



**Laporan *Project Based Learning* Mata Kuliah  
VE230415 – Sistem Kontrol Proses  
Semester Genap 2023/2024**

**CCTV Thermal HVAC**

Disusun oleh:

Jonathan Oktaviano Frizzy

2040221060

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Juni 2024

## DAFTAR ISI

|   |    |
|---|----|
| DAFTAR GAMBAR .....                               | ii |
| RINGKASAN .....                                   | 1  |
| PENDAHULUAN .....                                 | 2  |
| 1.1 Deskripsi Project .....                       | 2  |
| 1.2 Target dan Cakupan Project .....              | 2  |
| BAB II MATERI MATA KULIAH .....                   | 3  |
| SISTEM KONTROL PROSES .....                       | 3  |
| 2.1 Capaian Pembelajaran Mata Kuliah .....        | 3  |
| 2.2 Materi Perkuliahan .....                      | 3  |
| BAB III .....                                     | 8  |
| ANALISA KORELASI PROJECT DENGAN MATA KULIAH ..... | 8  |
| 3.1 Penerapan Teori Close Loop .....              | 8  |
| BAB IV MATERI YANG PERLU DIPERDALAM .....         | 9  |
| DAFTAR PUSTAKA .....                              | 10 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |   |
|---|---|
| Gambar 2. 1 Contoh Open Loop .....                    | 7 |
| Gambar 2. 2 Contoh Close Loop.....                    | 7 |
| Gambar 3. 1 Close Loop System CCTV Thermal HVAC ..... | 8 |

## RINGKASAN

Kehidupan manusia modern banyak bergantung pada keberadaan gedung dan bangunan. Kenyamanan suhu di dalam ruangan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan, produktivitas, dan kualitas hidup penghuninya. Suhu dan kelembapan udara yang tidak sesuai dapat menimbulkan rasa tidak nyaman, bahkan berdampak pada kesehatan. Untuk menciptakan dan mempertahankan kondisi ruangan yang optimal, diperlukan sistem yang handal, yaitu *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)*. Sistem *HVAC* berperan dalam mengatur pemanas ruangan (*Heating*), sirkulasi udara (*Ventilation*), dan pendinginan ruangan (*Air Conditioning*). Dengan demikian, tercipta kondisi suhu yang nyaman dan sehat bagi penghuni ruangan. Namun ruangan di berbagai gedung dan bangunan masih menggunakan sistem konvensional atau manual, sehingga hal tersebut kurang efisien dalam penerapannya. CCTV Thermal sendiri berguna untuk mendeteksi target yang lebih tepat, mendeteksi suhu tubuh yang sangat tinggi pada individu yang masuk ke area publik atau fasilitas umum. Melalui analisis kebutuhan, integrasi teknologi, pengujian, dan evaluasi performa sistem, diharapkan CCTV Thermal *HVAC* yang kita buat dapat memberikan manfaat dalam hal penghematan energi, pemantauan real-time, dan peningkatan efisiensi operasional bangunan. CCTV Thermal yang menggabungkan dengan sistem *HVAC* sendiri berguna untuk menaikkan suhu dan mengoptimalkan suhu pada ruangan sekitar. Dengan perkiraan anggaran dan waktu yang jelas, CCTV Thermal *HVAC* ini diharapkan menjadi langkah maju dalam pengembangan teknologi *HVAC* yang ramah lingkungan dan cerdas.

**Kata Kunci:** (CCTV Thermal, *HVAC*, Teknologi, *Real-time*)

# PENDAHULUAN

## 1.1 Deskripsi Project

Proyek CCTV Thermal HVAC ini menawarkan solusi komprehensif untuk mengelola sistem HVAC secara lebih efisien, memberikan manfaat jangka panjang dalam penghematan energi. CCTV Thermal digunakan untuk mendeteksi suhu ruangan dan menghitung rata-rata suhu berdasarkan jumlah orang yang terdeteksi. Sistem ini kemudian diintegrasikan dengan sistem HVAC menggunakan *Universal Remote* untuk mengontrol suhu secara otomatis.

Untuk memantau performa sistem secara keseluruhan, proyek ini dilengkapi dengan antarmuka kontrol dan pemantauan melalui platform website. Dengan demikian, pengguna dapat memonitor dan mengendalikan sistem HVAC dari mana saja secara *real-time*. Proyek ini bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi sistem HVAC melalui pemantauan suhu ruangan secara *real-time* menggunakan CCTV Thermal, yang pada akhirnya berfokus pada penghematan energi.

## 1.2 Target dan Cakupan Project

Dalam project ini, *CCTV Thermal HVAC* ini dibuat dengan tim pelaksana dari *project* yang merupakan mahasiswa Angkatan 2022. Berikut merupakan penjelasan lebih detail tentang cakupan proyek dan pembagian tiap angkatan beserta tugas yang dikerjakannya.

| Cakupan Proyek   | Pembagian <i>Jobdesk</i>  | Deskripsi  |
|--|---------------------------|--|
| Desain arsitektur proyek, <i>hardware communication</i> , laporan akhir, manajemen tim | Jonathan Oktaviano Frizzy | Membuat desain electrical, komunikasi dan mini sistem CCTV Thermal HVAC, membuat laporan akhir, dan manajemen anggota tim.           |
| <i>Computer Vision</i> dan <i>Web Communication</i>                                    | Kevin Safrisal Maulana    | Mengolah video dari CCTV Thermal lalu menampilkannya di website, yang berisi suhu rata-rata, dan indikator komunikasi antar hardware |
| <i>Hardware, assembly</i> , dan pembelian barang                                       | Taufiq Septiyawan A       | Pembelian komponen, dan pemasangan komponen  |
| RAB, dan administrasi  | Raihan Dzikry Wahidin     | Pembuatan RAB, pengelolaan keuangan tim, dan administrasi  |
| <i>Web Design</i>  | Theo Andre Gunawan        | Melakukan design pada website untuk keseluruhan sistem, yang bisa digunakan untuk monitoring dan kontrol                             |

## BAB II MATERI MATA KULIAH

### SISTEM KONTROL PROSES

#### 2.1 Capaian Pembelajaran Mata Kuliah

- Mampu memahami konsep dasar sistem proses di industri
- Mampu memahami dan memodelkan dinamika proses secara matematis
- Mampu menerapkan perancangan metode kontrol untuk sistem proses sesuai prosedur yang tepat
- Mampu merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol proses untuk persoalan industri

#### 2.2 Materi Perkuliahan

##### a.) Pengertian Sistem Kontrol

Sistem kontrol proses yang berarti sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja sama untuk melakukan sesuatu untuk saran tertentu. Kontrol adalah merupakan suatu kerja untuk mengawasi, mengendalikan, mengatur dan menguasai sesuatu. Kemudian proses merupakan perubahan yang berurutan dan berlangsung secara kontinu dan tetap menuju keadaan akhir tertentu.

Dapat disimpulkan juga sistem kontrol merupakan teknologi yang digunakan untuk mengatur, memonitor, dan mengoptimalkan operasi berbagai proses industri, seperti manufaktur, kimia, dan pengolahan lainnya. Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengumpulkan data dari sensor yang mengukur variabel proses (seperti suhu, tekanan, dan aliran), kemudian menggunakan metode pengendali seperti PID untuk melakukan penyesuaian otomatis pada aktuator guna mempertahankan variabel tersebut pada nilai yang diinginkan.

##### b.) Jenis-jenis Proses

**Proses kontinu** adalah metode produksi di mana bahan dasar dimasukkan dari satu ujung sistem dan produk yang sudah jadi keluar dari ujung sistem yang lain secara terus-menerus tanpa henti. Proses ini biasanya diterapkan dalam industri yang memerlukan aliran produksi yang stabil dan efisien, seperti industri kimia, minyak dan gas, serta pengolahan makanan. Kontinuitas proses ini memastikan bahwa produksi berjalan tanpa gangguan, mengurangi waktu henti, dan meningkatkan efisiensi operasional.

Sebaliknya, **proses batch** atau penumpukan adalah metode produksi di mana sejumlah perangkat tiap input diterima dalam bentuk tumpukan, dan beberapa operasi dilakukan pada tumpukan tersebut untuk menghasilkan produk setengah jadi yang kemudian harus diproses lebih lanjut. Proses ini umumnya digunakan dalam industri yang memproduksi barang dalam jumlah besar namun tidak terus-menerus, seperti industri farmasi dan makanan.

Selain itu, ada juga **produksi individual**, yang merupakan proses menghasilkan sesuatu yang spesifik dan bermanfaat, seperti robot yang mampu menggantikan manusia dalam pengambilan keputusan dan proses produksi. Produksi individual ini biasanya diterapkan dalam industri teknologi tinggi dan manufaktur khusus, di mana setiap produk memiliki spesifikasi dan fungsi yang unik.

### c.) Konfigurasi Kontrol

Terdiri dari beberapa jenis kontrol, diantaranya, **kontrol individual** adalah jenis sistem kontrol yang digunakan untuk mengendalikan mesin tunggal. Sistem ini biasanya tidak memerlukan komunikasi dengan kontrol lain, karena fokusnya hanya pada pengoperasian satu mesin atau perangkat. Kontrol individual sangat cocok untuk aplikasi sederhana di mana kebutuhan koordinasi antar mesin tidak ada atau minimal, sehingga pengaturan dan pemeliharaannya lebih mudah dan efisien.

**Kontrol terpusat** digunakan ketika beberapa mesin atau proses dikendalikan oleh satu pengontrol pusat. Sistem kontrol ini menggunakan satu unit kontrol besar untuk mengelola berbagai proses dan operasi manufaktur yang beraneka ragam. Dengan kontrol terpusat, koordinasi dan pengawasan operasi menjadi lebih terintegrasi dan konsisten, karena semua instruksi dan data dikendalikan dari satu titik pusat. Hal ini sering diterapkan dalam lingkungan industri yang kompleks di mana sinkronisasi antara berbagai mesin dan proses sangat penting untuk mencapai efisiensi dan produktivitas yang tinggi.

**Kontrol terdistribusi** berbeda dengan sistem kontrol terpusat karena setiap mesin atau proses ditangani oleh sistem kontrol yang ditetapkan secara khusus (dedicated). Masing-masing kontrol yang ditetapkan ini sepenuhnya independen dan dapat dipindahkan dari skema kontrol keseluruhan tanpa mengganggu fungsi pembuatan. Sistem kontrol terdistribusi menawarkan fleksibilitas yang lebih besar dan ketahanan terhadap kegagalan, karena jika satu unit kontrol mengalami masalah, unit lainnya dapat terus beroperasi tanpa gangguan. Model ini sering digunakan dalam industri yang membutuhkan redundansi tinggi dan kemampuan untuk menyesuaikan atau memperluas sistem tanpa memengaruhi operasi keseluruhan.

#### d.) Struktur Sistem Kontrol

Struktur pada sistem kontrol dapat dibagi menjadi 4 bagian utama diantaranya **Interface operator-mesin** dimana merupakan komponen penting dalam sistem kontrol yang memungkinkan input dari manusia untuk menginisiasi kondisi awal atau mengubah kontrol proses. *Interface* ini biasanya berupa panel kontrol atau layar sentuh yang memungkinkan operator berinteraksi langsung dengan sistem dan melakukan penyesuaian yang diperlukan. Melalui *interface* ini, operator dapat mengawasi kinerja sistem, memasukkan perintah, dan memantau status operasi secara real-time, memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan.

Kemudian ada **pengkondisian sinyal** yang merupakan proses yang mengubah sinyal input agar dapat digunakan oleh sistem kontrol. Proses ini melibatkan pengolahan sinyal mentah dari sensor atau perangkat input lainnya menjadi bentuk yang sesuai untuk analisis dan pemrosesan lebih lanjut. Misalnya, sinyal analog dari sensor suhu mungkin perlu dikonversi menjadi sinyal digital agar dapat diproses oleh pengontrol. Pengkondisian sinyal memastikan bahwa data yang diterima akurat dan siap digunakan untuk pengambilan keputusan dalam sistem kontrol.

Untuk **Akumulator dan pengontrol** adalah elemen kunci lainnya dalam struktur sistem kontrol. **Akumulator** bertugas mengubah input sinyal menjadi output listrik yang dapat digunakan oleh sistem, sedangkan pengontrol membuat keputusan berdasarkan data yang diterima. Sedangkan **pengontrol** bisa berupa perangkat keras atau perangkat lunak yang dirancang untuk mengeksekusi algoritma kontrol, seperti PID controller, yang menentukan tindakan yang perlu diambil untuk menjaga sistem dalam kondisi yang diinginkan. Dengan membuat keputusan yang tepat dan tepat waktu, pengontrol memastikan bahwa seluruh proses berjalan dengan efisien dan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

#### e.) Pengontrol Respon ON/OFF

Sistem kontrol dasar memiliki dua alternatif sinyal, yaitu ON dan OFF, yang dikenal sebagai kontrol biner atau kontrol dua posisi. Sistem ini diaplikasikan dalam skala besar dengan laju proses lambat, seperti pada sistem pendingin atau pemanas ruangan. Meskipun sederhana dan murah, sistem kontrol ON/OFF dapat menimbulkan efek cycling atau osilasi di sekitar nilai set point. Untuk mengurangi efek ini, sistem harus memiliki hysteresis, yaitu rentang perbedaan antara titik hidup dan titik mati, yang membantu meningkatkan stabilitas dan efisiensi operasional.



**f.) Pengontrol Proporsional**

Sistem kontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding atau proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan, yaitu selisih antara nilai yang diinginkan dengan nilai aktual. Sistem ini lebih sederhana karena keluaran pengontrol proporsional merupakan hasil perkalian antara konstanta proporsional dengan sinyal masukannya. Yang berarti dapat disimpulkan bahwa, setiap perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem mengeluarkan output sinyal yang sebanding dengan konstanta pengalinya, memungkinkan respons yang cepat dan tepat terhadap perubahan kondisi dalam proses yang dikendalikan.

**g.) Pengontrol Integral**

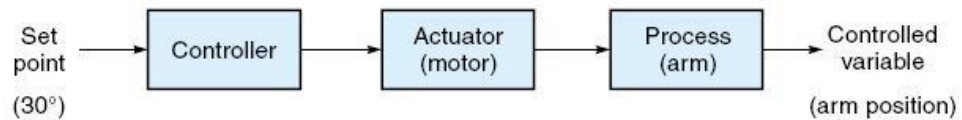
Sistem kontrol integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan stabil nol. Karakteristik sistem ini mirip dengan fungsi integral, di mana keluarannya sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran dari pengontrol integral merupakan penjumlahan yang terus menerus dari perubahan input. Sinyal keluaran pengontrol integral ini merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan penggerak dan akan bernilai sama dengan harga sebelumnya ketika sinyal kesalahan mencapai nol, sehingga memastikan bahwa kesalahan akumulatif dihapuskan dan sistem mencapai nilai set point yang diinginkan tanpa kesalahan tetap.

**h.) Pengontrol Derivative**

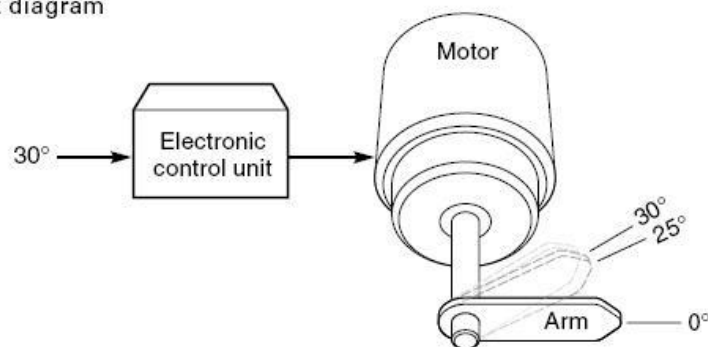
Keluaran dari pengontrol Derivative memiliki sifat yang mirip dengan operasi diferensial. Hal ini berarti bahwa perubahan yang tiba-tiba pada masukan pengontrol akan menyebabkan perubahan keluaran yang sangat besar dan cepat. Sistem kontrol dengan pengontrol Derivative merespons secara sensitif terhadap kecepatan perubahan sinyal masukan, sehingga mampu memberikan respons yang cepat terhadap perubahan yang mendadak dalam proses yang dikendalikan. Dengan demikian, pengontrol Derivative sering digunakan dalam situasi di mana respons yang cepat terhadap perubahan dinamisitas sistem sangat penting untuk menjaga stabilitas dan kinerja proses secara keseluruhan.

### i.) Sistem Kontrol Loop Terbuka

Sistem open loop merupakan jenis sistem kontrol di mana output dihasilkan berdasarkan pada input yang telah ditentukan sebelumnya tanpa adanya mekanisme umpan balik untuk mengoreksi atau menyesuaikan output sesuai dengan kondisi aktual sistem yang dikendalikan. Dalam sistem ini, pengontrol merespons terhadap input berdasarkan pada instruksi atau perintah yang telah diprogram sebelumnya tanpa mempertimbangkan hasil aktual dari proses yang sedang berlangsung.



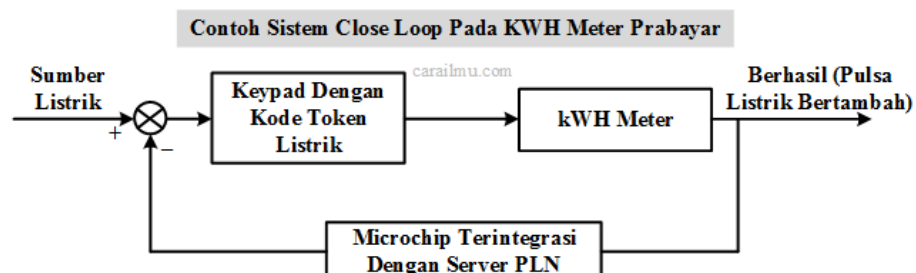
(a) Block diagram



Gambar 2. 1 Contoh Open Loop

### j.) Sistem Kontrol Loop Tertutup

Sistem close loop, atau sistem dengan umpan balik, merupakan pendekatan kontrol yang menggunakan output aktual dari sistem sebagai masukan untuk mengoreksi dan menyesuaikan operasi sistem. Dalam sistem ini, pengontrol secara terus-menerus membandingkan output yang terukur dengan nilai set point atau target yang diinginkan, kemudian menghasilkan perubahan pada input untuk mempertahankan atau mendekati nilai yang diinginkan tersebut. Hal ini memungkinkan sistem untuk merespons secara dinamis terhadap perubahan dalam kondisi operasional, sehingga dapat mencapai stabilitas dan akurasi yang tinggi dalam hasil yang dihasilkan.



Gambar 2. 2 Contoh Close Loop

## BAB III

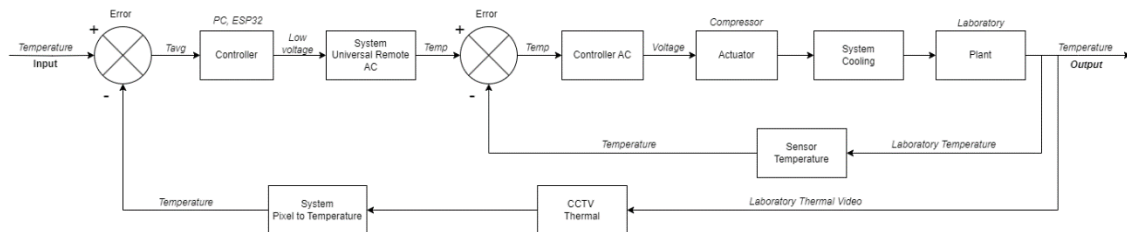
### ANALISA KORELASI PROJECT DENGAN MATA KULIAH

Pada laporan kali ini, dapat disimpulkan bahwa mata kuliah Sistem Kontrol Proses, **berkorelasi** dengan proyek yang saya kerjakan, berikut penjabaran dan implementasinya:

#### 3.1 Penerapan Teori Close Loop

Dalam proyek ini kami menyimpulkan bahwa metode atau sistem yang kami gunakan adalah *close loop system* berikut penjabarannya.

Dari diagram sistem kontrol diatas menggunakan parameter *Thermal Video Processing* untuk mengawasi suhu dalam ruangan/laboratorium dengan presisi. Proses dimulai dengan mengambil data suhu dari video thermal, yang memungkinkan sistem secara akurat memetakan distribusi suhu di berbagai titik dalam ruangan, dan real-time, sehingga memungkinkan untuk deteksi dini perubahan suhu yang signifikan dengan akurasi tinggi.



Gambar 3. 1 Close Loop System CCTV Thermal HVAC

Setelah data suhu diperoleh dari menggunakan *Thermal Video Processing*, sistem kemudian melanjutkan ke proses *Average Temperature Processing*. Dimana proses ini bertujuan untuk menghitung rata-rata suhu di seluruh ruangan berdasarkan data yang terkumpul. Dengan demikian, informasi yang akurat tentang suhu rata-rata ruangan dapat dihasilkan, memberikan gambaran yang jelas tentang kondisi termal keseluruhan di lingkungan tersebut.

Selanjutnya, hasil dari perhitungan rata-rata suhu ini diteruskan menuju *Universal Remote*. *Universal Remote* berfungsi sebagai pusat kontrol yang menerima informasi suhu dan mengirimkan perintah ke unit AC untuk mengatur suhu sesuai dengan set point yang diinginkan. Sistem ini menciptakan lingkungan yang nyaman dan efisien secara energi dengan mengintegrasikan pengawasan suhu yang cermat dan kontrol otomatis yang responsif terhadap perubahan kondisi termal di dalam ruangan.

## BAB IV MATERI YANG PERLU DIPERDALAM

Setelah melewati semester ini, saya menyimpulkan untuk memperdalam beberapa aspek pada mata kuliah Sistem Kontrol Proses, diantaranya:

- Implementasi *Control System* untuk mengoptimasi proses pengolahan thermal menggunakan *video processing*.
- Bagaimana *control comparison* dapat diimplementasikan saat pembuatan diagram kontrol.
- Penerapan secara keseluruhan jika *Open Loop* dan *Close Loop* ada di dalam sebuah sistem secara bersamaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nise, Norman S. (2011). Control systems engineering (7th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [2] Dorf, Richard C., & Bishop, Robert H. (2004). Modern control systems (9th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [3] Ogata, Katsuhiko (2010). Modern control engineering (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.