

***PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR
HANDLING UNIT DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1
BANDAR UDARA***

TUGAS AKHIR

Oleh

ARYA YUDHISTIRA PERDANA

NIT : 56192110005



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA

PROGRAM SARJANA TERAPAN

POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG

Juli 2025

***PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR
HANDLING UNIT DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1
BANDAR UDARA***

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan

Program studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara

Program Sarjana Terapan

Oleh:

ARYA YUDHISTIRA PERDANA

NIT. 56192110005



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA

PROGRAM SARJANA TERAPAN

POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG

Juli 2025

ABSTRAK

PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR HANDLING UNIT DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1 BANDAR UDARA

Oleh

ARYA YUDHISTIRA PERDANA
NIT : 56192110005

**Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program
Sarjana Terapan**

Sistem pendingin ruangan memegang peran penting dalam menjaga kenyamanan penumpang di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Hasil observasi menunjukkan ketidaktercapaian suhu ideal di beberapa area, khususnya di gate keberangkatan Terminal 1. Ketidaksesuaian ini tidak hanya mengganggu kenyamanan penumpang, tetapi belum memenuhi ketentuan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 41 Tahun 2023 yang mewajibkan suhu di bawah 25°C. Distribusi udara ke ruangan yang tidak digunakan menyebabkan pemborosan energi dan menurunkan efisiensi sistem. Penelitian bertujuan untuk mengembangkan *prototype automatic damper* pada *ducting Air Handling Unit* (AHU) yang mengatur distribusi udara secara otomatis dan efisien agar mampu mendukung *Management on Traffic* (MOT) di lingkungan bandara. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan Borg & Gall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *automatic damper* memiliki hasil uji yang baik dimana dari 8 percobaan dan 2 hanya mengalami error dikarenakan adanya *bug* dari koneksi internet. Komponen lainnya seperti: sensor GY-906, Motor Servo dan mikrokontroler ESP32 terbukti dapat bekerja secara responsif dan *real-time*. Keberhasilan ini diperkuat dengan penerapan sistem monitoring berbasis *website* dengan validasi ahli materi dan ahli praktisi lapangan yang mendapatkan nilai 88,33% dengan kategori sangat layak dan 94,44% dengan kategori sangat layak. Validasi ini membuktikan sistem memiliki keandalan yang baik. Implikasi keberhasilan melalui *automatic damper* dapat mengoptimalkan suhu ruangan dan mendukung efisiensi operasional bandara.

Kata Kunci: *Air Handling Unit* (AHU), *Automatic Damper*, Efisiensi Pendinginan, *Prototype*

ABSTRACT

PROTOTYPE OF AUTOMATIC DAMPER IN AIR HANDLING UNIT DUCTING AT THE DEPARTURE TERMINAL 1 OF AIRPORT

By

**ARYA YUDHISTIRA PERDANA
NIT : 56192110005**

***Program Study Airport Engineering Technology
Applied Bachelor's Program***

The air conditioning system plays a crucial role in maintaining passenger comfort at Juanda International Airport, Surabaya. However, observations indicate that the ideal temperature is not being achieved in several areas, particularly at the departure gate of Terminal 1. This discrepancy not only affects passenger comfort but also fails to comply with the requirements of the Indonesian Minister of Transportation Regulation Number PM 41 of 2023, which mandates a temperature below 25°C. In addition, air distribution to unused rooms results in energy waste and reduces the overall efficiency of the system. This research aims to develop a prototype of an automatic damper on the Air Handling Unit (AHU) ducting system to regulate air distribution automatically and efficiently, thereby supporting Management on Traffic (MOT) in the airport environment. The research method employed is Research and Development (R&D) using the Borg & Gall approach to evaluate the success of the developed product. The results showed that the automatic damper system had good test results where out of 8 trials and 2 only experienced errors due to a bug from the internet connection. Other components such as the GY-906 sensor, servo motor, and ESP32 microcontroller have been proven to function responsively and in real-time. This success is reinforced by the application of a website-based monitoring system with validation of material experts and field practitioners who get 88.33% with a very feasible category and 94.44% with a very feasible category. This validation proves the system has good reliability. The implications of success through automatic dampers can optimize room temperature and support airport operational efficiency.

Keywords: Air Handling Unit (AHU), Automatic Damper, Cooling Efficiency, Prototype

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “*PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR HANDLING UNIT* DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1 BANDAR UDARA” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.



Nama : ARYA YUDHISTIRA PERDANA
NIT : 56192110005

PEMBIMBING I

Dr.Ir. SETIYO, M.M.
Pembina Tk.I (IV/b)
NIP. 19601127 198002 1 001

PEMBIMBING II

HERLINA FEBIYANTI, S.T., M.M
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19830207 200712 2 002

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.
Pembina (IV/a)
NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “*PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR HANDLING UNIT* DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1 BANDAR UDARA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 15 Juli 2025.

KETUA



YANI YUDHA WIRAWAN, S.Si.T., M.T.
Pembina Tk.1 (IV/b)
NIP. 19820619 200502 1 001

SEKRETARIS



Dr. Ir. SETIYO, M.M.
Pembina Tk.I (IV/b)
NIP. 19601127 198002 1 001

ANGGOTA



Dr. YETI KOMALASARI, S.Si.T., M.Adm.SDA.
Penata Tk.1 (III/d)
NIP. 19870525 200912 2 005

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ARYA YUDHISTIRA PERDANA

NIT : 56192110005

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Mintaka bahwa TA berjudul “*PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR HANDLING UNIT DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1 BANDAR UDARA*” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Palembang, 15 Juli 2025

Yang Membuat Pernyataan



ARYA YUDHISTIRA PERDANA

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir program sarjana terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut :

Perdana, A.Y. (2025): *PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR HANDLING UNIT* DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1 BANDAR UDARA, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh TA haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dipersembahkan Kepada
Ayahanda Nasril dan Ibunda Widi Widayati
Serta Keluarga Besar

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan perlindungan-Nya, sehingga penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini diberi kemudahan serta dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu yang telah ditentukan. Tugas Akhir ***PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR HANDLING UNIT DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1 BANDAR UDARA***, disusun guna memenuhi salah satu syarat lulus pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan 2 Politeknik Penerbangan Palembang.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapat begitu banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun melalui adanya bimbingan, perhatian, dan bantuan dari berbagai pihak secara moral maupun spiritual. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan limpah anugerah dan lindungan kepada hamba-Nya;
2. Kedua Orang Tua yang telah memberikan doa, restu, dan bantuan serta dukungan penuh kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.SiT., M.Si selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang;
4. Bapak Muhammad Tohir *General Manager* PT Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;
5. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan;
6. Bapak Dr. Ir. Setiyo, M.M., selaku dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir;
7. Ibu Herlina Febiyanti, S.T.,M.M selaku dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir;
8. Bapak Nugroho Setiawan Basuki selaku *Airport Technical Division Head* PT. Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;

9. Bapak Sutrisno selaku *Airport Equipment Departement Head* PT. Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;
10. Bapak Reza Mehdar dan Bapak sunoto selaku Pembimbing penulis saat melaksanakan kegiatan *On The Job Training* dan Menyelesaikan Tugas Akhir;
11. Keluarga Besar Pool A2B PT. Angkasa Pura I Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya Pimpinan Mas Sidiq “Tewel” Wibawa Putra;
12. Keluarga Besar Mekanikal PT. Angkasa Pura I Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir;
13. Seluruh rekan-rekan Taruna TRBU 02 Politeknik Penerbangan Palembang.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sangat menerima kritik dan saran yang positif dengan tujuan untuk membangun sehingga penulis dapat melengkapi dan menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Palembang, 15 Juli 2025



ARYA YUDHISTIRA PERDANA

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PENGUJI.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	2
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian	3
F. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Teori Penunjang	5
1. Pengkondisian Udara	5
2. <i>Water - Cooled Chiller</i>	7
3. <i>Air Handling Unit</i> (AHU)	8
4. <i>Damper</i>	10
5. <i>Prototype</i>	11
B. Rencana Layout Pemasangan di Lokasi Sebenarnya	17
C. Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	17
BAB III METODELOGI PENELITIAN	20
A. Metode Penelitian.....	20
B. Prosedur Penelitian.....	21
1. Analisis Potensi Masalah	21
2. Pengumpulan Data	22

3. Desain Produk	23
4. Validasi Desain.....	24
5. Revisi Desain	26
6. Uji Coba Produk.....	27
C. Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Hasil	28
1. Potensi dan masalah	28
2. Pengumpulan Data	29
3. Desain Produk	34
4. Validasi Desain.....	39
5. Revisi Desain	43
6. Uji Coba Produk Terbatas	46
B. Pembahasan.....	50
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	53
A. SIMPULAN	53
B. SARAN	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Wawancara dengan Narasumber 1 dan Narasumber 2	59
Lampiran B Validasi bersama ahli materi dan ahli praktisi lapangan	59
Lampiran C Lembar validasi ahli materi	60
Lampiran D Lembar validasi ahli praktisi lapangan	62
Lampiran E Lembar Transkrip wawancara narasumber 1	63
Lampiran F Lembar Transkrip wawancara narasumber 2.....	63
Lampiran G Lembar Bimbingan dosen pembimbing 1.....	65
Lampiran H Lembar Bimbingan dosen pembimbing 2.....	66
Lampiran I Dokumentasi pembuatan <i>prototype</i>	66
Lampiran J Dokumentasi Bimbingan Tugas Akhir.....	68
Lampiran K Dokumentasi Uji Coba Produk Terbatas	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Sistem pengkondisian udara sederhana	5
Gambar II. 2 <i>Water cooled chiller</i>	7
Gambar II. 3 Air handling unit	8
Gambar II. 4 Komponen air handling unit	9
Gambar II. 5 Motorized Damper	10
Gambar II. 6 Mikrokontroler ESP32	11
Gambar II. 7 Sensor GY-906	12
Gambar II. 8 LCD 20 x 4	13
Gambar II. 9 Motor servo TOWEPRO MG995	13
Gambar II. 10 Arduino IDE	14
Gambar II. 11 Multiplexer I2C	16
Gambar II. 12 Rencana layout pemasangan	17
Gambar III. 1 Metode R&D	20
Gambar III. 2 Pendekatan Borg & Gall	21
Gambar IV. 1 Observasi langsung pada ducting bandar udara	29
Gambar IV. 2 Pengecekan suhu terminal bandar udara	30
Gambar IV. 3 Flowchart prototype	36
Gambar IV. 4 Tampak depan desain 3d	37
Gambar IV. 5 Wiring prototype	38
Gambar IV. 6 Dokumentas pemrograman alat	39
Gambar IV. 7 Tampilan website monitoring	45
Gambar IV. 8 Tampilan desain prototype	45
Gambar IV. 9 Rencana pemasangan	51

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Tabel Speksifikasi Sensor GY-906	12
Tabel II. 2 Spesifikasi Motor Servo TOWERPRO MG995	14
Tabel III. 1 Ahli HVAC	23
Tabel III. 2 Kriteria Angket dengan Skala Likert.....	26
Tabel III. 3 Tabel Contoh Instrumen Validasi Ahli	24
Tabel III. 4 Tabel kriteria presentase tanggapan responden	26
Tabel III. 5 Waktu Penelitian.....	27
Tabel IV. 1 Wawancara.....	32
Tabel IV. 2 Komponen prototype	35
Tabel IV. 3 Pengertian simbol flowchart.....	36
Tabel IV. 4 Validasi ahli materi	40
Tabel IV. 5 Penailaian Validasi ahli materi	41
Tabel IV. 6 Komentar dan saran ahli materi.....	41
Tabel IV. 7 Validasi Ahli praktisi lapangan	42
Tabel IV. 8 Penilaian Ahli praktisi lapangan	43
Tabel IV. 9 Komentar dan saran ahli praktisi lapangan.....	43
Tabel IV. 10 Revisi desain.....	43
Tabel IV. 11 Hasil pengujian power supply	47
Tabel IV. 12 Hasil pengujian sensor GY-906	47
Tabel IV. 13 Pengujian daya servo	48
Tabel IV. 14 Pengujian putaran servo.....	48
Tabel IV. 15 Hasil data pengujian	49
Tabel IV. 16 Hasil Pengujian sistem.....	50
Tabel IV. 17 Perbandingan protoype dan alat sesungguhnya.....	51

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Keterangan	Pertama Kali Digunakan Pada Halaman
AC	<i>Air Conditioner</i>	1
AHU	<i>Air Handling Unit</i>	1
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	11
HVAC	<i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i>	3
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air</i>	10
I/O	<i>Input/Output</i>	11
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>	15
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>	16
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>	13
MOT	<i>Management On Traffic</i>	1
RAM	<i>Random-Acess Memory</i>	11

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pendingin ruangan adalah sesuatu yang penting untuk menjaga kenyamanan penumpang di Bandar Udara (Efendi dkk., 2021). Bandar udara Internasional Juanda Surabaya, sebagai salah satu gerbang utama Indonesia telah dilengkapi dengan sistem Air Conditioner (AC) sentral yang tersebar melalui jaringan *ducting* dan dioperasikan dari satu titik utama. (Husodo dkk., 2015). Komponen utama yaitu *Air Handling Unit* (AHU) menjadi vital di dalam sistem ini, menghembuskan udara dingin ke seluruh Terminal 1. Namun berdasarkan pengamatan dan hasil observasi di lapangan, suhu di beberapa titik, khususnya gate keberangkatan terminal 1, tidak mencapai temperature ideal. Perbedaan suhu ini bukan sekadar angka di termometer, Ini mencerminkan tantangan dalam menjaga standar pelayanan terhadap ribuan penumpang setiap harinya. Permasalahan ini tidak hanya berdampak pada kenyamanan, namun juga menyentuh aspek kepatuhan terhadap regulasi. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 41 Tahun 2023 menegaskan bahwa pengelola bandar udara wajib memastikan suhu ruangan di area seperti ruang check-in, ruang tunggu keberangkatan, dan area pengambilan bagasi berada di bawah 25°C . ketidakmampuan menjaga suhu ini dapat dianggap sebagai bentuk kegagalan dalam memenuhi standar pelayanan jasa kebandarudaraan. Tidak berhenti sampai di situ, tantangan lain muncul ketika udara dingin tetap disalurkan ke ruangan yang sedang tidak digunakan, seperti pada gate keberangkatan 14 dan 15. Hal ini menimbulkan pemborosan energi yang tidak hanya merugikan secara finansial, tetapi juga mengganggu efisiensi sistem secara keseluruhan. Sistem distribusi udara yang tidak adaptif menjadi salah satu akar masalah yang harus segera ditangani. Dengan mengarahkan udara dingin ke area lain yang membutuhkan, efisiensi pendinginan dapat ditingkatkan. Pengelolaan aliran udara yang tidak optimal juga berdampak pada efisiensi operasional bandara secara keseluruhan, termasuk dalam mendukung *Management On Traffic* (MOT) di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

Management On Traffic (MOT) di bandar udara mencakup pengelolaan aliran penumpang, kenyamanan penumpang, bagasi, dan lalu lintas kendaraan di sekitar terminal. Temperatur ruangan yang nyaman menjadi salah satu faktor penting untuk menunjang kelancaran operasional *Management On Traffic* (MOT). Ketidaknyamanan akibat suhu ruangan yang tidak optimal dapat menyebabkan gangguan pada aktivitas penumpang maupun staf bandara, sehingga berdampak pada efisiensi proses keberangkatan dan kedatangan. Dengan mengelola aliran udara secara efisien melalui pengendalian otomatis *dampers*, sistem pendinginan dapat mendukung pencapaian kondisi ideal bagi seluruh aktivitas operasional, termasuk pergerakan manusia dan logistik dalam bandara. Untuk mengatasi masalah ini, penulis memiliki ide untuk merancang alat yang mampu mengatur persebaran udara di Terminal 1 secara otomatis. Oleh karena itu, penulis mengembangkan inovasi berupa “*PROTOTYPE AUTOMATIC DAMPER PADA DUCTING AIR HANDLING UNIT DI KEBERANGKATAN TERMINAL 1 BANDAR UDARA.*”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diidentifikasi permasalahan bahwa Terminal 1 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya menghadapi kendala dalam efisiensi sistem pendingin ruangan, terutama pada distribusi udara melalui *ducting Air Handling Unit* (AHU). Salah satu masalah utama adalah ketidaktercapainya suhu ideal pada gate keberangkatan, akibat aliran udara yang dingin yang tetap disalurkan ke ruangan tidak terpakai seperti gate 14 dan 15. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan sistem otomatisasi berupa *Prototype automatic damper* pada *ducting* AHU untuk mengatur aliran udara secara adaptif berdasarkan suhu aktual di masing-masing ruangan, guna meningkatkan efisiensi pendinginan dan kenyamanan di ruang tunggu keberangkatan terminal 1.

C. Batasan Masalah

Dalam Penulisan tugas akhir ini penulis memberikan batasan masalah pada penelitian ini sehingga menghasilkan hasil yang tidak keluar dari konteks judul penelitian, yaitu penelitian ini difokuskan pada *prototype automatic damper* pada *ducting air handling unit* dengan parameter suhu.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan proposal tugas akhir ini adalah membuat *prototype automatic damper* pada *ducting* yang mampu mengontrol udara secara otomatis, dan mampu memaksimalkan temperatur ruangan pada gate keberangkatan terminal 1 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dengan adanya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat tugas akhir bagi penulis adalah dapat meningkatkan keterampilan teknis, keahlian teknologi dan mekanikal melalui perancangan *prototype automatic damper* pada *ducting*
2. Bagi teknisi HVAC, dengan mengadopsi teknologi inovasi yang diusulkan, teknisi dengan mudah mengatur udara dingin pada ductin di terminal keberangkatan terminal 1 bandar udara.

F. Sistematika Penulisan

Berikut sistematika penulisan yang disusun untuk mempermudah bahasan atas masalah yang ada pada penelitian ini

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang penulisan, identifikasi masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, hingga sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN TEORI

Pada bab ini berisi teori dasar dari penelitian dan penelitian relevan yang telah dilakukan sebelumnya untuk menjadi pendukung dan referensi dari alat yang akan dibuat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi jenis metode penelitian dan jadwal pelaksanaan yang dilakukan dalam membuat alat otomatisasi *damper* pada *ducting air handling unit* di keberangkatan terminal 1 bandar udara.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan metode penelitian dalam pembuatan alat otomatisasi *damper* pada *ducting air handling unit* di keberangkatan terminal 1 bandar udara.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian, serta rekomendasi yang penulis berikan dalam mendukung penelitian selanjutnya mengenai pengembangan alat otomatisasi *damper* pada *ducting air handling unit* di keberangkatan terminal 1 bandar udara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

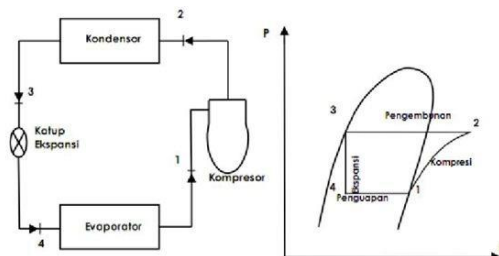
A. Teori Penunjang

Pada tinjauan Pustaka ini, penulis akan menggunakan beberapa teori sebagai penunjan untuk mendasari pengembangan otomasi *damper Air Handling Unit* (AHU) di Bandara Internasional Juanda Surabaya.

1. Pengkondisian Udara

Untuk menjaga kualitas dan kenyamanan udara dalam ruangan, dalam pengkondisian udara mencakup pengaturan suhu, kelembapan, kebersihan, dan distribusi udara. Sistem dalam kategori kenyamanan berfungsi untuk membuat udara nyaman bagi orang, dan sistem industry mengondisikan udara dengan mencampur udara luar, mendinginkannya, dan menyerap panas dari ruangan melalui koil pendingin (Ahyadi dkk., 2022). Siklus kerja dari mesin dapat digambarkan dalam diagram Skematik dan P-h sebagai berikut:

- a. Kompresor : Mengompres gas refrigerant untuk meningkatkan tekanannya
- b. Kondensor : Mengubah panas ke lingkungan dan mengubah gas bertekanan tinggi menjadi cairan refrigerant
- c. Alat Ekspansi : Mengurangi tekanan cairan refrigeran dengan menggunakan pipa kapiler
- d. Evaporator : Menguapkan refrigeran cair bertekanan rendah untuk menyerap panas di sekitarnya



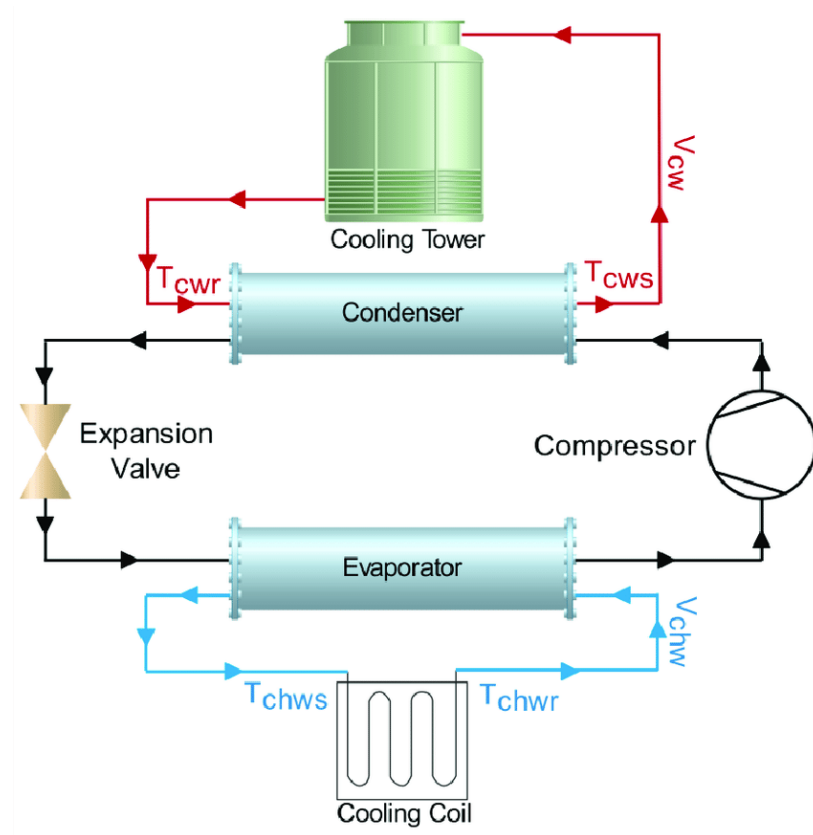
Gambar II. 1 Sistem pengkondisian udara sederhana

(Sumber : <https://www.mekanisasikp.web.id.>)

Siklus pendinginan dapat dijelaskan beberapa proses tambahannya, seperti yang ditunjukkan pada gambar II.1 :

- a) Proses 1-2 : Refrigeran meninggalkan evaporator dalam bentuk uap jenuh dengan suhu dan tekanan rendah. Kemudian, uap ini dikompresi dengan tekanan yang tinggi, juga dikenal sebagai tekanan kondensor, dan proses ini berlangsung secara isentropik, atau secara *adiabatic reversible*.
- b) Proses 2-3 : Setelah proses kompresi, refrigeran mengalami fase panas lanjut dengan tekanan dan suhu tinggi. Saat masuk ke bagian kondensor, refrigeran akan mengeluarkan panasnya ke lingkungan sehingga temperature menjadi turun dan cair
- c) Proses 3-4 : Setelah refrigeran dalam bentuk cair jenuh bertekanan tinggi mengalir melalui alat ekspansi, terjadi proses ekspansi, yang menghasilkan penurunan tekanan refrigeran dan masuk ke dalam evaporator
- d) Proses 4-1 : Refrigeran yang keluar dari ekspansi mempunyai suhu yang rendah kemudian masuk ke evaporator untuk menyerap panas dari lingkungan yang ingin didinginkan. Proses ini membuat suhu refrigeran naik dan berubah menjadi uap. Setelah itu, refrigeran dalam bentuk uap Kembali ke kompresor.

2. *Water - Cooled Chiller*



Gambar II. 2 *Water cooled chiller*

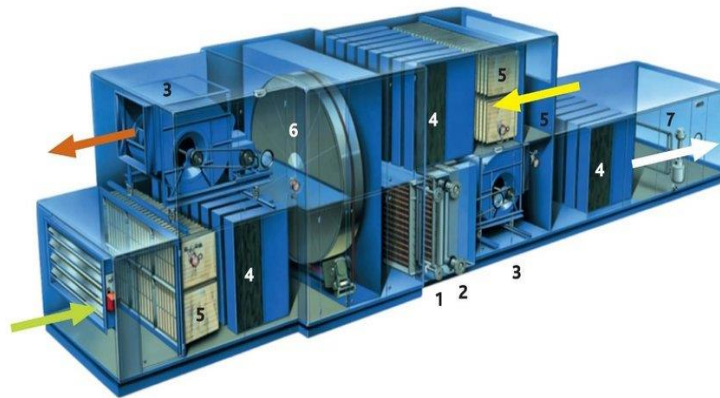
Water cooled chiller ialah pelepasan dan penyerapan panas melalui media air yang didinginkan (Pranata dkk., 2019), atau *Water cooled chiller* juga disebut mesin pendingin yang mendinginkan fluida, seperti air, melalui siklus pendinginan atau kompresi uap. Setelah itu, fluida dapat disirkulasikan untuk didistribusikan ke komponen *Air Handling Unit* (AHU). Dalam hal ini, Chiller menggunakan refrigerant sebagai fluida dan udara untuk mendinginkan kondensornya (Husodo dkk., 2014).

3. Air Handling Unit (AHU)



Gambar II. 3 *Air handling unit*

Air Handling Unit (AHU) adalah suatu peralatan pendistribusi udara yang dikondisikan dari *Chiller* atau panas ke ruangan yang akan disalurkan. *Air Handling Unit* (AHU) adalah bagian dari penukar kalor dimana air dingin yang dihasilkan dari evaporator disalurkan ke *coil* yang ada di *Air Handling Unit* (AHU), kemudian udara dingin didistribusikan melalui blower dan disalurkan *ducting* ke ruangan sekitar (Safytri dkk., 2020). *Air Handling Unit* (AHU) dibuat sebagai pengkondisi udara yang ditempatkan dekat dengan Lokasi ruang yang akan diatur temperature udaranya, hasil pendinginan udara yang digunakan untuk menjaga suhu udara pada ruang-ruang yang di aliri udara dingin sesuai dengan yang diinginkan masing-masing kegunaan, AHU pada umumnya ada diruangan yang sangat luas seperti: Ruang Perlatan Elektronik, Terminal Bandara, Rumah sakit, dan lain-lain (Fahri dkk., 2021).



Gambar II. 4 Komponen *air handling unit*

(Sumber : <https://www.centralcoolindo.co.id.>)

Adapun komponen yang terdapat pada sistem *Air Handling Unit* (AHU) sebagai berikut (Agung, 2020).

- a. Motor Penggerak, adalah bagian yang menghasilkan Gerakan blower. Ini terjadi Ketika motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi Gerak dan kemudian disalurkan ke blower melalui mekanisme transfer daya, Motor yang digunakan adalah motor Ac 3 *phase*
- b. *Blower (Static Pressure Fan)*, adalah bagian yang berfungsi untuk meniupkan udara dingin yang dihasilkan ke ruangan melalui *ducting*. *Blower* ini digerakkan oleh energi gerak motor yang diteruskan melalui pulley dan v belt.
- c. Koil Pendingin, adalah tempat terjadinya pertukaran panas (*heat transfer*) antara udara balik dengan *chilled water* melalui sisi *coil* pendingin Blower meniup suhu udara yang lebih dingin ke ruangan pengguna (*USER*). Selama proses pertukaran ini, uap air akan pindah ke kisi-kisi *coil* pendingin sehingga akan terjadi kondensasi. *Coil* pendingin ini harus didesain dengan luas permukaan yang besar sehingga proses *heat transfer* dapat berlangsung efektif.
- d. *Filter*, adalah komponen yang digunakan untuk menyaring debu dan partikel lain dari udara balik, meningkatkan kualitas udara yang ditiupkan oleh blower. Biasanya, filter ini terdiri dari *pre-filter*,

medium filter, dan filter dan HEPA Filter (High Efficiency Particulate Air).

- e. *Ducting*, adalah komponen untuk menyalurkan udara dingin yang dihasilkan ke ruangan atau pengguna, *ducting* biasanya memiliki insulasi di tepinya untuk mengurangi perambatan panas dari luar.
- f. *Damper*, adalah komponen yang digunakan untuk mengatur jumlah udara yang akan masuk ke dalam ruangan. Besar kecilnya bukaan *damper* dapat diatur baik secara manual maupun otomatis memenuhi kebutuhan udara di dalam ruangan

4. *Damper*



Gambar II. 5 *Motorized Damper*

(Sumber : <https://www.ducting-ac.co.id.>)

Damper pada jalur supply *Air Handling Unit* (AHU) adalah perangkat mekanis yang berfungsi untuk mengatur aliran udara yang disuplai ke ruangan atau zona tertentu dalam sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*). *Damper* biasanya berbentuk bilah atau kisi yang dapat dibuka, ditutup, atau disesuaikan tingkatannya untuk mengontrol volume, arah, dan tekanan udara yang keluar dari AHU menuju sistem distribusi (Ma dkk., 2018).

Menurut (Lin dkk., 2019) Fungsi utama *damper* meliputi:

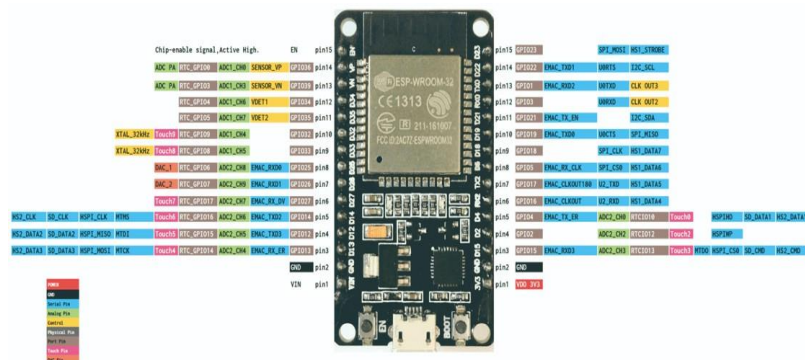
- a. Pengendalian Aliran Udara: Mengatur jumlah udara yang disuplai untuk memastikan kenyamanan termal di ruangan tertentu.

- b. Efisiensi Energi: Membantu mengoptimalkan kerja sistem HVAC dengan mengurangi pemborosan udara di area yang tidak memerlukan suplai maksimal.
- c. Keseimbangan Sistem: Memastikan distribusi udara yang merata di berbagai zona atau ruangan sesuai kebutuhan.
- d. Pengendalian Kualitas Udara: Memungkinkan pencampuran udara segar dan udara resirkulasi untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan.

5. *Prototype*

Untuk mendukung Tugas Akhir ini, beberapa alat dan software digunakan dalam pembuatan sistem yang dirancang. Setiap alat dipilih sesuai dengan kebutuhan teknis operasional tugas akhir. Berikut daftar alat yang digunakan

a. Mikrokontroler ESP 32



Gambar II. 6 Mikrokontroler ESP32

(Sumber : <https://rudyekoprasetya.wordpress.com>)

Mikrokontroler adalah chip fisik dari *Integrated Circuit* (IC) dan terdiri dari komponen utama seperti *Central Processing Unit* (CPU), *Random-Acess Memory* (RAM), dan port *input/output* (I/O). Mikrokontroler ESP32 tersedia dalam berbagai versi, seperti arduino Uno, Atmega, ARM, ESP32, dan lainnya. Mirip dengan NodeMCU, platform IoT *open-Source*, ESP32 memiliki modul WiFi terintegrasi di dalamnya. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan karena, suda seperti Node MCU, platform IoT open-source, sudah memiliki modul wifi terintegrasi di dalamnya (Bayu dkk., 2021).

b. Sensor GY-906



Gambar II. 7 Sensor GY-906

(Sumber : <https://id.szks-kuongshun.com>)

Sensor Gy-906 MLX90614 digunakan untuk mengukur suhu dengan menggunakan radiasi gelombang inframerah. MLX90614 dirancang khusus untuk mendeteksi energi radiasi inframerah dan dikalibrasikan secara otomatis dengan berbagai suhu (Santoso dkk ,. 2022.). Karena sensor ini tidak bersentuhan fisik dengan benda yang diukur, maka sensor ini memiliki rentang pengukuran yang luas dari -70°C ke $+380^{\circ}\text{C}$. Kelebihan dari module sensor ini dibanding modul sensor lainnya yaitu ukuran kecil, biaya rendah, non kontak, mudah diintegrasikan dan akurasi tinggi $0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang suhu yang luas.. Sensor GY-906 pada umumnya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup akurat. Penyimpanan data kalibrasi tersebut terdapat pada memori *program* OTP yang disebut juga dengan nama koefisien kalibrasi. Pada sensor ini memiliki fitur “*Thermal Gradient Compensated*” sehingga pengukuran relatif stabil terhadap perubahan suhu sekitar. Sensor ini memiliki 4 kaki pin, dan terdapat juga sensor DHT11 dengan breakout PCB yang memiliki 4 kaki pin seperti tabel dibawah ini :

Tabel II. 1 Tabel Speksifikasi Sensor GY-906

Sensor GY-906	Spesifikasi
Tegangan Masukan	5 V DC
Suhu Pengukuran	$-40^{\circ}\text{C} - 125^{\circ}\text{C}$

Sensor GY-906	Spesifikasi
Resolusi	0,002 °C
Rentang Temperatur	0-50 °C

c. LCD 20 x 4



Gambar II. 8 LCD 20 x 4

(Sumber : <https://www.amazon.com>)

LCD (*Liquid Crystal Display*) 20 x 4 dapat menampilkan 20 karakter per baris dan 4 baris teks sekaligus. Berbagai aplikasi elektronik, seperti mikrokontroler, arduino, dan sistem lainnya, menggunakan format standar ini untuk menampilkan informasi teks secara visual. Tampilan 20 x 4 berarti terdapat 20 karakter dalam setiap baris dan terdapat 4 baris yang dapat menampilkan teks atau simbol secara bersamaan (Subagyo dkk.,2017).

d. Motor servo tower pro mg995



Gambar II. 9 Motor servo TOWEPRO MG995

(Sumber : <https://knowledgeelectronics.com>)

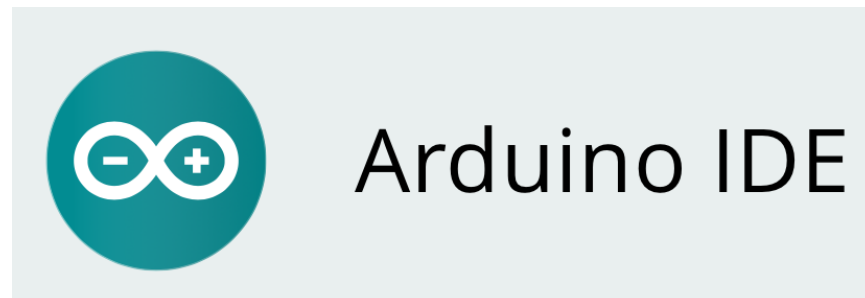
Motor servo adalah motor untuk pengendalian loop tertutup dan bergerak sesuai dengan perintah sudut atau kecepatan PWM. Motor Servo TowerPro MG995 terdiri dari rangkaian *driver*, motor dc dan *gear*. Memiliki torsi 4,8 hingga 9,8 kg/cm, motor servo ini membutuhkan tegangan sebesar 4,6 hingga 5,8 V (Sutawati dkk., 2018).

Tabel II.2 menunjukkan spesifikasi teknis dari Motor servo

Tabel II. 2 Spesifikasi Motor servo TOWERPRO MG995

No	Parameter	Nilai
1	<i>Speed</i>	4.8V: 0.20 sec/60° 6.0V: 0.16 sec/60°
2	<i>Torque</i>	4.8V: 9.40 kg/cm 6.0V: 11.00 kg/cm
3	<i>Weight</i>	1.94 oz (55.0 g)
4	<i>Dimensions</i>	<i>Length</i> :1.60 in (40.7 mm) <i>Width</i> :0.78 in (19.7 mm) <i>Height</i> :1.69 in (42.9 mm)
5	<i>Gear Type</i>	<i>Full Metal</i>

e. Perangkat Lunak (Arduino IDE)



Gambar II. 10 Arduino IDE

(Sumber : <https://nonscio.com>)

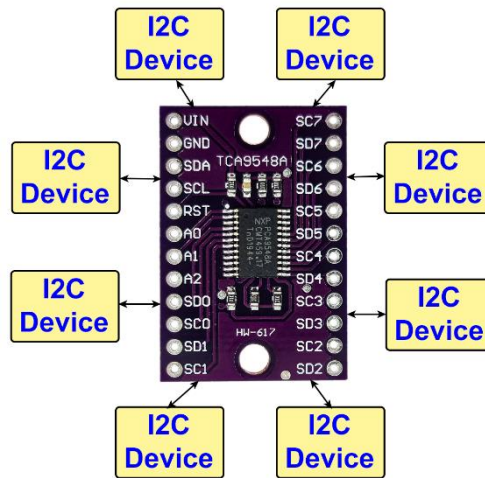
Perangkat lunak Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) memungkinkan anda menulis, mengubah, mengkompilasi, dan mengupload kode ke papan mikro kontroler (Mudda ., 2023). Arduino IDE Pertama kali diperkenalkan pada tahun 2005 sebagai bagian proyek Arduino, yang bertujuan untuk menyediakan platform pengembangan IDE ini adalah perangkat keras murah dan mudah digunakan yang telah mengalami banyak perubahan sejak peluncuran awalnya, dengan penambahan fitur baru dan peningkatan kinerja. Versi terbaru Arduino

IDE menawarkan beberapa peningkatan, seperti antarmuka pengguna yang lebih mudah dipahami, dukungan untuk lebih banyak papan mikrokontroler, dan integrasi dengan layanan cloud murah dan mudah digunakan (Perumal dkk., 2021).

Arduino IDE sangat penting untuk mengembangkan proyek *internet of things*. Dengan dukungan untuk modul komunikasi seperti WiFi, Bluetooth, dan GSM, pengguna dapat dengan mudah menghubungkan perangkat keras mereka ke internet dan membuat proyek *internet of things* yang kompleks. Selain itu, karena kemudahan pengguna dan integrasi berbagai modulnya, Arduino IDE adalah alat yang ideal untuk pembuatan *prototype* cepat dan pengembangan proyek *internet of things*. Berikut adalah beberapa manfaat menggunakan Arduino ide dalam proyek IoT Pembuatan *prototype* cepat: Arduino IDE memungkinkan pengembang untuk membuat *prototype* perangkat IoT dengan cepat. Hanya dengan beberapa baris kode, pengguna dapat mengambil data dari sensor, memprosesnya, dan mengirimkannya ke cloud atau perangkat lain.

- Integrasi dengan platform cloud : Banyak proyek memerlukan integrasi dengan platform cloud untuk data, analisis, dan control jarak jauh. Arduino IDE mendukung berbagai Pustaka yang memudahkan koneksi ke layanan cloud seperti AWS, Cloud, dan ThingSpeak.
- Pemantauan waktu nyata dan control : Menggunakan Arduino IDE, pengembang dapat membuat aplikasi yang memantau dan mengontrol secara real time melaluo antarmuka web atau aplikasi seluler.

f. Multiplexer



Gambar II. 11 Multiplexer I2C

(Sumber : <https://wolles-elektronikkiste.de/g>)

Multiplexer I2C 8:1 adalah sebuah perangkat yang memungkinkan hingga 8 perangkat I2C (Inter-Integrated Circuit) dengan alamat yang sama untuk berkomunikasi melalui satu bus I2C. Ia berfungsi seperti saklar yang mengalihkan komunikasi I2C dari satu master (misalnya mikrokontroler) ke salah satu dari 8 slave (misalnya sensor atau perangkat lain) yang terhubung ke multiplexer. Cara kerjanya: Menggunakan CJMCU-9548 sangatlah mudah. Multiplexer itu sendiri memiliki alamat I2C default 0x70, tetapi dapat disesuaikan ke alamat mana pun antara 0x70 dan 0x77. Anda cukup menulis satu byte dengan nomor keluaran multiplexed yang diinginkan ke alamat ini, dan semua paket I2C mendatang akan diarahkan ke port yang dipilih. Secara teori, Anda dapat menggunakan hingga 8 multiplexer, masing-masing diatur ke alamat yang berbeda (0x70-0x77), yang memungkinkan Anda untuk mengendalikan hingga 64 perangkat dengan alamat I2C yang sama.

B. Rencana Layout Pemasangan di Lokasi Sebenarnya



(Sumber : BAS Mekanikal Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya)
Gambar II. 12 Rencana layout pemasangan

Berdasarkan kondisi *ducting* di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Seperti pada gambar telah ditempatkan sesuai kondisi *existing* pada bandar udara, terdapat lokasi berupa *ducting*, *damper*, panel, dan sensor suhu. Untuk pengembangan selanjutnya, *automatic damper* dapat disesuaikan untuk diintegrasikan pada *ducting* di Bandar Udara Internasional juanda Surabaya.

C. Penelitian Terdahulu yang Relevan

Tabel IV. Penelitian terdahulu

No	Penulis, Tahun & Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Kurnianto dkk., (2023) Analisa Penambahan <i>Automatic Damper</i> Pada Jalur Supply Ahu (Air Handling Unit) Di Bandar Udara	Peneliti memiliki persamaan penambahan <i>Automatic Damper</i> pada jalur supply <i>Air Handling Unit</i> (AHU)	Peneliti berfokus pada rancangan penambahan <i>Automatic Damper</i> sedangkan penulis memberikan Analisa dari penambahan <i>automatic damper</i> itu sendiri dan terbukti bahwa penggunaan <i>damper</i> mampu membuat <i>ducting</i> menyalurkan udara ke ruangan yang memerlukan temperatur berlebih.

No	Penulis, Tahun & Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
2.	Hamdan et al, (2019) <i>Automatic damper system for energy saving in small office building</i>	Peneliti memiliki persamaan alat yaitu <i>automatic damper</i> untuk mendistribusikan udara agar tersalurkan dengan merata	Peneliti berfokus pada rancangan penambahan <i>Automatic Damper</i> di keberangkatan di bandar udara dan perbedaan penggunaan komponen pada prototype yang digunakan seperti penulis menggunakan plat besi sebagai media <i>ducting</i> sedangkan penulis menggunakan kabel duct berukuran 50x50 sebagai media <i>ductingnya</i>
3.	Vasanthkumar et al, (2022) <i>Adaptive damper control for HVAC systems based on human occupancy and indoor parameters</i>	Peneliti ini memiliki persamaan dengan penulis yaitu bertujuan untuk penghematan konsumsi energi pada HVAC	Peneliti berfokus memungkinkan untuk mendeteksi ketidaknormalan dalam pemanfaatan ketidaknormalan dalam pemanfaatan <i>damper</i> dan melacak pemanfaatan maksimum di gedung berdasarkan hunian sedangkan penulis berfokus pada kenyamanan penumpang pada keberangkatan di terminal 1 dan mengontrol udara agar terbagi dengan

No	Penulis, Tahun & Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
			merata pada <i>ducting</i> keberangkatan di terminal 1 bandar udara juanda.
4.	Maulana et al, (2023) Perancangan Sistem Kontrol Ahu (Air Handling Unit) Berbasis Scada	Peneliti ini memiliki persamaan dengan penulis yaitu merancang sistem control Air Handling Unit (AHU) dan <i>damper</i> pada <i>ducting</i>	Penulis berfokus untuk, membantu dalam operasional pekerjaan, membuat pekerjaan lebih efisien dan efektif kemudian dapat digunakan untuk mengontrol, mengawasi, dan mengumpulkan data suhu secara berkala melalui komputer, sedangkan fokus peneliti disini adalah untuk merancang sistem <i>automatic damper</i> pada jalur supply ahu.