

# RANCANGAN PROTOTYPE MONITORING NOTIFICATION ALARM PADA PERALATAN NAVIGASI MERK THALES

Lukman Yudand Hidayat<sup>1\*</sup>, Hendri Fadly<sup>2</sup>, M Arif S<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug; Jalan Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Tangerang, Banten; Telp. (021) 5982204.

Received: 8 April 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

## Keywords:

Navigation Aid;  
ILS THALES;  
ADRACS;  
Monitoring.

## Correspondent Email:

[lukmanyudandhidayat@gmail.com](mailto:lukmanyudandhidayat@gmail.com)

**Abstrak.** Pada pelaksanaan penelitian ini penulis dihadapkan dengan permasalahan yang terjadi pada fasilitas monitoring navigasi penerbangan yaitu ADRACS pada system ILS merk Thales, dimana teknisi sering menerima laporan terlebih dahulu dari *Air Traffic Control* (ATC) yang mendapat informasi dari pilot bahwa *Instrument Landing System* (ILS) mengalami masalah. Kondisi ini terjadi karena Peralatan *Remote Control Monitoring System* (RCMS) dari *Instrument Landing System* (ILS) berada di ruang teknisi. Ketika teknisi tidak berada di ruangan tersebut, terutama saat sedang bekerja di lokasi lain, mereka tidak mendapatkan notifikasi langsung jika kondisi ILS terjadi alarm. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development*. Tindakan penyelesaian pada permasalahan ini yaitu dengan membuat suatu *software* yang dapat memberikan informasi secara fleksibel dan *real time* kepada para teknisi dimanapun berada, dengan harapan teknisi mampu mengetahui lebih dahulu jika peralatan mengalami alarm yang dapat meningkatkan efektifitas perbaikan dan perawatan peralatan navigasi penerbangan.

**Abstract.** In the course of this research, the author encountered issues with the monitoring facility of the flight navigation, specifically the ADRACS in the Thales ILS system. Technicians often receive reports from Air Traffic Control (ATC) first, who in turn receive information from pilots indicating problems with the Instrument Landing System (ILS). This situation arises due to the Remote Control Monitoring System (RCMS) equipment for the ILS being located in the technician's room. When technicians are not present in the room, particularly when they are working elsewhere, they do not receive direct notifications if the ILS system alarms. This study employs the Research and Development method. The solution to this issue involves developing software capable of providing flexible and real-time information to technicians wherever they may be. The aim is for technicians to be informed promptly if equipment alarms occur, thereby enhancing the effectiveness of navigation equipment maintenance and repair.

## 1 PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di berbagai bidang telah mendorong manusia untuk mengembangkan alat-alat baru saat ini. Dengan pesatnya perkembangan teknologi otomasi atau sistem cerdas, manusia menciptakan alat atau sistem

yang bertujuan untuk memudahkan pekerjaan manusia secara otomatis, cepat dan efisien[1]. Dengan kemajuan zaman yang cepat, transportasi dan teknologi harus lebih efisien, maju, nyaman, dan aman. Indonesia memiliki beragam alat transportasi di darat, laut, dan udara. Perbaikan di sejumlah sektor, terutama di

udara, diperlukan karena sektor ini memberikan manfaat bagi masyarakat dalam hal efisiensi waktu. Perjalanan jarak jauh dapat dilakukan dengan waktu singkat dan tingkat keamanan yang lebih terjamin, karena perawatan navigasi dan telekomunikasi udara memprioritaskan keselamatan dan kenyamanan penumpang.

Perusahaan Umum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia (LPPNPI) atau yang lebih dikenal sebagai Airnav Indonesia, adalah entitas bisnis yang bertanggung jawab atas penyediaan layanan navigasi penerbangan di Indonesia[2]. Airnav Indonesia menjadi provider tunggal dalam memberikan pelayanan navigasi penerbangan di Indonesia dan bertanggung jawab terhadap keselamatan pelayanan navigasi penerbangan di Indonesia[3]. Mereka memiliki visi dan misi untuk menjadi penyedia layanan navigasi penerbangan dengan standar internasional yang menekankan keselamatan, keteraturan, dan kenyamanan[2]. Airnav Indonesia memiliki cabang yang tersebar di seluruh Indonesia, termasuk salah satunya di Medan.

Perum LPPNPI Cabang Medan memiliki beberapa peralatan Navigasi dan Telekomunikasi Penerbangan diantaranya; DVOR (*Doppler Very High Frequency Omnidirectional Range*), ILS (*Instrument Landing System*), DME (*Distance Measurement Equipment*), T-DME (*Terminal Distance Measurement Equipment*), MSSR (*Monopulse Secondary Surveillance Radar*), ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance – Broadcast*), AMSC (*Automatic Message Switching Center*), Radio Komunikasi VHF, ATIS (*Aerodrome Terminal Information Service*), Recorder, VSAT (*Very Small Aperture Terminal*).

Peralatan ILS merupakan salah satu alat bantu navigasi pendaratan menggunakan gelombang radio secara instrument (*non-visual*) yang digunakan penerbang dalam melakukan prosedur pendekatan dan pendaratan pesawat di suatu bandara [4]. Permasalahannya yaitu teknisi sering menerima laporan terlebih dahulu dari *Air Traffic Control* (ATC) yang mendapat informasi dari pilot bahwa *Instrument Landing System* (ILS) mengalami masalah. Kondisi ini terjadi karena Peralatan *Remote Control Monitoring System* (RCMS) dari *Instrument Landing System* (ILS) berada di ruang teknisi. Ketika teknisi tidak berada di ruangan tersebut,

terutama saat sedang bekerja di lokasi lain, mereka tidak mendapatkan notifikasi langsung jika kondisi ILS terjadi alarm.

Berdasarkan Permasalahan di atas, maka perlu dikembangkan fasilitas pemantauan peralatan ILS yang fleksibel dan dapat diakses oleh teknisi yang sedang bertugas di lokasi manapun. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem informasi monitoring alarm berbasis *instant message* menggunakan aplikasi Telegram. Solusi ini diharapkan dapat membantu teknisi mengatasi kendala dalam monitoring alarm pada peralatan *navigasi* merk Thales.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Instrument Landing System* (ILS)

Peralatan ILS merupakan alat bantu navigasi pendaratan menggunakan gelombang radio secara instrumen (*non visual*) yang digunakan penerbang dalam melakukan prosedur pendekatan dan pendaratan pesawat di suatu bandara [5].

ILS adalah salah satu sistem navigasi radio tertua yang masih digunakan sejak tahun 1929[6]. ILS dimaksudkan untuk memudahkan pilot untuk pendekatan ke landasan terutama pada waktu cuaca kurang baik dan *visibility* yang terbatas. ILS dioperasikan beserta alat bantu navigasi yang lainnya seperti DME, VOR dan NDB, alat bantu navigasi ini digunakan berdasarkan standar dari ICAO Annex 10, Vol 1 Chapter 3[7].

ILS terdiri dari 3 komponen antara lain:

#### 1) *Localizer*

*Localizer* adalah pemancar yang memberikan panduan *center line*, yaitu kelurusan pesawat terhadap garis tengah *runway* untuk membimbing pesawat agar berada pada *center line of runway* dalam proses pendaratannya. *Localizer* menggunakan frekuensi *Very High Frequency* (VHF) 108 MHz hingga 111,975 MHz, Sinyal dimodulasi amplitudo pada 90 dan 150 Hz sehingga sinyal 90/150 Hz dominan di sisi kanan/kiri jalur penerbangan menuju landasan[8].

#### 2) *Glide Path*

*Glide path* memancarkan gelombang radio dengan frekuensi 329 – 335 MHz, GP memberikan *guidance* vertikal dan sudut pendaratan yang tepat ke arah *touchdown point* pada *runway*, *Glide path*

memancarkan gelombang 90Hz dan 150 Hz namun berbeda posisi dari localizer, pada glide path 90 Hz diatas dan 150 Hz di bawah[9].

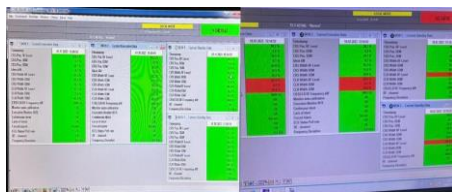
### 3) *Marker Beacon*

Marker (untuk informasi jarak pesawat dari runway)[10]. Merupakan bagian dari peralatan ILS yang memancarkan sinyal radio frekuensi 75 MHz, dilengkapi dengan coding yang berfungsi untuk memberikan panduan peringatan tentang jarak sesuai dengan penempatannya terhadap titik *touchdown* di tengah perpanjangan landasan / *centre runway* kepada pilot agar pesawat yang akan mendarat dapat mengikuti secara tepat.

## 2.2 ADRACS

ADRACS merupakan aplikasi yang menyediakan fungsi kontrol dan pemantauan untuk operator sistem navigasi. ADRACS digunakan untuk menyesuaikan atau memodifikasi parameter operasi yang relevan pada *interface* laptop / PC untuk pengguna. Dengan menggunakan pengaturan grafis ini, operator dapat memasukkan data dan parameter operasi untuk pemeliharaan jarak jauh.

Pada parameter terdapat dua indikator yaitu normal dan alarm, seperti yang ada pada gambar dibawah.



Gambar 1 Tampilan pada ADRACS

## 2.3 Python

*Python* diciptakan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1990 dan namanya diambil dari program televisi Guido Monty Python's Flying Circus. Van Rossum mengembangkan *Python* sebagai hobi, kemudian *Python* menjadi bahasa pemrograman yang banyak digunakan di industri dan pendidikan karena sederhana, ringkas, intuitif, dan memiliki perpustakaan sintaksis yang luas[11]. *Python* adalah bahasa multiplatform yang dapat dikembangkan dan digunakan pada banyak platform yang berbeda, termasuk Microsoft Windows, Linux, Mac OS X, dan lainnya[12].

## 3 METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah metode Research and Development. Metode ini memungkinkan untuk terciptanya suatu rancangan baru dari peralatan yang sudah ada dengan tujuan untuk melakukan pengembangan peralatan sehingga lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya.

Tahapan pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini, antara lain :

### 1. Penelitian dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini, paling tidak ada 2 hal yang harus dilakukan yaitu studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur untuk menemukan konsep atau landasan teoritis yang memperkuat suatu rancangan produk dan melalui studi literatur dikaji pula ruang lingkup suatu produk, keluasaan penggunaan, kondisi pendukung, dll.

### 2. Perencanaan

Dalam pengembangan produk, perlu dirumuskan: penetapan produk, penyusunan produk awal, ujicoba produk awal di lapangan. Perlu dirumuskan juga: subjek dan lokasi uji coba, SDM, dan sarana pendukung lain.

### 3. Uji Coba Alat

Uji coba terhadap produk yang telah dirancang mempunyai tujuan yaitu untuk mengetahui kondisi real rancangan ketika di uji coba dalam pengoperasiannya.

### 4. Revisi produk hasil uji coba

Setelah dilaksanakan uji coba ada 2 hal yang terjadi, ialah, produk beroperasi dengan segala aspek hasilnya sesuai dengan rencana awal ataupun ada beberapa aspek yang perlu diperbaiki dalam hal penyempurnaan produk.

### 5. Penyempurnaan produk akhir

Dalam tahap ini penyempurnaan hasil uji coba secara final, yang nantinya produk sudah siap untuk di siarkan.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

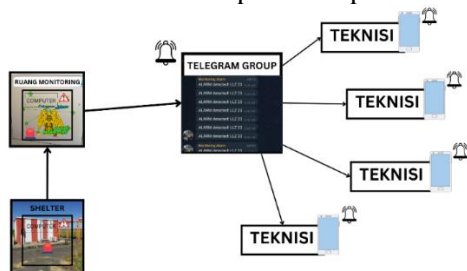
### 4.1 Perencanaan Sistem Rancangan

Program ini berfungsi sebagai pemantauan pada layar komputer yang terletak pada ruang monitoring. Menggunakan beberapa modul *Python*, aplikasi ini dapat mengirimkan pesan notifikasi alarm melalui aplikasi Telegram dan memicu suara alarm jika mendeteksi kata 'alarm' pada layar monitor sehingga teknisi dapat menerima pemberitahuan jika terjadi

alarm pada peralatan navigasi dimanapun teknisi sedang berada.

Software yang digunakan adalah Visual Studio Code, sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah berbagai jenis bahasa pemrograman dan mendukung seluruh proses pembuatan logic code hingga pembentukan tampilan antarmukanya. Visual Studio Code dipilih karena banyak digunakan, open source, dan memiliki antarmuka pemrograman aplikasi (API) yang didukung dengan baik untuk mengimplementasikan ekstensi [13].

Modul PyAutoGUI digunakan untuk melakukan screenshot pada layar monitor komputer, yang selanjutnya akan diolah dengan modul Tesseract. Tesseract adalah mesin OCR *open source* yang dapat digunakan untuk melatih model atau menggunakan model yang sudah ada untuk membaca karakter [14]. *Optical Character Recognition* (OCR) adalah teknik di bidang *image processing* dan *computer vision* yang bertujuan untuk mengubah gambar huruf atau angka menjadi karakter untuk identifikasi [1]. Tesseract akan mengubah hasil screenshot menjadi teks yang dapat dibaca. Hal ini memungkinkan program untuk mengetahui jika terdapat kata 'alarm' pada layar, sehingga program dapat mengirimkan pesan peringatan melalui aplikasi Telegram kepada teknisi dan mengaktifkan suara alarm pada computer.



Gambar 2 Perencanaan sistem rancangan

#### 4.2 Uji Coba Alat

Berdasarkan perancangan program yang telah dibuat, akan diuji coba apakah rancangan dapat beroperasi sesuai dengan yang diinginkan.

##### 1) Uji Coba Pertama

Pada tahap ini simulasi pengujian dilakukan pada computer peneliti dengan menjalankan video yang menunjukkan kata "Normal" dan berubah menjadi "Alarm". Simulasi ini bertujuan untuk memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik

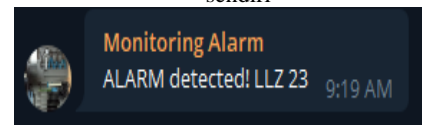
sebelum melakukan ujicoba pada *computer* di ruang *monitoring*.

Langkah – Langkah pengujian :

- Jalankan aplikasi pada *computer*.
- Setelah aplikasi berjalan, buka video simulasi untuk mentrigger aplikasi mendetect kata "alarm".
- Buka aplikasi Telegram untuk melihat hasil apakah aplikasi dapat mendetect alarm dan mengirimkan pesan notifikasi melalui Telegram.



Gambar 3 uji coba rancangan pada laptop sendiri



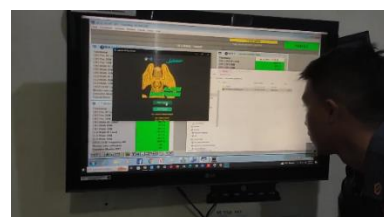
Gambar 4 notifikasi pada telegram

##### 2) Uji Coba Kedua

Pada uji coba simulasi kedua kali ini akan dilakukan pada *computer* ruang *monitoring* untuk memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik pada *computer* lain.

Langkah – Langkah pengujian :

- Jalankan aplikasi pada *computer*.
- Setelah aplikasi berjalan, buka VNC Viewer dan masuk pada *computer* shelter GP23 dan lakukan bypass untuk membuat "Alarm".
- Buka aplikasi Telegram untuk melihat hasil apakah aplikasi dapat mendetect alarm dan mengirimkan pesan notifikasi melalui Telegram.



Gambar 5 uji coba pada computer ruang monitoring

### 3) Uji Coba Ketiga

Pada uji coba simulasi ketiga akan dilakukan pengetesan seberapa mampu aplikasi ini dalam membaca kata "Alarm" pada layar *computer*, dilakukan beberapa test pada resolusi 1920x1080 dengan mengubah ukuran *font* pada layar dimulai dari 300pt, 72pt, 30pt, 12pt, 10pt dan 8pt.

Langkah – Langkah pengujian :

- Buat beberapa gambar dengan resolusi 1920x1080 yang bertuliskan "Alarm" dengan masing masing ukuran yang sudah ditentukan diatas.
- Jalankan aplikasi untuk mulai melakukan ujicoba pembacaan.
- Buka gambar yang sudah dibuat diawal satu persatu untuk melihat sampai di mana aplikasi dapat membaca kata "Alarm" pada layar *computer*.



Gambar 6 Ujicoba ketiga



Perbandingan dengan uang coin 1000 rupiah dengan ukuran real berdiameter 24,15mm

300pt	12PT
72pt	10PT
30pt	8PT

Gambar 7 Perbandingan ukuran font

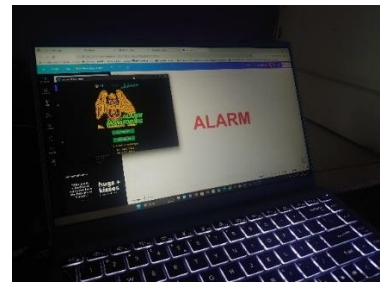
### 4) Uji Coba Keempat

Pada uji coba simulasi keempat akan dilakukan percobaan untuk melihat apakah warna pada font dapat mempengaruhi proses pembacaan pada aplikasi. Dalam percobaan kali ini digunakan beberapa warna yaitu merah, hijau, biru, kuning, abu-abu pada background putih.

Langkah – Langkah pengujian :

- Jalankan aplikasi pada *computer*.
- Buka *browser* dan ketik *canva.com*
- Buat *project* baru pada *canva*.

- Buat Kata "Alarm" pada *canvas* di *canva*.
- Ubah warna *font* kata "Alarm" sesuai dengan yang sudah ditentukan.
- Catat hasil yang terjadi pada setiap warna yang dipakai.



Gambar 8 pengujian perubahan warna pada font

### 4.3 Uji Coba Alat

Pada tahap pengujian dilakukan penggabungan kedua uji coba di atas menjadi satu dengan hasil sebagai berikut :

Table 1 Uji Coba rancangan

Pengujian		Deteksi Alarm	Notifikasi Telegram	KETERANGAN
Pengujian Pertama		Berhasil	Berhasil	Program berjalan tanpa ditemukan error
Pengujian Kedua		Berhasil	Berhasil	Program dapat berjalan dengan baik tanpa ditemukan bug maupun error
Pengujian Ketiga	300pt	Berhasil	Berhasil	Program dapat membaca kata dengan baik
	72pt	Berhasil	Berhasil	Program dapat membaca kata dengan baik
	30pt	Berhasil	Berhasil	Program dapat membaca kata dengan baik

	12pt	Berhasil	Berhasil	Program dapat membaca kata dengan baik
	10pt	Berhasil	Berhasil	Program masih dapat membaca kata dengan baik walaupun ukuran font yang sangat kecil
	8pt	Gagal	Gagal	Program sudah tidak mampu membaca kata dengan ukuran 8pt pada layar 1920x1080 tanpa dilakukan zooming, tetapi setelah dilakukan zooming 1x program baru dapat membaca kata
Pengujian Keempat	Merah	Berhasil	Berhasil	Program dapat berjalan dengan baik tanpa ditemukan bug maupun error
	Hijau	Berhasil	Berhasil	Program dapat berjalan dengan baik tanpa ditemukan bug maupun error
	Biru	Berhasil	Berhasil	Program dapat berjalan dengan baik tanpa ditemukan bug maupun error
	Kuning	Gagal	Gagal	Program kesusahan dalam membaca kata pada warna kuning dengan background putih, sehingga digunakan background hitam untuk warna kuning dan pembacaan

				dapat berjalan normal.
	Abu-abu	Berhasil	Berhasil	Program dapat berjalan dengan baik tanpa ditemukan bug maupun error

#### 4.4 Interpretasi Hasil Uji Coba Rancangan

Pada pengujian pertama dan kedua yang dilakukan pada tanggal 25 Januari 2024 dan 29 Januari 2024 keduanya telah memenuhi kriteria perancangan yang dibuat dengan hasil yang cukup baik. Pada pengujian ketiga yang dilaksanakan pada tanggal 3 Februari 2024 didapati bahwa aplikasi tidak mampu membaca kata dengan ukuran 8pt pada resolusi 1920x1080 14", membutuhkan 1x zoom untuk aplikasi dapat membaca kata pada kriteria tersebut, hal ini dikarenakan 8pt pada resolusi tersebut terbilang sangat kecil untuk dilakukan pembacaan bahkan jika menggunakan mata manusia. Pada pengujian keempat didapatkan program kesulitan membaca kata berwarna kuning dengan background putih dan kembali normal jika menggunakan background hitam yang berarti kontras antara warna font dengan background sangatlah penting untuk diperhatikan.

## 5 KESIMPULAN

A. Berdasarkan hasil pengujian dan interpretasi rancangan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Rancangan *prototype monitoring notification alarm* dapat di buat menggunakan python dengan memanfaatkan tampilan layar pada *computer* tanpa harus mengambil data dari aplikasi ADRACS, Rancangan *prototype monitoring notification alarm* ini mampu memberikan notifikasi alarm kepada teknisi secara *real time* melalui aplikasi Telegram.
- 2) Rancangan *prototype monitoring notification alarm* sudah di ujicoba menggunakan simulasi pada



computer peneliti dan computer pada ruang teknis. Fungsi – fungsi yang di ujicobakan antara lain adalah *start dan stop program*, *scanning* kata pada layar dengan ukuran huruf terkecil sebesar 8pt pada layar 1920x1080 14", *Scanning* kata dengan beberapa warna *font* yang berbeda, pengiriman notifikasi telegram dengan hasil yang sesuai dengan harapan.

- B. Rancangan prototype monitoring notification alarm ini masih memiliki keterbatasan, untuk itu peneliti memberikan saran untuk pengembangan rancangan ini. Prototype Monitoring Notification Alarm harus ditambahkan fungsi pengiriman screenshot layar melalui aplikasi telegram untuk mengetahui nilai parameter saat terjadinya alarm agar dapat dimanfaatkan dengan efektif pada Airnav cabang Medan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Hanif, E. Nasrullah, and F. X. A. Setyawan, "DETEKSI KARAKTER PLAT NOMOR KENDARAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE OPTICAL CHARACTER RECOGNITION (OCR)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i1.2897.
- [2] J. Teknik, K. Transportasi, A. Octaviane, and P. Penerbangan Makassar, "Alarm pada Clearance Executive Monitor Instrument Landing System (ILS) Glide Path 36 PERUM LPPNPI Kantor Cabang Manado Alarm on Clearance Executive Monitor Instrument Landing System (ILS) Glide Path 36 PERUM LPPNPI Manado Branch Office," *Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, vol. 4, 2021.
- [3] D. T. Yuliah, "2018 Diah Tri Yuliah 4516013121," *ANALISIS PAJAK PENGHASILAN PASAL 23 DAN AKUNTANSI PADA PERUM LPPNPI KANTOR CABANG MAKASSAR AIR TRAFFIC SERVICE CENTER (MATSC)*, Mar. 2023, Accessed: Feb. 01, 2024. [Online]. Available: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/5025>
- [4] J. Teknik *et al.*, "Microcontroller-based Marker Beacon Simulation at Akademi Teknik dan Keselamatan Penerbangan Makassar," 2018.
- [5] J. Teknik, K. Transportasi, B. Driyono, and M. N. Jaya, "Innovation Design of Digital Clinometer Papi (Precision Approach Path Indicator) Angle Measurer Instrument at Yogyakarta Adisutjipto International Airport," *Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, vol. 3, 2020.
- [6] O. T. Pleter and C. E. Constantinescu, "Obsolescence in Aviation Systems of Systems with Applications in ATM," *J Phys Conf Ser*, vol. 2716, no. 1, p. 012085, Mar. 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2716/1/012085.
- [7] "Pilot18.com-ICAO-Annex-10-Volume-1-Radio-Navigation-Aids".
- [8] S. Saito, K. Hosokawa, J. Sakai, and I. Tomizawa, "Anomalous Long-Distance Propagation of ILS LOC Signals by the Es Layer and Its Impact on Aviation Receivers," *Space Weather*, vol. 21, no. 11, Nov. 2023, doi: 10.1029/2023SW003577.
- [9] D. A. Purwaningtyas, "Pengenalan Peralatan Ground Based Navigation dan Global Navigation Satellite System Untuk Personel Bandar Udara di Indonesia," vol. 05, no. 01, pp. 29–38, doi: 10.54147/jpkm.v5i01.
- [10] S. K. Tripathy and S. Mangaraj, "Electromagnetic Interference Analysis on Localizer Beam for Various Obstacles at Expanded Airport."
- [11] K. Schuerer, C. Maufrais, C. Letondal, E. Deveaud, and M.-A. Petit, "Introduction to Programming using Python Programming Course for Biologists at the Pasteur Institute Introduction to Programming using Python [<http://www.python.org/>]: Programming Course for Biologists at the Pasteur Institute," 2008. [Online]. Available: <http://www.python.org/>
- [12] "Belajar Phyton dengan Singkat." [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/340536143>
- [13] S. Ma *et al.*, "VSCode-Antimony: a source editor for building, analyzing, and translating antimony models," *Bioinformatics*, vol. 39, no. 12, Dec. 2023, doi: 10.1093/bioinformatics/btad753.

- [14] I. Aji Nugroho, B. Hayat Susanti, M. Wahyu Ardyani, and N. R. Paramita, "Document Data Extraction Application Using a Tesseract-Optical Character Recognition Engine," *J. RESTI (Rekayasa Sist. Teknol. Inf.)*, vol. 10, no. 1, pp. 42–53, 2024, doi: 10.29207/resti.v8i1.5151.