**HVAC (HEATING, VENTILATION, AND AIR CONDITIONING)**

Disusun untuk Memenuhi Tugas Mata Kuliah Otomasi Gedung Komersial 2

Dosen Pengampu :

**Drs. Dwi Septiyanto , SST., M.Eng**



**DISUSUN OLEH :**

Agung Rambujana 221364002

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI INDUSTRI**

**TEKNIK OTOMASI INDUSTRI**

**POLITEKNIK NEGERI BANDUNG**

**2025**

DAFTAR ISI

[1. Pengertian Sistem HVAC 4](#_Toc200462072)

[1.1 Definisi Umum 4](#_Toc200462073)

[1.2 Konsep Dasar Sistem Distribusi Udara Bersih 4](#_Toc200462074)

[1.3 Komponen Utama Sistem HVAC 4](#_Toc200462075)

[1.3.1 Tahapan Proses Sistem HVAC 4](#_Toc200462076)

[1.3.2 Sistem Kontrol dan Instrumentasi Distribusi 5](#_Toc200462077)

[2. Ruang Lingkup Sistem HVAC 5](#_Toc200462078)

[2.1 Pendahuluan 5](#_Toc200462079)

[2.2 Definisi Ruang Lingkup Sistem 6](#_Toc200462080)

[2.2.1 Cakupan Fungsional Sistem 6](#_Toc200462081)

[2.3 Komponen Utama Ruang Lingkup Sistem 6](#_Toc200462082)

[2.3.1 Bagian Intake (Pengambilan Udara Baku) 6](#_Toc200462083)

[3. Elemen Dasar dan Jaringan Sistem HVAC 6](#_Toc200462084)

[3.1 Pendahuluan 6](#_Toc200462085)

[3.2 Elemen Dasar Sistem HVAC 7](#_Toc200462086)

[3.2.1 Sistem Instrumentasi dan Sensor 7](#_Toc200462087)

[3.2.2 Sistem Aktuator dan Kontrol 7](#_Toc200462088)

[3.2.3 Sistem Kontrol PLC/HMI 8](#_Toc200462089)

[4. Model Sistem HVAC 8](#_Toc200462090)

[4.1 Pendahuluan 8](#_Toc200462091)

[4.2 Komponen Utama Sistem HVAC 9](#_Toc200462092)

[4.2.1 Subsistem Intake (Pengambilan Udara) 9](#_Toc200462093)

[4.2.2 Subsistem Pra-perlakuan (Pre-treatment) 9](#_Toc200462094)

[4.2.3 Subsistem Cooling Unit (Pendingin) 9](#_Toc200462095)

[4.2.4 Subsistem Pemanas (Heating) 9](#_Toc200462096)

[5. Mekanisme Operasi Sistem HVAC 10](#_Toc200462097)

[5.1 Start/Stop 10](#_Toc200462098)

[5.2 Pengambilan Udara (Intake) 11](#_Toc200462099)

[5.3 Pra-perlakuan 11](#_Toc200462100)

[5.4 Unit HVAC 11](#_Toc200462101)

[5.5 Pasca-perlakuan 11](#_Toc200462102)

[5.6 Distribusi 11](#_Toc200462103)

[5.7 Alarm dan Proteksi 11](#_Toc200462104)

[5.8 Monitoring dan Kontrol 11](#_Toc200462105)

[7. Posisi Utilitas HVAC 12](#_Toc200462106)

[7.1 Diagram Posisi Utilitas 12](#_Toc200462107)

[7.2 Panel Kontrol 12](#_Toc200462108)

[7.3 Fan Intake 13](#_Toc200462109)

[8. Perangkat Keras Kendali Utilitas Dalam Sistem HVAC 13](#_Toc200462110)

[8.1 Tabel Ringkasan Spesifikasi Perangkat Keras 14](#_Toc200462111)

[8.2 Spesifikasi Hardware Sistem HVAC 14](#_Toc200462112)

[PLC/Controller 14](#_Toc200462113)

[Sensor 15](#_Toc200462114)

[Aktuator 15](#_Toc200462115)

[Fan 15](#_Toc200462116)

[Panel Kontrol 15](#_Toc200462117)

[Power 15](#_Toc200462118)

[9. Perangkat Lunak Jaringan Kendali HVAC 15](#_Toc200462119)

[9.1 Lampiran: Control System Plan and I/O Table 16](#_Toc200462120)

[9.1.1 Control Philosophy 16](#_Toc200462121)

[9.1.2 Main Control Logic 16](#_Toc200462122)

[9.1.3 I/O Table 17](#_Toc200462123)

[9.1.4 Control Logic Summary 17](#_Toc200462124)

[9.2 Notes 17](#_Toc200462125)

[**7.** **HMI** 18](#_Toc200462126)

# 1. Pengertian Sistem HVAC

## 1.1 Definisi Umum

Sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) adalah sistem simulasi terintegrasi yang dirancang untuk mempelajari dan memahami proses distribusi udara bersih dengan fokus pada integrasi teknologi HVAC dan sistem penyimpanan bertingkat (roof tank). Sistem ini merupakan platform pembelajaran yang menggabungkan prinsip-prinsip engineering distribusi udara dengan implementasi kontrol otomatis untuk memberikan pemahaman komprehensif tentang operasi sistem distribusi udara modern yang terintegrasi dengan teknologi HVAC.

## 1.2 Konsep Dasar Sistem Distribusi Udara Bersih

Sistem Pengolahan dan Distribusi Udara Bersih (HVAC) merupakan sistem terintegrasi yang menggabungkan aspek pengolahan udara melalui HVAC dengan sistem distribusi yang efisien menggunakan konsep penyimpanan bertingkat. Fokus utama sistem ini adalah pada distribusi udara bersih yang optimal dengan memanfaatkan teknologi HVAC sebagai sumber udara dan sistem roof tank sebagai komponen kunci distribusi gravitasi.

HVAC dalam konteks sistem HVAC berfungsi sebagai teknologi pengolahan udara untuk menghasilkan udara bersih berkualitas yang kemudian didistribusikan melalui sistem penyimpanan dan distribusi yang terintegrasi. Teknologi HVAC bekerja dengan memaksa udara melalui filter dan sistem pengkondisian menggunakan tekanan tinggi, menghasilkan udara bersih yang siap untuk didistribusikan.

Sistem roof tank menjadi komponen strategis dalam distribusi udara bersih karena memungkinkan distribusi gravitasi yang efisien dan menyediakan tekanan distribusi yang stabil tanpa ketergantungan kontinyu pada pompa distribusi. Konsep dual storage (ground tank dan roof tank) memberikan fleksibilitas operasional dan redundansi dalam penyediaan udara bersih.

## 1.3 Komponen Utama Sistem HVAC

### 1.3.1 Tahapan Proses Sistem HVAC

Sistem HVAC terdiri dari enam tahapan proses utama yang saling terintegrasi untuk mencapai distribusi udara bersih yang optimal:

* **Pengambilan Udara Baku (Intake)**: Tahap awal dimana udara diambil dari sumber dan dipompa menggunakan pompa intake (P-101) menuju sistem pengolahan. Sensor flow transmitter (FT-101) memantau laju aliran udara masuk untuk memastikan supply yang memadai bagi proses distribusi.
* **Pra-perlakuan (Pre-treatment)**: Proses filtrasi awal untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan kontaminan yang dapat mengganggu proses pengolahan dan kualitas udara yang akan didistribusikan. Sensor turbidity (TU-101) memantau tingkat kekeruhan udara setelah pra-perlakuan.
* **Unit HVAC**: Komponen pengolahan udara yang menghasilkan udara bersih berkualitas tinggi untuk distribusi. Pompa tekanan tinggi (P-102) dan sistem monitoring (PT-101, PT-102, FT-102) memastikan produksi udara bersih yang konsisten untuk kebutuhan distribusi.
* **Pasca-perlakuan (Post-treatment)**: Tahap finalisasi kualitas udara yang meliputi disinfeksi menggunakan UV (UV-101) dan pompa transfer (P-103) untuk mempersiapkan udara bersih sebelum masuk ke sistem distribusi.
* **Penyimpanan dan Distribusi Primer**: Ground tank dengan sensor level (LT-101) berfungsi sebagai buffer storage utama yang mengumpulkan udara bersih hasil pengolahan sebelum didistribusikan ke level yang lebih tinggi.
* **Distribusi Sekunder dan Roof Tank**: Sistem pompa transfer (P-104, P-105, P-106) mengalirkan udara dari ground storage ke roof tank (LT-102) yang menjadi komponen kunci distribusi gravitasi untuk melayani titik-titik konsumsi dengan tekanan yang stabil dan efisien.

### 1.3.2 Sistem Kontrol dan Instrumentasi Distribusi

Sistem HVAC menggunakan arsitektur kontrol otomatis yang dirancang khusus untuk mengoptimalkan distribusi udara bersih:

* **Sensor Network**: Tujuh sensor utama (TU-101, FT-101, FT-102, PT-101, PT-102, LT-101, LT-102) yang mengumpulkan data operasional secara real-time untuk monitoring parameter kritis distribusi seperti flow, pressure, level storage, dan kualitas udara yang didistribusikan.
* **Control Logic**: Sistem kontrol berbasis Python yang memproses data sensor dan mengimplementasikan algoritma kontrol untuk mengatur operasi distribusi udara, termasuk logika transfer antar storage dan kontrol tekanan distribusi.
* **Human Machine Interface (HMI)**: Interface berbasis Tkinter yang menyediakan visualisasi real-time status sistem distribusi, kontrol manual pompa transfer, dan monitoring level storage untuk operator.
* **Actuator Network**: Sepuluh aktuator utama termasuk pompa distribusi (P-101 hingga P-106), valve kontrol aliran (V-101), UV disinfection (UV-101), sistem alarm (ALM-101), dan pressure relief valve (PRV-101) yang mengeksekusi strategi distribusi dari sistem kontrol.

# 2. Ruang Lingkup Sistem HVAC

## 2.1 Pendahuluan

Ruang lingkup sistem Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) mencakup semua aspek sistem yang dirancang untuk menghasilkan udara bersih berkualitas tinggi melalui proses pengolahan HVAC. Dokumen ini menjelaskan batasan sistem secara detail, meliputi komponen fisik, operasional, dan kontrol yang tergabung dalam satu sistem distribusi udara bersih.

Pentingnya mendefinisikan ruang lingkup sistem secara jelas adalah untuk memastikan semua pihak memiliki pemahaman yang sama tentang cakupan proyek, tanggung jawab masing-masing bagian sistem, dan hubungan dengan sistem luar. Ruang lingkup yang jelas akan mengurangi ketidakjelasan dalam pelaksanaan dan memudahkan proses perawatan serta pemecahan masalah.

## 2.2 Definisi Ruang Lingkup Sistem

Ruang lingkup sistem HVAC meliputi seluruh proses, mulai dari pengambilan udara baku (intake), praolah (filtrasi dan penghilangan kotoran), proses utama (pengkondisian udara), pascaolah (penyaringan lanjutan dan desinfeksi), penyimpanan udara bersih, hingga distribusi kepada pengguna akhir. Selain itu, ruang lingkup juga mencakup sistem kontrol otomatis (PLC/HMI), pemantauan parameter proses, alarm, serta integrasi dengan sistem utilitas lain apabila diperlukan.

### 2.2.1 Cakupan Fungsional Sistem

Sistem HVAC dirancang untuk beroperasi sebagai instalasi pengolahan udara terpadu dengan kemampuan: - **Otomasi proses**: Kontrol otomatis seluruh tahapan proses - **Jaminan kualitas**: Monitoring kualitas udara secara terus-menerus - **Optimisasi efisiensi**: Mengoptimalkan penggunaan energi dan tingkat recovery - **Manajemen keamanan**: Sistem keamanan dan proteksi peralatan - **Manajemen data**: Pengumpulan, analisis, dan pelaporan data operasional

## 2.3 Komponen Utama Ruang Lingkup Sistem

Sistem HVAC terdiri dari enam bagian utama yang saling terhubung untuk membentuk proses distribusi udara bersih yang lengkap dan otomatis. Setiap bagian memiliki fungsi khusus dan berinteraksi dengan bagian lain melalui sistem kontrol terpusat.

### 2.3.1 Bagian Intake (Pengambilan Udara Baku)

Bagian intake berfungsi sebagai titik masuk udara ke dalam sistem distribusi dan merupakan tahap awal yang penting dalam proses pengolahan udara.

# 3. Elemen Dasar dan Jaringan Sistem HVAC

## 3.1 Pendahuluan

Sistem Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) merupakan sistem kompleks yang terdiri dari berbagai komponen yang saling terintegrasi. Pemahaman tentang elemen dasar dan arsitektur jaringan sistem ini sangat penting untuk merancang sistem yang efisien, handal, dan mudah dioperasikan. Bab ini akan menguraikan komponen-komponen fundamental sistem HVAC serta topologi jaringan yang menghubungkan seluruh elemen sistem.

## 3.2 Elemen Dasar Sistem HVAC

### 3.2.1 Sistem Instrumentasi dan Sensor

Sistem instrumentasi merupakan mata dan telinga dari sistem HVAC yang bertugas mengumpulkan data operasional secara real-time.

#### a) Level Transmitter

* **Fungsi**: Mengukur ketinggian air dalam tangki reservoir, clarifier, dan filter tank
* **Teknologi**: Ultrasonic, radar, atau pressure-based measurement
* **Range pengukuran**: 0-10 meter dengan akurasi ±0.1%
* **Output signal**: 4-20 mA analog atau digital Modbus

#### b) Flow Meter

* **Fungsi**: Mengukur laju aliran air pada berbagai titik dalam sistem
* **Jenis**: Electromagnetic flow meter untuk akurasi tinggi
* **Kapasitas**: 0-500 L/min dengan akurasi ±0.5%
* **Aplikasi**: Monitoring flow rate air baku, produk, dan reject water

#### c) Pressure Sensor

* **Fungsi**: Monitoring tekanan pada membran RO, pompa, dan pipa distribusi
* **Range**: 0-10 bar dengan resolusi 0.01 bar
* **Kritikalitas**: Essential untuk proteksi membran RO
* **Alarm setting**: High pressure >8 bar, Low pressure <2 bar

#### d) Turbidity Sensor

* **Fungsi**: Mengukur kekeruhan air untuk quality control
* **Range**: 0-1000 NTU
* **Lokasi**: Pre-treatment, post-treatment, dan product water
* **Standard**: Sesuai WHO guidelines untuk air minum

#### e) Conductivity/TDS Meter

* **Fungsi**: Mengukur konduktivitas dan Total Dissolved Solids
* **Range**: 0-2000 μS/cm untuk monitoring efektivitas desalinasi
* **Lokasi**: Feed water, permeate, dan concentrate streams

### 3.2.2 Sistem Aktuator dan Kontrol

#### a) Sistem Pompa

* **Intake Pump**: Pompa sentrifugal 5 HP untuk pengambilan air baku
* **High Pressure Pump**: Pompa bertekanan tinggi 15 HP untuk sistem RO
* **Transfer Pump**: Pompa 3 HP untuk transfer antar tangki
* **Booster Pump**: Pompa tekanan rendah 2 HP untuk distribusi
* **Kontrol**: Variable Frequency Drive (VFD) untuk efisiensi energi

#### b) Valve Motorized

* **Jenis**: Ball valve dan butterfly valve dengan electric actuator
* **Fungsi**: Flow control, isolation, dan backwash operations
* **Control signal**: 4-20 mA atau digital on/off
* **Response time**: <30 detik untuk full stroke

#### c) Sistem Disinfeksi UV

* **Kapasitas**: UV lamp 40W dengan intensitas 30 mJ/cm²
* **Fungsi**: Sterilisasi mikroorganisme patogen
* **Monitoring**: UV intensity sensor dan lamp status
* **Maintenance**: Automatic cleaning system

#### d) Sistem Alarm dan Indikasi

* **Visual**: LED indicator panel dan HMI display
* **Audio**: Horn alarm untuk kondisi emergency
* **Remote**: SMS notification dan email alert
* **Logging**: Event logging dengan timestamp

### 3.2.3 Sistem Kontrol PLC/HMI

#### a) Programmable Logic Controller (PLC)

* **Model**: Siemens S7-1200 atau Allen-Bradley CompactLogix
* **I/O capacity**: 32 Digital Input, 16 Digital Output, 16 Analog Input
* **Communication**: Ethernet, Modbus RTU/TCP, Profinet
* **Programming**: Ladder logic dan Function Block Diagram
* **Redundancy**: Hot standby untuk critical applications

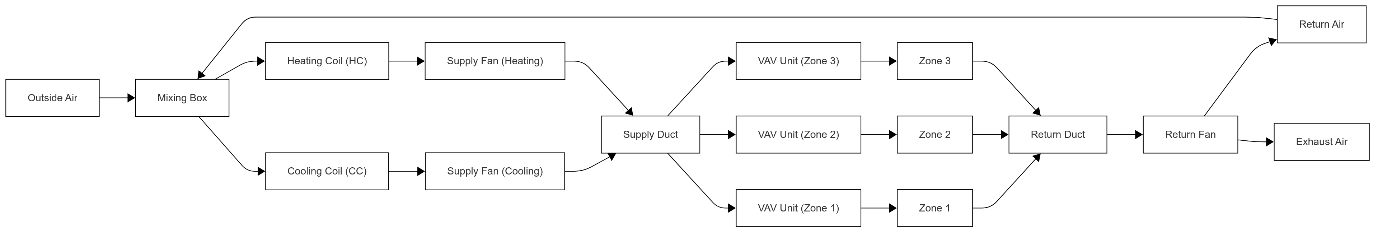
#### b) Human Machine Interface (HMI)

* **Display**: 15” touchscreen dengan resolusi 1024x768
* **Software**: WinCC, FactoryTalk View, atau open-source SCADA
* **Features**: Real-time monitoring, trending, alarm management
* **User management**: Multi-level access control
* **Data logging**: Historical data storage dan reporting

# 4. Model Sistem HVAC

## 4.1 Pendahuluan

Model sistem Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) merupakan representasi sistem simulasi yang menggambarkan proses dasar pengolahan udara menggunakan teknologi HVAC. Model ini dirancang sebagai platform pembelajaran dan demonstrasi untuk memahami prinsip-prinsip fundamental operasi sistem HVAC dalam lingkungan terkontrol.



## 4.2 Komponen Utama Sistem HVAC

Sistem HVAC terdiri dari tujuh subsistem utama yang saling terintegrasi untuk membentuk proses pengolahan udara yang komprehensif dan otomatis.

### 4.2.1 Subsistem Intake (Pengambilan Udara)

Subsistem intake berfungsi sebagai titik masuk udara luar ke dalam sistem simulasi. Fan F-101 disimulasikan untuk menghisap udara dari lingkungan sekitar menuju tahap pra-perlakuan. Sensor FT-101 mengukur laju aliran udara masuk dan memberikan data ke sistem kontrol untuk monitoring operasi fan.

### 4.2.2 Subsistem Pra-perlakuan (Pre-treatment)

Tahap pra-perlakuan dalam simulasi melakukan filtrasi dasar untuk mempersiapkan udara sebelum masuk ke unit pendingin. Sensor TU-101 memantau tingkat kekeruhan udara dan memberikan data ke sistem kontrol. Valve V-101 mengatur aliran dalam sistem simulasi.

### 4.2.3 Subsistem Cooling Unit (Pendingin)

Unit pendingin dalam simulasi melakukan proses penurunan suhu udara melalui simulasi refrigerasi. Kompresor C-102 menyediakan tekanan tinggi yang diperlukan untuk sirkulasi refrigeran. Sistem monitoring terdiri dari sensor PT-101 dan PT-102 yang memantau tekanan pada sisi tinggi dan rendah sistem pendingin, sementara FT-102 mengukur aliran udara dingin yang dihasilkan. Pressure relief valve PRV-101 berfungsi sebagai sistem keamanan untuk mencegah kondisi tekanan berlebih.

### 4.2.4 Subsistem Pemanas (Heating)

Subsistem pemanas dalam simulasi menyuplai panas tambahan jika diperlukan untuk mencapai suhu yang diinginkan. Elemen pemanas elektrik disimulasikan dengan kontrol daya yang bervariasi. Sensor PT-103 memantau suhu udara keluar dari pemanas untuk kontrol yang tepat.

# 5. Mekanisme Operasi Sistem HVAC

Sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) dirancang untuk beroperasi secara otomatis dengan mengandalkan logika kontrol pada PLC (Programmable Logic Controller). Mekanisme operasi ini memastikan seluruh proses berjalan efisien, aman, dan dapat dipantau secara real-time melalui HMI (Human Machine Interface).

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

## 5.1 Start/Stop

Pengoperasian sistem dapat dimulai atau dihentikan melalui HMI. Operator memiliki kontrol penuh untuk melakukan start atau stop seluruh proses, baik secara manual maupun otomatis sesuai jadwal atau kondisi tertentu.

## 5.2 Pengambilan Udara (Intake)

Pompa intake akan aktif secara otomatis jika level udara pada tangki ground berada di bawah ambang batas minimum dan seluruh kondisi pra-perlakuan telah terpenuhi. Sistem akan memastikan bahwa udara baku yang diambil memenuhi syarat untuk diproses lebih lanjut.

## 5.3 Pra-perlakuan

Pada tahap ini, udara baku melewati filter untuk menghilangkan partikel kasar dan kotoran. Jika tekanan diferensial pada filter melebihi batas yang ditentukan, sistem akan menjalankan proses backwash (pencucian balik) secara otomatis untuk menjaga performa filter.

## 5.4 Unit HVAC

Pompa HVAC akan aktif jika proses pra-perlakuan selesai dan level udara pada tangki cukup. Sistem akan memantau tekanan dan parameter lain secara kontinu. Jika terdeteksi tekanan abnormal atau kondisi tidak aman, pompa HVAC akan berhenti secara otomatis untuk mencegah kerusakan.

## 5.5 Pasca-perlakuan

Setelah proses HVAC, udara hasil olahan akan melalui tahap disinfeksi. Proses ini berjalan secara paralel dengan output HVAC untuk memastikan udara yang dihasilkan memenuhi standar kualitas.

## 5.6 Distribusi

Pompa transfer dan booster akan aktif berdasarkan level udara pada tangki rooftop. Sistem akan memastikan distribusi udara ke jaringan pelanggan berjalan lancar dan tekanan tetap stabil.

## 5.7 Alarm dan Proteksi

Jika terjadi kondisi abnormal seperti tekanan berlebih, level udara tidak normal, atau turbidity tinggi, sistem akan memicu alarm dan secara otomatis mematikan pompa terkait untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

## 5.8 Monitoring dan Kontrol

Seluruh parameter proses (tekanan, level, kualitas udara, status pompa, dsb.) dapat dipantau secara real-time melalui HMI. Operator dapat melakukan penyesuaian setpoint, melihat histori alarm, dan melakukan troubleshooting jika diperlukan.

Dengan mekanisme operasi ini, sistem HVAC dapat berjalan secara otomatis, efisien, dan aman, serta memudahkan pemantauan dan pengendalian oleh operator.

# 6. Posisi Utilitas HVAC

Penataan posisi utilitas dalam sistem HVAC sangat penting untuk memastikan efisiensi operasional, kemudahan pemeliharaan, dan keamanan sistem secara keseluruhan. Berikut penjelasan posisi dan peran strategis masing-masing utilitas:

## 6.1 Diagram Posisi Utilitas

Diagram of a machine with several boxes

AI-generated content may be incorrect.

A diagram of a machine

AI-generated content may be incorrect.

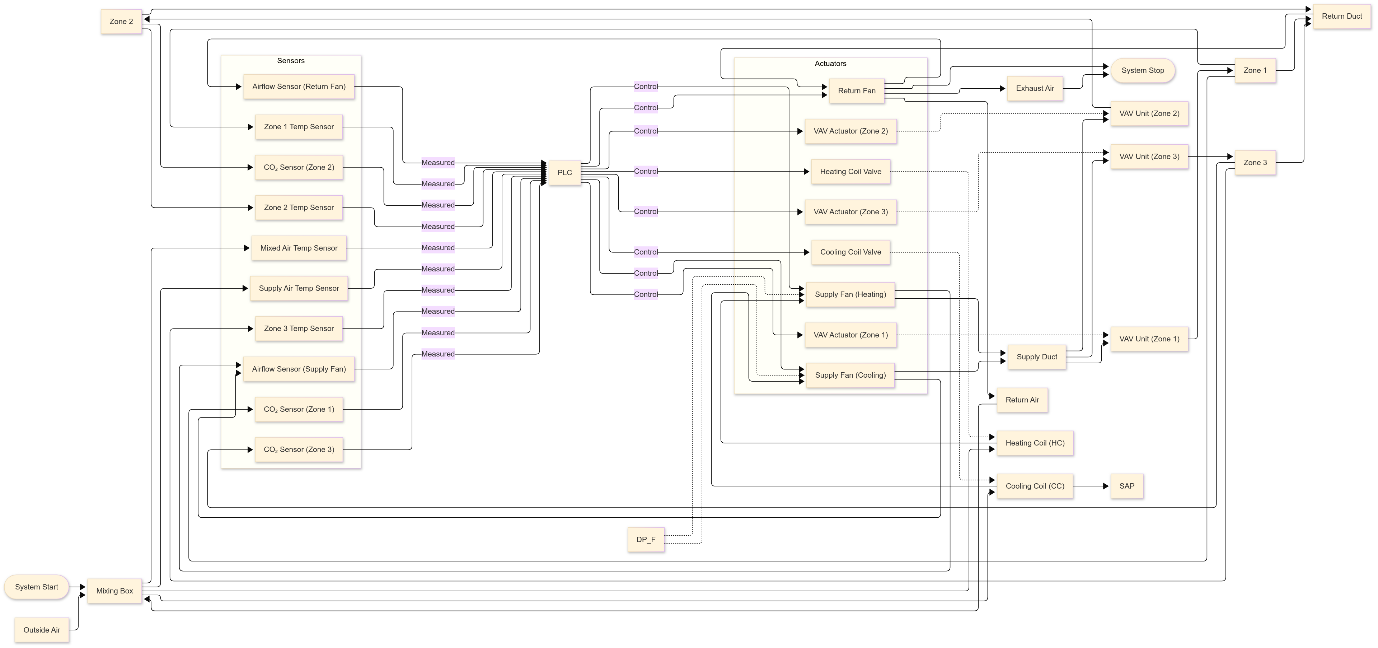
## 6.2 Panel Kontrol

Panel kontrol ditempatkan di ruang kontrol atau dekat area proses utama. Lokasi ini dipilih agar operator mudah memantau dan mengendalikan seluruh sistem, serta memudahkan akses saat troubleshooting atau pemeliharaan.

## 6.3 Fan Intake

Fan intake dipasang di area sumber udara (luar ruangan) untuk memudahkan pengambilan udara secara langsung dan mengurangi kehilangan tekanan akibat jarak distribusi.

# 7. Perangkat Keras Kendali Utilitas Dalam Sistem HVAC



Perangkat keras utama pada sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) single duct, multi-zone, VAV meliputi:

* **PLC (Programmable Logic Controller)**: Mengendalikan seluruh proses otomatisasi HVAC, menerima input dari sensor dan mengatur aktuator (VAV, katup coil, fan) sesuai logika kontrol. Contoh: Siemens S7-1200 atau setara, mendukung standar IEC 61131, komunikasi Modbus/TCP, dan integrasi HMI.
* **Sensor Suhu Udara**:
  + MAT (Mixed Air Temp Sensor): Sensor suhu udara campuran di mixing box, tipe PT100/NTC/DS18B20, akurasi industri.
  + SAT (Supply Air Temp Sensor): Sensor suhu udara suplai di supply duct, tipe PT100/NTC/DS18B20.
  + Z1T, Z2T, Z3T (Zone Temp Sensor): Sensor suhu di masing-masing zona, tipe PT100/NTC/DS18B20.
* **Sensor Aliran Udara**:
  + AF\_SF (Airflow Sensor Supply Fan): Sensor airflow pada supply fan, tipe differential pressure/ultrasonic.
  + AF\_RF (Airflow Sensor Return Fan): Sensor airflow pada return fan, tipe differential pressure/ultrasonic.
* **Sensor CO₂**:
  + CO2\_1, CO2\_2, CO2\_3: Sensor CO₂ di tiap zona, tipe NDIR, untuk monitoring kualitas udara.
* **VAV Actuator**:
  + VAV1A, VAV2A, VAV3A: Motorized damper actuator untuk pengaturan volume udara di tiap zona (VAV Unit Zone 1/2/3).
* **Katup Coil**:
  + CC\_A (Cooling Coil Valve): Motorized valve untuk cooling coil.
  + HC\_A (Heating Coil Valve): Motorized valve untuk heating coil.
* **Supply Fan**:
  + SF\_Cool (Supply Fan Cooling): Kipas suplai mode pendinginan, AC/EC Fan 3~ 380V.
  + SF\_Heat (Supply Fan Heating): Kipas suplai mode pemanasan, AC/EC Fan 3~ 380V.
* **Return Fan (RF)**: Kipas return, AC/EC Fan 3~ 380V, untuk sirkulasi udara return.
* **Panel Kontrol**: Panel mild steel IP54, berisi PLC, relay, terminal, proteksi, dan HMI touchscreen 7 inci.

## 7.1 Tabel Ringkasan Spesifikasi Perangkat Keras

| Tag/Perangkat | Tipe/Model | Fungsi Utama | Lokasi/Spesifikasi |
| --- | --- | --- | --- |
| PLC | Siemens S7-1200 / setara | Otomasi & kendali sistem HVAC | Panel Kontrol, IEC 61131 |
| MAT | PT100/NTC/DS18B20 | Mixed Air Temp Sensor | Mixing Box, Akurasi industri |
| SAT | PT100/NTC/DS18B20 | Supply Air Temp Sensor | Supply Duct |
| Z1T, Z2T, Z3T | PT100/NTC/DS18B20 | Zone Temp Sensor | Zona 1/2/3 |
| AF\_SF | DP/Ultrasonic | Airflow Sensor (Supply Fan) | Supply Fan |
| AF\_RF | DP/Ultrasonic | Airflow Sensor (Return Fan) | Return Fan |
| CO2\_1, CO2\_2, CO2\_3 | NDIR CO₂ Sensor | CO₂ Sensor (tiap zona) | Zona 1/2/3 |
| VAV1A, VAV2A, VAV3A | Motorized Damper | VAV Actuator (tiap zona) | VAV Unit Zone 1/2/3 |
| CC\_A | Motorized Valve | Cooling Coil Valve | Cooling Coil |
| HC\_A | Motorized Valve | Heating Coil Valve | Heating Coil |
| SF\_Cool | AC/EC Fan 3~ 380V | Supply Fan (Cooling) | Supply Duct |
| SF\_Heat | AC/EC Fan 3~ 380V | Supply Fan (Heating) | Supply Duct |
| RF | AC/EC Fan 3~ 380V | Return Fan | Return Duct |
| Panel Kontrol | Mild Steel IP54 | Integrasi & proteksi sistem | Ruang Panel |

## 7.2 Spesifikasi Hardware Sistem HVAC

### PLC/Controller

* Siemens S7-1200 atau setara, mendukung multi-zona, standar IEC 61131
* Komunikasi: Modbus/TCP, Ethernet
* HMI touchscreen 7 inci

### Sensor

* Suhu: PT100/NTC/DS18B20, akurasi industri, pemasangan di mixing box, supply duct, dan tiap zona
* Airflow: Differential pressure/ultrasonic, pemasangan di supply dan return fan
* CO₂: NDIR, pemasangan di tiap zona

### Aktuator

* VAV: Motorized damper, kontrol analog/digital, satu per zona
* Katup coil: Motorized valve, kontrol analog/digital, untuk cooling dan heating coil

### Fan

* Supply Fan: AC/EC Fan 3~ 380V, satu untuk cooling, satu untuk heating
* Return Fan: AC/EC Fan 3~ 380V

### Panel Kontrol

* Mild steel IP54, berisi PLC, relay, terminal, proteksi, HMI touchscreen
* Wiring sesuai standar industri HVAC (color coding, labeling, grounding)

### Power

* Tegangan dan arus sesuai kebutuhan fan, aktuator, sensor, dan PLC
* Power supply sesuai standar IEC dan lokal

# 8. Perangkat Lunak Jaringan Kendali HVAC

Perangkat lunak jaringan kendali HVAC dikembangkan menggunakan bahasa Python, dengan arsitektur modular yang terdiri dari beberapa komponen utama:

* **Program Kontrol (Python)**: Logika kontrol utama diimplementasikan dalam Python, menggantikan ladder/structured text PLC, untuk mengatur urutan operasi, safety, dan fault handling.
* **HMI/SCADA**: Antarmuka operator berbasis Python Tkinter, digunakan untuk monitoring status sistem, alarm, dan kontrol manual perangkat HVAC.
* **Komunikasi**: Protokol komunikasi Modbus TCP/IP digunakan untuk pertukaran data antara modul kontrol Python, HMI, dan perangkat eksternal (jika ada).
* **Simulasi (Python)**:  
  Salah satu keunggulan utama pengembangan perangkat lunak HVAC ini adalah adanya modul simulasi berbasis Python. Modul simulasi ini memungkinkan seluruh logika kontrol, interaksi sensor, aktuator, serta respon sistem dapat diuji secara virtual sebelum implementasi fisik.  
  Simulasi dilakukan dengan membuat model digital dari seluruh perangkat (sensor, pompa, valve, alarm) dan lingkungan proses (misal: perubahan level, tekanan, dan kualitas air). Operator dapat mengatur nilai input sensor secara manual atau otomatis, lalu mengamati bagaimana sistem kontrol merespons kondisi tersebut.  
  Dengan simulasi Python, tim pengembang dapat:
  + Menguji dan memverifikasi algoritma kontrol tanpa risiko terhadap perangkat nyata.
  + Melatih operator menggunakan HMI virtual.
  + Melakukan troubleshooting dan analisis skenario kegagalan (fault simulation).
  + Mempercepat iterasi pengembangan, karena perubahan kode dapat langsung diuji pada lingkungan simulasi.
  + Menyediakan visualisasi proses secara real-time, sehingga memudahkan pemahaman alur kerja sistem HVAC. Simulasi ini juga terintegrasi dengan fitur data logging dan alarm, sehingga seluruh kejadian selama simulasi dapat dicatat dan dianalisis.
* **Data Logging**: Fitur pencatatan data proses (level, tekanan, alarm, status aktuator) untuk analisis performa dan troubleshooting.

## 8.1 Control System

### 8.1.1 Control Philosophy

* Sistem HVAC Python berjalan otomatis penuh, dengan opsi override manual untuk semua pompa dan valve melalui HMI.
* Logika kontrol utama berbasis pembacaan sensor (level, flow, pressure, turbidity) yang diolah secara real-time.
* Alarm dihasilkan secara otomatis jika terjadi kondisi abnormal (misal: level rendah/tinggi, tekanan rendah, turbidity tinggi).
* Semua parameter kritis dimonitor dan dicatat ke file log.
* HMI lokal berbasis Tkinter untuk operator; pemantauan jarak jauh dapat diaktifkan jika diperlukan.
* **Pembaruan Arsitektur:** Pemisahan tegas antara sensor, logika, dan aktuator diimplementasikan dalam struktur kode Python, sesuai flowchart terbaru.

### 8.1.2 Main Control Logic

* **Intake Fan**: Aktif jika pre-treatment dan sistem HVAC siap, nonaktif jika level ground tank rendah atau alarm aktif.
* **Pre-treatment**: Siklus backwash otomatis berdasarkan tekanan diferensial atau timer.
* **HVAC High-Pressure Pump**: Aktif jika pre-treatment OK dan level ground tank cukup; nonaktif jika tekanan rendah/tinggi atau level ground tank rendah.
* **Post-treatment**: Disinfeksi berjalan paralel dengan output HVAC.
* **Transfer Pump to Roof Tank**: Aktif jika roof tank belum penuh dan ground tank masih ada air; nonaktif jika roof tank penuh atau ground tank rendah.
* **Alarm**: Setiap pembacaan sensor abnormal akan memicu alarm dan dapat menghentikan perangkat terkait.
* **Pemetaan Logika:** Semua nilai sensor dikirim ke modul logika Python, yang kemudian mengontrol aktuator sesuai algoritma.

### 8.1.3 I/O

Tabel I/O diimplementasikan dalam Python sebagai dictionary atau class, dengan pemetaan variabel berikut:

* **AI (Analog Input):** Pembacaan sensor level, tekanan, flow, turbidity (misal: LT-101, PT-101, TU-101).
* **DO (Digital Output):** Kontrol aktuator (pompa, valve, UV, alarm).
* **DI/DO:** Status sistem (System\_Running, Emergency\_Stop).
* **Internal Logic Variables:** Variabel boolean untuk status logika (PreTreatment\_OK, RO\_OK, Alarm, dst).

### 8.1.4 Control Logic Summary

#### System States:

1. **Emergency Stop**: Semua aktuator OFF, alarm ON, System\_Running = FALSE.
2. **System Stopped**: Semua aktuator OFF, System\_Running = FALSE.
3. **System Running**: Logika operasi normal aktif, System\_Running = TRUE.

#### Key Logic Conditions (Python Implementation):

* PreTreatment\_OK: TU\_101 < 5.0 NTU
* RO\_OK: PreTreatment\_OK and LT\_101 > 20% and 50 < PT\_101 < 70
* P\_101 (Intake): RO\_OK and LT\_101 < 95%
* P\_102 (RO Pump): RO\_OK
* P\_103 (Post-treatment): LT\_101 > 30%
* P\_104 (Transfer to Ground): RO\_OK and LT\_101 < 95%
* P\_105 (Pump to Rooftop): LT\_101 > 40% and LT\_102 < 95%
* P\_106 (Transfer to Roof): LT\_102 < 98%
* UV\_101: RO\_OK
* V\_101: P\_101 or P\_102
* PRV\_101: PT\_101 > 70
* Alarm: TU\_101 > 10 or PT\_101 < 45 or PT\_101 > 75 or LT\_101 < 10 or LT\_102 > 98

### 8.2 Notes

* Semua sinyal analog menggunakan range 4–20 mA (disimulasikan dalam Python).
* Semua pompa dan valve dapat dikontrol secara local/remote dan manual/auto via HMI.
* Sistem dapat dikembangkan untuk pemantauan jarak jauh, data logging lanjutan, dan diagnostik.
* **Pembaruan Arsitektur:** Tabel I/O dan pemetaan variabel Python telah disesuaikan dengan kebutuhan simulasi dan HMI.
* **Sinkronisasi:** Struktur variabel Python sepenuhnya sesuai dengan flowchart dan kebutuhan operasional HVAC.

# HMI

A computer screen shot of a diagram

AI-generated content may be incorrect.