

***PROTOTYPE OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING
POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI
BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA***

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan

Oleh :

ARYA BIMA PRAMUDYA

NIT. 56192110004



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

Juli 2025

***PROTOTYPE OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING
POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI
BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA***

TUGAS AKHIR

Oleh :

ARYA BIMA PRAMUDYA

NIT. 56192110004



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

Juli 2025

ABSTRAK

PROTOTYPE OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA

Oleh :

ARYA BIMA PRAMUDYA

NIT. 56192110004

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN**

Pemeliharaan temperatur permukaan landasan merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan. Pemasalahan pada penelitian ini adalah kerusakan aspal *bleeding* dimana titik lembek aspal *eksisting* pada Bandara Internasional Juanda adalah 55°C. Tujuan penelitian ini merancang *prototype* otomatisasi penyiraman *holding point taxiway* N1 berbasis sensor *infrared* untuk menggantikan kondisi *eksisting* menggunakan *runway sweeper* dalam penyiraman evaporatif landasan. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* jenis pendekatan *Borg and Gall* dengan enam tahapan yaitu, (1) Potensi masalah, (2) Pengumpulan data menggunakan observasi dan wawancara, (3) Desain produk, (4) Validasi desain melalui dua validator, (5) Revisi desain mengacu pada saran validator, dan (6) Uji coba produk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem secara teknis dapat bekerja dari sepuluh kali pengambilan data hanya mengalami satu kali kegagalan. Dimana sistem akan bekerja ketika sensor *infrared* GY-906 mendeteksi temperatur dan mengirimkan sinyal kepada *microcontroller* arduino ESP 32 untuk melakukan penyiraman jika temperatur diatas 55°C dan akan otomatis akan berhenti saat temperatur dibawah 55°C dengan batas aman pada 53°C. Dengan indikator keberhasilan pada *prototype* hasil pembacaan temperatur ditampilkan pada *LCD I2C* serta terintegrasi *real time* pada *website* Templan. Implikasi keberhasilan melalui inovasi otomatisasi penyiraman *holding point taxiway* N1 berbasis sensor *infrared* dapat meningkatkan pemeliharaan temperatur permukaan landasan di Bandara Internasional Juanda Surabaya.

Kata kunci : *Internet of Things*, Otomasi, Penyiraman Evaporatif, *Prototype*, Temperatur Landasan

ABSTRACT

PROTOTYPE AUTOMATION OF WATERING HOLDING POINT TAXIWAY N1 BASED ON INFRARED SENSOR AT JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT

By :

ARYA BIMA PRAMUDYA

NIT. 56192110004

**AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY STUDIES PROGRAM
APPLIED BACHELOR'S PROGRAM**

Maintaining the surface temperature of the runway is one of the things that needs to be considered. The problem in this study is asphalt bleeding damage, where the softening point of the existing asphalt at Juanda International Airport is 55°C. The purpose of this study is to design a prototype for the automation of watering the holding point of taxiway N1 based on infrared sensors to replace the existing condition of using a runway sweeper for evaporative watering of the runway. The research method used is the Borg and Gall approach to Research and Development, consisting of six stages: (1) Problem identification, (2) Data collection through observation and interviews, (3) Product design, (4) Design validation by two validators, (5) Design revision based on validator feedback, and (6) Product testing. Test results showed that the system functioned technically from ten data collection attempts, experiencing only one failure. The system operates when the GY-906 infrared sensor detects temperature and sends a signal to the Arduino ESP 32 microcontroller to initiate irrigation if the temperature exceeds 55°C, and automatically stops when the temperature drops below 55°C, with a safety threshold at 53°C. The success indicator on the prototype displays the temperature reading on the I2C LCD and is integrated in real-time on the Templan website. The successful implementation of automated watering at the N1 taxiway holding point using infrared sensors can enhance the maintenance of runway surface temperatures at Surabaya's Juanda International Airport.

Keywords : *Automation, Evaporative Watering, Ground Temperature, Internet of Things, Prototype.*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “*PROTOTYPE OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA*” 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 BIMA PRAMUDYA

NIT : 56192010004

PEMBIMBING I

Dr. Ir. SETIYO, M.M.

Pembina Tk.I (IV/b)

NIP. 19601127 198002 1 001

PEMBIMBING II

MOHAMMAD SYUKRI PESILETTE, S.T., MT.

Pembina Tk.I (IV/b)

NIP. 19720908 199803 1 002

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “*PROTOTYPE OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA*” 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.I (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 BIMA PRAMUDYA

NIT : 56192110004

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa TA berjudul “*PROTOTYPE OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA*” 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 BIMA PRAMUDYA

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 :

Pramudya, A.B. (2025): *PROTOTYPE OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA*, 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 Bayu Prasetya dan Ibunda Nuryana Purnaningrum

Serta Keluarga Besar Eyang Suprpto dan Uti Sri Soemarwati

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat 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 OTOMATISASI PENYIRAMAN HOLDING POINT TAXIWAY N1 BERBASIS SENSOR INFRARED DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA**, 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 dan Adik Arya Nagari Gilang Pamenang yang telah memberikan doa, restu, dan bantuan serta dukungan penuh kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, 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. Bapak Mohammad Syukri Pesilette, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir;
8. Wr. Krishnava Pitalokaning Panghestu yang selalu menjadi *support system* penulis selama proses pengerjaan tugas akhir, terima kasih telah menjadi bagian dalam perjalanan panjang penulis.

9. Bapak Sutrisno selaku *Airport Equipment Departement Head* PT. Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;
10. Bapak Regi Armigia dan Bapak Julham Prihatianto selaku *Airport Airside* dan *Airport Landside Facilities Departement Head* PT. Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;
11. Keluarga Besar *Pool A2B* PT. Angkasa Pura I Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya Pimpinan Mas Sidiq “Tewel” Wibawa Putra;
12. Seluruh rekan-rekan Taruna/i TRBU 02 dan keluarga besar TRBU 01 sampai dengan TRBU 05 Politeknik Penerbangan Palembang.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan kepada penulis.
14. Kepada seluruh musisi jawa berkat karya hebatnya yang menjadi *playlist* penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.

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 BIMA PRAMUDYA

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PENGUJI.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sitematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Teori Penunjang.....	7
1. Pemeliharaan Preventif pada Bandara.....	7
2. Temperatur Permukaan Landasan	8
3. Kerusakan Permukaan Perkerasan <i>Taxiway</i>	8

4.	<i>Internet of Things (IoT)</i>	10
5.	Pendinginan Evaporatif	10
6.	Pompa	11
7.	Sumber Air	11
8.	<i>Prototype</i>	12
B.	Rencana <i>Layout</i> Pemasangan di Lokasi Sebenarnya	17
C.	Kajian Penelitian Relevan Terdahulu	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
A.	Metode Penelitian	21
B.	Prosedur Penelitian	22
1.	Potensi dan Masalah	22
2.	Pengumpulan Data.....	23
3.	Desain Produk	25
4.	Validasi Desain.....	26
5.	Revisi Desain.....	29
6.	Uji Coba Produk.....	29
C.	Tempat dan Waktu Pelaksanaan	30
1.	Lokasi Penelitian	30
2.	Waktu Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
A.	Hasil Penelitian	31
1.	Potensi Masalah.....	31
2.	Pengumpulan Data.....	33
3.	Desain Produk	38
4.	Validasi Desain.....	44
5.	Revisi Desain.....	49

6. Uji Coba Produk.....	53
B. Pembahasan	64
C. Teori Pembandingan.....	66
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	71
A. Simpulan	71
B. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Pengukuran Tinggi Muka Air Tanah <i>Taxiway</i> N1.....	77
Lampiran B Rencana Pemasangan Alat pada <i> Holding Point Taxiway</i> N1	78
Lampiran C Pengecekan Kondisi Fisik Perkerasan <i> Holding Point Taxiway</i> N1 .	79
Lampiran D Daftar Rekap Temperatur Permukaan Landasan	80
Lampiran E Lembar Validasi Wawancara.....	81
Lampiran F Wawancara dengan Narasumber	82
Lampiran G Validasi Desain dengan Ahli Pengguna dan Ahli Materi.....	83
Lampiran H Lembar Validasi dengan Ahli Materi	84
Lampiran I Lembar Validasi dengan Ahli Pengguna	85
Lampiran J Rencana Anggaran Biaya Pemasangan Alat pada Kondisi <i> Real</i>	86
Lampiran K Transkrip Wawancara	88
Lampiran L Proses Pembuatan Alat	90
Lampiran M Lembar Observasi Penelitian	91
Lampiran N Bimbingan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II.....	92
Lampiran O Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing I dan II.....	93
Lampiran P Lembar Hasil Pengecekan Plagiarisme.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Pengecekan Temperatur Permukaan Landasan.....	8
Gambar II. 2	Kerusakan <i>Bleeding</i> pada Permukaan Perkerasan	9
Gambar II. 3	Arduino ESP 32	12
Gambar II. 4	Sensor GY-906.....	14
Gambar II. 5	<i>Relay</i>	15
Gambar II. 6	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	16
Gambar II. 7	<i>Water Solenoid valve</i>	16
Gambar II. 8	<i>Layout</i> Rencana Lokasi Pemasangan	17
Gambar III. 1	Alur Diagram Penelitian R&D.....	21
Gambar III. 2	Alur Penelitian <i>Prototype</i> Otomatisasi Penyiraman <i> Holding Point Taxiway</i> Berbasis Sensor <i>Infrared</i>	22
Gambar IV. 1	Laporan <i>WhatsApp Group</i> Operator <i>Runway Sweeper</i>	32
Gambar IV. 2	Kerusakan <i>Bleeding</i> pada <i> Holding Point Taxiway N1</i>	33
Gambar IV. 3	Pengukuran Temperatur saat Inspeksi Siang	33
Gambar IV. 4	Penyiraman <i>Runway Sweeper</i> saat Temperatur diatas 55°C.....	34
Gambar IV. 5	Flowchart Cara Kerja <i>Prototype</i>	40
Gambar IV. 6	Desain 3D <i>SketchUp</i>	41
Gambar IV. 7	Proses Perakitan <i>Prototype</i>	42
Gambar IV. 8	<i>Wiring</i> Diagram <i>Prototype</i>	43
Gambar IV. 9	<i>Code</i> Program Aplikasi Arduino IDE	43
Gambar IV. 10	Uji Kelayakan Alat Secara Fungsi	44
Gambar IV. 11	Desain 3D setelah revisi desain.....	51
Gambar IV. 12	Hasil Fisik <i>Prototype</i>	51
Gambar IV. 13	Tampilan <i>website</i> Templan pada desktop	53
Gambar IV. 14	Proses Uji Coba Produk	54
Gambar IV. 15	Pengujian <i>Input</i> pada Arduino IDE.....	59
Gambar IV. 16	Pengujian Proses pada Arduino IDE.....	60
Gambar IV. 17	Pengujian <i>Output</i> pada Arduino IDE	61

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1	Tabel Speksifikasi Sensor GY-906	15
Tabel II. 2	Penelitian terdahulu yang relevan	18
Tabel III. 1	Narasumber Wawancara.....	24
Tabel III. 2	Tabel Intrumen Validasi Desain.....	27
Tabel III. 3	Tabel Kriteria Jawaban dengan Skala <i>Likert</i>	28
Tabel III. 4	Tabel Kriteria Presentase Tanggapan Responden	28
Tabel III. 5	Jadwal Pelaksanaan Penelitian	30
Tabel IV. 1	Tabel Hasil Wawancara.....	36
Tabel IV. 2	Komponen Utama <i>Prototype</i>	39
Tabel IV. 3	Komponen Pendukung <i>Prototype</i>	39
Tabel IV. 4	Pengertian Simbol <i>Flowchart</i>	40
Tabel IV. 5	Tabel Penilaian Validator Ahli Media.....	45
Tabel IV. 6	Tabel Hasil Validasi Ahli Media.....	46
Tabel IV. 7	Komentar dan Saran Umum oleh Validator Ahli Media.....	47
Tabel IV. 8	Tabel Penilaian Validator Ahli Materi	47
Tabel IV. 9	Tabel Hasil Validasi Ahli Materi	49
Tabel IV. 10	Komentar dan Saran Umum oleh Validator Ahli Materi	49
Tabel IV. 11	Tabel Revisi Alat.....	49
Tabel IV. 12	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Power Supply</i>	54
Tabel IV. 13	Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor GY-906	55
Tabel IV. 14	Hasil Pengukuran <i>Input Relay</i>	56
Tabel IV. 15	Hasil Pengukuran <i>Output Relay</i>	57
Tabel IV. 16	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Solenoid valve</i>	58
Tabel IV. 17	Hasil Pengukuran Rangkaian Pompa	58
Tabel IV. 18	Tabel Data Hasil Pengujian Tahap Pertama.....	61
Tabel IV. 19	Tabel Data Hasil Pengujian Tahap Dua	63
Tabel IV. 20	Tabel Perbandingan Komponen	70

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
A2B	Alat-Alat Berat	24
Bandara	Bandar Udara	1
<i>FOD</i>	<i>Foreign Object Debris</i>	4
<i>HT</i>	<i>Handy Talkie</i>	3
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>	4
<i>OJT</i>	<i>On the Job Training</i>	2
<i>PH</i>	<i>Pump House</i>	17
<i>RAM</i>	<i>Random Access Memory</i>	13
<i>R&D</i>	<i>Research and Development</i>	21
LAMBANG		
A	Luas Penampang	66
C	Koefisien Pipa	66
D	Diameter	66
g	Gravitasi	67
h	Tinggi	67
Hf	Hilang Tekanan Pipa	66
L	Panjang Pipa	66
P	Daya	68
Q	Debit	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya menurut data pergerakan pesawat dan penumpang merupakan bandara tersibuk kedua setelah Bandara Internasional Soekarno Hatta. Mengingat Surabaya merupakan salah satu kota bisnis nasional yang menjadi tujuan para investor. Sehingga jumlah penumpang baik domestik maupun internasional mengalami peningkatan tiap tahunnya. Beriringan dengan meningkatnya jumlah penumpang tentu kebutuhan akan jasa transportasi udara juga mengalami peningkatan. Meningkatnya pergerakan penumpang di bandara sebagai tantangan teknis dalam melakukan efisiensi pekerjaan dengan optimal (Supardam dkk., 2023). Hal ini selaras dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat telah memberikan dampak pada segala bidang yang telah di implementasikan pada perusahaan saat ini. Otomasi merupakan salah satu penerapan dari teknologi yang berdampak signifikan bagi kehidupan (Huegli dkk., 2020). Otomatisasi tersebut memberikan efisiensi waktu dan biaya pada operasional perusahaan yang mendorong untuk mewujudkan *Smart Airport* guna meningkatkan pelayanan untuk pengguna jasa penerbangan (Suyatmo dkk., 2020). Otomatisasi yang dapat mendukung kegiatan operasional untuk efisiensi dalam memaksimalkan pelayanan kepada pengguna jasa dengan penerapan pada kegiatan pemeliharaan preventif di lingkungan bandara (Butar & Haryanto, 2024). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 3 Tahun 2001 Pasal 46 tentang Keamanan dan Keselamatan Penerbangan dimana pemeliharaan *runway* disebutkan bahwa salah satu aspek adalah temperatur pada permukaan landasan yang menyebabkan kerusakan. Maka diperlukan pemeliharaan preventif yang telah dijadwalkan untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi pada fasilitas dan peralatan untuk mendukung kelancaran operasional bandara (Anwar, 2023). Pemeliharaan preventif yang dilakukan teknis di Bandara Internasional Juanda Surabaya mengacu pada (PM 77 Tahun 2015 Tentang Tentang Standarisasi Dan Sertifikasi Fasilitas Bandar Udara, 2015) mengenai

regulasi pemeliharaan perkerasan untuk mendukung operasional bandara berjalan lancar.

Berdasarkan pengalaman *On the Job Training (OJT)* didapatkan bahwa temperatur permukaan landasan merupakan salah satu hal yang penting dalam pemeliharaan landasan yang harus menjadi perhatian khusus. Karena pada dasarnya semua jenis aspal bersifat *thermoplastic* yaitu aspal dapat berubah sifat tergantung temperatur dimana apabila temperatur dipanaskan akan menjadi lunak dan apabila di dinginkan akan keras atau padat (Utami dkk., 2021). Hal ini dapat mengganggu operasional Bandara Internasional Juanda apabila terjadi kerusakan pada permukaan landasan. Seperti dilansir SUARA.COM, pada 7 Februari 2019 Bandara Internasional Juanda– Surabaya pernah mengalami kerusakan pada landasan pacu yang menghambat 11 penerbangan. Di Bandara Internasional Juanda temperatur permukaan landasan saat inspeksi harian yang dilakukan oleh peneliti dan teknisi *air side* rata-rata mencapai 62,4°C. Berdasarkan penelitian (Wahyudi & Ahyudanari, 2017), disebutkan bahwa titik lembek untuk aspal *eksisting* di Bandara Internasional Juanda sebesar 55°C.

Kerusakan landasan pacu ini sejalan dengan hal yang dikatakan (Wibowo & Yulianto, 2023) yaitu apabila temperatur melebihi dari nilai tersebut maka dapat menyebabkan *bleeding* pada permukaan perkerasan landasan. *Bleeding* adalah kerusakan yang diakibatkan karena temperatur pada permukaan yang tinggi sehingga aspal menjadi lunak serta menyebabkan kelengketan antara roda pesawat dan aspal. Sehingga ini merupakan salah satu kerusakan yang sangat beresiko tinggi bagi Bandara Internasional Juanda karena dapat mengganggu operasional bandara. Hal ini juga terjadi di Bandara Sultan Thaha Jambi seperti dilansir pada detik.com, pada 10 April 2025 "Bandara Sultan Thaha Ditutup 2 Jam Imbas Landasan Pacu Alami Lendutan" dikarenakan akibat cuaca panas ekstrem yang menyebabkan ban pesawat Lion Air JT 603 tertanam di aspal. Di Bandara Internasional Juanda Surabaya terdapat area yang sering mengalami kerusakan *bleeding* adalah area *holding point taxiway* N1. *Holding point taxiway* N1 mempunyai peranan penting dikarenakan

sebagai tempat tunggu pesawat untuk giliran *take off* pada *runway* 10. Area ini rawan mengalami *bleeding* karena pada area ini merupakan kondisi perkerasan untuk menahan beban pesawat berhenti sehingga beban yang ditopang oleh perkerasan lebih besar serta pada area *holding point taxiway* N1 telah dilakukan pengukuran tinggi muka air tanah diperoleh hasil sebesar 65 cm seperti pada **Lampiran A**. Tentunya ini menjadi perhatian khusus oleh teknisi agar daerah *holding point taxiway* N1 dilakukan tindakan untuk meminimalisir kerusakan.

Saat ini telah dilakukan tindakan *Preventive Maintenance* yang dilakukan oleh teknisi *airside* Bandara Internasional Juanda dalam menjaga temperatur permukaan landasan. Tindakan yang dilakukan yaitu saat inspeksi siang hari dilakukan pengecekan temperatur permukaan landasan secara manual dengan *thermo gun*, apabila temperatur di atas 55°C maka teknisi akan melakukan kontak via *Handy Talkie (HT)* kepada operator *runway sweeper* untuk melakukan penyiraman. Namun apabila temperatur kurang dari 55°C maka tidak dilakukan penyiraman. Penggunaan *runway sweeper* untuk penyiraman area *holding point taxiway* N1 tidak efektif dikarenakan jangkauan area penyiraman yang terbatas dan penyiraman hanya dilakukan saat inspeksi siang hari. Selain itu, hal ini juga tidak sesuai dengan peruntukan *runway sweeper* yang merujuk pada "*Johnston Sweepers : Instruction Manual and Specifications*". Dimana *runway sweeper* digunakan tidak untuk menyiram, karena sesuai peruntukannya *runway sweeper* digunakan saat mendapatkan kontak teknisi untuk membersihkan *Foreign Object Debris (FOD)* yang tidak bisa dibersihkan dengan mobil *FOD* dan digunakan untuk menyapu serta membersihkan area yang diinginkan. Mengingat kapasitas tangki air hanya 1554 liter apabila digunakan untuk menyiram area *holding point taxiway* maka dapat mengganggu operasional *runway sweeper*. Maka dari itu, peneliti melakukan suatu inovasi "*Prototype Otomatisasi Penyiraman Area Holding Point Taxiway N1 Berbasis Sensor Infrared*" untuk menurunkan suhu pada permukaan perkerasan landasan yang diharapkan dapat menjadi referensi pengganti kondisi *eksisting* yang ada menggunakan *runway sweeper*. Pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* pada *prototype* ini dapat melakukan *monitoring* temperatur permukaan landasan secara *real time* sehingga

pengukuran temperatur permukaan landasan dapat dipantau langsung oleh teknisi melalui *gadget* tanpa melakukan secara manual menggunakan *thermo gun*. Penggunaan *IoT* dalam *prototype* ini diharapkan dapat membuka peluang pengembangan lebih lanjut dalam bidang otomasi dan *monitoring real time* serta menjadi langkah awal untuk mewujudkan *Smart Airport* Bandara Internasional Juanda Surabaya.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, dapat diidentifikasi beberapa masalah dalam pemeliharaan temperatur permukaan area *holding point taxiway* N1 dengan menggunakan kendaraan *runway sweeper*. Penggunaan *runway sweeper* untuk penyiraman area *holding point taxiway* N1 memiliki kendala yaitu kendaraan *runway sweeper* tidak diperuntukkan sebagai penyiram perkerasan dan *runway sweeper* sering mengalami mati mesin saat beroperasi. Hal ini menyebabkan penyiraman yang dilakukan tidak efektif. Sehingga diperlukan inovasi terkait pengembangan sistem otomasi penyiraman *holding point taxiway* N1 berbasis sensor *infrared* dalam mengatasi permasalahan tersebut.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka penulis membatasi permasalahan dan hanya fokus pada perancangan otomatisasi penyiraman berbasis sensor *infrared* pada *holding point taxiway* N1 guna menurunkan temperatur permukaan landasan di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian pada latar belakang dan identifikasi masalah, maka tujuan penulisan tugas akhir ini untuk menghasilkan rancangan alat otomatisasi penyiraman area *holding point taxiway* N1 berbasis sensor *infrared* untuk menurunkan temperatur permukaan landasan di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya menggantikan alat *eksisting* yang ada.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat terhadap beberapa aspek. Adapun manfaat penelitian ini berdasarkan pada tujuan penelitian diatas

sebagai berikut :

1. Bagi teknisi *air side*, dengan menggunakan otomasi penyiraman area *holding point taxiway* N1 di Bandara Internasional Juanda yaitu untuk meningkatkan perawatan perkerasan terutama pada pemeliharaan temperatur permukaan landasan, meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung penggunaan teknologi serba otomasi untuk mewujudkan *Smart Airport*.
2. Bagi operator penyelenggara bandara, memberikan dampak peningkatan keselamatan dengan mencegah *overheating* pada *holding point taxiway*, peningkatan efisiensi biaya operasional, dan keberlanjutan operasional serta mengurangi resiko *human eror*.
3. Bagi peneliti dan akademisi, menambah literatur dalam pemeliharaan temperatur permukaan landasan dalam mencegah *overheating* pada perkerasan.

F. Sitematika Penulisan

Susunan penulisan ini dirancang untuk memudahkan pembahasan tentang isu-isu saat ini, yang meliputi poin-poin berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Mencakup tentang teori-teori yang digunakan penelitian oleh penulis, teori penunjang, dan kajian penelitian terdahulu yang relevan sebagai perbandingan produk yang dihasilkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memaparkan mengenai metode penelitian yang digunakan, perancangan, dan langkah-langkah pembuatan produk.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan implementasi hasil metodologi penelitian yang menjabarkan dalam bentuk pembahasan dan pengoperasian produk.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan menyeluruh dari hasil dan pembahasan serta rekomendasi untuk perbaikan yang perlu diteliti lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Penunjang

1. Pemeliharaan Preventif pada Bandara

Pemeliharaan preventif pada bandara merupakan sebuah kegiatan rutinitas yang dilaksanakan setiap hari, setiap minggu, dan setiap bulan. Pada kegiatan ini melingkupi inspeksi, pembersihan, perbaikan skala kecil, dan penggantian suatu komponen untuk mencegah terjadinya kerusakan dan terjaminnya peralatan ataupun fasilitas dengan normal serta siap beroperasi (Riandi dkk., 2022). Pemeliharaan preventif dilakukan dilaksanakan sebagai salah satu cara untuk melakukan perawatan terhadap fasilitas yang dimiliki. Pemeliharaan ini dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius dengan melakukan kegiatan rutin. Di Bandara Internasional Juanda dilakukan kegiatan pemeliharaan preventif oleh teknisi *air side* yang dilakukan sehari sebanyak dua kali yaitu pada pukul 05.00 WIB dan 13.00 WIB. Durasi waktu inspeksi yang dilakukan dengan waktu kurang lebih satu jam sesuai dengan *clearence* dari *tower*. Pada waktu inspeksi juga dilakukan pengukuran penurunan muka air tanah guna mengetahui kondisi struktur tanah pada landasan. Serta terdapat salah satu hal yang perlu diperhatikan saat inspeksi pada siang hari yaitu kondisi perkerasan dan temperatur permukaan landasan *taxiway*, terutama pada area *holding point taxiway* N1. Pada inspeksi siang hari secara rutin dilakukan pengukuran temperatur permukaan landasan dengan menggunakan *thermo gun*. Selain itu, dilakukan, pemeliharaan preventif untuk menjaga temperatur permukaan landasan digunakan *runway sweeper* sebagai penyiram area *holding point taxiway* N1 yang dilakukan ketika temperatur diatas 55°C. Alur pada penyiraman dengan *runway sweeper* yaitu teknisi *air side* akan menginformasikan kepada operator untuk melakukan penyiraman. Area yang disiram yaitu pada jalur roda pesawat yaitu kurang lebih tiga sampai lima meter dari marka *center line* pada *holding point taxiway* N1.

2. Temperatur Permukaan Landasan



Gambar II. 1 Pengecekan Temperatur Permukaan Landasan

Temperatur permukaan landasan merupakan temperatur pada landasan yang merupakan faktor dalam pengoperasian bandara (Idris, 2018). Temperatur ini dapat mempengaruhi kekuatan dan ketahanan perkerasan landasan. Temperatur ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti radiasi matahari, sifat termal, dan kondisi lingkungan. Berdasarkan penelitian (Wahyudi & Ahyudanari, 2017), disebutkan bahwa titik lembek aspal dengan penetrasi 60/70 dari tipe aspal pertamina tercatat sebesar 52,1°C, sedangkan aspal jenis Shell dengan tingkat penetrasi yang sama memiliki titik lembek sebesar 55°C pada penetrasi 60/70. Apabila temperatur melebihi dari nilai tersebut maka dapat menyebabkan *bleeding* pada permukaan perkerasan landasan yaitu aspal menjadi lunak dan terlepasnya material dari campuran aspal pada temperatur tersebut.

3. Kerusakan Permukaan Perkerasan *Taxiway*

Pada landasan *taxiway* di Bandara Juanda menggunakan *flexible pavement* yang berarti menggunakan konstruksi aspal. Menurut penelitian (Wahyudi & Ahyudanari, 2017), kerusakan pada aspal dibedakan menjadi dua bagian yaitu kerusakan structural dan kerusakan fungsional. Kerusakan struktural yaitu terjadinya kerusakan pada satu atau

lebih elemen struktur perkerasan yang mengakibatkan ketidakmampuan perkerasan dalam mendistribusikan beban secara efektif. Sedangkan pada kerusakan fungsional yaitu kerusakan yang berakibat terganggunya keamanan pada perkerasan tersebut. Pada penelitian (Yudaningrum, 2022), disebutkan jenis-jenis kerusakan pada aspal sebagai berikut :



Gambar II. 2 Kerusakan *Bleeding* pada Permukaan Perkerasan

(Sumber : <https://www.aspalindo.com/apa-itu-bleeding-aspal/>)

a. Retak (*Cracking*)

Merupakan salah satu tipe retak pada permukaan aspal meliputi retak halus, kulit buaya, retak tepi, retak sambungan bahu dan jalan, retak refleksi, retak susut, serta retak akibat slip.

b. Distorsi (*Distortion*)

Distorsi adalah perubahan bentuk pada perkerasan yang disebabkan oleh kelemahan tanah dasar serta pemadatan yang tidak optimal pada lapisan pondasi, sehingga menimbulkan pemadatan tambahan akibat beban kendaraan yang melintasinya.

c. Material Lepas (*Ravelling*)

Ravelling merupakan terlepasnya material aspal yang disebabkan oleh tingginya temperatur sehingga parafin yang terkandung didalam aspal akan menguap. Apabila tidak segera dilakukan perbaikan maka

terlepasnya material akan menyebabkan permukaan perkerasan menjadi kasar dan bergerigi.

d. Kegemukan (*Bleeding*)

Kerusakan jenis kegemukan diakibatkan karena permukaan jalan yang licin, pada permukaan tertentu. Jika temperaturnya tinggi, aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda. Kegemukan (*bleeding*) Kegemukan (*bleeding*) dapat disebabkan pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu banyak aspal pada pekerjaan *prime coat* atau *tack coat* (Sagita dkk., 2022). Kerusakan ini yang sering terjadi pada Bandara Juanda dikarenakan temperatur sangat tinggi.

4. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet untuk secara otomatis mengumpulkan, bertukar, dan menganalisis data (Maharani dkk., 2023). *IoT* mencakup berbagai perangkat, seperti sensor, peralatan elektronik, kendaraan, dan mesin industri, yang dilengkapi dengan teknologi komunikasi. *IoT* berfungsi dengan menghubungkan berbagai perangkat fisik ke jaringan internet guna mengumpulkan, mengirim, dan memproses data secara otomatis. Proses ini diawali dengan perangkat atau sensor yang mendeteksi parameter tertentu, seperti temperatur, kelembapan, atau *potential of Hydrogen (pH)*, lalu mengonversinya menjadi data digital. Data tersebut kemudian dikirim melalui jaringan komunikasi, seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth*, atau seluler, ke *platform* pemrosesan berbasis *cloud*. Di *platform* ini, data dianalisis untuk menghasilkan informasi atau keputusan yang dapat diakses oleh pengguna melalui antarmuka, seperti aplikasi. Dengan demikian, sistem *IoT* memungkinkan otomatisasi, pemantauan jarak jauh, dan pengambilan keputusan berbasis data secara *real-time*.

5. Pendinginan Evaporatif

Pendinginan evaporatif yaitu pendinginan permukaan landasan menggunakan air yang disemprotkan ke permukaan landasan (Diz-

Mellado dkk., 2024). Air tersebut akan menguap dan mengambil panas pada permukaan jalan sehingga dapat mengalami penurunan suhu. Metode ini dapat mengurangi temperatur permukaan landasan hingga 8-10°C. Temperature pada permukaan landasan dapat menurun secara efektif tergantung pada kondisi lingkungan dan intensitas penyemprotan. Metode ini telah digunakan di beberapa kota besar dalam peningkatan kualitas termal di area perkotaan.

Penggunaan pendinginan evaporatif dapat berjalan secara efisien jika infrastruktur distribusi air, sistem kontrol, dan intensitas penyemprotan direncanakan secara matang (Palenewen & Palenewen, 2024). Sehingga dapat digunakan sebagai keberlanjutan dalam upaya menurunkan temperatur permukaan jalan. Metode ini juga memiliki kelebihan selain untuk menurunkan temperatur permukaan jalan juga dapat meminimalisir terbentuknya ozon troposferik yang disebabkan oleh polutan yang ada pada perkerasan.

6. Pompa

Pompa merupakan suatu perangkat yang berguna untuk menyalurkan air dari satu lokasi ke lokasi lainnya dengan menambahkan tekanan (Ardi K dkk., 2021). Pompa bekerja dengan cara mengubah energi mekanik dari motor menjadi energi pada fluida, yang kemudian dimanfaatkan untuk meningkatkan tekanan cairan sekaligus mengatasi berbagai hambatan aliran di dalam pipa. Adapun jenis pompa yang biasa digunakan untuk penyiraman adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran cepat sebuah komponen bernama impeler. Gaya inilah yang menaikkan tekanan fluida dan mendorongnya keluar dari *impeller* secara radial untuk dialirkan. Karena pengoperasiannya yang mudah dan harganya yang relatif terjangkau, maka pompa sentrifugal menjadi jenis pompa dinamis yang paling umum digunakan.

7. Sumber Air

Sumber air merupakan suatu lokasi sebagai pemusatan tampungan air yang berada di permukaan, bawah permukaan, ataupun diatas tanah (Hartati,

2021). Sumber air pada air permukaan dapat berupa sungai, danau, kolam retensi, dan laut. Untuk di bandara biasanya terdapat kolam retensi sebagai pengendali banjir pada *runway*. Selain sebagai pengendali banjir, air kolam retensi berfungsi sebagai alternatif sumber air untuk kebutuhan penyiraman pada area bandara. Pemanfaatan ini merupakan salah satu penerapan keberlanjutan rekayasa dalam pengelolaan air.

8. *Prototype*

Prototype adalah sebuah sistem yang dikembangkan dengan pendekatan terhadap program suatu produk pada kondisi sebenarnya yang dilakukan secara bertahap (Michael & Gustina, 2019). *Prototype* memiliki desain produk yang menjabarkan rancangan dari inovasi yang direncanakan untuk menjawab suatu permasalahan (Mulyanto dkk., 2023). *Prototype* perumpamaan dari kondisi sebenarnya yang dapat meminimalisir kegagalan baik desain atau program pada kondisi sebenarnya sehingga dapat dilakukan perbaikan untuk kondisi alat yang sempurna. Pada penelitian yang dikembangkan, berfokus kepada pengembangan teknologi serba otomatisasi untuk penyiraman area *holding point taxiway* N1 Bandara Internasional Juanda berbasis sensor *infrared*. Adapun komponen *prototype* pada penelitian ini mencakup sebagai berikut :

a. Arduino ESP-32



Gambar II. 3 *Arduino ESP 32*

(Sumber : <https://www.sinauprogramming.com/2024/06/cara-install-board-esp32-ke-arduino-ide.html>)

ESP-32 merupakan sebuah modul *microcontroller* dengan fitur mode ganda yakni *WiFi* dan *bluetooth* serta satu prosesor lainnya untuk menjalankan aplikasi (Alfonsius dkk., 2024). Dilengkapi dengan memori *Random Access Memory* (RAM) yang cukup besar untuk menyimpan data yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis *Internet of Things (IoT)*. ESP32 merupakan *microcontroller* yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* sebagai penerus dari seri sebelumnya, yaitu ESP8266. *microcontroller* ini hadir dengan berbagai peningkatan fitur dan performa dibandingkan pendahulunya. ESP32 dilengkapi dengan inti prosesor ganda, kecepatan koneksi *Wi-Fi* yang lebih tinggi, jumlah *General Purpose Input Output (GPIO)* yang lebih banyak, serta dukungan terhadap teknologi *bluetooth* versi 4.2. Selain itu, ESP32 juga dirancang dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat cocok untuk aplikasi berbasis *IoT* yang membutuhkan efisiensi energi. ESP32 adalah modul *microcontroller* terintegrasi yang memiliki fitur lengkap dan kinerja tinggi. Modul ini mampu menyambungkan perangkat ke jaringan internet dengan mudah. ESP32 dapat digunakan dalam proyek-proyek yang membutuhkan pemrosesan sinyal analog dan perangkat I/O digital. Modul ini mudah digunakan dan tersedia dalam bentuk modul terpisah yang siap digunakan. ESP32 merupakan *microcontroller* dengan dua inti prosesor yang masing-masing memiliki kecepatan 80 MHz dan 160 MHz. *Microcontroller* ini dilengkapi dengan berbagai antarmuka komunikasi seperti *ADC (Analog to Digital Converter)*, *DAC (Digital to Analog Converter)*, *I2C (Inter-Integrated Circuit)*, *I2S (Integrated Interchip Sound)*, *SPI (Serial Peripheral Interface)*, dan *UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)*, yang memungkinkan integrasi dengan berbagai perangkat eksternal. Selain itu, ESP32 memiliki fitur *deep sleep* yang berfungsi untuk menghemat konsumsi daya dengan menonaktifkan sebagian modul saat tidak diperlukan. Untuk mendukung kebutuhan pemrosesan sinyal, ESP32

juga dibekali dengan modul *Digital Signal Processing (DSP)* yang memungkinkan pengolahan data secara cepat dan efisien. Kapasitas memori internal sebesar 520 KB digunakan untuk menyimpan program serta data yang dibutuhkan dalam proses eksekusi aplikasi. Serta mudah digunakan dan tersedia library yang dapat digunakan untuk memudahkan mengembangkan aplikasi. Modul ini dapat diprogram dengan bahasa pemrograman C atau C++.

b. Sensor GY 906



Gambar II. 4 Sensor GY-906

(Sumber : <https://id.szks-kuongshun.com/uno/uno-sensor/gy-906-mlx90614-non-touch-infrared.html>)

Sensor GY-906 adalah modul sensor termometer inframerah untuk pengukuran suhu non kontak yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan *microcontroller* (Siregar, 2021). Sensor ini beroperasi dengan cara mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh suatu objek. Karena proses pengukuran dilakukan tanpa kontak langsung, sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang yang luas, yaitu mulai dari -70°C hingga $+380^{\circ}\text{C}$. Kelebihan dari modul 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 umumnya dilengkapi dengan fitur kalibrasi untuk meningkatkan akurasi dalam pembacaan suhu dan kelembaban. Data hasil kalibrasi ini disimpan dalam memori program jenis *One-Time Programmable (OTP)*, yang dikenal sebagai koefisien kalibrasi. Pada

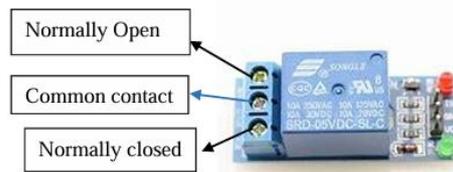
sensor ini memiliki fitur “*Thermal Gradient Compensated*” sehingga pengukuran relatif stabil terhadap perubahan suhu sekitar. Sensor ini memiliki 4 kaki pin, dan terdapat juga sensor DHT11 dengan *breakout Printed Circuit Board* yang memiliki 4 kaki pin seperti **tabel II.1** dibawah ini :

Tabel II. 1 Tabel Speksifikasi Sensor GY-906

Sensor GY-906	Spesifikasi
Tegangan Masukan	5 V DC
Suhu Pengukuran	-40 °C – 125 °C
Resolusi	0,002 °C
Rentang Temperatur	0-50 °C

(Sumber : Siregar, 2021)

c. Relay



Gambar II. 5 Relay

(Sumber : <https://www.arduinoindonesia.id/2024/06/ulasan-modul-relay-5v-cara-mengontrol-perangkat-listrik-dengan-arduino.html>)

Modul *relay* merupakan *switch magnetic*. Prinsip kerja perangkat ini didasarkan pada mekanisme elektromagnetik yang digunakan untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga memungkinkan arus listrik berdaya rendah (*low power*) mengendalikan aliran listrik dengan tegangan yang lebih tinggi (Nadindra & Chandra, 2022). Terdapat berbagai jenis *relay* yang ada di pasar. Namun pada penelitian ini, modul *relay* yang digunakan pada penelitian ini adalah modul relay 5V dan 1 *Channel*. Modul relay digunakan karena menawarkan efisiensi biaya dan kemudahan dalam penghubungan dengan sistem

kendali atau perangkat elektronik lainnya.

d. *Liquid Crystal Display (LCD)*



Gambar II. 6 *Liquid Crystal Display (LCD)*

(Sumber : <https://www.aksesoriskomputerlampung.com/lcd-i2c-16x2-blue.html>)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu jenis perangkat tampilan elektronik yang beroperasi berdasarkan teknologi *Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS) logic*. Berbeda dengan layar yang memancarkan cahaya, *LCD* bekerja dengan memanfaatkan cahaya eksternal. Mekanismenya melibatkan pemantulan cahaya sekitar melalui sistem *front-lit* atau transmisi cahaya dari sumber pencahayaan belakang (*back-lit*) untuk menampilkan informasi visual. Karakteristik ini menjadikan *LCD* hemat energi serta cocok digunakan pada berbagai perangkat elektronik portabel (Alfonsius dkk., 2024). *LCD* menampilkan indikator yang ada pada *microcontroller* yang dirancang.

e. *Water Solenoid valve*

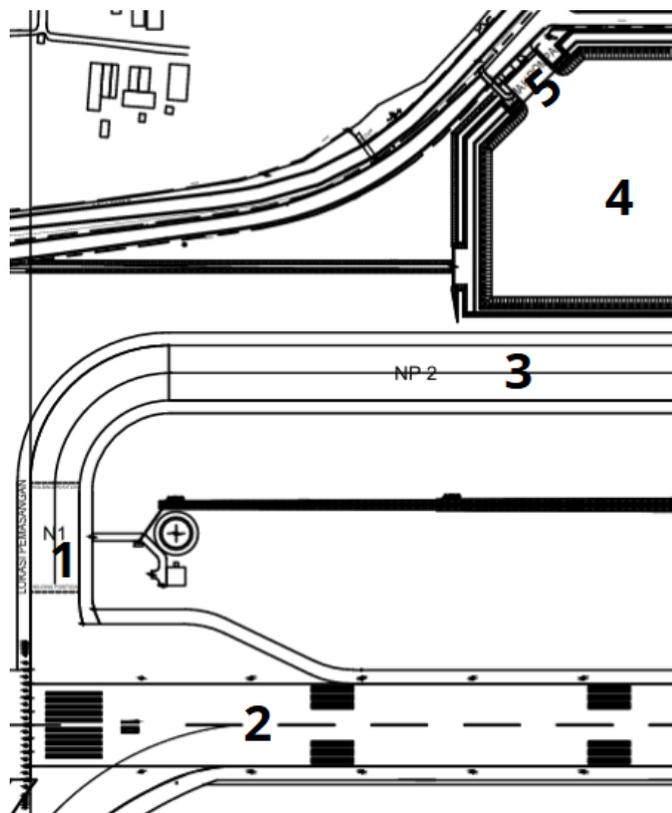


Gambar II. 7 *Water Solenoid valve*

(Sumber : <https://malangelectronic.com/blog/mengenal-lebih-banyak-tentang-sistem-kerja-solenoid-valve/>)

Solenoid valve merupakan jenis katup yang dioperasikan secara elektrik menggunakan arus listrik, baik arus searah maupun arus bolak-balik, melalui sebuah kumparan elektromagnetik. Komponen ini merupakan salah satu elemen kontrol yang paling umum digunakan dalam sistem berbasis fluida, seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik, maupun sistem kontrol mesin yang memerlukan kendali otomatis. Dalam aplikasi sistem pneumatik, *solenoid valve* berfungsi untuk mengatur aliran udara bertekanan menuju aktuator pneumatik. Sementara itu, dalam sistem pengisian air pada tandon, *solenoid valve* digunakan untuk mengatur aliran air secara otomatis guna mencegah kekosongan tandon.

B. Rencana *Layout* Pemasangan di Lokasi Sebenarnya



Gambar II. 8 *Layout* Rencana Lokasi Pemasangan

(Sumber : *Aeronautical Information Publication (AIP) Juanda*)

Keterangan :

- Nomor 1 : *Holding Point Taxiway N1*
- Nomor 2 : *Runway 10*
- Nomor 3 : *Taxiway Paralel NP2*
- Nomor 4 : *Kolam PH 1*
- Nomor 5 : *Pump House 1*

Gambar diatas merupakan rencana *layout* pemasangan pada kondisi *real* di lapangan. Area pemasangan tersebut berada di area *holding point taxiway N1* Bandara Internasional Juanda Surabaya. Dengan spesifikasi area *holding point* yaitu panjang sebesar 70 meter dan lebar 35 meter. Serta berjarak kurang lebih 200 meter dengan *Pump House (PH) 1* dan kolam PH 1 Bandara Internasional Juanda Surabaya dimana PH 1 tersebut sebagai sumber air dalam instalasi penyiraman otomatisasi *holding point taxiway* berbasis sensor *infrared*. Lokasi pemasangan alat akan berada pada daerah nomor 1 yaitu di *holding point taxiway N1* serta akan dipasang di *shoulder taxiway*. Adapun layout rincian pemasangan pada area *holding point taxiway N1* terlampir pada **Lampiran B.**

C. Kajian Penelitian Relevan Terdahulu

Tabel II. 2 Penelitian terdahulu yang relevan

No.	Penelitian, Tahun, Judul	Persamaan	Perbedaan
1.	(Wibowo & Yulianto, 2023), Deteksi Keretakan Jalan Aspal Menggunakan Metode <i>Convolutional Neural Network</i>	Penelitian ini memiliki persamaan yaitu mengatasi kerusakan <i>bleeding</i> pada permukaan perkerasan	Perbedaan pada penelitian ini adalah metode yang digunakan yaitu dengan metode <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> yang meliputi preprocessing data dan perancangan serta implementasi <i>CNN</i>

No.	Penelitian, Tahun, Judul	Persamaan	Perbedaan
2.	(Diz-Mellado dkk., 2024), <i>Optimizing a Courtyard Microclimate with Adaptable Shading and Evaporative Cooling in a Hot Mediterranean Climate</i>	Penelitian ini memiliki persamaan penggunaan metode penyiraman evaporatif sebagai upaya dalam menurunkan temperatur permukaan perkerasan	Perbedaan pada penelitian ini adalah penelitian dilakukan pada kawasan padat penduduk serta penambahan metode pendinginan pasif dengan peneduh pada bangunan sekitar perkerasan
3.	(Palenewen & Palenewen, 2024), Studi Literatur Tentang Metode Pendinginan Aspal Jalan di Indonesia : Tinjauan, Penerapan, dan Implikasinya	Penelitian ini memiliki persamaan bahwa penyiraman evaporatif merupakan salah satu upaya dalam menurunkan temperatur pada permukaan aspal yang dapat mengakibatkan kerusakan karena temperatur yang tinggi	Perbedaan penelitian adalah fokus permasalahan adalah evaluasi karakteristik aspal, pemeliharaan pencegahan kerusakan aspal, dan analisa solusi yang tepat untuk mengatasi kerusakan aspal akibat temperatur yang tinggi.
4.	(Alfonsius dkk., 2024), Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Kontroling Prototype</i> Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis <i>IoT (Internet of Things)</i>	Penelitian ini memiliki persamaan yaitu alat yang dirancang dibuat secara otomatis untuk melakukan penyiraman evaporatif	Perbedaan penelitian ini terdapat pada penggunaan sensor kelembaban YL-69, <i>microcontroller</i> ESP 8622, dan objek penyiraman yaitu tanaman.
5.	(Butar & Haryanto, 2024), Rancangan Bangun Alat Penyiraman Jalan Berbasis <i>Internet of Things</i>	Perancangan alat sebagai penyiram jalan otomatis untuk menurunkan temperatur permukaan jalan	Perbedaan penelitian terdapat pada sensor yang digunakan yaitu menggunakan sensor <i>proximity</i>

No.	Penelitian, Tahun, Judul	Persamaan	Perbedaan
6.	(Putra, 2021), Rancang Bangun Alat Cuci Tangan Pintar Menggunakan Sensor <i>Infrared</i> Berbasis Arduino	Penelitian memiliki persamaan yaitu alat yang dirancang menggunakan ESP-32, sensor <i>infrared</i> GY-906 dan beberapa komponen.	Perbedaan penelitian yaitu pada penelitian ini terdapat pompa udara dan alat dirancang untuk pencuci tangan otomatis.
7.	(Ariyani dkk., 2021), Rancang Bangun dan Pembuatan Alat Penyiraman Tanaman Otomatis untuk Pemberdayaan Petani Sayuran di Desa Cihanjuang, Kabupaten Bandung Barat	Penelitian ini memiliki persamaan alat yang dirancang dibuat secara otomatis untuk melakukan penyiraman evaporatif	Perbedaan penelitian ini yaitu metode penelitian menggunakan <i>Water Fall</i> dan objek penyiraman yaitu tanaman.

Pada penelitian ini penulis membuat variabel yang mengacu dari penelitian terdahulu yang relevan sebanyak 7 penelitian untuk dijadikan satu ringkasan yang dapat saling mendukung dalam perancangan *prototype* otomatisasi penyiraman *holding point taxiway* N1 berbasis sensor *infrared* pada Bandara Internasional Juanda Surabaya.