



Muh. Syukri¹
 Toni²
 Rudi Hertanto³

SISTEM MONITORING HASIL SCANNING MESIN X-RAY RAPISCAN 628 DV BERBASIS RASPBERRY PI UNTUK MENINGKATKAN PELAYANAN KEAMANAN DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA

Abstrak

Bandara Internasional Soekarno-Hatta sebagai salah satu bandara tersibuk di Indonesia memerlukan sistem keamanan yang handal untuk memastikan keselamatan dan keamanan penumpang serta barang bawaan. Salah satu komponen penting dalam sistem keamanan bandara adalah mesin X-ray yang digunakan untuk memindai barang bawaan penumpang. Mesin X-ray Rapiscan 628 dv merupakan salah satu perangkat yang banyak digunakan di bandara ini. Namun, proses monitoring hasil scanning masih dilakukan di monitor mesin X-ray, yang berpotensi menimbulkan kesalahan manusia (human error). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring hasil scanning mesin X-ray Rapiscan 628 dv berbasis Raspberry pi guna meningkatkan pelayanan keamanan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk memonitor hasil scanning mesin X-ray secara real-time dan otomatis. Raspberry pi dipilih sebagai komponen utama karena kemampuannya dalam mengolah data secara efisien, ukurannya yang compact, serta biayanya yang relatif terjangkau. Sistem ini dilengkapi dengan antarmuka yang memungkinkan petugas keamanan untuk melihat hasil scanning secara langsung melalui layar monitor. Hasil pemindaian sering kali hanya dapat diakses di satu perangkat yang terhubung langsung dengan mesin X-ray, sehingga membatasi fleksibilitas petugas keamanan dalam melakukan analisis dan pengawasan. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur penyimpanan data hasil scanning yang dapat diakses kembali jika diperlukan untuk keperluan investigasi lebih lanjut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis Raspberry pi ini mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses monitoring hasil scanning. Sistem ini dapat menampilkan hasil scanning secara real-time, sehingga memudahkan petugas keamanan dalam mendeteksi objek mencurigakan. Selain itu, sistem ini juga mampu menyimpan data hasil scanning dengan baik, sehingga dapat diakses kembali jika diperlukan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat mengurangi human error dan meningkatkan pelayanan keamanan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Dengan penerapan sistem ini, diharapkan dapat mengurangi downtime mesin, mempercepat proses pemeriksaan barang. Sistem ini juga dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung teknologi keamanan penerbangan yang pada akhirnya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan penumpang di bandara.

Kata Kunci: Sistem Monitoring, Mesin X-ray, Raspberry pi, Bandara, Keamanan, Efisiensi Operasional.

Abstract

Soekarno-Hatta International Airport, as one of the busiest airports in Indonesia, requires a reliable security system to ensure the safety and security of passengers and their belongings. One of the critical components of the airport's security system is the X-ray machine used to scan passengers' luggage. The Rapiscan 628 dv X-ray machine is one of the devices widely used at this airport. However, the process of monitoring scanning results is still conducted on the X-ray

^{1,2)} Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

³⁾Balai Teknik Penerbangan

email: syukri@gmail.com, toni@ppicurug.ac.id

machine's monitor, which has the potential to lead to human error. Therefore, this research aims to develop a Raspberry pi-based monitoring system for the Rapiscan 628 dv X-ray machine to enhance security services at Soekarno-Hatta International Airport. The system developed in this research is designed to monitor X-ray scanning results in real-time and automatically. Raspberry pi was chosen as the main component due to its efficient data processing capabilities, compact size, and relatively affordable cost. The system is equipped with an interface that allows security personnel to view scanning results directly on a monitor. Currently, scanning results are often only accessible on a single device directly connected to the X-ray machine, limiting the flexibility of security personnel in conducting analysis and supervision. Additionally, the system includes a feature to store scanning data, which can be accessed later if needed for further investigation. Testing results indicate that this Raspberry pi-based monitoring system can improve the efficiency and accuracy of the scanning monitoring process. The system can display scanning results in real-time, making it easier for security personnel to detect suspicious objects. Furthermore, the system can store scanning data effectively, allowing it to be retrieved when necessary. With this system in place, it is expected to reduce human error and enhance security services at Soekarno-Hatta International Airport. By implementing this system, it is expected to reduce machine downtime and expedite the baggage inspection process. This system can also serve as an innovative solution to support aviation security technology, ultimately improving passenger safety and comfort at the airport.

Keywords: Monitoring System, X-ray Machine, Raspberry pi, Airport, Security, Operational Efficiency.

PENDAHULUAN

Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas

Rencana induk pembangunan dan pengembangan bandar udara harus mempertimbangkan aspek keamanan yang meliputi pengendalian keamanan, penerapan langkah-langkah keamanan, perlindungan dan pengendalian akses dan penggunaan fasilitas keamanan[2].

Fasilitas keamanan penerbangan mempunyai fungsi sebagai alat pemeriksaan keamanan, pemantauan keamanan dan penundaan upaya tindakan melawan hukum. Fasilitas keamanan penerbangan sebagaimana dimaksud yaitu pendekripsi bahan peledak, pendekripsi bahan organik dan non-organik, pendekripsi metal dan non-metal, pendekripsi bahan cair pemantau lalu lintas orang, kargo, pos, kendaraan, dan pesawat udara di darat, penunda upaya kejahatan dan pembatas daerah keamanan terbatas, pengendalian jalan masuk dan komunikasi keamanan

Perkembangan teknologi informasi dan sistem otomatisasi diberbagai sektor, termasuk sektor transportasi udara, semakin mempermudah pengawasan dan pemeliharaan berbagai peralatan vital. Salah satunya adalah mesin X-ray yang berfungsi untuk memeriksa barang bawaan penumpang. Monitoring mesin X-ray secara berkala sangat penting untuk memastikan mesin bekerja dengan baik, mengidentifikasi potensi kerusakan, serta mengoptimalkan penggunaan mesin tersebut untuk mendukung proses pemeriksaan barang yang aman dan cepat.

Mesin X-ray di bandara adalah perangkat keamanan yang digunakan untuk memindai bagasi, kargo, dan barang bawaan penumpang untuk mendeteksi benda-benda berbahaya, seperti senjata, bahan peledak, atau barang-barang terlarang lainnya. Mesin ini menggunakan teknologi sinar-X (X-ray) untuk menembus bahan dan menghasilkan gambar dari isi bagasi atau kargo tanpa perlu membukanya secara fisik. Mesin X-ray bekerja dengan memancarkan sinar-X, yaitu radiasi elektromagnetik berenergi tinggi, yang dapat menembus bahan dengan kepadatan berbeda. Ketika sinar-X melewati suatu objek, sebagian sinar diserap oleh bahan tersebut, sementara sisanya diteruskan ke detektor di sisi lain mesin. Detektor kemudian mengukur intensitas sinar-X yang diterima dan mengubahnya menjadi gambar. Mesin X-ray merupakan komponen kunci dalam sistem keamanan bandara.

Namun, seiring dengan penggunaan mesin X-ray yang terus meningkat, tantangan besar yang dihadapi oleh pihak pengelola bandara adalah bagaimana menjaga mesin tersebut tetap dalam kondisi optimal untuk mendukung operasional yang lancar. Kerusakan atau gangguan pada mesin X-ray dapat menyebabkan antrean penumpang yang panjang, memperlambat proses

pemeriksaan, dan bahkan menimbulkan risiko terhadap keamanan. Oleh karena itu, pemantauan kinerja mesin X-ray secara berkala dan real-time menjadi sangat penting.

Monitoring mesin X-ray memungkinkan pemeliharaan yang tepat waktu, yang sangat penting dalam konteks operasional yang padat seperti bandara. Dengan melakukan pemantauan terhadap kinerja mesin, masalah teknis dapat diidentifikasi sebelum menjadi gangguan besar, yang dapat menyebabkan penundaan atau pembatalan penerbangan.

Bandara dan penyedia layanan penerbangan harus mematuhi regulasi keamanan internasional dan lokal. Monitoring mesin X-ray memastikan kepatuhan terhadap standar yang ditetapkan oleh badan pengatur, seperti ICAO dan Otoritas Penerbangan Sipil. Di Indonesia, regulasi terkait meliputi:

Standar Nasional Indonesia (SNI) juga mengacu pada dokumen ICAO, seperti Annex 17 dan Document 8973, untuk memastikan keamanan penerbangan.

Kemajuan teknologi, seperti penggunaan perangkat lunak analisis canggih dan algoritma pembelajaran mesin, memberikan peluang untuk meningkatkan monitoring mesin X-ray. Inovasi ini dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam mendeteksi ancaman, serta mempermudah proses pemantauan.

Kondisi saat ini di fasilitas mesin X-ray yang belum menggunakan sistem monitoring mesin X-ray yang terintegrasi masih sangat bergantung pada monitor yang ada pada mesin X-ray. Operator manusia bertanggung jawab penuh untuk menganalisis gambar yang dihasilkan oleh mesin X-ray, mengandalkan kemampuan visual dan pelatihan mereka untuk mendeteksi objek mencurigakan atau berbahaya. Dengan kata lain, ketergantungan pada proses manual membuat sistem keamanan menjadi kurang efektif dan berisiko tinggi terhadap ancaman yang mungkin lolos dari deteksi.

Banyak hal mendasar yang membuat terbentuknya sebuah security yaitu dikarenakan oleh kejahatan, ancaman, penyelundupan barang, dan lain-lain. Sistem pengamanan sangat dibutuhkan pada saat acara-acara tertentu dan ditempat-tempat khusus seperti bandara untuk menjaga keamanan sehingga dapat terjaga dengan baik. Setiap orang yang datang ke lokasi tersebut wajib diperiksa barang bawaannya untuk meminimalisir keberadaan benda-benda yang dapat membahayakan atau mengancam keamanan di lokasi tersebut[5].

Raspberry pi adalah komputer kecil yang sangat fleksibel dan terjangkau, yang telah menjadi populer di kalangan penggemar teknologi, pendidik, dan profesional di berbagai bidang. Kemampuannya untuk menjalankan berbagai aplikasi dan proyek menjadikannya pilihan ideal untuk sistem monitoring di berbagai lingkungan. Dalam konteks ini, penggunaan Raspberry pi untuk monitoring mesin X-ray.

Penggunaan Raspberry pi sebagai platform untuk sistem monitoring menawarkan solusi yang ekonomis dan fleksibel. Raspberry pi dapat digunakan untuk mengumpulkan data operasional dari mesin X-ray, seperti status operasional (normal, mati, atau mengalami error) dan menampilkan informasi ini secara real-time. Sistem ini dapat memberikan informasi yang cepat dan akurat kepada teknisi dan petugas keamanan. Hal ini memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan yang diperlukan dengan segera, baik dalam pemeliharaan mesin maupun dalam penanganan situasi darurat.

Konsep dan rencana implementasi sistem monitoring mesin X-ray di bandara menggunakan perangkat Raspberry pi. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efisien dan efektif dalam memantau kinerja mesin X-ray secara real-time, guna mendukung keamanan dan kelancaran operasional di bandara.

Untuk pemilihan Raspberry pi dalam pembuatan tugas akhir untuk sistem monitoring mesin X-ray di bandara didasarkan pada beberapa alasan, yaitu:

1. Harga Terjangkau

Raspberry pi memiliki harga yang relatif murah dibandingkan dengan komputer atau mikrokontroler lain yang memiliki kemampuan serupa.

2. Ukuran Kecil dan Portabel

Raspberry pi memiliki ukuran yang kecil dan ringan, sehingga mudah dipasang di dekat mesin X-ray tanpa memakan banyak ruang.

3. Kemampuan Komputerisasi yang Cukup

Raspberry pi memiliki prosesor yang cukup kuat untuk menjalankan sistem monitoring. Ini memungkinkan untuk menjalankan program yang kompleks seperti analisis data.

4. Kemampuan Jaringan

Raspberry pi memiliki port Ethernet dan dukungan Wi-fi, yang memungkinkan untuk terhubung ke jaringan lokal atau internet. Ini penting untuk mengirim data monitoring ke server pusat atau cloud untuk analisis lebih lanjut.

Untuk memudahkan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini maka penulis berfokus pada satu bandar udara yang mana merupakan salah satu bandar udara terbesar yang ada di Indonesia, yaitu Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Bandara Internasional Soekarno-Hatta terdiri dari 3 terminal yaitu, terminal 1, terminal 2 dan terminal 3. Dan jenis mesin X-ray yang diteliti yaitu Rapiscan 628 dv. Pada penelitian ini dilakukan di Terminal 2 Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

Bandara Internasional Soekarno-Hatta di Terminal 2 memiliki fasilitas yang sangat lengkap terkhusus pada fasilitas keamanan. Fasilitas keamanan yang menjadi fokus penulis dalam penelitian ini yaitu Mesin X-ray. Berdasarkan hasil analisa penulis yang juga merupakan salah satu karyawan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta melihat belum adanya sistem monitoring mesin X-ray. Oleh karena itu penulis membuat judul “Sistem Monitoring Hasil Scanning Mesin X-ray Rapiscan 628 dv Berbasis Raspberry pi Untuk Meningkatkan Pelayanan Keamanan Di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta”.

METODE

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Lokasi penelitian dilakukan di bandara Internasional Soekarno-Hatta lebih tepatnya di Terminal 2, penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu kurang lebih 2 bulan untuk pemrograman dari raspberry pi sampai dapat diaplikasikan ke mesin x-ray. Waktu penggerjaan untuk membuat rancangan tugas akhir ini telah disusun sedemikian rupa sebagai acuan agar pelaksanaannya dapat tersusun dengan baik dan juga digunakan untuk display data parameter sebagai progress dari penggerjaan tugas akhir ini.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode waterfall. Menurut (Wahid, 2020) Metode waterfall adalah metode yang paling banyak digunakan untuk tahap pengembangan. Metode Waterfall merupakan pendekatan SDLC paling awal yang digunakan untuk pengembangan perangkat lunak. Model waterfall ini juga dikenal dengan nama model tradisional atau model klasik. Model air terjun (waterfall) sering juga disebut model sekuensial linier (sequential linear) atau alur hidup klasik (Classic cycle). Model air terjun ini menyediakan pendekatan alur hidup perangkat lunak secara sekuensial terurut dimulai dari analisis, desain, pengkodean, pengujian dan tahap pendukung (support).

Model waterfall mengusulkan sebuah pendekatan kepada perkembangan perangkat lunak yang sistematik dan sekuensial yang mulai pada tingkat dan kemajuan sistem pada seluruh analisis, perancangan (design), coding, pengujian, dan pemeliharaan[12]. Dengan tahapan sebagai berikut:

1. Analisa Kebutuhan

Tahap analisa kebutuhan merupakan suatu tahapan untuk mencari tahu dan memahami kebutuhan sistem secara mendalam.

2. Perancangan

sehingga membantu menspesifikasi kebutuhan secara keseluruhan.

3. Pemrograman/Coding

Tahapan dimana sistem diimplementasikan pada situasi nyata dengan pemilihan perangkat keras (hardware) dan menentukan penyusunan coding.

4. Pengujian

Setelah melakukan tahapan coding sesuai dengan rangkaian design yang telah digambarkan, selanjutnya adalah proses uji coba untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan, jika dalam proses pengujian rancangan tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dapat dilakukan perbaikan terhadap rancangan.

5. Pemeliharaan

Tahapan pemeliharaan, tahapan ini rancangan akan dilakukan perawatan dan pemeliharaan agar sistem aplikasi yang sudah dibuat dapat digunakan dengan baik dan apabila terjadi kerusakan sistem bisa dilakukan perbaikan.

Model air terjun (waterfall) kadang dinamakan siklus hidup klasik (classic life cycle), dimana hal ini menyiratkan pendekatan sistematis dan berurutan (sekuensial) pada pengembangan

perangkat lunak, yang dimulai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna dan berlanjut melalui tahapan-tahapan perencanaan (planning), pemodelan (modeling), kontruksi (construction), serta penyerahan sistem/perangkat lunak ke para pengguna yang diakhiri dengan dukungan berkelanjutan pada perangkat lunak lengkap yang dihasilkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Perancangan

Dalam era digital yang semakin maju, sistem pemantauan otomatis menjadi kunci penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, termasuk dalam dunia penerbangan. Salah satu komponen kritis dalam operasional bandara adalah mesin X-ray, yang digunakan untuk memeriksa barang bawaan penumpang demi menjaga keamanan. Namun, mesin X-ray yang tidak terpantau dengan baik dapat menyebabkan gangguan operasional, kerusakan mesin, atau bahkan masalah keamanan yang tidak terdeteksi. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sebuah sistem pemantauan yang dapat memastikan bahwa mesin X-ray berfungsi dengan optimal setiap saat.

Tujuan dari rancangan sistem monitoring mesin X-ray ini adalah untuk memantau kondisi mesin secara real-time dengan menggunakan Raspberry pi. Dengan menggunakan Raspberry pi, sistem ini dapat memonitor kondisi mesin X-ray seperti status operasional (keadaan On atau Off) dan pemantauan hasil scanning barang bawaan penumpang.

Langkah - Langkah Perencanaan

1. Analisa Kebutuhan

a. Data Awal Sebelum Perancangan

Data Operasional:

- Lokasi: HBS 1.1 Terminal 2
- Panjang X-ray: 3.802 mm
- Kecepatan Motor: 0.2 m/s
- Waktu Scanning: 5 detik
- Jumlah banyaknya barang dalam 1 jam rata-rata per hari: \pm 120 barang
- Size gambar hasil scanning: \pm 4.2 MB

b. Proses pembuatan rancangan ini membutuhkan beberapa alat dan bahan sebagai berikut:

- Laptop (pengganti mesin X-ray)
- Raspberry pi
- Monitor
- Splitter VGA
- HDMI to USB Capture

Sebelum melakukan penelitian ini Penulis terlebih dahulu melakukan analisis terhadap proses monitoring X-ray yang saat ini dilaksanakan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Adapun Gambar Monitoring X-ray dilakukan tanpa Raspberry pi adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Rancangan Alat

Berdasarkan Gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil Output dari mesin X-ray hanya dapat dilihat pada layar monitor X-ray saja, Oleh karena itu Penulis membuat Monitoring X-ray dengan menggunakan Raspberry pi. Dengan adanya Monitoring X-ray berbasis Raspberry pi hasil Output dari mesin X-ray dapat ditampilkan tidak hanya pada monitor mesin X-ray saja tetapi lebih dari satu yang membuat operator mesin X-ray tidak bekerja sendiri tetapi dapat juga dipantau oleh pihak yang berkepentingan lainnya, seperti supervisor avsec sehingga dapat meminimalisir kesalahan yang dilakukan oleh Operator mesin X-ray dan meningkatkan fasilitas keamanan bandara Soekarno-Hatta.

Dari hasil analisa penulis, penggunaan modul Raspberry pi sebagai solusi untuk pelaksanaan monitoring hasil scanning mesin X-ray di bandara memiliki berbagai keunggulan yang membuatnya menjadi pilihan yang tepat. Raspberry pi merupakan sebuah mikrokomputer

dengan ukuran kecil, namun memiliki kemampuan komputasi yang cukup untuk menjalankan tugas-tugas pemrosesan gambar. Salah satu keuntungan utamanya adalah kemampuan Raspberry pi untuk terhubung dengan berbagai jenis perangkat melalui port USB. Ini memungkinkan Raspberry pi untuk mengakses dan mentransfer data hasil scan dari mesin X-ray ke monitor atau perangkat lain secara real-time. Raspberry pi memiliki ukuran yang sangat kecil dan ringan, menjadikannya mudah untuk dipasang di berbagai lokasi yang mungkin terbatas ruang, seperti di sekitar mesin X-ray.

Tahap Perancangan

Tahap ini merupakan proses langkah awal dalam pembuatan program perangkat lunak termasuk struktur data, arsitektur perangkat lunak, dan Prosedur kerja alat. Dimana untuk setiap mesin X-ray menggunakan satu raspberry pi.

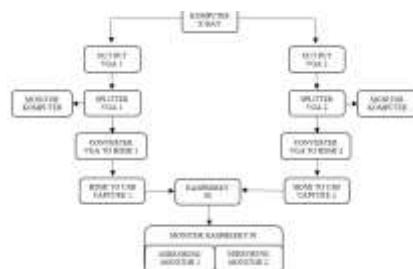
Adapun tahapan pembuatan rancangan, yaitu sebagai berikut:

- Kebutuhan perangkat keras dan lunak:
 - Mesin X-ray dengan output gambar (VGA).
 - Raspberry pi
 - Python
 - Monitor.
 - Kabel dan adaptor (VGA, HDMI, HDMI to USB Capture)
- Implementasi perangkat keras dan lunak
 - Hubungkan output mesin X-ray ke Raspberry pi menggunakan kabel yang sesuai (VGA)
 - Sambungkan Raspberry pi ke monitor melalui kabel.
 - Pastikan tampilan di layar tidak mengalami delay
 - Pastikan kabel terkoneksi dengan baik
 - Gunakan HDMI to USB Capture untuk menangkap gambar langsung dari mesin X-ray.

Berikut bahasa pemrogramannya:

```
if ret:
    cv2.namedWindow("Left ",cv2.WINDOW_NORMAL)
    cv2.resizeWindow("Left ", 650, 600)
    frame = rescale_frame(frame, percent=100)
    cv2.moveWindow("Left ", 1, 1)
    cv2.imshow("Left ", frame)
if time.time() - start_time >= 2: #<---- Check if 2 sec passed
    timestamp = datetime.now().isoformat()
    img_name = "video1_{ }.jpg".format(timestamp)
    cv2.imwrite(img_name, frame)
    print("{} written!".format(timestamp))
    start_time = time.time()
```

Untuk Desain perancangan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 2 Rancangan yang diinginkan

2. Tahan Pemrograman/Coding

Pemrograman atau coding adalah proses menulis, menguji, dan memelihara kode komputer menggunakan bahasa pemrograman untuk membuat perangkat lunak (software), aplikasi, atau sistem yang dapat dijalankan oleh komputer.

a. Pengertian

Coding berasal dari kata code yang berarti kode, yaitu serangkaian instruksi yang diberikan kepada komputer agar dapat menjalankan tugas tertentu. Instruksi ini ditulis dalam bahasa pemrograman seperti Python, Java, C++, JavaScript, dan lainnya.

- b. Tujuan Pemrograman
 - Membuat perangkat lunak seperti aplikasi web, mobile, desktop, atau game.
 - Mengotomatiskan tugas agar pekerjaan lebih efisien dan cepat.
 - Mengelola data dalam skala kecil hingga besar.
- c. Komponen Utama dalam Pemrograman
 - Algoritma – Langkah-langkah logis untuk menyelesaikan masalah.
 - Struktur Data – Cara mengorganisir dan menyimpan data.
 - Bahasa Pemrograman – Bahasa yang digunakan untuk menulis kode.
 - Compiler / Interpreter – Program yang menerjemahkan kode ke dalam instruksi yang bisa dimengerti oleh komputer.
 - Debugging – Proses menemukan dan memperbaiki kesalahan dalam kode.
- d. Jenis-Jenis Pemrograman

Pemrograman memiliki berbagai jenis berdasarkan penggunaannya, seperti:

 - Pemrograman Web (HTML, CSS, JavaScript, PHP) – Untuk membangun situs web dan aplikasi berbasis web.
 - Pemrograman Mobile (Swift, Kotlin, Flutter) – Untuk aplikasi iOS dan Android.
 - Pemrograman Desktop (C++, Java, C#) – Untuk aplikasi berbasis komputer.
 - Pemrograman Game (Unity dengan C#, Unreal Engine dengan C++) – Untuk pengembangan game.
 - Pemrograman AI & Data Science (Python, R) – Untuk analisis data dan kecerdasan buatan.

Tahap Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah mikrokomputer yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Tahapan pengujian merupakan tahap yang sangat penting dalam pengembangan sistem monitoring mesin X-ray menggunakan Raspberry pi, untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dan mendeteksi potensi masalah atau kekurangan yang perlu diperbaiki sebelum sistem diimplementasikan secara penuh di lingkungan operasional bandara.

Uji integrasi, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa tiap komponen perangkat keras dapat terhubung.

Uji integrasi menguji alur komunikasi antara Raspberry pi dengan mesin X-ray dengan tujuan:

- Memastikan bahwa Raspberry pi terhubung dengan kabel power.
- Memastikan bahwa Splitter VGA terhubung dengan kabel power.
- Memastikan bahwa Monitor terhubung dengan kabel power.
- Memastikan bahwa VGA Card di PC terhubung dengan Splitter VGA.
- Memastikan bahwa Splitter VGA terhubung dengan Converter VGA to HDMI.
- Memastikan bahwa Converter VGA to HDMI terhubung dengan HDMI to USB Capture.
- Memastikan bahwa HDMI to USB Capture terhubung dengan Raspberry pi.
- Memastikan bahwa Splitter VGA terhubung dengan Monitor.

Tabel 4. 1 Uji Integrasi

NO	Uji Integrasi	Keterangan	
		Terhubung	Tidak
1	Memastikan bahwa Raspberry pi terhubung dengan kabel power	ü	
2	Memastikan bahwa Splitter VGA terhubung dengan kabel power	ü	
3	Memastikan bahwa Monitor terhubung dengan kabel power	ü	
4	Memastikan bahwa VGA Card di PC terhubung dengan Splitter VGA	ü	
5	Memastikan bahwa Splitter VGA terhubung dengan Converter VGA to HDMI	ü	
6	Memastikan bahwa Converter	ü	

	VGA to HDMI terhubung dengan HDMI to USB Capture		
7	Memastikan bahwa HDMI to USB Capture terhubung dengan Raspberry pi	ü	
8	Memastikan bahwa Splitter VGA terhubung dengan Monitor	ü	



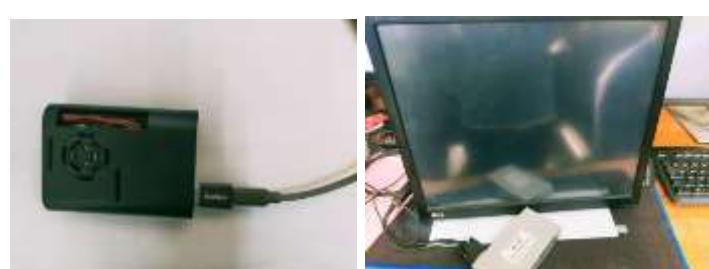
Gambar 4. 3 Tampilan Pada Tabel No.1 dan Tampilan Pada Tabel No.2



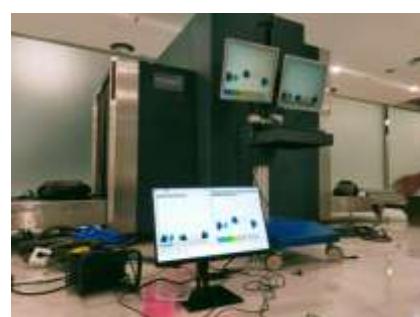
Gambar 4. 4 Tampilan Pada Tabel No.3 dan Tampilan Pada Tabel No.4



Gambar 4. 5 Tampilan Pada Tabel No.5 dan Tampilan Pada Tabel No.6



Gambar 4. 6 Tampilan Pada Tabel No.7



Gambar 4. 7 Hasil Pengujian

Uji fungsionalitas, yang bertujuan untuk memverifikasi bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan terhadap setiap bagian sistem untuk memastikan bahwa komponen seperti Raspberry pi, dan perangkat lunak monitoring beroperasi dengan baik. Dan dilakukan pengetesan sistem monitoring pada tanggal 05 februari 2025.

Beberapa hal yang diuji dalam tahap ini meliputi:

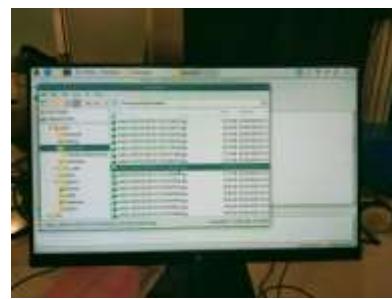
- Memastikan Raspberry pi dapat digunakan dan berfungsi dengan baik.
- Memastikan konektivitas dari VGA Card ke Raspberry pi berfungsi dengan baik. Pengecekan dilakukan dengan cara menampilkan daftar perangkat yang terhubung dengan Raspberry pi dengan menjalankan “command prompt” dan ketikkan perintah “lsusb”. Jika fungsi konektivitas dapat berjalan dengan baik maka akan tertampil perangkat yang terhubung.
- Memastikan fungsi mirroring berjalan dengan baik. Pengecekan dilakukan dengan menjalankan aplikasi yang telah dibuat pada Raspberry pi dan melihat apakah muncul tampilan hasil scanning mesin X-ray pada aplikasi.
- Memastikan fungsi penyimpanan gambar hasil scan berjalan dengan baik. Pengecekan dilakukan dengan melihat apakah fungsi penyimpanan gambar hasil scan berjalan dan apakah gambar yang tersimpan tersebut sesuai dengan apa yang ditampilkan pada aplikasi monitoring.

Tabel 4. 2 Uji Fungsi

NO	Uji Fungsi	Keterangan	
		Berfungsi	Tidak
1	Uji fungsi Raspberry pi	ü	
2	Uji konektivitas Raspberry pi ke HDMI to USB Capture	ü	
3	Uji fungsi mirroring	ü	
4	Uji fungsi menyimpan gambar hasil scan	ü	



Gambar 4. 8 Instalasi Kabel



Gambar 4. 9 Folder Penyimpanan

Uji pengguna, dilakukan pengujian terhadap antarmuka pengguna (user interface) yang digunakan untuk memonitor kondisi mesin X-ray. Tujuan dari pengujian ini adalah:

- Untuk memverifikasi apakah sistem mudah digunakan, efektif dalam memberikan informasi, dan dapat membantu petugas bandara dalam melakukan pemeriksaan hasil scan X-ray dengan lebih efisien.

- Untuk memastikan bahwa pengguna dapat dengan mudah memahami dan mengoperasikan sistem monitoring, serta dapat dengan cepat mengambil keputusan berdasarkan data yang ditampilkan.
- Menguji apakah hasil scan X-ray yang ditampilkan pada layar sudah akurat dan dapat dengan jelas merepresentasikan objek yang terdeteksi oleh mesin X-ray.

Kriteria:

1 = Sangat Buruk

2 = Buruk

3 = Cukup

4 = Baik

5 = Sangat Baik

Tabel 4. 3 Uji Kemudahan Sistem

No	Uji kemudahan sistem	Penilaian
1	Pengguna 1	4
2	Pengguna 2	4
3	Pengguna 3	3
4	Pengguna 4	5
5	Pengguna 5	4



Grafik 4. 1 Uji Kemudahan Sistem

Berdasarkan hasil penilaian uji kemudahan sistem dari lima pengguna, sistem ini umumnya mendapatkan tanggapan positif.

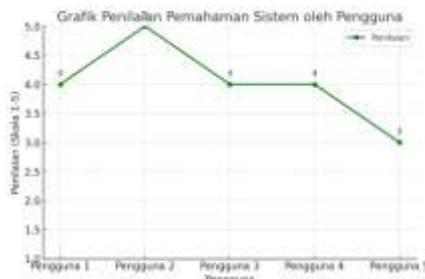
- Sebagian besar pengguna (3 dari 5) memberikan nilai 4 (Baik), yang menunjukkan bahwa sistem ini cukup mudah digunakan dan memenuhi harapan mereka dalam hal kemudahan akses.
- Satu pengguna memberikan nilai 5 (Sangat Baik), yang berarti sistem ini dianggap sangat mudah digunakan tanpa kendala berarti.
- Satu pengguna lainnya memberikan nilai 3 (Cukup), yang menunjukkan bahwa meskipun sistem bisa digunakan, masih ada beberapa aspek yang mungkin perlu ditingkatkan agar lebih mudah digunakan.

Secara keseluruhan, sistem mendapatkan penilaian yang baik dalam hal pemahaman, tetapi masih ada ruang untuk peningkatan, terutama dalam membuat sistem lebih mudah bagi semua pengguna.

Tabel 4. 4 Uji Pemahaman Sistem

No	Uji pemahaman sistem	Penilaian
1	Pengguna 1	4
2	Pengguna 2	5
3	Pengguna 3	4
4	Pengguna 4	4

5	Pengguna 5	3
---	------------	---



Grafik 4. 2 Uji Pemahaman Sistem

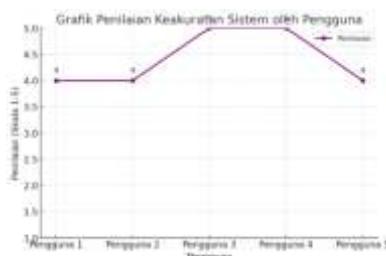
Berdasarkan hasil uji pemahaman sistem yang diberikan oleh lima pengguna, dapat disimpulkan bahwa sistem ini umumnya cukup mudah dipahami, dengan beberapa perbedaan pengalaman di antara pengguna.

- Sebagian besar pengguna (3 dari 5) memberikan nilai 4 (Baik), yang menunjukkan bahwa sistem ini cukup jelas dan mudah dipahami dalam penggunaannya.
- Satu pengguna memberikan nilai 5 (Sangat Baik), yang berarti mereka merasa sistem ini sangat mudah dipahami tanpa kendala.
- Satu pengguna memberikan nilai 3 (Cukup), yang menunjukkan bahwa ada beberapa bagian dalam sistem yang mungkin masih kurang jelas atau memerlukan sedikit usaha lebih untuk dipahami.

Secara keseluruhan, sistem mendapatkan penilaian yang baik dalam hal pemahaman, tetapi masih ada sedikit ruang untuk perbaikan, terutama dalam meningkatkan kejelasan atau memberikan panduan yang lebih mudah bagi pengguna yang mungkin mengalami kesulitan.

Tabel 4. 5 Uji Keakuratan Sistem

No	Uji keakuratan sistem	Penilaian
1	Pengguna 1	4
2	Pengguna 2	4
3	Pengguna 3	5
4	Pengguna 4	5
5	Pengguna 5	4



Grafik 4. 3 Uji Keakuratan Sistem

Berdasarkan hasil uji keakuratan sistem dari lima pengguna, dapat disimpulkan bahwa sistem ini memiliki tingkat keakuratan yang sangat baik, dengan mayoritas pengguna memberikan penilaian tinggi.

- Tiga pengguna memberikan nilai 4 (Baik), yang menunjukkan bahwa sistem cukup akurat dan sesuai dengan harapan mereka.
- Dua pengguna memberikan nilai 5 (Sangat Baik), yang mengindikasikan bahwa mereka merasa sistem ini sangat akurat dan dapat diandalkan.

Secara keseluruhan, sistem mendapatkan penilaian yang baik hingga sangat baik dalam hal keakuratan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan cukup presisi, namun masih ada peluang untuk meningkatkan akurasi lebih lanjut agar semua pengguna merasa sangat puas.



Gambar 4. 10 Pengoperasian

Raspberry pi akan mati jika dimatikan secara manual, misalnya dengan menjalankan perintah shutdown pada sistem operasi atau memutuskan sumber daya secara langsung. Namun, jika hanya inputan yang terputus seperti perangkat USB, sensor, atau periferal lainnya, Raspberry pi akan tetap menyala selama masih mendapatkan pasokan daya yang stabil. Hal ini disebabkan karena perangkat ini tidak bergantung pada input tertentu untuk tetap beroperasi, melainkan pada sumber daya utama yang menyuplai listrik secara kontinu.

3. Tahap Pemeliharaan

Pemeliharaan Raspberry pi penting untuk memastikan kinerjanya tetap optimal dan berjalan dalam jangka waktu panjang. Pemeliharaan ini mencakup beberapa tahapan yang meliputi pembersihan, pemantauan kesehatan perangkat keras, dan pengelolaan daya.

Berikut adalah tahapan pemeliharaan Raspberry pi yang perlu dilakukan secara rutin:

a. Pengecekan Kesehatan Perangkat Keras

Perangkat keras Raspberry pi seperti kartu SD, CPU, dan komponen lainnya memerlukan pemantauan untuk memastikan bahwa mereka berfungsi dengan baik.

➤ Memantau Suhu

Suhu Raspberry pi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan. Jika suhu CPU terlalu tinggi (misalnya di atas 80°C), pertimbangkan untuk menambahkan pendingin seperti heatsink atau kipas pendingin.

➤ Pengecekan Kartu SD

Kartu SD adalah komponen yang paling rentan pada Raspberry pi. Lakukan pengecekan dan perawatan untuk memastikan tidak ada kerusakan pada sektor kartu SD.

b. Pembersihan Fisik Raspberry pi

Raspberry pi, seperti perangkat elektronik lainnya, harus dibersihkan secara berkala untuk menghindari debu atau kotoran yang dapat menyebabkan overheating atau kerusakan komponen.

➤ Pembersihan Kipas dan Heatsink

Raspberry pi yang dilengkapi dengan kipas atau heatsink, pastikan untuk membersihkannya dari debu dan kotoran yang dapat menghambat sirkulasi udara. Gunakan kuas kecil atau udara bertekanan rendah untuk membersihkannya.

➤ Cek Kabel dan Koneksi

Pastikan kabel dan konektor (seperti kabel USB, kabel UTP dan kabel daya) dalam kondisi baik dan tidak longgar. Kabel yang buruk dapat menyebabkan gangguan pada kinerja Raspberry pi.

c. Pengelolaan Daya

Manajemen daya yang baik sangat penting untuk menjaga agar Raspberry pi tetap berjalan dengan stabil. Hal ini juga membantu memperpanjang umur perangkat.

Pastikan Raspberry pi menggunakan catu daya yang sesuai dengan kebutuhan, misalnya 5V 2.5A. Catu daya yang tidak stabil atau tidak cukup kuat dapat menyebabkan Raspberry pi mati mendadak atau rusak. Untuk menghindari kerusakan akibat pemadaman listrik yang tidak terduga, Anda dapat mengonfigurasi Raspberry pi untuk mematikan dengan aman atau menggunakan UPS (Uninterruptible Power Supply) untuk menjaga kestabilan daya.

d. Pencadangan Data (Back Up)

Pencadangan data adalah bagian penting dari pemeliharaan untuk mencegah kehilangan data jika terjadi kerusakan pada Raspberry pi atau perangkat penyimpanan. Pastikan untuk

membuat salinan cadangan untuk file konfigurasi aplikasi penting yang berjalan di Raspberry pi, seperti file konfigurasi jaringan, aplikasi server, dan file log.

e. Pemantauan Jaringan

Raspberry pi yang terhubung ke jaringan mengalami masalah jaringan. Pemantauan jaringan membantu mendeteksi masalah lebih awal.

f. Pemulihan dan Pemeliharaan Sistem

Jika sistem mengalami kerusakan atau masalah, pastikan untuk memiliki prosedur pemulihan yang baik. Restore dan Backup jika terjadi masalah, dapat mengembalikan sistem ke kondisi semula dengan melakukan restore dari backup yang sudah dibuat.

4. Tahapan/Prosedur Pengoprasiian

a. Pastikan semua perangkat terhubung dengan benar, termasuk:

- Raspberry pi
- Mesin X-ray
- Monitor tambahan
- HDMI to USB Capture
- Kabel daya

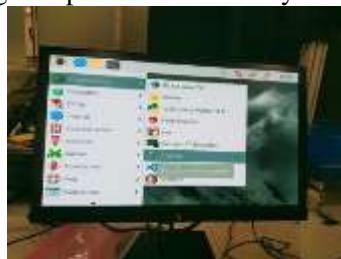
b. Nyalakan Raspberry pi dengan cara menekan tombol power yang ada pada kabel adaptor

c. Tekan menu pada pojok kiri atas yang berwarna merah



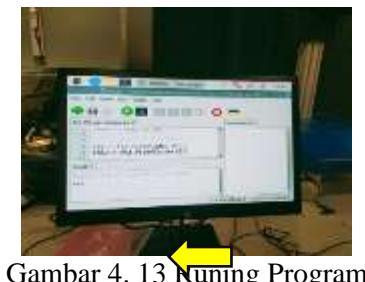
Gambar 4. 11 Tampilan Raspberry Pi

d. Buka menu programming lalu pilih folder Thonny



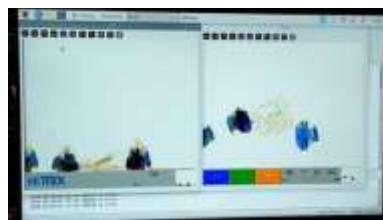
Gambar 4. 12 Thonny

e. Tekan tombol berwarna hijau yang berlogo play



Gambar 4. 13 Nuning Program

f. Setelah itu program akan mulai bekerja.



Gambar 4. 14 Tampilan Alat Mulai Bekerja

SIMPULAN

Pada penelitian ini, sistem monitoring hasil scanning mesin X-ray berbasis Raspberry pi yang bertujuan untuk meningkatkan pelayanan keamanan di bandara. Sistem ini dibangun dengan memanfaatkan teknologi Raspberry pi yang terhubung dengan mesin X-ray dan perangkat monitor untuk memvisualisasikan hasil scanning secara langsung, sehingga dapat mempermudah petugas keamanan dalam memonitor dan menganalisis objek yang terdeteksi dengan lebih efisien.

Berikut adalah beberapa kesimpulan utama yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Sistem monitoring ini dirancang menggunakan Raspberry pi sebagai Single Board Computer, merupakan hardware dan software utama pembuatan sistem monitoring. Software yang digunakan yaitu bahasa pemrograman Python sebagai platform software untuk mendapatkan target image yang akan dimunculkan pada monitor.
2. Raspberry pi terhubung ke mesin X-ray melalui antarmuka seperti USB, Ethernet, atau GPIO, tergantung pada jenis output yang disediakan oleh mesin X-ray. Jika mesin X-ray mengeluarkan output berupa gambar, Raspberry pi dapat menangkap gambar tersebut menggunakan library seperti OpenCV.
3. Pengembangan sistem yang mampu memberikan informasi real-time mengenai kondisi mesin X-ray akan membantu dalam deteksi dini terhadap potensi kerusakan atau gangguan, sehingga dapat mencegah downtime yang tidak diinginkan.

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan sistem monitoring berbasis Raspberry pi untuk hasil scanning mesin X-ray dapat memberikan solusi yang baik dalam meningkatkan keamanan di bandara. Dengan berbagai keuntungan yang dimilikinya, sistem ini tidak hanya dapat diterapkan di bandara, tetapi juga dapat diadaptasi untuk penggunaan di fasilitas keamanan lainnya.

DAFTRA PUSTAKA

- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 39 Tahun 2019 Tentang Tataan Kebandarudaraan Nasional (2019: 2)
- Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 39 Tahun 2024 Tentang Program Keamanan Penerbangan Nasional “2 . 3 . 4 .,” 2024.
- T. Lembaran And N. Republik, “Butir 7.12, Dan Butir 7.13 Peraturan Menteri Perhubungan,” Vol. 2015, 2018.
- Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) Nomor PM 48 Tahun 2018 tentang Keselamatan Keamanan Penerbangan
- G. A. Ayub, “Analisa Penggunaan Mesin X-ray Sebagai Security System Di Bandara Internasional Husein Sastranegara,” Je-Unisla, Vol. 6, No. 2, P. 1, 2021, Doi: 10.30736/Je-Unisla.V6i2.687.
- A. Z. Syahputri, F. Della Fallenia, And R. Syafitri, “Kerangka Berpikir Penelitian Kuantitatif,” Tarb. J. Ilmu Pendidik. Dan Pengajaran, Vol. 2, No. 1, Pp. 160–166, 2023.
- E. Sutinah, G. N. Azima, And E. F. Imaduddin, “Sistem Informasi Monitoring Akademik Dan Prestasi Siswa Dengan Metode Waterfall,” J. Inf. Eng. Educ. Technol., Vol. 2, No. 1, P. 47, 2018, Doi: 10.26740/Jieet.V2n1.P47-59.
- [Fanani, N. Z. (2013). Operasi Morfologi Untuk Mendeteksi Keberadaan Benda Tajam Pada Citra X-ray Di Bandara. Jurnal Ilmiah Inovasi, 13(2).
- Nugroho, G. B., Ananda, R., & Rosyani, P. (2024). Identifikasi Obyek Benda Tajam Di Bandara Menggunakan Pengolahan Citra Digital Pada Citra X-ray. Ai Dan Spk: Jurnal Artificial Intelligent Dan Sistem Penunjang Keputusan, 1(4), 272-277.

- Simbar, V., Sandra, R., & Syahrin, A. (2017). Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 Dengan Komunikasi Wireless. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 5(4), 175-180.
- Simbar, V., Sandra, R., & Syahrin, A. (2017). Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 Dengan Komunikasi Wireless. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 5(4), 175-180.
- Nawawi, I., Nurajijah, N., & Ari, A. (2019). Sistem Monitoring Barang Cetak Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall. *Inti Nusa Mandiri*, 14(1), 77-84.
- Albab, U., Darpono, R., & Revikansyah, F. M. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Gempa Menggunakan Raspberry pi Berbasis Web. *Jurnal Ilmiah Sains Teknologi Dan Informasi*, 1(1), 11-20.
- Riyanto, J., Nurlaila, F., Haerudin, H., & Jarastino, B. T. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ruang Kelas Berbasis Internet Of Things Pada Universitas Pamulang. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 5(4), 483-489.
- Surya, A. B., & Syaputra, A. (2024). Penerapan Pelayanan Prima (Service Excellent) Pada Pemeriksaan X-ray Di Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Solo. *Mes Management Journal*, 3(2), 413-426.
- Syahrudin, Akbar Nur, And Tedi Kurniawan. "Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python." *Jurnal Dasar Pemograman Python Stmik* 20 (2018): 1-7.
- Manual Book Security X-ray System, Rapiscan 6xx Dv
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indnonesia Nomor Pm 30 Tahun 2021 Tentang Standar Pelayana Minimal Penumpang Angkutan Udara
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indnonesia Nomor Pm 178 Tahun 2015 Tentang Standar Pelayana Pelayanan Pengguna Jasa Bandar Udara
- Rizky Aditya et al., "Journal of Information Technology and Computer Science," Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Kegiatan Menggunakan Metode Prototype, vol.1, Nomor 1, June 2021
- D.E. Kurniawan, M. Iqbal, J. Friadi, R.I. Borman dan R. Rinaldi, "Smart Monitoring Temperature and Humidity of the Room Server Using Raspberry Pi and Whatsapp Notifications," In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1351, No. 1, p. 012006) IOP Publishing, 2019.