penentuan lebar lorong juga harus mempertimbangkan faktor keselamatan, seperti jarak aman antar alat angkut serta ruang untuk operator. Dalam aspek keselamatan, penentuan lebar lorong mengacu pada standar ISO 3691-1, yang mengatur penggunaan alat angkut industri dan ruang operasional yang aman. Lebar lorong yang terlalu sempit dapat menyebabkan hambatan pergerakan dan meningkatkan risiko kecelakaan, sedangkan lorong yang terlalu lebar dapat mengurangi efisiensi pemanfaatan ruang. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara aspek keselamatan dan efisiensi ruang.

4. Standar Simbol dan Notasi *Layout*

Penggunaan simbol dan notasi dalam *layout* bertujuan untuk menyederhanakan penyajian informasi serta meningkatkan keterbacaan gambar. Dalam lingkungan industri, *layout* sering digunakan oleh berbagai pihak dengan latar belakang yang berbeda, sehingga diperlukan standar simbol yang konsisten agar mudah dipahami.Simbol yang umum digunakan meliputi simbol rak penyimpanan, area material, jalur perpindahan (*material flow*), area *receiving* dan *shipping*, serta area *picking*. Standar simbol dalam gambar teknik mengacu pada ISO 14617, yang menyediakan pedoman penggunaan simbol grafis secara konsisten. Dengan mengikuti standar ini, *layout* yang dihasilkan dapat menjadi alat komunikasi visual yang efektif serta mengurangi kemungkinan kesalahan interpretasi.

b. Standar untuk Perancangan Kartu Informasi Stok

1. ISO 9241-303 (Standar Ukuran Font)

Dalam perancangan kartu informasi stok, ukuran font tidak memiliki patokan yang pasti, namun harus memperhatikan aspek keterbacaan dan juga jarak pandang dari operator.

Ukuran font dapat disesuaikan dengan informasi yang bersifat utama, seperti nama dan nomor *part* yang dibuat lebih besar dari informasi lainnya.

2. ISO 216 (Standar Ukuran Kertas)

Ukuran kertas yang diperlukan pada rancangan tidak mengikuti standar ukuran kertas yang ada. Penggunaan ukuran kertas disesuaikan dengan *case* kartu informasi stok. Ukuran *case* kartu informasi stok menggunakan standar kertas B6 dengan ukuran 12,5 x 17,6 cm.

3. ISO/IEC 18004:2024 (Standar Spesifikasi *QR Code*)

QR Code yang digunakan dalam perancangan memiliki spesifikasi tertentu sehingga dapat dibaca oleh sistem. Standar ISO/IEC 18004:2024 mengatur secara lengkap bagaimana struktur dari *QR Code*, metode pengkodean data, jumlah kapasitas penyimpanan, dan juga mekanisme pembacaan data.

4. *Toyota Production System* (Informasi Kartu Informasi Stok)

Dalam perancangan kartu informasi stok, terdapat beberapa informasi yang harus dimuat dalam kartu informasi stok. Informasi tersebut meliputi identitas part yang berisi nama, nomor, dan gambar dari part, aliran proses yang berisi urutan proses produksi yang dilewati oleh part, kuantitas part yang berisi jumlah part yang terdapat dalam satu kartu informasi stok, identitas kartu informasi stok yang berisi nomor kanban, dan informasi khusus lainnya yang terdapat pada part. Hal ini mengacu pada prinsip pembuatan kanban yang diciptakan oleh Taiichi Ohno yang termuat dalam buku *Toyota Production System.*

c. Standar untuk Perancangan Sistem berbasis web terintegrasi dengan sistem pick to light

1. Guidline Perancangan *Website*

Menurut Chaudhary (2023) dalam *Web Development with Go,* website didefinisikan sebagai sistem antarmuka yang dinamis, berfokus pada performa yang tinggi, keamanan dan kemampuan dalam memberikan pengalaman pengguna secara *real-time.* Standar perancangan website juga mampu dibangun dengan penggunaan arsitektur berbasis komponen *(component-based architecture)* yang memungkinkan konten dapat ditampilkan dengan lebih cepat dan responsif di berbagai perangkat. Selain itu, terdapat standar dalam desain antarmuka yang berpusat pada pengguna *(user-centric)* yang menurut Nielson Norman Group (2024), perancangan antarmuka yang efektif haruslah memenuhi prinsip usability yang ketat yang ditekankan pada

kejelasan visual, efisiensi kognitif (pola navigasi yang standar) dan respon adaptif website.

2. Standard HTML (HyperText Markup Language)

Perancangan antarmuka sistem berbasis web mengacu pada standar *HTML (HyperText Markup Language)* yang ditetapkan oleh *World Wide Web Consortium (W3C)* dan *Web Hypertext Application Technology Working Group (WHATWG)*. Standar utama yang digunakan adalah sebagai berikut.

HTML Living Standard (WHATWG, 2024) merupakan standar *HTML* yang terus diperbarui secara berkelanjutan oleh *WHATWG* dan menjadi acuan utama dalam pengembangan web modern. Standar ini menggantikan versi statis *HTML5* dan mencakup spesifikasi lengkap mengenai struktur dokumen, elemen semantik, formulir, API peramban, serta penanganan konten multimedia. Dalam perancangan WMS, penggunaan elemen semantik seperti *<header>, <nav>, <main>, <table>, dan <form>* penting untuk memastikan struktur halaman yang jelas dan dapat diakses oleh berbagai perangkat maupun teknologi bantu *(assistive technology)*.

WCAG 2.2 Web Content Accessibility Guidelines (W3C, 2023) merupakan panduan aksesibilitas konten web yang diterbitkan oleh *W3C*. Standar ini menetapkan kriteria aksesibilitas yang mencakup empat prinsip utama, yaitu *Perceivable* (konten dapat dirasakan oleh pengguna), *Operable* (antarmuka dapat dioperasikan), *Understandable* (informasi dan operasi antarmuka dapat dipahami), dan *Robust* (konten dapat diinterpretasikan oleh berbagai teknologi). Dalam konteks WMS, penerapan standar ini memastikan bahwa sistem dapat digunakan oleh seluruh operator gudang tanpa hambatan teknis antarmuka.

W3C CSS Snapshot 2023 mengatur standar *Cascading Style Sheets (CSS)* yang digunakan bersama *HTML* untuk mengatur tampilan visual antarmuka. Penggunaan standar ini memastikan konsistensi tampilan di berbagai peramban *web (cross-browser compatibility)*, sehingga sistem WMS dapat berjalan dengan tampilan yang konsisten baik di *Google Chrome*, *Mozilla Firefox*, maupun peramban lainnya.

3. ISO/IEC 9075 – *Database Language SQL*

merupakan standar utama yang ditetapkan oleh International Organization for *Standardization* (ISO) dan *International Electrotechnical Commission* (IEC) untuk bahasa kueri basis data relasional. Standar ini terdiri dari beberapa bagian, di antaranya ISO/IEC 9075-1 yang mengatur kerangka umum dan konsep dasar SQL, ISO/IEC 9075-2 yang mengatur Foundation (sintaks dan semantik inti *SQL* seperti perintah *SELECT, INSERT, UPDATE, dan DELETE)*, serta ISO/IEC 9075-11 yang mengatur skema

informasi dan definisi metadata basis data. Versi terbaru dari standar ini adalah ISO/IEC 9075:2023 yang mencakup pembaruan pada tipe data, fungsi JSON, dan peningkatan kemampuan kueri analitik.

Dalam perancangan basis data WMS, standar ISO/IEC 9075 diterapkan pada perancangan skema tabel yang menyimpan data barang, data stok, data lokasi penyimpanan, serta log transaksi pengambilan barang (picking log). Penggunaan standar ini memastikan bahwa struktur basis data konsisten, dapat direplikasi, dan kompatibel dengan berbagai sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) seperti MySQL, PostgreSQL, maupun MariaDB.

4. Guidline Perancangan Pick to Light

Menurut Katsavounis dan Tsimperidis (2022) dalam jurnal *Logistics,* sistem pick to light didefinisikan sebagai antarmuka fisik-digital yang mengintegrasikan sensor Internet of Things (IoT) dengan sistem manajemen gudang (WMS) untuk mengurangi atau menghilangkan proses manual berbasis kertas, serta mampu meningkatkan visibilitas stok yang dapat diakses secara *real-time.*

Standar perancangan pick to light mencakup standar dalam integrasi data dan WMS yang dirancang dengan arsitektur API. Menurut Richards (2021), sistem pick to light harus memiliki latensi yang rendah dalam melakukan sinkronasi data. Selain itu, setiap interaksi lampu seperti lampu menyala harus tercatat dalam hitungan milidetik untuk mecegah ketidakakuratan data stok.

2.3.2 Kode Etik

Kode etik yang digunakan sekaligus dipatuhi dalam perancangan dan penulisan tugas akhir ini adalah sebuah perjanjian dan komitmen antara perusahaan dan peneliti untuk dapat menjaga dan tidak menyebarluaskan berbagai data perusahaan yang digunakan dan diperoleh untuk penelitian. Selain itu, selama penelitian berlangsung diwajibkan untuk dapat mengikuti dan menaati berbagai macam kebijakan yang berlaku di perusahaan, seperti kebijakan berpakaian, kebijakan dala menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) serta kebijakan lain dalam bekerja yang harus diterapkan.