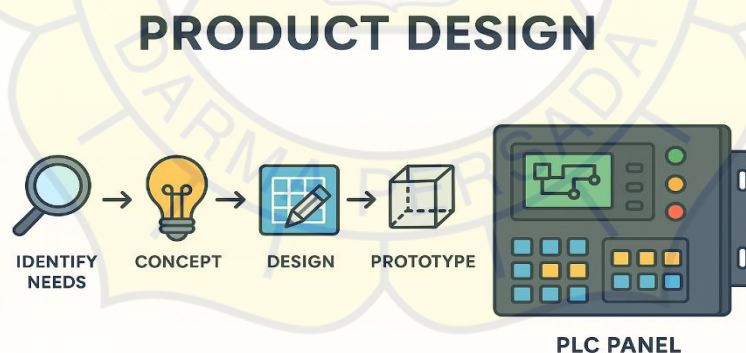


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Perancangan Produk

Perancangan produk merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pengembangan produk, di mana ide atau konsep produk diwujudkan menjadi bentuk nyata yang dapat diproduksi dan digunakan oleh konsumen. Berdasarkan Perancangan produk dengan limbah ini dijadikan model untuk pemberdayaan industri kreatif masyarakat daerah penghasil kerajinan tempat air mineral gelas metode perancangan yang digunakan adalah metode *design thinking*. *Output* yang dihasilkan adalah berupa desain produk yang fungsional dan dekoratif (Zainudin & Susila, 2021). Proses ini mencakup pemilihan material, bentuk, ukuran, warna, serta karakteristik teknis yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kemampuan perusahaan. Perancangan produk tidak hanya berfokus pada aspek estetika, tetapi juga mencakup fungsi, ergonomi, keamanan, dan kemudahan penggunaan. Oleh karena itu, kegiatan perancangan produk harus mengintegrasikan antara faktor teknis, fungsional, dan emosional agar produk yang dihasilkan memiliki nilai tambah dan daya saing di pasar.



**Gambar 2. 1** Perancangan Produk Panel

Dalam konteks industri modern, seperti pembuatan panel. *Programmable Logic Controller* (PLC) di PT. XYZ, perancangan produk mencakup penyusunan sistem kontrol, pemilihan komponen elektronik, tata letak panel, serta kemudahan instalasi dan pemeliharaan. Semua aspek tersebut harus dirancang berdasarkan

prinsip *user-centered design*, yaitu memperhatikan kebutuhan dan kenyamanan pengguna dalam pengoperasian produk.

### **2.1.1 Pengembangan Produk**

Pengembangan produk merupakan proses mencari inovasi guna menambah nilai terhadap produk lama dan mengkonversikannya ke dalam bentuk produk tersebut. Melalui pengembangan produk, dapat memungkinkan sebuah perusahaan untuk membuat produk baru sebelum daya jual produk lama menurun (Junianto et al., 2024). pengembangan produk adalah serangkaian aktivitas yang dimulai dari identifikasi peluang pasar, perumusan konsep produk, perancangan, hingga peluncuran ke pasar. Kegiatan ini memerlukan integrasi antara berbagai fungsi seperti pemasaran, desain, teknik, dan produksi.

Dalam konteks industri modern, pengembangan produk menjadi faktor penting dalam keberhasilan perusahaan menghadapi persaingan. Perusahaan yang mampu berinovasi dan mengembangkan produknya dengan cepat akan memiliki keunggulan kompetitif yang lebih kuat (Tjiptono, 2019). Oleh karena itu, proses pengembangan produk harus dilakukan secara terencana, terukur, dan berorientasi pada kebutuhan pelanggan.

### **2.1.2 Klasifikasi Pengembangan Produk**

Menurut (Ulrich & Eppinger, 2020) pengembangan produk dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis berdasarkan tujuan, tingkat inovasi, serta strategi bisnis yang digunakan. Klasifikasi ini membantu perusahaan dalam menentukan pendekatan dan sumber daya yang tepat untuk setiap jenis proyek pengembangan. Secara umum, klasifikasi pengembangan produk dapat dibagi menjadi enam kategori utama, yaitu:

#### **1. Pengembangan Produk Baru**

Jenis ini berfokus pada penciptaan produk yang benar-benar baru dan belum pernah ada di pasar. Pengembangan produk baru bertujuan untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang belum terpenuhi dan memberikan keunggulan kompetitif melalui inovasi radikal. Contohnya, pengembangan teknologi panel PLC baru dengan sistem kendali berbasis *IoT (Internet of Things)* untuk mendukung konsep *smart industry*.

## 2. Perbaikan atau Penyempurnaan Produk

Klasifikasi ini mencakup kegiatan memperbaiki produk yang sudah ada agar memiliki kualitas, fitur, atau efisiensi yang lebih baik. Pengembangan tipe ini dilakukan untuk mempertahankan daya saing serta meningkatkan kepuasan pelanggan terhadap produk yang telah ada. Misalnya, penyempurnaan desain panel PLC agar lebih ergonomis dan hemat energi.

## 3. Pengembangan Lini Produk

Pengembangan lini produk dilakukan dengan menambahkan varian baru pada produk yang sudah ada, seperti ukuran, model, atau fitur tambahan. Tujuannya untuk menjangkau segmen pasar baru tanpa mengubah konsep dasar produk, strategi ini efektif dalam memperluas segmen pasar dengan risiko yang lebih kecil dibandingkan pengembangan produk baru.

## 4. *Repositioning* Produk

Klasifikasi ini melibatkan perubahan persepsi pasar terhadap produk yang sudah ada dengan menyesuaikan kembali strategi pemasaran, desain, atau target pengguna. *Repositioning* dilakukan apabila produk lama masih memiliki potensi pasar tetapi perlu disesuaikan dengan tren dan kebutuhan baru. Misalnya, PLC konvensional yang dikembangkan menjadi sistem kontrol ramah lingkungan.

## 5. Pengembangan Produk Turunan

Jenis ini menghasilkan produk turunan dari produk utama yang sudah ada. Biasanya dilakukan dengan melakukan modifikasi minor pada desain atau fungsi untuk memenuhi kebutuhan pasar tertentu. Contohnya, pembuatan panel PLC versi mini untuk industri skala kecil.

## 6. Pengembangan produk *platform*

Pengembangan *platform* berfokus pada pembuatan struktur dasar *platform* yang dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai varian produk. Strategi ini mengutamakan efisiensi biaya dan waktu produksi karena setiap varian produk berbagi komponen inti yang sama. Misalnya, pengembangan sistem panel PLC modular yang dapat disesuaikan untuk berbagai tipe mesin industri.

Klasifikasi pengembangan produk memberikan arah strategis bagi perusahaan dalam merancang dan meluncurkan produk baru atau memperbarui produk yang telah ada. Pemilihan jenis pengembangan harus mempertimbangkan kondisi pasar, kemampuan teknologi, serta sumber daya perusahaan. Dengan memahami klasifikasi ini, perusahaan seperti PT. XYZ dapat menentukan strategi yang paling efektif untuk mengembangkan produk panel PLC yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan dan dinamika industri otomasi.

### **2.1.3 Tujuan Pengembangan Produk**

Tujuan utama pengembangan produk adalah menciptakan nilai tambah bagi konsumen dan perusahaan. Menurut (Kotler & Armstrong, 2018), tujuan pengembangan produk mencakup peningkatan kepuasan pelanggan, perluasan pasar, dan pencapaian pertumbuhan bisnis yang berkelanjutan. Selain itu, pengembangan produk juga bertujuan untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan bisnis, seperti perkembangan teknologi dan perubahan tren konsumen. Dengan melakukan inovasi produk, perusahaan dapat mengantisipasi kebutuhan pasar di masa depan dan menjaga eksistensi merek dalam jangka panjang.

Dalam sektor industri manufaktur, pengembangan produk juga berfungsi untuk meningkatkan efisiensi proses produksi dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Hal ini penting agar produk tidak hanya unggul secara fungsional, tetapi juga ekonomis dan mudah diproduksi.

### **2.1.4 Tahapan Pengembangan Produk**

Menurut (Ulrich & Eppinger, 2020) proses pengembangan produk umumnya terdiri dari enam tahap, yaitu:

1. Pencarian ide, pada tahap ini, ide-ide baru dikumpulkan dari berbagai sumber seperti pelanggan, pesaing, karyawan, maupun penelitian internal perusahaan. Ide yang dihasilkan biasanya bersifat mentah dan masih perlu dilakukan penyaringan agar sesuai dengan visi perusahaan.
2. Pengembangan konsep dan pengujian Pada tahap ini, ide yang telah disaring diubah menjadi konsep produk yang lebih konkret, kemudian diuji kepada kelompok konsumen untuk memperoleh umpan balik. Hasil pengujian ini

membantu perusahaan memahami apakah konsep tersebut dapat diterima pasar atau perlu revisi.

3. Analisis bisnis, yang mencakup perhitungan biaya produksi, proyeksi laba, dan potensi risiko. Analisis bisnis menjadi penting agar perusahaan tidak hanya fokus pada aspek teknis produk, tetapi juga memastikan keberlanjutan finansial dari proyek tersebut.
4. Pengembangan produk, yaitu proses mengubah konsep menjadi bentuk fisik. Pada tahap ini, dilakukan pembuatan prototipe, pengujian fungsi, dan perbaikan desain. Tujuan utamanya adalah memastikan produk yang dibuat memiliki performa dan kualitas sesuai standar.
5. Uji pasar. Pengujian pasar dilakukan dengan memperkenalkan produk dalam skala kecil untuk melihat respon konsumen dan perilaku pembelian sebelum diluncurkan secara massal. Uji ini membantu perusahaan dalam memperbaiki kekurangan produk serta strategi pemasaran.
6. *Komersialisasi*, yaitu peluncuran produk ke pasar secara luas. Pada tahap ini, perusahaan melakukan perencanaan produksi, distribusi, promosi, serta strategi harga agar produk dapat diterima dengan baik oleh konsumen. Tahapan ini merupakan puncak dari keseluruhan proses pengembangan produk yang menuntut koordinasi antara berbagai divisi dalam perusahaan.

Setiap tahap saling berkaitan dan memerlukan kolaborasi lintas divisi agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas dan ekspektasi pasar. Keberhasilan pengembangan produk sangat ditentukan oleh kecepatan dan ketepatan dalam menjalankan setiap tahap tersebut.

Selain itu, pendekatan *design thinking* kini juga sering diterapkan dalam proses pengembangan produk. Metode ini menekankan pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna melalui tahapan empati, definisi masalah, ideasi, pembuatan *prototipe*, dan pengujian. Pendekatan ini membantu tim pengembang menghasilkan produk yang lebih inovatif dan relevan dengan kebutuhan pengguna.

### 2.1.5 Faktor Pengembangan Produk

Beberapa faktor yang memengaruhi keberhasilan pengembangan produk antara lain adalah:

1. Faktor pasar dan konsumen kebutuhan dan preferensi konsumen menjadi faktor utama dalam pengembangan produk. Perubahan tren, selera, dan gaya hidup masyarakat menuntut perusahaan untuk berinovasi secara terus-menerus. keberhasilan produk baru sangat ditentukan oleh seberapa baik perusahaan memahami kebutuhan konsumen dan mampu memberikan solusi melalui produk yang relevan. Oleh karena itu, riset pasar yang mendalam diperlukan untuk memperoleh wawasan mengenai perilaku konsumen dan peluang pasar.
2. Faktor teknologi kemajuan teknologi memiliki pengaruh besar terhadap proses pengembangan produk. Teknologi baru memungkinkan perusahaan untuk menciptakan produk dengan kualitas lebih tinggi, biaya lebih efisien, dan waktu produksi yang lebih singkat. Menyatakan bahwa integrasi teknologi dalam proses desain dan manufaktur dapat mempercepat inovasi serta meningkatkan daya saing produk di pasar *global*. Selain itu, pemanfaatan teknologi digital juga mendukung pengujian dan simulasi produk sebelum diproduksi massal.
3. Faktor organisasi dan sumber daya kapasitas internal perusahaan seperti keahlian tenaga kerja, fasilitas produksi, dan dukungan manajemen sangat menentukan keberhasilan pengembangan produk. Pengembangan produk yang efektif memerlukan koordinasi lintas fungsi antara bagian pemasaran, desain, produksi, dan keuangan. Kekurangan dalam sumber daya manusia atau fasilitas dapat menghambat proses inovasi dan memperlambat waktu peluncuran produk.
4. Faktor kompetisi persaingan bisnis yang ketat juga menjadi pendorong beradaptasi dengan perubahan strategi pesaing, baik dari segi fitur produk, harga, maupun pelayanan, inovasi produk merupakan salah satu strategi untuk mempertahankan posisi kompetitif di pasar. Dengan terus melakukan pengembangan, perusahaan dapat menghadirkan nilai tambah yang sulit ditiru oleh pesaing.

5. Faktor regulasi dan lingkungan aspek hukum dan lingkungan turut memengaruhi arah pengembangan produk. Perusahaan harus memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar keamanan, kesehatan, dan keberlanjutan lingkungan. Kepatuhan terhadap regulasi pemerintah dan tuntutan konsumen terhadap produk ramah lingkungan semakin mendorong perusahaan untuk berinovasi secara bertanggung jawab.

Secara keseluruhan, faktor-faktor yang memengaruhi pengembangan produk saling berkaitan satu sama lain. Kombinasi antara pemahaman kebutuhan konsumen, pemanfaatan teknologi, kesiapan sumber daya, strategi menghadapi kompetisi, dan kepatuhan terhadap regulasi akan menentukan keberhasilan sebuah produk di pasar. Dengan mengelola faktor-faktor tersebut secara seimbang, perusahaan dapat menciptakan produk yang tidak hanya inovatif tetapi juga berkelanjutan dan bernilai bagi pelanggan.

## **2.2 Design Thinking**

*Design thinking* merupakan metode dengan suatu proses berpikir komprehensif yang berkonsentrasi untuk menciptakan peluang pasar dan solusi, diawali dengan proses empati terhadap suatu kebutuhan tertentu yang berpusat pada manusia (*human centered*) menuju suatu inovasi berkelanjutan berdasarkan kebutuhan penggunaannya (Brown, 2009). Dalam prosesnya, *design thinking* menggunakan *human centered approach* yang ditujukan untuk dapat memahami permasalahan ataupun kebutuhan yang dimiliki oleh pengguna.

Menurut *interaction design foundation*, *design thinking* adalah proses iteratif yang di mana berusaha memahami pengguna, menjawab asumsi, dan mendefinisikan kembali masalah dalam upaya mengidentifikasi strategi dan solusi alternatif yang mungkin tidak langsung terlihat dengan tingkat pemahaman awal. Pada saat yang sama, *design thinking* memberikan pendekatan berbasis solusi untuk menyelesaikan masalah (Soegaard, 2018).

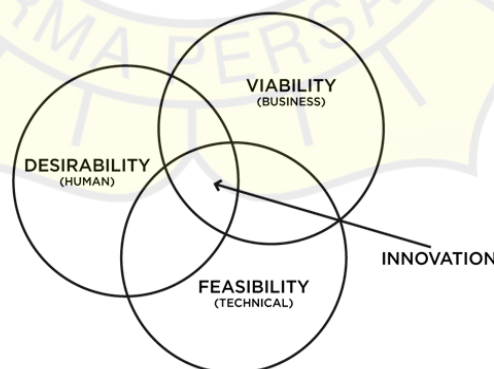
Dalam konteks industri otomasi seperti PT. XYZ *design thinking* membantu tim pengembang memahami kebutuhan pengguna akhir (operator mesin, teknisi, maupun manajer produksi) dalam merancang panel *Programmable Logic Controller (PLC)* yang lebih ergonomis, mudah digunakan, dan efisien. Pendekatan ini menjembatani kesenjangan antara aspek teknis dan kebutuhan

manusia, sehingga produk yang dihasilkan tidak hanya memenuhi fungsi teknis, tetapi juga meningkatkan pengalaman pengguna *user experience*.

### 2.2.1 Konsep *Design Thinking*

*Design thinking* memiliki 3 ruang proses dalam pembentukan inovasi dengan baik. Ketiga ruang tersebut adalah *inspiration*, *ideation* dan *implementation* (Brown, 2009). Ketiga ruang proses dalam *design method* ini bersifat iteratif dan memiliki proses eksplorasi dalam meninjau penemuan yang terus berkelanjutan. Berikut tiga proses dalam *design thinking*:

1. *Inspiration* adalah proses pemahaman adanya masalah atau peluang yang memotivasi kondisi sekitar untuk mencari solusi. Biasanya hal ini dilakukan sedang berjalan saat ini. Dari hal tersebut nantinya memungkinkan untuk menjadi peluang yang bisa menjadi sumber inovasi.
2. *Ideation* pengujian untuk bisa dilakukan perbaikan ataupun persiapan hingga diluncurkan sebagai sebuah produk atau jasa. Proses pengujian ide bisa dilakukan secara terus menerus dengan melakukan proses pengulangan hingga mendapatkan hasil yang terbaik.
3. *Implementation* merupakan tahapan untuk merancang dan mengimplementasikan solusi yang telah dihasilkan ke dalam pasar nyata. Pada tahap ini, pengujian biasanya dilakukan menggunakan prototipe sebagai representasi dari produk akhir. Secara umum, produk sudah dapat dirilis secara terbatas agar memperoleh umpan balik langsung dari pengguna.



**Gambar 2. 2** Konsep *Design Thinking*

Melalui proses iterasi yang dilakukan secara tepat dan berkelanjutan, kualitas produk dapat terus ditingkatkan dibandingkan versi sebelumnya. Namun,

perlu diperhatikan bahwa faktor waktu dan biaya menjadi pertimbangan penting dalam menentukan sejauh mana proses iterasi dapat dilakukan secara efektif. Ketiga tahapan utama dalam proses ini dapat digambarkan secara visual untuk memperjelas hubungan antara perencanaan, implementasi, dan evaluasi hasil pengembangan produk.

### 2.2.2 Tahapan *Design Thinking*

Dalam metode ini terdapat 5 tahapan proses yang memungkinkan kita untuk memperoleh keluaran yang inovatif. Tahapan ini bertujuan untuk menggali kebutuhan pengguna dan mengetahui spesifikasi produk yang tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Hasso Plattner, 2010).



**Gambar 2. 3** Tahapan *Design Thinking*

Melalui proses *design thinking* peneliti dimotivasi untuk menempatkan dirinya sebagai pengguna untuk memaharni secara spesifik karakter dari pengguna yang ada yang menjadikan proses perancangan sesuai dengan pengguna butuhkan serta membantu pengguna dalam mencapai tujuannya, tahapan diantaranya sebagai berikut:

1. *Empathy* fokus terhadap manusia pengguna yang akan menggunakan produk ini adalah langkah awal yang dilakukan dalam perancangan produk dengan melakukan *user research* dimana memahami kebutuhan pengguna. *Empathy* sangat diperlukan karena mengetahui apa yang dipikirkan, dikatakan dirasakan serta dilakukan oleh pengguna agar perancangan produk sesuai dengan kebutuhan pengguna. *Observasi* merupakan salah satu cara dalam mengamati dan melihat pengguna berdasarkan kehidupan sehari-hari mereka untuk mengamati kebutuhan pengguna. Dalam tahap *user interview* atau bisa juga dengan survey dapat dilakukan proses bertanya terhadap pengguna agar

pengguna menceritakan pandangan mereka terhadap kebutuhan yang mereka inginkan. Hal ini dilakukan agar proses pemenuhan kebutuhan terkait dengan pengalaman *user*, dapat diketahui dan dengan proses yang ada pada *empathy* akan mendapatkan *empathy map*.

2. *Define* setelah tahap *empathy* dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data yang relevan, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan yang dialami oleh pengguna berdasarkan hasil pengelompokan data tersebut. Pada tahap ini, desainer perlu menganalisis dan menggambarkan perspektif pengguna yang akan menjadi landasan dalam pengembangan produk. Proses ini dapat dilakukan dengan menyusun daftar kebutuhan pengguna (*user needs list*) serta memanfaatkan pemahaman tentang kondisi dan situasi yang sedang berlangsung untuk memastikan solusi yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna.
3. *Ideate* setelah menyelesaikan tahap *empathy* dan *define*, langkah berikutnya adalah memasuki tahap *ideate*. Tahapan ini berfokus pada proses menentukan serta mengidentifikasi berbagai alternatif solusi berdasarkan pemahaman terhadap kebutuhan dan permasalahan pengguna yang telah dianalisis sebelumnya. Fase *ideate* sering disebut juga sebagai tahap pengembangan ide atau *brainstorming*, di mana berbagai gagasan kreatif dikembangkan tanpa batasan. Pada tahap ini, sebanyak mungkin ide dihasilkan karena setiap ide dianggap memiliki potensi dan nilai tersendiri. Proses ini mendorong tim untuk berpikir secara kreatif dan terbuka, guna menemukan berbagai kemungkinan solusi yang inovatif terhadap permasalahan yang dihadapi.
4. *Prototype* pada tahap *prototype*, dilakukan proses visualisasi dari solusi yang telah dirancang serta penentuan kemungkinan skenario penggunaan oleh pengguna. Tahapan ini biasanya diawali dengan pembuatan sketsa atau rancangan alur produk, yang kemudian dikembangkan menjadi bentuk visual yang lebih konkret dan interaktif. Selanjutnya, prototipe tersebut diuji coba untuk memperoleh masukan langsung dari pengguna. Berdasarkan hasil pengujian, desainer dapat melakukan perbaikan atau penyempurnaan desain melalui proses iterasi pada tahap *testing*, sehingga dapat diketahui bagaimana respon dan pengalaman pengguna terhadap produk yang dikembangkan.

5. Test tahap *testing* merupakan proses pengujian prototipe secara langsung kepada pengguna untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan dan mudah digunakan. Dalam tahap ini, pengujian dapat dilakukan melalui metode *usability testing*, yaitu dengan membuat skenario penggunaan yang menggambarkan situasi nyata sesuai kebutuhan pengguna. Melalui pengujian tersebut, dapat diketahui sejauh mana pengguna mampu menyelesaikan tugas atau permasalahan menggunakan produk tersebut, serta apakah terdapat kendala atau kesulitan yang dialami selama proses penggunaan. Hasil dari tahap ini menjadi dasar untuk melakukan penyempurnaan produk agar lebih efektif dan *user-friendly*.

### 2.2.3 Design Thinking Dalam Pengembangan Produk

*Design thinking* memiliki peran penting dalam mendorong inovasi industri, terutama pada sektor manufaktur dan otomasi. (Ulrich & Eppinger, 2020) menyebutkan bahwa pendekatan ini mampu menggabungkan aspek teknis, estetika, dan psikologis dalam satu proses desain yang berorientasi pada pengguna.

Dalam industri panel kontrol, penerapan *design thinking* membantu perusahaan untuk:

1. Mengidentifikasi kebutuhan pengguna akhir sejak awal proses desain.
2. Mengurangi risiko kesalahan produk melalui pengujian dini *prototyping*.
3. Mempercepat waktu pengembangan produk dengan proses iteratif.
4. Menghasilkan produk yang lebih ergonomis, aman, dan efisien.

Keterlibatan langsung pengguna dalam setiap tahap pengembangan memungkinkan perusahaan memahami konteks penggunaan produk secara nyata, bukan hanya berdasarkan asumsi teknis.

## 2.3 Programmable Logic Controller (PLC)

*Programmable Logic Controller* atau yang sering disingkat dengan PLC seringkali kita temui beberapa tahun terakhir. Pada mulanya alat ini digunakan untuk menggantikan sistem kontrol berbasis *relay* yang tidak *fleksibel* dan mahal. *Programmable Logic Controller*, menunjukkan kemampuan untuk menyimpan

program yang telah dibuat ke dalam *memory*, yang dengan mudah dapat diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.



**Gambar 2. 4** *Programmable Logic Controller*

*Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan. PLC mampu mengerjakan suatu proses terus menerus sesuai variabel masukan dan memberikan keputusan sesuai keinginan pemrograman sehingga nilai keluaran tetap terkontrol.

### **2.3.1 Konsep Programmable Logic Controller (PLC)**

*Programmable Logic Controller (PLC)* adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengontrol dan mengotomatisasi proses industri. Menurut (Bolton, 2015). PLC merupakan komputer industri yang dirancang khusus untuk melakukan operasi logika secara berurutan berdasarkan sinyal input dan output yang diterima dari sistem. PLC banyak digunakan dalam sistem otomasi karena keandalannya, fleksibilitas, serta kemampuannya dalam menangani lingkungan industri yang keras.

Dalam pengembangan panel kontrol, PLC menjadi komponen utama yang mengatur kerja mesin, sensor, dan aktuator. Menurut (Petruzella, 2017) fungsi PLC tidak hanya terbatas pada kontrol sederhana, tetapi juga mencakup pemantauan proses, pengumpulan data, serta komunikasi antar perangkat industri. Oleh karena itu, pemilihan jenis PLC yang tepat dan desain panel yang sesuai sangat penting untuk mencapai performa optimal.

Secara umum, PLC terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

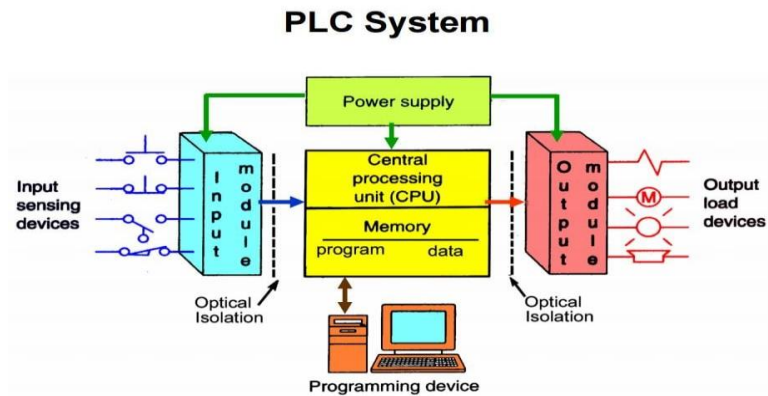
1. *Central processing unit (CPU)* sebagai otak sistem yang mengeksekusi instruksi program dan mengontrol seluruh operasi PLC.

2. *Memory* tempat menyimpan program logika dan data operasional.
3. *Input atau output module (I/O)* berfungsi sebagai penghubung antara PLC dengan perangkat luar seperti sensor (*input*) dan aktuator (*output*).
4. *Power supply* menyediakan daya listrik bagi komponen internal PLC.
5. *Programming device* digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah program ke dalam CPU PLC.

Menurut (Rahmat & Susanto, 2021) salah satu keunggulan utama PLC adalah kemampuannya untuk diprogram ulang, *reprogrammable*, sehingga sistem kontrol dapat diubah atau dikembangkan tanpa perlu merombak perangkat keras. Hal ini menjadikan PLC sebagai solusi yang fleksibel dan ekonomis dalam dunia otomasi industri. Dalam penerapannya, PLC banyak digunakan dalam sistem kontrol mesin, lini perakitan, sistem pengemasan, pengolahan air, hingga sistem transportasi otomatis. Dengan kemampuan integrasi terhadap perangkat lunak SCADA dan HMI, PLC mampu memberikan tampilan pemantauan yang interaktif dan mendukung konsep *Industry 4.0* melalui konektivitas dan data *driven Control* (Wijaya, 2023). Secara keseluruhan, PLC bukan hanya sekadar alat pengendali otomatis, tetapi juga menjadi pusat kecerdasan dalam sistem otomasi modern yang berperan penting dalam meningkatkan produktivitas, keselamatan, dan efisiensi proses industri.

### **2.3.2 Prinsip Kerja PLC**

Menurut (Petruzella, 2017) prinsip kerja PLC dimulai dari pembacaan sinyal masukan *input scan*, kemudian data tersebut diproses sesuai logika program yang tersimpan *program scan*, dan hasilnya dikirim ke perangkat keluaran *output update*. Proses ini berlangsung secara berulang dalam satu siklus yang disebut *scan cycle*.



**Gambar 2. 5** Prinsip kerja PLC

Secara umum, siklus kerja PLC dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Input scan* PLC membaca status dari semua perangkat *input* (*sensor, tombol, limit switch, dll*).
2. *Program execution* CPU menjalankan program logika berdasarkan *input* yang diterima dan menghasilkan keputusan *logic*.
3. *Output update* PLC mengirimkan sinyal ke perangkat output untuk mengaktifkan atau menonaktifkan peralatan sesuai hasil eksekusi program.
4. *Internal check* sistem melakukan pemeriksaan terhadap kesalahan logika dan kondisi kerja PLC.

### 2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan PLC

Dalam industri yang ada sekarang ini, kehadiran PLC sangat dibutuhkan terutama untuk menggantikan sistem *wiring* atau pengkabelan yang sebelumnya masih digunakan dalam mengendalikan suatu *sistem*. Dengan menggunakan PLC akan diperoleh banyak keuntungan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Fleksibel, tiap perangkat elektronik yang berbeda dikendalikan dengan pengendalinya masing-masing. Misal sepuluh mesin membutuhkan sepuluh pengendali, tetapi kini hanya dengan satu PLC kesepuluh mesin tersebut dapat dijalankan dengan programnya masing-masing.
2. Perubahan dan pengkoreksian kesalahan sistem lebih mudah. Bila salah satu sistem akan diubah atau dikoreksi maka pengubahannya hanya dilakukan pada program yang terdapat di komputer, dalam waktu yang relatif singkat, setelah

itu didownload ke PLC nya. Apabila tidak menggunakan PLC, misalnya *relay* maka perubahannya dilakukan dengan cara mengubah pengkabelannya. Cara ini tentunya memakan waktu yang lama.

Selain keuntungan yang telah disebutkan di atas maka ada kerugian yang dimiliki oleh PLC, yaitu:

1. Teknologi yang masih baru, perubahan sistem kontrol lama yang menggunakan *ladder* atau *relay* ke konsep komputer PLC merupakan hal yang sulit bagi sebagian orang.
2. PLC dapat mencakup beberapa fungsi sekaligus. Pada aplikasi dengan satu fungsi jarang sekali dilakukan perubahan bahkan tidak sama sekali, sehingga penggunaan PLC pada aplikasi dengan satu fungsi akan memboroskan biaya.

#### **2.3.4 Peran PLC dalam Otomasi Industri**

Perkembangan teknologi otomasi telah membawa perubahan signifikan terhadap sistem produksi industri modern. Salah satu komponen kunci dalam penerapan sistem otomasi tersebut adalah *Programmable Logic Controller (PLC)*. PLC berperan sebagai pusat pengendalian *Control center* yang berfungsi untuk mengatur, memantau, dan mengotomatisasi proses kerja mesin-mesin industri agar berjalan secara efisien, aman, dan konsisten (Bolton, 2015).

Dari sisi efisiensi energi, PLC juga berkontribusi signifikan dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya. PLC dapat mengatur kecepatan motor sesuai kebutuhan proses, sehingga konsumsi energi dapat ditekan tanpa mengorbankan produktivitas (Tjandra & Lestari, 2022). Dengan adanya kemampuan ini, perusahaan dapat menekan biaya operasional sekaligus menerapkan prinsip keberlanjutan energi *energy efficiency* dalam operasionalnya.

Secara keseluruhan, PLC dapat dianggap sebagai elemen utama dalam mewujudkan sistem otomasi industri yang cerdas, efisien, dan berkelanjutan. Peran PLC bukan hanya sebagai pengendali proses, tetapi juga sebagai penghubung antara sistem fisik dan digital yang memungkinkan terciptanya lingkungan industri berbasis data, *data-driven manufacturing* sesuai arah transformasi menuju *smart factory*.

## 2.4 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

*Failure mode and effect analysis* (FMEA) merupakan sebuah metode dengan menggunakan pendekatan sistematis dan menerapkan teknik pentabelan untuk membantu proses dalam pemikiran yang digunakan oleh engineers. Penerapan metode ini digunakan dalam mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan dampak yang ditimbulkan. Prosedur dari penerapan FMEA ini dilakukan dengan mencari nilai dari perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) dengan meminimumkan resiko kegagalan dengan mengurangi pencapaian nilai *severity*, *occurance*, dan meningkatkan kemampuan *Detection* yang dapat dijelaskan di bawah ini:

### 2.4.1 Severity

Merupakan penilaian yang berhubungan dengan seberapa besar kemungkinan terjadinya dampak yang timbul akibat adanya kegagalan atau kecacatan yang terjadi.

**Tabel 2. 1 Severity**

Rating	Severity	Kriteria
1	<i>Very Low</i>	Dampak sangat kecil, tidak memengaruhi proses utama, hampir tidak terasa.
2	<i>Low</i>	Dampak kecil, ada gangguan ringan namun pekerjaan tetap berjalan.
3	<i>Medium</i>	Dampak sedang, sebagian proses terganggu dan perlu penanganan.
4	<i>High</i>	Dampak besar, proses utama terganggu dan perlu segera ditangani.
5	<i>Critical</i>	Dampak sangat besar/kritis, sistem atau operasional terhenti total

*Severity* juga merupakan tahapan pertama dalam mengetahui tingkat bahaya yang akan terjadi pada output yang dihasilkan. Menentukan nilai *severity* dan peringkatnya, tim harus saling sepakat dan menerapkannya secara terus menerus. Mode kesalahan dengan peringkat 1 tidak harus dianalisis lebih lanjut, tetapi ketika nilai lebih besar maka tingkat kepentingan untuk dianalisis semakin besar.

### 2.4.2 Occurrence

pada bagian ini akan dilakukan sebuah pengukuran yang didasari intensitas atau tingkat kejadian tersebut dimana dari penyebab tersebut akan menimbulkan sebuah kegagalan. Kemungkinan dari peringkat *occurrence* memiliki makna relatif daripada nilai absolut. Pada penilaian *occurrence* diawali dari skala satu sampai dengan lima yang mana peringkat tersebut konsisten dan terus berlangsung. Kesalahan yang terjadi digunakan untuk menunjukkan jumlah kesalahan yang diperkirakan selama proses. Dari beberapa kasus tertentu, untuk penilaian subjektif dapat digunakan deskripsi kata pada kolom sebelah kiri bersamaan dengan masukan sumber pengetahuan yang tepat untuk memperkirakan peringkat

**Tabel 2. 2 Occurrence**

Rating	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini.
2	<i>Mild severity</i> (pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler.
3	<i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat.
4	<i>High severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akan merasakan akibat buruk yang akan diterima, berada diluar batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan sangat mahal.
5	<i>Potential safety problems</i> (masalah keamanan potensial). Akibat yang di timbulkan sangat berbahaya dan berpengaruh terhadap keselamatan pengguna. Bertentangan dengan hukum.

### 2.4.3 Detection

Merupakan peringkat yang berhubungan dengan *Control* deteksi ketelitian. Peringkat yang terdapat pada *Detection* termasuk kedalam peringkat relatif dalam lingkup FMEA. Untuk mencapai peringkat yang lebih rendah, perlu dilakukannya peningkatan dalam hal *Control* deteksi yang sudah direncanakan. Namun ketika terjadi lebih dari satu *Control* yang mampu untuk diidentifikasi, maka dianjurkan

didalam peringkat deteksi setiap kontrol dimasukan sebagai bagian dari deskripsi kontrol. Seperti misalnya terjadi suatu kesalahan dan kemudian mulai menilai kemampuan dari keseluruhan proses kontrol saat ini untuk melakukan pencegahan pada bagian yang mendapati kesalahan. Pemeriksaan dari segi kualitas secara acak, tidak mungkin untuk mendeteksi kesalahan yang terisolasi dan tidak seharusnya mempengaruhi peringkat *Detection*.

**Tabel 2. 3 Detection**

Rating	Kriteria
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab muncul.
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah.
3	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi.
4	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif, penyebab masih berulang Kembali.
5	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.

#### 2.4.4 Risk Priority Number

Merupakan pengukuran resiko relatif dengan melakukan perhitungan antara nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*. Nilai batasan didalam FMEA hanya terdapat skor atau penilaian dimana semakin besar nilai maka semakin dominan dan dijadikan prioritas penyelesaian. Pengukuran dalam ambang batas RPN tidak disarankan dipraktikan untuk menentukan kebutuhan akan tindakan. Nilai RPN diasumsikan sebagai ukuran resiko relatif dan perbaikan yang berkelanjutan. Untuk mencari nilai RPN dapat dilihat rumus dan juga table dibawah ini.

$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

**Tabel 2. 4 Range FMEA**

Rating	Keterangan	Kriteria
1	<i>Very Low or none</i>	Kejadian sangat kecil/sedikit
2	<i>Low or minor</i>	Kinerja proses produksi yang berkurang
3	<i>Moderate</i>	Penurunan kinerja bertahap
4	<i>High</i>	Kehilangan fungsi/kendali
5	<i>Very High</i>	Kegagalan berbahaya terkait keamanan

## 2.5 Uji Validitas Dan Reliabilitas

Uji *validitas* merupakan suatu alat pengujian terhadap instrumen kuesioner yang dibentuk sedekimian rupa guna mengukur ketepatan, kecermatan dan sahnya suatu instrumen kuesioner (Kusuma, 2016). Selanjutnya menurut Ghozali (dalam Elsera, 2019) bahwa uji validitas dilakukan yang mempunyai tujuan untuk mengetahui tentang *validitas* data yang diperoleh dari pembagian kuesioner. Sah atau tidaknya suatu kuesioner dapat menjadi alasan digunakannya uji *validitas*. Valid ialah instrumen tersebut bisa digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur (Sugiyono, 2015).

Dasar yang digunakan dalam pengambilan keputusan adalah sebagai berikut

1. Jika  $r$  hitung  $>$   $r$  table pada tingkat  $\alpha = 5\%$ , maka variabel tersebut dapat dinyatakan valid.
2. Jika  $r$  hitung  $<$   $r$  table pada tingkat  $\alpha = 5\%$ , maka variabel tersebut dapat dinyatakan tidak valid.

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

**Keterangan:**

- $r_{xy}$  = koefisien korelasi antara skor item dan skor total
- $X$  = skor item pertanyaan
- $Y$  = skor total
- $n$  = jumlah responden

Tabel 2. 5 R Hitung

DF = n-2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
	r 0,005	r 0,05	r 0,025	r 0,01	r 0,001
1	0.9877	0.9969	0.9995	0.9999	1.0000
2	0.9000	0.9500	0.9800	0.9900	0.9990
3	0.8054	0.8783	0.9343	0.9587	0.9911
4	0.7293	0.8114	0.8822	0.9172	0.9741
5	0.6694	0.7545	0.8329	0.8745	0.9509
6	0.6215	0.7067	0.7887	0.8343	0.9249
7	0.5822	0.6664	0.7498	0.7977	0.8983
8	0.5494	0.6319	0.7155	0.7646	0.8721
9	0.5214	0.6021	0.6851	0.7348	0.8470
10	0.4973	0.5760	0.6581	0.7079	0.8233
11	0.4762	0.5529	0.6339	0.6835	0.8010
12	0.4575	0.5324	0.6120	0.6614	0.7800
13	0.4409	0.5140	0.5923	0.6411	0.7604
14	0.4259	0.4973	0.5742	0.6226	0.7419
15	0.4124	0.4821	0.5577	0.6055	0.7247
16	0.4000	0.4683	0.5425	0.5897	0.7084
17	0.3887	0.4555	0.5285	0.5751	0.6932
18	0.3783	0.4438	0.5155	0.5614	0.6788
19	0.3687	0.4329	0.5034	0.5487	0.6652
20	0.3598	0.4227	0.4921	0.5368	0.6524
21	0.3515	0.4132	0.4815	0.5256	0.6402
22	0.3438	0.4044	0.4716	0.5151	0.6287
23	0.3365	0.3961	0.4622	0.5052	0.6178
24	0.3297	0.3882	0.4534	0.4958	0.6074
25	0.3233	0.3809	0.4451	0.4869	0.5974
26	0.3172	0.3739	0.4372	0.4785	0.5880
27	0.3115	0.3673	0.4297	0.4705	0.5790
28	0.3061	0.3610	0.4226	0.4629	0.5703
29	0.3009	0.3550	0.4158	0.4556	0.5620
30	0.2960	0.3494	0.4093	0.4487	0.5541

Apabila suatu data dalam penelitian yang dilakukan terdapat data yang tidak valid, maka peneliti bisa melakukan tindakaperbaikan dengan cara mengganti struktur dan maksud kalimat.

Uji reliabilitas adalah suatu alat yang digunakan untuk menguji atau mengukur kepercayaan instrument kuesioner yang merupakan indikator dari variable atau konstruk yang berguna untuk mengetahui konsistensi alat ukur dan konsisten jika pengukuran tersebut diulang dari waktu ke waktu. Metode yang digunakan dalam uji reliabilitas merupakan metode alpha ( $\alpha$ ) dalam model *Cronbach Alpha*, yang

apabila variabel mempunyai nilai *Cronbach Alpha* ( $\alpha$ ) > 0,70 maka variabel tersebut bisa dikatakan reliable (Kusuma, 2016).

Menurut Ghozali (dalam Elsera, 2019) bahwa uji reliabilitas yang digunakan untuk mengukur kuesioner bisa dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Keterangan:

- $k$  = jumlah item pernyataan
- $\sigma_i^2$  = varians masing-masing item
- $\sigma_t^2$  = varians total skor

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan studi yang dilakukan oleh para ilmuwan dimasa lampau yang dapat ditemukan di berbagai jurnal ilmiah maupun karya ilmiah lain seperti skripsi. Sebelum melakukan proses penelitian proses penelitian dimulai, peneliti akan meninjau mencermati beberapa penelitian terdahulu yang relevan sebagai acuan atau landasan penelitian. Berikut table penelitian terdahulu sebagai referensi penelitian ini.

**Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu**

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil
1.	Pelatihan proses <i>Design Thinking</i> untuk pengembangan produk baru di kalangan mahasiswa teknik industri.	I Made Aryata, I Gede Marendra, Irmawan Afgani (2023)	<i>Design Thinking</i>	Pelatihan ini meningkatkan pemahaman peserta terhadap tahapan <i>Design Thinking</i> dan kemampuan mereka menerapkannya dalam pengembangan produk.
2	Pengembangan produk merchandise K-POP melalui pendekatan <i>Design Thinking</i> (5 tahap:	Annisa Kamil Lay yina & Ananda Sabil Hussein (2023)	<i>Design Thinking</i>	Hasil prototipe memenuhi kebutuhan pengguna (kolektor merchandise), menunjukkan

	empathize, define, ideate, prototype, test).			bahwa metodologi <i>Design Thinking</i> efektif dalam konteks produk spesifik.
3	Implementasi <i>Design Thinking</i> untuk strategi pengembangan produk kerajinan (craft industry) – studi pada perusahaan kriya.	Disha Dwi Yahya & Pusvita Yuana (2023)	<i>Design Thinking</i>	Model ini menghasilkan ide-produk kustom (ukuran, warna) yang sesuai dengan preferensi pelanggan, menunjukkan bahwa <i>Design Thinking</i> dapat diterapkan di industri kerajinan tradisional.

