# 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.

## 1.4 Prinsip Operasi Sistem Distribusi

### 1.4.1 Mode Operasi

Sistem HVAC dapat beroperasi dalam dua mode utama untuk mengoptimalkan distribusi udara bersih:

* **Mode Otomatis**: Sistem beroperasi secara otomatis berdasarkan logika kontrol distribusi yang telah diprogram, dengan monitoring kontinyu terhadap level storage, pressure distribusi, dan automatic transfer udara dari ground tank ke roof tank berdasarkan demand dan level setpoints.
* **Mode Manual**: Operator dapat mengambil kontrol manual melalui HMI untuk mengoperasikan pompa distribusi individual, terutama untuk keperluan maintenance sistem distribusi, testing kapasitas transfer, atau kondisi emergency dalam penyediaan udara.

### 1.4.2 Safety Systems

Sistem dilengkapi dengan multiple safety features untuk melindungi infrastructure distribusi dan memastikan kontinuitas penyediaan udara:

* **Alarm System**: Sistem alarm (ALM-101) yang terintegrasi memberikan warning dini terhadap kondisi abnormal dalam distribusi seperti level storage ekstrem, tekanan distribusi berlebih, atau gangguan pada sistem transfer udara.
* **Pressure Relief**: Valve PRV-101 berfungsi sebagai pressure relief untuk melindungi sistem distribusi dari tekanan berlebih yang dapat merusak infrastruktur perpipaan dan storage.
* **Interlocking Logic**: Logika kontrol yang mencegah operasi berbahaya dalam sistem distribusi, seperti menjalankan pompa transfer tanpa supply udara yang memadai di ground tank atau mengoperasikan sistem pada kondisi alarm aktif yang dapat mengganggu kontinuitas distribusi.

## 1.5 Tujuan Sistem Simulasi Distribusi

### 1.5.1 Pembelajaran Engineering Distribusi Udara

Sistem HVAC dirancang sebagai platform pembelajaran yang memberikan pemahaman praktis tentang: - Prinsip dasar sistem distribusi udara bersih dengan teknologi HVAC terintegrasi - Integrasi sistem instrumentasi dan kontrol otomatis dalam distribusi udara - Design consideration untuk sistem penyimpanan bertingkat (ground tank dan roof tank) - Operational challenges dalam sistem distribusi udara dengan sumber HVAC

### 1.5.2 Demonstrasi Teknologi Distribusi

Sistem menyediakan demonstrasi interaktif tentang: - Control loop feedback dalam sistem distribusi udara - Human-machine interaction dalam automation sistem distribusi - Process monitoring dan data acquisition untuk sistem storage dan transfer - Safety system implementation dalam infrastruktur distribusi udara

### 1.5.3 Pengembangan Kompetensi Distribusi Udara

Platform ini memungkinkan pengembangan kompetensi dalam: - System design dan process engineering untuk distribusi udara - Industrial automation dan control systems untuk infrastruktur udara - Process optimization dan troubleshooting sistem distribusi - Operational management sistem distribusi udara terintegrasi

## 1.6 Keunggulan Sistem HVAC

### 1.6.1 Modularitas

Desain modular memungkinkan pemahaman sistem distribusi secara bertahap, dimana setiap subsistem (intake, pengolahan, storage, distribusi) dapat dipelajari secara individual sebelum memahami integrasi keseluruhan sistem distribusi udara.

### 1.6.2 Fleksibilitas Konfigurasi

Parameter operasi distribusi dapat disesuaikan melalui file konfigurasi untuk mempelajari berbagai skenario distribusi, pola konsumsi, dan condition handling dalam sistem penyediaan udara.

### 1.6.3 Real-time Visualization

Interface HMI menyediakan visualisasi real-time yang memudahkan pemahaman tentang dynamic behavior sistem distribusi, level storage, dan interaksi antar komponen distribusi.

### 1.6.4 Comprehensive Monitoring

Sistem menyediakan monitoring lengkap terhadap seluruh parameter distribusi penting, memberikan insight tentang performance sistem distribusi, efisiensi transfer, dan operational efficiency.

Sistem HVAC merepresentasikan integrasi antara teknologi pengolahan udara (HVAC) dengan sistem distribusi udara modern yang menggunakan konsep penyimpanan bertingkat dan kontrol otomatis, menyediakan platform pembelajaran yang komprehensif untuk memahami kompleksitas operasi sistem distribusi udara bersih dalam konteks engineering yang praktis dan aplikatif.