

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Saifuddin (2009) dalam penelitiannya telah membuat purwarupa sistem kontrol *Automated Guided Vehicle* menggunakan perangkat lunak *Code Blocks*, dan *Visual Basic 6*. Dalam penelitiannya, penulis merancang sistem pengkabelan, bentuk, cara kerja, dan hasil tes program sistem kontrol. Penulisan ini difokuskan pada sistem kontrol purwarupa AGV dengan objektif pada mekanisme kerja pemuatan dan bongkar muat material sehingga mampu menyerupai AGV sebenarnya.

Martínez-Barberá & Herrero-Pérez (2010) dalam penelitiannya tentang penggunaan AGV di industri, meriset tentang pergerakan dan perencanaan rute gerak yang fleksibel pada *layout* gudang yang separuh terstruktur dan metode perpindahan palet dari purwarupa AGV yang dirancang. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti masalah yang dihadapi oleh AGV pada lingkungan industri yang baru dikembangkan ke arah otomasi. Kontrol AGV menggunakan PLC dan diterapkan pada *forklift* dan gudang yang aktual. AGV dirancang untuk meminimasi campur tangan operator saat melakukan aktifitas kerja pada lingkungan gudang. Penelitian ini diujikan pada lingkungan gudang yang aktual.

Penelitian oleh Jaiganesh dkk (2014) berjudul *Automated Guided Vehicle with Robotic Logistics System*. Dalam penelitiannya, dituliskan tentang hasil rancangan purwarupa AGV dengan sistem robot logistik yang dibuat untuk mengotomasi operasi pengangkutan dan pemindahan barang kustom yang terjadi di gudang sehingga penggunaan tenaga manusia dapat diminimalisir. Sistem AGV menggunakan basis pita magnet, yang cara kerjanya mirip dengan garis pandu, serta pembacaan orientasi arah menggunakan sensor proksimiti. Penggunaan AGV ini menggunakan lengan robot sebagai pelaksana eksekusi pengambilan barang. Pengisian daya secara otomatis menggunakan metode induksi.

Masykuri (2012) dalam penelitiannya membuat purwarupa AGV dengan kontrol yang berbasis chip Atmega16, dengan input berupa 8 buah sensor fotodioda dan 1 buah sensor ultrasonik. Basis pergerakan menggunakan perunut garis, dengan lintasan lurus sejauh 5 meter dari titik awal menuju pengambilan barang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain purwarupa AGV ideal yang

mampu bekerja sebagai media transportasi barang, mampu dengan optimal mengikuti jalur yang telah ditentukan.

Andika (2015) dalam penelitiannya membuat purwarupa *Automated Guided Vehicle* berbasis Nu-LB NUC140, yang notabene adalah program *Line Follower*. Hasil penelitiannya menunjukkan perhitungan waktu pergerakan yang dilakukan oleh purwarupa AGV ketika melakukan suatu kegiatan dengan menelusuri garis pandu. AGV dibuat sebagai purwarupa alat transportasi pada P.T. Primissima, sebagai pengantar barang antar stasiun kerja. AGV diujikan pada skala area kerja yang sebenarnya.

## **2.2. Penelitian Sekarang**

Penelitian saat ini adalah merancang dan membuat purwarupa sistem *Automated Guided Vehicle* (AGV) yang diintegrasikan dengan sistem informasi terpusat yang difungsikan sebagai alat peraga pembelajaran. Perancangan menunjukkan prioritas spesifikasi purwarupa, yang nantinya menjadi acuan utama saat pembuatan. Purwarupa AGV dikontrol dan dipantau secara *real time* oleh server pusat. Purwarupa ini juga bergerak pada jalur tempuh yang terpendek pada setiap proses kerja. Data yang dikirimkan oleh purwarupa AGV kepada sistem adalah data status kerja, perpindahan barang, posisi dan letak penyimpanan, hingga status daya, sehingga tidak diperlukan lagi adanya pencatatan manual setiap proses yang terjadi.

Tabel 2.1. Tabel Perbandingan Penelitian

No	Deskripsi	Penelitian					
		Mohd Safwan Bin Sayed Md Saifuddin, S. (2009)	Martínez-Barberá & Herrero-Pérez (2010)	Jaiganesh V. dkk(2014)	Masykuri , L. S. (2012)	Andika, F. (2015)	Lukito, H. Y. (2017)
1	Topik	<i>Development of Control System for Automated Guided Vehicle(AGV)</i>	<i>Autonomous Navigation of an Automated Guided Vehicle in Industrial Environments</i>	<i>Automated Guided Vehicle with Robotic Logistics System</i>	<i>Prototype Automated Guided Vehicle (AGV)</i>	Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali untuk Navigasi AGV	Perancangan dan Pembuatan Purwarupa <i>Automated Guided Vehicle</i> Terintegrasi Sistem Informasi pada Simulasi <i>Warehouse</i>
2	Basis pembuatan	- Kontrol Sistem dan Sirkuit Elektronik - Pemrograman <i>Code Block</i>	- <i>Partial Structured Warehouse</i>	- <i>Material Transfer Device</i>	- Proses Kerja AGV Aktual	- <i>Material Transfer Device</i>	- Alat Peraga Pembelajaran yang Menggambarkan Proses Kerja AGV Aktual. - Integrasi Server Pusat.

**Tabel 2.2. Tabel Lanjutan**

3	Tujuan	Membuat sistem kontrol AGV, sirkuit, pengkabelan dan menguji performa dari purwarupa.	Merancang jalur pergerakan AGV yang fleksibel, efektif dan efisien di sistem pergudangan pengembangan terotomasi.	Otomasi proses pemindahan barang kustom untuk meminimalisir kerja manusia.	Mendapatkan Desain sistem purwarupa AGV yang mampu bekerja sebagai alat transportasi barang dengan optimal, serta mampu mengindikasi gangguan pada jalur	Mendapatkan Rancangan AGV yang berbasis <i>Line Follower</i> dan mengimplementasikan program dan hasil pada Divisi Spinning PT. Primmisima.	Mendapatkan purwarupa AGV yang terintegrasi dengan sistem informasi yang dapat digunakan sebagai alat peraga pada pembelajaran di fakultas teknologi industri UAJY.
4	Bahasa Pemrograman	Visual Basic 6	PLC Ladder	PLC Ladder	C++	Nu-LB	C++
5	Hasil	Purwarupa AGV dan Sistem Kontrol	Sistem Gerak AGV fleksibel.	Purwarupa AGV dengan lengan robot.	Purwarupa AGV sederhana.	Purwarupa AGV sebagai media transportasi logistik perusahaan.	Purwarupa AGV terintegrasi Sistem Informasi sebagai alat peraga pembelajaran.

## 2.3. Dasar Teori

### 2.3.1. Gudang

Gudang adalah fasilitas yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan dan penyaluran barang dari pemasok, sampai ke pengguna. Faktor utama adanya fasilitas gudang adalah ketidakpastian jumlah permintaan. Oleh karena hal tersebut, maka dibutuhkan persediaan, baik untuk barang jadi maupun barang mentah, agar permintaan dapat dipenuhi.

### 2.3.2. Aktivitas Gudang

Aktivitas yang mendominasi di gudang lebih banyak pada kegiatan mencari, mengambil, menyiapkan, samai menyerahkan barang yang diminta (*order picking*), maka layout gudang perlu dibuat untuk memotret kelancaran seluruh kegiatan tersebut. Pada dasarnya desain layout gudang merupakan pengaturan tata letak yang mengikuti sistem operasi gudang (*order-picking system*) yang telah ditetapkan. Mula-mula diperlukan penetapan dimana posisi setiap kegiatan (penerimaan, pengambilan, penyimpanan, pemeriksaan, dan pengiriman) serta diperhatikan pula keterkaitan antar pihak-pihak tersebut.

#### 2.3.2.1. Aktivitas dasar

Adapun aktivitas dasar gudang yaitu sebagai berikut:

##### a. *Receiving (Unloading)*, yaitu:

- i. Penerimaan barang yang datang sesuai dengan aturan perusahaan atau gudang.
- ii. Manajemen bahwa kualitas dan kuantitas material sesuai dengan pesanan.
- iii. Penempatan material di gudang atau ke bagian atau departemen lain yang memerlukan.

##### b. *Putaway*

Aktivitas penempatan material atau produk yang telah dibeli di gudang. Termasuk aktivitas *material handling*, verifikasi lokasi material produk dan penempatan material atau produk tersebut.

c. Storage

Penyimpanan material sementara sambil menunggu material tersebut digunakan untuk proses selanjutnya atau dikirim kepada bagian yang memerlukan atau pelanggan. Metode penyimpanan dan penanganan produk atau material tergantung pada ukuran, kualitas, dan karakteristik produk atau material tersebut.

d. *Order Picking*

Proses pemindahan dari gudang untuk memenuhi permintaan tertentu. Proses ini merupakan wujud pelayanan gudang kepada para pemakai dan konsumennya.

e. *Shipping (Loading)*

f. *Finish goods* ke kendaraan dan siap untuk dikirim ke konsumen.

2.3.2.2. **Aktivitas Tambahan**

*Prepackaging*, merupakan aktivitas yang dilakukan apabila barang yang diterima dalam satuan *bulk* besar hendak disimpan dengan kemasan yang lebih kecil agar sesuai dengan kebutuhan dan keinginan perusahaan atau konsumen.

**2.3.3. Warehouse Management System**

*Warehouse Management System* atau dalam Bahasa Indonesia disebut Sistem Manajemen Pergudangan merupakan kunci utama dalam *supply chain* (rantai pasok), dimana yang menjadi tujuan utama adalah mengontrol segala proses yang terjadi di dalamnya. Proses yang umumnya berlangsung dalam suatu *Warehouse Management System* adalah:

a. *Shipping* (Pengiriman)

*Shipping* atau pengiriman adalah bagian penting dalam suatu rantai persediaan (*supply chain*) yang berfungsi dalam menyiapkan dan mengirimkan barang ke *customer*. Tidak hanya itu, *shipping* juga membahas mengenai transportasi yang digunakan, hal ini berhubungan dengan model transportasi apa yang dipakai agar

efektif dan efisien, baik dari sisi biaya, kecepatan waktu pengiriman dan ketepatan waktu (Yunarto, 2006).

b. *Receiving* (Penerimaan)

Secara umum, kegiatan yang dilakukan di bagian *receiving* (penerimaan) adalah menerima barang yang dikirim oleh *supplier*, mencocokkan antara surat jalan dari *supplier* dengan surat *purchasing order* dari bagian *purchasing* perusahaan. Selain itu, proses ini juga berperan memeriksa secara fisik barang yang diterima, termasuk perhitungan, pengukuran dan penimbangan, serta pengambilan sampel untuk memastikan kualitas barang yang diterima. Apabila telah sesuai, maka diberikan cap *received* sebagai tanda barang diterima, kemudian barang dapat dicek oleh user dan dialokasikan ke tempat penyimpanan. Sebelum dilakukan pemeriksaan dengan seksama oleh *user*, bagian *receiving* mengirimkan surat pemberitahuan barang datang ke *user*, setelah itu membuat berita acara pemeriksaan. Setelah tahap penerimaan dan pemeriksaan barang selesai, maka bagian *receiving* dapat menyerahkan barang yang telah memenuhi syarat tersebut kepada bagian pada *warehouse* lainnya.

c. Put Away/Stocking (Penyimpanan)

Penyimpanan (*stocking*) adalah proses penting yang perlu dikontrol dalam pengelolaan gudang, sebab proses ini berhubungan dengan kualitas dan pengambilan barang. *Put away* dan *let down* merupakan *aktivitas* penting dalam penyimpanan barang di rak tinggi. *Put Away* adalah *aktivitas* penempatan barang yang telah dicek sesuai dengan dokumen dan telah dicatatkan ke dalam sistem menuju ke tempat penyimpanan barang dengan aman dan sesuai dengan lokasi yang disediakan. Sedangkan, *Let Down* adalah *aktivitas* pengambilan barang dari lokasi penyimpanan ke lokasi *picking face* (penyiapan barang) sesuai dengan lokasi asal, lokasi yang dituju dan kuantitas yang tepat.

d. *Stock Transfer* (Perpindahan)

*Stock Transfer* pada WM (*Warehouse Management*) adalah perpindahan fisik suatu barang dari satu lokasi penyimpanan ke lokasi lain, dari satu gudang ke gudang lain, dari *storage bin* ke *storage bin* lain.

e. *Picking* (Pengambilan)

*Picking* adalah perintah pengambilan barang dari suatu lokasi tertentu di gudang, contoh mengambil barang dari suatu lokasi, untuk dipindahkan ke lokasi tertentu

yang kemudian siap diangkut ke *shipping point*. *Picking* merupakan proses yang opsional dikarenakan tidak semua perusahaan memiliki gudang untuk *picking*.

f. *Goods Issue* (Pengeluaran)

*Goods Issue* merupakan suatu proses pengeluaran barang dimana barang telah diterima *customer*. Langkah ini dilakukan karena pada langkah ini jumlah barang yang ada di gudang akan dikurangi atau di-*update*. Jumlah pengurang barang ini nantinya akan berpengaruh pada pengakuan secara *accounting* dan juga berpengaruh terhadap laporan *balance sheet* di bagian *inventory* dan *income statement* di bagian *cost of goods sold*.

g. *Labeling* (Pelabelan)

Berdasarkan *WM Guide* (2001), label yang dicetak pada proses *Warehouse Management* digunakan untuk mengidentifikasi dan memindahkan stok dari satu lokasi ke lokasi yang lain di dalam gudang, mengambil stok, dan digunakan sebagai persiapan untuk aktivitas *shipping*.

#### **2.3.4. Forklift**

*Forklift* adalah suatu alat atau kendaraan yang menggunakan media berbentuk garpu besar atau *clamp* yang dipasang pada *mast / rail* untuk mengangkat, menurunkan dan memindahkan suatu benda dari satu tempat ke tempat lain. Dengan kata lain *forklift* adalah alat transportasi barang. Penggunaan *forklift* pada dunia industri sudah umum, terutama pada pergudangan atau rantai produksi. Pengangkutan logistik biasanya menggunakan media seperti palet, peti kemas, atau lainnya. Tipe-tipe *forklift* yang umum digunakan pada industri yaitu:

- a. *Industrial Reach Forklift Trucks (medium size)*
- b. *Industrial Counterbalance Forklifts (medium size)*
- c. *Rough Terrain Forklifts (large size)*
- d. *Industrial Side Loader Forklifts (medium size)*
- e. *Telescopic Handler Forklifts (large size)*
- f. *Pedestrian Operated Pallet Trucks (small size)*

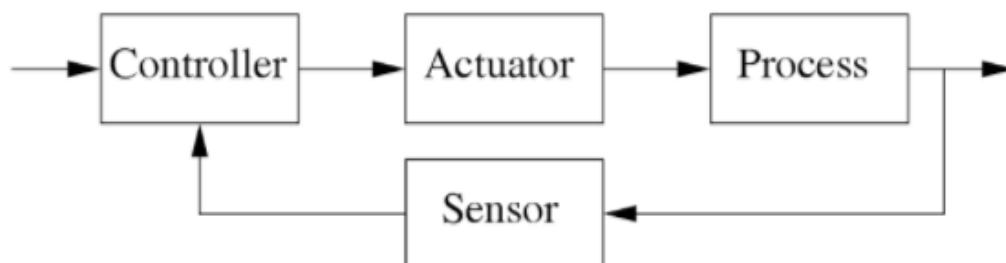


### 2.3.5. Otomasi

Otomasi adalah penggunaan perangkat mesin, perangkat robotik, sistem kontrol, komputerisasi dan teknologi informasi untuk mengoptimasi suatu proses produksi benda, atau kegiatan lainnya, dengan tujuan mereduksi intervensi manusia dalam prosesnya. Otomasi diterapkan apabila keluaran yang dihasilkan dinilai lebih baik dalam segi kuantitas atau kualitas dibandingkan dengan pengerjaan oleh manusia. Dalam dunia industri, otomasi adalah langkah selanjutnya dari proses mekanisasi. Proses mekanisasi masih membutuhkan operator manusia dalam mengoperasikan mesin.

### 2.3.6. Kontrol PID

Pergerakan suatu sistem otomasi yang otonom pasti menggunakan sistem kendali *closed loop* pada proses kerjanya. Sistem *closed loop* adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Pada sistem ini digunakan sinyal umpan balik. Kunci dari pergerakan sistem *closed loop* adalah pada sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik, lalu diumpankan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati target pergerakan yang diinginkan. Gambaran sistem kendali *closed loop* dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Sistem Kendali *Closed Loop* (Sumber: Buku *Practical PID Control*, Antonio Visioli, 2006)**

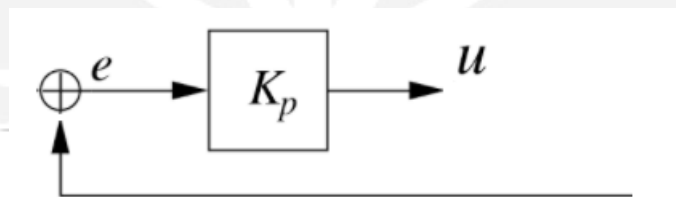
Aplikasi sistem *closed loop* menggunakan metode PID sebagai dasar penghitungan kesalahan sistem dan memperbaikinya. PID adalah singkatan dari *Proportional-Integral-Derivative*. PID merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian pergerakan atau kinerja suatu sistem instrumentasi dengan menggunakan umpan balik pada sistem tersebut. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu *Proportional*, *Integrative* dan *Derivative*. Ketiganya dapat dipakai bersamaan ataupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon dan tujuan

yang kita inginkan terhadap suatu instrumen kerja yang dirancang. Kontroler PID dapat menjadi kontroler PI, PD, P atau I tergantung aksi apa yang digunakan. Kontroler PI biasanya adalah kontroler paling umum.

#### a. Kontrol Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding dengan besarnya sinyal kesalahan. Singkatnya, keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan nilai masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Sinyal kesalahan (*error*( $e$ )) merupakan selisih antara besaran yang diatur dengan besaran aktual. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler sehingga mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian nilai yang diatur (*default*( $u$ ))) atau negatif (memperlambat tercapainya nilai  $u$ ). Gambar 2.2 menunjukkan diagram blok yang menggambarkan hubungan antara besaran *default*, besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional.



**Gambar 2.2. Diagram Blok Kontroler Proporsional (Sumber: Buku *Practical PID Control*, Antonio Visioli, 2006)**

Pengaturan dan penalaan kontroler proporsional dilakukan secara eksperimen. Untuk itu, pengguna kontroler proporsional harus memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini:

- i. Apabila nilai  $K_p$  kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
- ii. Apabila nilai  $K_p$  dinaikkan, respon sistem akan semakin cepat dan mampu mencapai keadaan yang diinginkan.
- iii. Apabila nilai  $K_p$  diperbesar hingga mencapai nilai yang berlebihan, sistem akan menjadi tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi.

### b. Kontroler Integratif

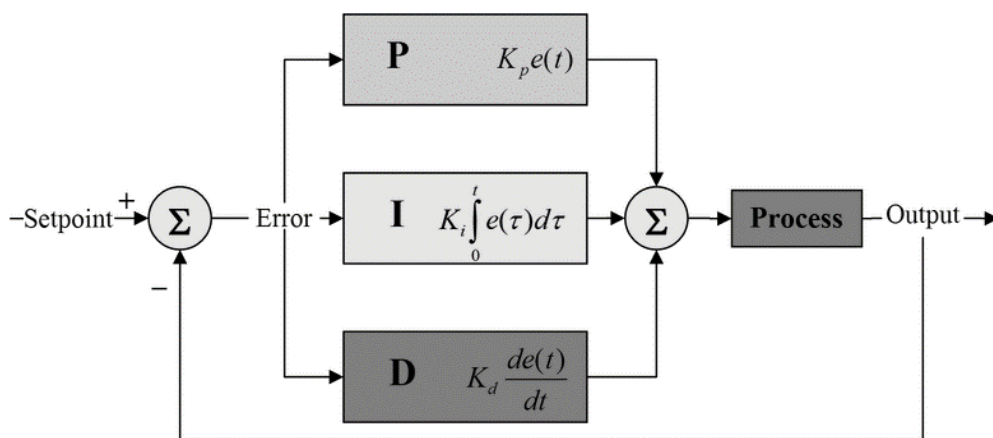
Kontroler integral berfungsi untuk menghasilkan respon sistem sehingga memiliki kondisi kesalahan nol. Apabila hanya menggunakan kontroler proporsional, sistem tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan nilai kesalahan nol. Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki dengan menggunakan unsur integrator ( $1/s$ ), sehingga nilai kesalahan menjadi nol.

Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran controller sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan nilai jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Jika sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan.

### c. Kontrol Derivatif

Kontrol derivatif memprediksi perilaku sistem dan kemudian memperbaiki waktu tinggal dan stabilitas sistem. Kontrol derivatif berguna untuk kondisi diluar kebiasaan, antisipasi kesalahan mendatang, atau pada saat perubahan kesalahan yang sangat besar. Kontrol derivatif jarang digunakan pada industri, diperkirakan hanya 25% kontroler yang memakai kontrol ini. Hal ini dikarenakan sistem yang sudah tertata, atau perubahan mendatang yang dapat merubah keseluruhan semua sistem.

Integrasi dari ketiga kontrol tersebut menjadi sistem kontrol yang menggunakan nilai kesalahan untuk mengeliminasi kesalahan sehingga nilainya menjadi 0. Blok Diagram kontrol PID dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3. Diagram Blok Kontrol PID (Sumber: <https://id.wikipedia.org>)**

### 2.3.7. Automated Guided Vehicle

*Automatic Guided Vehicle (AGV)* secara umum didefinisikan sebagai suatu wahana yang mampu bergerak dan melakukan pekerjaan khusus secara mandiri tanpa bantuan operator. Beragam jenis AGV digunakan dalam industri manufaktur barang sebagai media transportasi berbagai macam produk yang juga biasanya disertai penggunaan palet. Fungsi yang dijalankan oleh AGV serupa dengan *forklift*, yang dikemudikan manusia. Fungsi kerja khas AGV yang ada pada industri antara lain:

- a. Mengirimkan bahan baku dari bagian penerimaan ke gudang penyimpanan.
- b. Mengirimkan bahan baku dari gudang penyimpanan ke lini produksi.
- c. Memindahkan produk selama proses produksi (antar stasiun atau sel kerja).
- d. Memindahkan produk dari pallet ke bagian pengemasan.
- e. Memindahkan produk dari bagian pengemasan ke bagian penyimpanan atau pengiriman.
- f. Memindahkan produk dari gudang barang jadi ke bagian pengiriman.

Setiap jenis AGV memiliki karakteristik dan pola gerak yang berbeda, tetapi secara garis besar sistem kerja AGV dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Perintah untuk proses memindahkan material bisa diberikan dengan metode berikut:
  - i. Dilakukan secara manual oleh operator gudang/produksi melalui tombol-tombol atau panel kontrol.
  - ii. Dilakukan secara otomatis melalui sensor *Input/Output* pada titik-titik pengambilan objek atau melalui kontrol sebuah PLC.
  - iii. Secara otomatis melalui antarmuka (*interface*) secara langsung dengan perangkat lunak berteknologi tinggi seperti *Warehouse Management System* atau *Enterprise Resource Planning*.
- b. Server pengelola AGV menerima masukan permintaan pemindahan material dan mengirimkan data pekerjaan tersebut kepada AGV yang bisa melakukannya dengan cara paling efisien dengan cara membandingkan setiap algoritma yang diprogramkan.
- c. AGV menerima perintah kerja dari server pengelola AGV dan akan memilih jalur yang paling efisien berdasarkan *layout* area penyimpanan.

- d. AGV akan melaporkan secara reguler kepada server pengelola AGV statusnya mulai dari posisi setiap saat hingga level baterai. Saat level baterai sudah mencapai batas pengisian, secara otomatis server pengelola AGV akan memberikan perintah menuju stasiun pengisian baterai.
- e. Wahana merekam data semua aktivitas pengambilan, pengiriman material kepada server pengelola AGV.

### **2.3.8. Sistem Navigasi AGV**

#### **2.3.8.1. AGV berbasis kabel sebagai pemandu**

AGV jenis ini bergerak mengikuti serangkaian kabel listrik yang dipasang pada lantai pabrik. AGV menentukan posisi dan lintasannya dengan sensor kumparan yang mendeteksi medan elektromagnetik pada kabel pemandu. Teknologi ini membutuhkan biaya awal yang relatif cukup besar untuk instalasi kabel tetapi memiliki ketelitian gerakan dan akurasi perpindahan yang tinggi. Meski demikian apabila ada perubahan lintasan (meskipun kecil) mengharuskan adanya pemotongan atau modifikasi pada jalur kabel. Selain itu, pergerakan AGV tidak bisa terlalu cepat agar tidak kehilangan kontak dengan kabel pemandu. Hal ini dikarenakan sistem rentan terhadap berbagai kejanggalan pada ataupun gangguan pada lantai pabrik.

#### **2.3.8.2. AGV berbasis jalur garis**

Jenis AGV ini mirip dengan AGV berbasis kabel. Penggunaan garis harus diinstalasi terlebih dahulu pada lantai pabrik. Penggunaan sensor pembaca warna dan perbedaan intensitas menjadi kunci utama pada pemandu pergerakan dari jenis AGV ini. Kelemahan AGV ini adalah pada pergerakan yang tidak bisa terlalu cepat. Intensitas cahaya dan kontras warna yang kurang dapat mengakibatkan sistem pergerakan tidak berfungsi dengan baik.

#### **2.3.8.3. AGV berbasis Girooskop**

Girooskop yang dipasang pada AGV meningkatkan ketelitian navigasi. AGV menentukan arah pergerakannya dengan mengukur perubahan sudut pada lintasan yang terletak di antara dua magnet yang berdekatan. Meskipun ketelitian navigasi bertambah, AGV yang dipandu girooskop memiliki kelemahan berupa ketergantungan pada struktur jaringan magnet yang tertanam pada lantai pabrik.

#### 2.3.8.4. AGV berbasis *Laser*

AGV yang dipandu laser menjamin ketelitian, fleksibilitas operasi dan kecepatan pergerakan karena adanya beberapa fitur yang spesial. Posisi wahana ditentukan sebanyak 8 kali per detik. Wahana dilengkapi dengan perangkat sinar laser yang dapat menentukan posisi dengan *margin error* hanya beberapa milimeter, hanya dengan memindai dan membaca target laser yang bersifat reflektif yang dipasang pada dinding-dinding area kerja kemudian melakukan perhitungan jarak triangulasi.

AGV yang dipandu dengan *laser* dimungkinkan untuk bergerak dalam kecepatan tinggi dan mereka tidak tergantung pada struktur yang harus terpasang pada lantai. Tiap perubahan lintasan wahana cukup dengan memodifikasi perhitungan pada perangkat lunaknya.

#### 2.3.9. Purwarupa

Menurut Ulrich (2008) Purwarupa adalah sebuah penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi yang menjadi perhatian. Berdasarkan definisi ini, dari berbagai aspek yang ditampilkan, minimal ada satu aspek dari produk yang dapat dikatakan sebagai purwarupa. Definisi ini berkembang dari cara penggunaan standar yang mencakup gambaran-gambaran konsep, model matematika, simulasi, komponen-komponen percobaan, serta versi-versi praproduksi yang telah berfungsi secara penuh. *Prototyping* merupakan proses dari pengembangan atau perancangan sebuah produk.

##### a. Tipe-tipe Purwarupa

Purwarupa dapat diklasifikasikan menjadi dua dimensi pembuatan. Dimensi yang pertama adalah bentuk purwarupa, yaitu fisik dan analitik. Purwarupa fisik merupakan benda riil yang dibuat untuk memperkirakan produk ataupun cara kerjanya. Aspek-aspek dari produk yang diminati oleh tim pengembang secara nyata dibuat menjadi suatu benda untuk pengujian dan percobaan. Purwarupa analitik adalah seperti model matematik, simulai, dan lain-lain. Tipe-tipe purwarupa pada dimensi pertama akan lebih detail dijelaskan sebagai berikut.

##### 1. Purwarupa fisik

Purwarupa fisik dibutuhkan untuk mendeteksi fenomena-fenomena yang tidak dapat diantisipasi. Bila dijalankan maka prototipe fisik akan menjalankan fungsi

sesuai dengan produk asli. Maka jika terjadi ketidakseuaian seperti dalam rancangan, akan mudah terdeteksi.

## 2. Purwarupa analitik

Purwarupa analitik lebih fleksibel dari pada purwarupa fisik. Hal ini terjadi karena biaya yang dikeluarkan pada purwarupa analitik lebih murah dibandingkan fisik yang sudah mulai dibuat dengan proses manufaktur.

Dimensi kedua yaitu area perancangan purwarupa yaitu menyeluruh atau terfokus. Purwarupa yang menyeluruh mengimplementasikan sebagian besar atau semua atribut dari produk yang dirancang. Purwarupa menyeluruh dapat disamakan dengan pemakaian sehari-hari. Purwarupa terfokus menggambarkan hanya sebagian dari produk, untuk memenuhi kepentingan atau tujuan tertentu.

### b. Pengelompokan Purwarupa

Purwarupa berdasarkan tujuannya, dapat dibagi dalam enam kelompok, yaitu:

#### 1. Purwarupa Pembuktian Konsep

Purwarupa yang digunakan untuk menunjukkan kelayakan suatu produk. Fokus pembahasan dalam purwarupa ini adalah komponen atau subsistem. Purwarupa ini dibuat setelah pengembangan konsep atau saat pemilihan konsep.

#### 2. Purwarupa Rancangan Industri

Purwarupa yang digunakan untuk memperlihatkan tampilan dan kesan dari produk. Biasanya purwarupa ini menggunakan bahan sederhana seperti *foam* sehingga dapat digunakan untuk memperlihatkan beberapa variasi bentuk dan proses pembuatannya.

#### 3. Purwarupa Rancangan Percobaan

Fokus purwarupa ini adalah untuk memodelkan suatu subsistem dari suatu produk dalam rangka mencapai target performansi yang ditetapkan.

#### 4. Purwarupa Alfa

Purwarupa yang dibuat untuk melihat komponen dari produk yang diharapkan. Komponen memiliki bentuk geometri dan material yang identik dengan produk yang akan diproduksi. Purwarupa ini merupakan sistem konstruksi pertama dari subsistem.

#### 5. Purwarupa Beta

Purwarupa yang dibuat sesuai dengan proses sesungguhnya, tetapi belum dibuat dengan proses perakitan dan pengerjaan yang sesungguhnya. Tujuannya adalah untuk melihat performansi dan *reliability* untuk mengidentifikasi perubahan-perubahan yang perlu dilakukan untuk produk akhir.

#### 6. Purwarupa Praproduksi

Purwarupa praproduksi adalah percobaan produksi untuk kapasitas terbatas.

#### 2.3.10. Metode Perancangan

Menurut Cross (1994) metode perancangan produk adalah setiap prosedur, teknik, dan alat bantu tertentu yang merepresentasikan sejumlah aktivitas jenis tertentu yang digunakan oleh perancang dalam proses total perancangan. Metode perancangan produk dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu metode kreatif dan metode rasional.

##### a. Metode Kreatif

Pada metode kreatif, ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk membantu menstimulasi ide kreatif dengan cara meningkatkan produksi gagasan, menyisihkan hambatan mental terhadap kreatifitas atau dengan cara memperluas area pencarian solusi.

##### i. *Brainstorming*

Metode ini bertujuan untuk menstimulasi sekelompok orang untuk menghasilkan sejumlah besar gagasan dengan cepat. Orang-orang yang terlibat dalam kelompok ini sebaiknya tidak *homogen*, bersifat non-hirarkial, serta haruslah orang yang memiliki keahlian atau pengetahuan khusus pada bidangnya. Salah satu hal yang perlu diperhatikan pada saat *brainstorming*, suasana harus relaks dan bebas tanpa tekanan dari pihak lain.

Beberapa aturan penting dalam *brainstorming* adalah sebagai berikut:

1. Tidak dibenarkan memberikan kritik terhadap setiap gagasan
2. Kelompok diharapkan menghasilkan gagasan sebanyak - banyaknya.
3. Gagasan yang dirasa aneh, harus tetap diterima.
4. Semua gagasan dinyatakan secara singkat dan jelas.
5. Mencoba untuk menggabungkan dan memperbaiki masing-masing gagasan yang ada.



## ii. Sinektik

Metode ini bertujuan untuk mengarahkan aktivitas spontan pemikiran ke arah eksploratif dan transformatif pada masalah perancangan yang ada. Sinektik adalah suatu aktivitas kelompok yang mencoba membangun, mengkombinasikan, dan mengembangkan gagasan-gagasan untuk memberikan solusi kreatif terhadap permasalahan perancangan. Sama halnya dengan *brainstorming*, metode ini juga tidak memperkenankan adanya kritik dalam proses pelaksanaannya. Perbedaan dengan model *brainstorming* adalah metode ini menghasilkan sebanyak mungkin gagasan dan juga harus menghasilkan suatu solusi tertentu. Salah satu ciri dari metode ini adalah penggunaan analogi untuk membangkitkan gagasan. Beberapa jenis analogi yang digunakan dalam metode sinektik adalah analogi langsung, analogi personal, analogi simbolik, dan analogi fantasi.

## iii. Memperluas ruang pencarian.

Bentuk hambatan yang sering terjadi pada metode kreatif adalah adanya asumsi yang membatasi solusi, sehingga pemikiran menjadi terlalu sempit. Ada banyak teknik-teknik kreatif yang dapat membantu memperluas ruang pencarian, antara lain :

### 1. Transformasi

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mentransformasikan pencarian solusi dari suatu area ke area yang lain adalah dengan menerapkan beberapa kata kunci untuk mempertanyakan permasalahan yang dihadapi, misalnya substitusi, modifikasi, rotasi, kombinasi, dan sebagainya.

### 2. Input acak

Kreatifitas dapat dibangkitkan dengan menggunakan berbagai input acak yang berasal dari sumber apa saja sebagai stimulus.

### 3. Mengapa? Mengapa? Mengapa?

Cara lain untuk memperluas ruang pencarian adalah dengan memberikan pertanyaan “mengapa” pada permasalahan yang dihadapi. Setiap jawaban terhadapnya akan selalu dilanjutkan dengan “mengapa” yang berikutnya. Hal ini akan diteruskan sampai diperoleh batas terakhir, yaitu saat tidak ada lagi jawaban terhadapnya, atau sampai ditemukan suatu jawaban yang memberikan solusi.

### 4. *Counter - planning*

Metode ini didasarkan pada konsep dialektika tesis-antitesis-sintesis.

## b. Metode Rasional

Salah satu jenis paling sederhana dari metode rasional adalah *checklist*/ daftar periksa. Dalam konteks perancangan, *checklist* dapat berupa suatu daftar pertanyaan yang akan ditanyakan pada tahap awal perancang, ataupun suatu daftar kriteria, standar, dan sebagainya yang harus dipenuhi oleh rancangan akhir. Dengan kata lain, *checklist* menjadi spesifikasi sekaligus tujuan akhir benda yang dirancang.

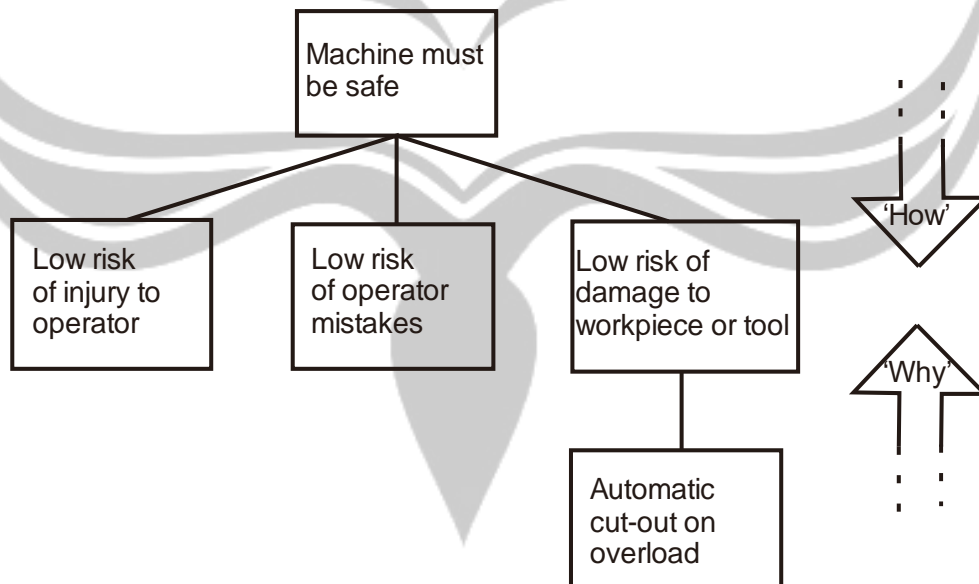
Secara umum, metode rasional terdiri dari tujuh tahap. Berikut adalah tujuh tahapan, serta tujuan setiap tahap perancangan pada metode ini.

i. Identifikasi kebutuhan

Tahap awal dalam metode rasional adalah mengidentifikasi hal-hal yang ingin dirancang atau dikembangkan dari suatu produk. Fungsi dan tujuan perancangan dijadikan pertimbangan dalam menentukan aspek-aspek perancangan produk tersebut.

ii. Klarifikasi Tujuan

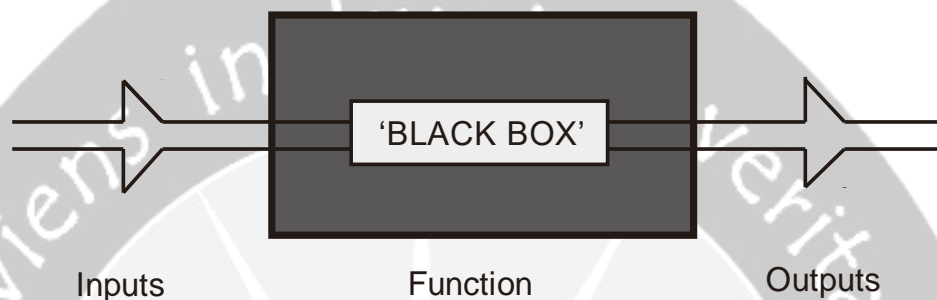
Fungsi dari tahap ini adalah mengklarifikasikan tujuan-tujuan dan sub-sub tujuan perancangan produk yang ingin dicapai, serta hubungan antara masing-masing sub-tujuan. Alat bantu yang dapat digunakan pada tahap ini adalah pohon tujuan (*objectives tree*). Contoh pohon tujuan dapat dilihat pada gambar 2.4.



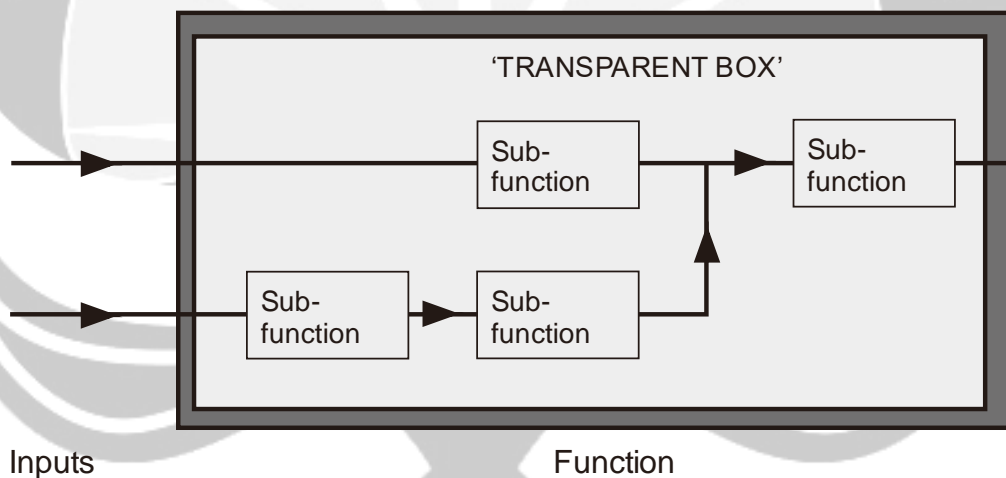
**Gambar 2.4. Objective Tree (Sumber : Buku *Engineering design methods: strategies for product design*, Nigel Cross, 1994)**

### iii. Penetapan Fungsi

Tahap ini berfungsi untuk menetapkan fungsi-fungsi dan sub-sub fungsi yang harus ada dari sebuah produk yang dirancang, dan batas-batas sistem rancangan produk yang dikembangkan. Penetapan fungsi dilakukan melalui analisis fungsi yang digambarkan dengan *Black Box* dan *Transparent Box*. Model sistem *black box* dapat dilihat pada gambar 2.5. sedangkan model sistem *transparent box* yang dapat dilihat pada gambar 2.6.



**Gambar 2.5. Model Sistem Black Box (Sumber : Buku *Engineering design methods: strategies for product design*, Nigel Cross, 1994)**



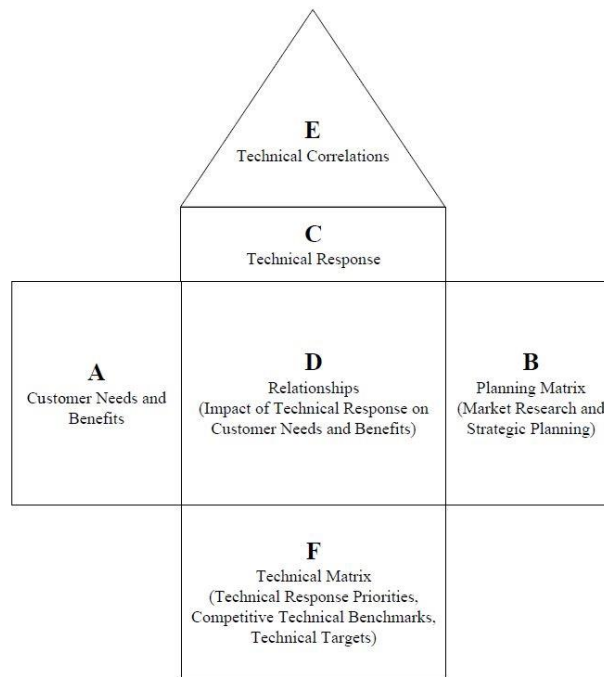
**Gambar 2.6. Model Sistem Transparent Box (Sumber : Buku *Engineering design methods: strategies for product design*, Nigel Cross, 1994)**

### iv. Penetapan Spesifikasi

Penetapan spesifikasi untuk menetapkan spesifikasi kinerja, atau bentuk fisik, serta desain produk yang akurat dari suatu alternatif solusi rancangan produk, sesuai dengan keinginan dan kebutuhan konsumen. Penetapan ini berdasarkan data yang diperoleh dari wawancara, hasil *brainstorming*, maupun dengan menyebar kuesioner ke konsumen.

v. Penentuan Karakteristik

Fungsi tahap ini adalah untuk menetapkan target karakteristik fungsi kualitas (*quality function*) yang akan dicapai oleh suatu produk sehingga dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Alat bantu yang digunakan adalah diagram-matriks berupa seperti rumah sehingga disebut rumah kualitas (*House of Quality (HOQ)*), seperti pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7. House of Quality Matrix (Sumber: Buku *Quality Function Deployment*, Lou Cohen, 1995)**

vi. Pembangkitan Alternatif

Tahap ini berguna untuk membangkitkan alternatif solusi-solusi perancangan suatu produk. Alat bantu yang bisa digunakan untuk memperoleh alternatif solusi sebanyak-banyaknya dalam waktu yang relatif singkat adalah peta morfologi (*morphological chart*).

vii. Evaluasi Alternatif

Tahap ini adalah tindakan lanjutan dari pengembangan alternatif, dan berguna untuk mengevaluasi alternatif-alternatif solusi dan memilih alternatif terbaik untuk diimplementasikan. Pada tahap ini ditentukan kriteria desain yang relevan dan tingkat kepentingan setiap kriteria dengan cara pembobotan pada tiap aspek solusi. Kinerja kriteria masing-masing alternatif dinilai dengan cara dilakukan

*scoring*. Untuk menetapkan alternatif terbaik, maka dipilihlah nilai yang tertinggi dari matriks yang sudah dibuat. Metode ini biasa disebut *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) atau *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA).

### **2.3.11. Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sebuah rangkaian terpadu tunggal, di mana semua blok rangkaian yang sering dijumpai sebagai unit-unit terpisah di dalam sebuah komputer digabungkan menjadi satu. Mikrokontroler secara sederhana merupakan suatu IC yang di dalamnya berisi CPU, ROM, RAM, dan I/O. Dengan adanya CPU tersebut maka mikrokontroler dapat melakukan proses “berpikir” berdasarkan program yang diberikan. Aplikasi dari mikrokontroler sangat universal yaitu untuk proses pengerjaan dan mempunyai tingkat kemampuan yang berbeda - beda. Mikrokontroler cocok untuk penggerak, pengendali dan pengamat.

Mikrokontroler pada masa kini banyak dipergunakan dalam berbagai sektor. Mikrokontroler mengambil bagian besar dari kegiatan sehari - hari dan menaikkan standar kehidupan manusia. Mikrokontroler pertama kali dibuat dari NMOS, tetapi sekarang dibuat dengan CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) sehingga dapat didayai dengan baterai.

### **2.3.12. Arduino**

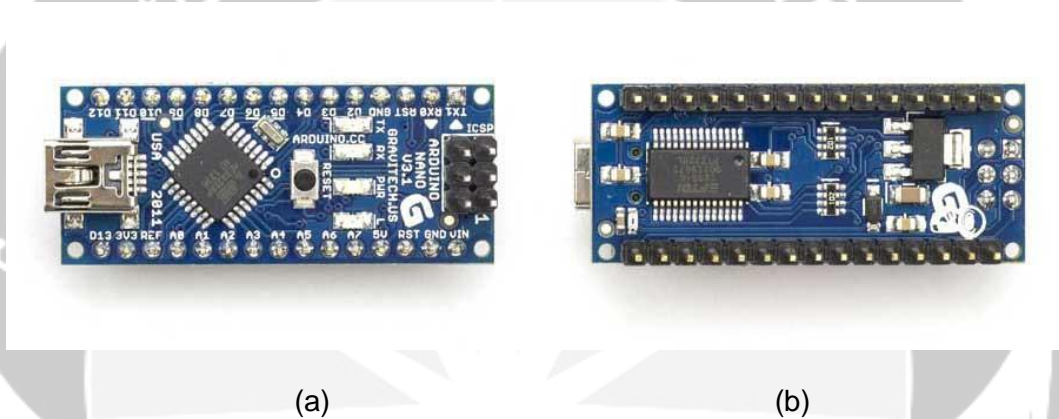
Arduino adalah *platform* pembuatan purwarupa elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif.

Arduino memiliki berbagai macam ukuran dan tipe. Beberapa papan memiliki jenis mikrokontroler yang sama, namun berbeda pada ukuran fisiknya, seperti tipe Nano dan Nano. Tipe yang lain juga memiliki kapasitas memori dan jumlah *input/output* yang lebih banyak, seperti Arduino Mega.

Arduino Nano memiliki sejumlah fasilitas untuk dapat berkomunikasi dengan Komputer, arduino lain, maupun mikrokontroler lainnya. Atmega328 ini menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0(Rx) dan 1 (Tx). Sebuah Atmega 16U2 pada saluran *board* komunikasi serialnya

melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer.

*Firmware* Arduino menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Bagaimanapun pada windows, sebuah (file.inf) pasti dibutuhkan. Perangkat lunak Arduino termasuk serial monitor yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board arduino. Led Rx dan Tx pada board akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip *USB-to serial* dan koneksi USB ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Atmega328 juga mendukung komunikasi I2C dan SPI. Bentuk dari papan Arduino Nano dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8. Tampak Depan (a) dan Belakang (b) Board Arduino Nano**  
Sumber : (datasheet- Arduino Nano)

Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

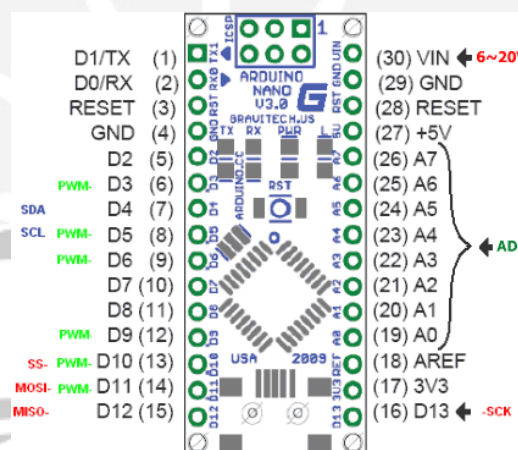
a. *Hardware*

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan *Atmel Corporation*. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda, sebagai contoh Arduino Nano / Nano menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega menggunakan ATmega2560 yang memiliki memori lebih besar. Adapun data teknis board Arduino Nano dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Tabel Spesifikasi Arduino Nano Sumber : (datasheet- Arduino Nano)**

Nama	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input (recommended)	7 – 12 V
Tegangan Input (limit)	6 – 20 V
Pin digital I/O	14 (6 diantaranya pin PWM)
Pin analog input	6
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	150 mA
Flash Memory	32 KB (Atmega 328) dengan 0.5 kB digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (Atmega 328)
EEPROM	1 KB (Atmega 328)
Kecepatan Pewaktuan	16 MHz

Bagian utama Arduino Nano dapat dilihat pada gambar 2.9.



**Gambar 2.9. Bagian Utama Arduino Nano Sumber : (datasheet- Arduino Nano)**

Setiap 14 pin digital pada Arduino Nano dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian arduino, antara lain:

1. 14 pin input/output digital (0-13)

Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

## 2. USB

Berfungsi untuk memuat program dari komputer ke dalam *board*, komunikasi serial antara papan dan komputer, serta memberi daya listrik kepada *board*.

## 3. Sambungan SV1

Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.

## 4. Q1 – Kristal (quartz crystal oscillator)

Jika mikrokontroler dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

## 5. Tombol Reset

Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler.

## 6. In-Circuit Serial Programming (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrokontroler secara langsung, tanpa melalui bootloader. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

## 7. IC 1 – Mikrokontroler Atmega

Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

## 8. X1 – sumber daya eksternal

Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

## 9. 6 pin input analog (0-5)

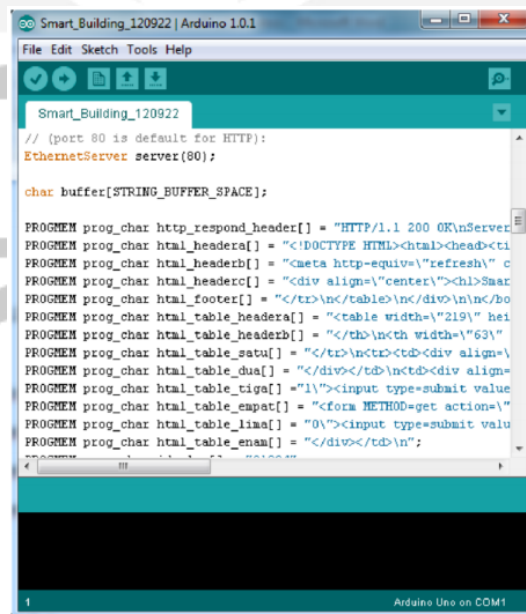
Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.



## b. Software

*Integrated Development Environment* (IDE) terdiri dari editor teks untuk menulis kode, sebuah area pesan, sebuah konsol, sebuah *toolbar* dengan tombol-tombol untuk fungsi yang umum dan beberapa menu. *Integrated Development Environment* terhubung ke arduino board untuk meng-*upload* program dan juga untuk berkomunikasi dengan arduino board.

Perangkat lunak yang ditulis menggunakan *Integrated Development Environment* disebut *sketch*. *Sketch* ditulis pada editor teks. *Sketch* disimpan dengan file berekstensi *.ino*. Area pesan memberikan informasi dan pesan error ketika kita menyimpan atau membuka *sketch*. Konsol menampilkan output teks dari *Integrated Development Environment* dan juga menampilkan pesan error ketika kita mengkompilasi *sketch*. Pada sudut kanan bawah dari jendela *Integrated Development Environment* menunjukkan jenis board dan port serial yang sedang digunakan. Tombol *toolbar* digunakan untuk mengecek dan mengupload *Sketch*, membuat, membuka atau menyimpan *sketch*, dan menampilkan *serial monitor*. Contoh program dibuat dengan IDE dapat dilihat pada gambar 2.10.



```
Smart_Building_120922 | Arduino 1.0.1
File Edit Sketch Tools Help

Smart_Building_120922
// (port 80 is default for HTTP):
EthernetServer server(80);

char buffer[STRING_BUFFER_SPACE];

PROGRAM prog_char http_respond_header[] = "HTTP/1.1 200 OK\r\nServer:
PROGRAM prog_char html_headera[] = "<!DOCTYPE HTML><html><head><ti
PROGRAM prog_char html_headerb[] = "<meta http-equiv=\"refresh\" c
PROGRAM prog_char html_headerc[] = "<div align=\"center\"><h1>Saar
PROGRAM prog_char html_footer[] = "</tr>\n</table>\n</div>\n\n</bo
PROGRAM prog_char html_table_headera[] = "<table width=\"219\" hei
PROGRAM prog_char html_table_headerb[] = "</th>\n<th width=\"63\"
PROGRAM prog_char html_table_satu[] = "</tr>\n<tr><td><div align=\
PROGRAM prog_char html_table_dua[] = "</div></td>\n<td><div align=
PROGRAM prog_char html_table_tiga[] = "1"><input type=submit value
PROGRAM prog_char html_table_empat[] = "<form METHOD=get action=\"
PROGRAM prog_char html_table_lima[] = "0\"><input type=submit valu
PROGRAM prog_char html_table_enam[] = "</div></td>\n";
```

Gambar 2.10. Contoh Program pada *Integrated Development Environment*

Sumber : (datasheet- Arduino Nano)

### 2.3.13. Sensor

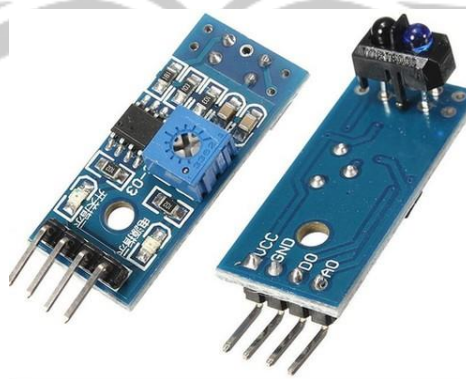
Sensor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi besaran listrik berupa tegangan, resistansi dan arus listrik. *Sensor* sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian.

Transduser dan sensor akan mengkonversi dari suatu isyarat input berupa isyarat fisis dan isyarat kimia yang akan diubah ke suatu isyarat output berupa tegangan, arus, dan hambatan. Transduser adalah suatu peralatan/ alat yang dapat mengubah suatu besaran ke besaran lain. Sebagai contoh, definisi transduser yang luas ini mencakup alat-alat yang mengubah gaya atau perpindahan mekanis menjadi sinyal listrik. Transduser dapat dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya, metode pengubahan energi, sifat dasar dari sinyal keluaran dan lain-lain.

Komponen yang digunakan untuk merancang purwarupa antara lain:

#### a. Sensor infra merah

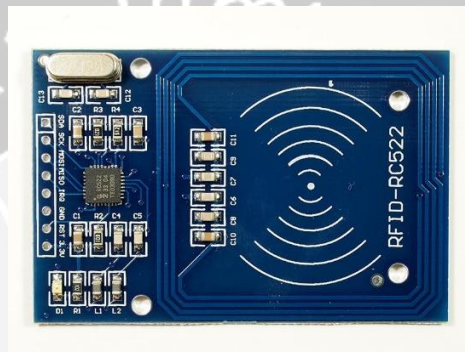
*Infra red* (IR) detektor atau sensor infra merah adalah komponen elektronika yang dapat mengidentifikasi pantulan sinar IR. Sensor infra merah atau detektor infra merah saat ini ada yang dibuat khusus menjadi satu modul yaitu *IR Detector Photomodules*. *IR Detector Photomodules* merupakan sebuah chip detektor infra merah digital yang di dalamnya terdapat fotodiode dan penguat (*amplifier*). Salah satu modul sensor seperti pada gambar 2.11.



**Gambar 2.11. Sensor Infra Merah TCRT5000 (Sumber: <http://forum.arduino.cc>)**

b. Sensor RFID

*Radio Frequency Identification* (RFID) adalah teknologi wireless yang yang menggunakan metode induksi dan gelombang untuk pembacaan alamatnya menggunakan chip yang dapat dideteksi pada range tertentu oleh sensor pembaca RFID. Sensor ini membaca alamat yang tertanam pada kartu RFID yang berisi kumpulan dan IC *address*, saat ada gelombang dilewatkan di atasnya. Modul sensor pembaca RFID dapat dilihat pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12. Sensor RFID MFRC522 (Sumber: <http://forum.arduino.cc>)**

c. Sensor Ping

Sensor Ping merupakan sensor berbasis ultrasonik yang dapat mendeteksi jarak obyek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz dan kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. keluaran dari sensor ini berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsanya bervariasi dari 115  $\mu$ S sampai 18,5 ms. Sensor ini terdiri dari sebuah *chip* pembangkit sinyal 40KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikrofon ultrasonik. Speaker ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikrofon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya. Salah satu modul sensor ping dapat dilihat pada gambar 2.13.



**Gambar 2.13. Sensor Ping (Sumber: <https://microcontrollerelectronics.com>)**