

Perancangan Sistem *Barrier Gate* Otomatis Terhubung *Crashbell* Terhadap Prioritas Akses PKP-PK di Bandar Udara Radin Inten II

Abid Wujud Putranto^{1*}, Rany Adiliawijaya Putriekapuja², Rahmawati Sukra³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

¹abidasus19@gmail.com, ²rany.adiliawijaya@ppicurug.ac.id, ³rahmawati.sukra@ppicurug.ac.id



Histori Artikel:

Diajukan: 23 Juli 2025

Disetujui: 3 Agustus 2025

Dipublikasi: 4 Agustus 2025

Kata Kunci:

Barrier Gate, PKP-PK,
Access Road, Crashbell,
Ground Support Equipment

Digital Transformation Technology (Digitech) is an
Creative Commons License This
work is licensed under a
Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0).

Abstrak

Penelitian ini membahas perancangan dan pembuatan mini prototype sistem barrier gate otomatis berbasis Arduino yang terintegrasi dengan tombol darurat (Crashbell) untuk memberikan prioritas akses kepada kendaraan PKP-PK pada persimpangan antara service road dan access road di Bandara Radin Inten II. Sistem ini dirancang untuk menutup jalur service road secara otomatis saat tombol ditekan, guna mencegah kendaraan Ground Support melintasi jalur akses dalam kondisi darurat. Sistem dikendalikan oleh Arduino Uno dan terdiri atas push button sebagai pemicu utama sekaligus reset, buzzer sebagai alarm suara, LED sebagai indikator visual, infrared sebagai pendeteksi kendaraan, serta motor servo sebagai penggerak palang. Saat tombol ditekan, buzzer menyala, LED hijau menjadi merah berkedip, dan servo menutup palang ke posisi 90° jika kendaraan tidak terdeteksi infrared tetapi, jika terdeteksi servo akan menunggu sampai kendaraan selesai melintas, serta dapat direset dengan tombol yang sama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja secara real-time dan responsif, serta dapat dioperasikan dengan mudah. Penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan keselamatan operasional kendaraan darat di area airside bandara dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut melalui integrasi sensor dan teknologi berbasis IoT.

PENDAHULUAN

Penerbangan adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, keselamatan dan keamanan, lingkungan hidup, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya (Presiden RI, 2009). Dari semua aspek tersebut, keselamatan terutama di area bandara menjadi prioritas utama untuk meminimalkan risiko kecelakaan. Salah satu pilar utama keselamatan ini adalah keberadaan unit PKP-PK (Aircraft Rescue and Fire Fighting/ARFF), yang bertugas memberikan respons cepat dan efektif terhadap insiden seperti kecelakaan pesawat atau kebakaran di landasan pacu. Standar nasional seperti PR 30 Tahun 2022 dan regulasi internasional ICAO menetapkan persyaratan fasilitas, peralatan, lokasi strategis fire station, dan jalur akses termasuk *access road* yang harus memenuhi karakteristik teknis tertentu, misalnya terbebas dari jalur akses lainnya, lebar minimum lima meter, radius putar 25 meter, dilengkapi dengan bahu jalan dengan lebar minimal 1.5 meter, konstruksi jalan yang kokoh, serta pertemuan *access road* dan landasan harus rata (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2022).

Namun, di lapangan, masih sering ditemui tantangan signifikan seperti fasilitas dan peralatan yang belum sepenuhnya sesuai standar, serta koordinasi yang terhambat antara PKP-PK dengan unit lain seperti ATC dan Ground Support Equipment (GSE). Terutama pada *persimpangan access road* (jalur khusus pengendalian lalu lintas, potensi gangguan maupun tabrakan dapat memperlambat respons kritis dalam keadaan darurat. Hal ini tentu berpotensi menambah waktu respons PKP-PK, yang menurut regulasi maksimal 2–3 menit hingga mencapai lokasi dan mulai memadamkan api.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dikembangkan sebuah prototipe sistem barrier gate otomatis berbasis Arduino, yang diaktifkan melalui tombol darurat (Crashbell). Barrier Gate atau palang pintu otomatis merupakan sebuah gerbang otomatis yang digunakan untuk memblokir akses kendaraan menuju sebuah area (Susilawati et al., 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem otomatis yang mampu mengatur prioritas pergerakan kendaraan di area kritis bandara, khususnya pada titik persimpangan antara jalur darurat dan jalur operasional. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan solusi efektif dalam meminimalkan hambatan yang terjadi pada saat kondisi darurat, serta memastikan kendaraan penyelamat dapat melintas tanpa hambatan waktu yang berarti. Dengan adanya sistem ini, diharapkan tercipta peningkatan dalam efisiensi dan keandalan respons operasional, serta mendukung pencapaian standar keselamatan yang telah ditetapkan secara nasional maupun internasional.

STUDI LITERATUR

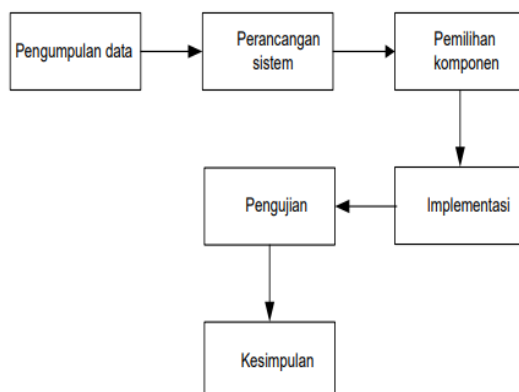
Perkembangan teknologi telah memberikan dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi kerja dan keselamatan operasional, termasuk dalam pengelolaan sistem lalu lintas di area terbatas seperti bandara. Salah satu teknologi yang mendukung hal tersebut adalah mikrokontroler Arduino yang banyak digunakan dalam sistem otomatisasi. Arduino Uno, sebagai perangkat berbasis open-source, sangat fleksibel untuk merancang sistem kendali otomatis seperti barrier gate yang digunakan untuk mengatur akses kendaraan operasional di area airside bandara. Mikrokontroler ini mampu memproses sinyal dari tombol darurat (Crashbell), sensor infrared, dan mengontrol aktuator seperti LED dan servo motor sebagai penggerak palang. Dalam lingkup pengembangan sistem berbasis mikrokontroler, platform Arduino menjadi salah satu pilihan utama karena sifatnya yang open-source, fleksibel, serta mendukung pengembangan berbagai proyek otomatisasi, baik menggunakan Arduino Uno, Arduino WiFi, maupun modul lain seperti ESP atau Ethernet Shield (Wicaksono & Hidayat, 2017).

Infrared digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi keberadaan kendaraan yang melintas di jalur persimpangan. Sensor ini bekerja berdasarkan pantulan cahaya inframerah yang berubah ketika terhalang objek, dan sangat efektif untuk digunakan dalam sistem lalu lintas terbatas. Dalam sistem ini, infrared hanya aktif saat kondisi darurat dan berfungsi untuk menentukan apakah kendaraan Ground Support masih melintas sebelum palang ditutup. Jika kendaraan terdeteksi, sistem akan menunda penutupan palang hingga kendaraan benar-benar melewati jalur, sehingga mencegah terjadinya tabrakan atau gangguan lalu lintas kendaraan pamadam (PKP-PK) saat menuju landasan.

Penelitian sebelumnya oleh Samsugi et al. (2020) menunjukkan bahwa integrasi sensor dengan mikrokontroler Arduino dapat menciptakan sistem pengendalian otomatis yang efektif dan efisien dalam berbagai aplikasi. Hal ini juga didukung oleh studi dari Santosh Gadekar et al. (2021) yang menyoroti peran penting Arduino Uno dalam membangun sistem otomatisasi cerdas yang sederhana namun handal. Dan sistem otomatis ini dapat membantu meningkatkan keamanan perlintasan dengan mengurangi risiko kecelakaan akibat pengoperasian manual (Anjarwati et al. 2024). Oleh karena itu, pengembangan sistem barrier gate otomatis berbasis Arduino dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan kendaraan operasional di area airside bandara dengan mekanisme deteksi real-time berbasis sensor.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D). Model ini dipilih karena sesuai untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi sebuah sistem teknis (An-nisa et al., 2025). Dalam penelitian ini, sistem yang dikembangkan berupa *mini prototype barrier gate* otomatis berbasis Arduino yang berfungsi sebagai pengatur lalu lintas kendaraan di area persimpangan antara *service road* dan *access road* di lingkungan bandar udara. Penelitian ini menggunakan (R&D) level satu sebagaimana dijelaskan oleh Sri Sumarni, yang difokuskan pada pengembangan produk awal tanpa uji coba skala luas (Sumarni, n.d.). Metode ini dipilih untuk merancang dan membangun sebuah *mini prototype* sistem *Barrier Gate* otomatis berbasis Arduino, yang diperuntukkan khusus sebagai sistem pengamanan pada *access road* di area bandara saat kondisi darurat. Tahapan dalam metode R&D level satu ini hanya sampai pada tahap perancangan dan pembuatan produk (prototype) tanpa melibatkan uji validasi eksternal secara menyeluruh.



Gambar 1 Kerangka Penelitian

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung dengan pihak terkait, khususnya personel teknis ARFF (Aircraft Rescue and Fire Fighting), serta pengamatan lapangan pada area persimpangan yang menjadi objek penelitian. Wawancara merupakan salah satu metode pengumpulan data dalam penelitian, terutama

penelitian kualitatif (Rachmawati, n.d.). Wawancara ini bertujuan untuk menggali informasi terkait kebutuhan teknis, kondisi lalu lintas kendaraan darat, serta potensi hambatan saat mobil PKP-PK harus melintas dalam kondisi darurat. Selain itu, peneliti juga melakukan studi pustaka terhadap literatur, jurnal, dan penelitian terdahulu yang relevan untuk memperkuat landasan teori dan validitas rancangan sistem.

Perancangan Sistem

Setelah memperoleh pemahaman dari hasil wawancara dan kajian teori, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan komponen dan alur kerja sistem. Skema sistem dirancang untuk menunjukkan proses aktivasi sistem mulai dari penekanan tombol darurat (Crashbell), respon alarm dan LED indikator, hingga pergerakan palang oleh motor servo berdasarkan deteksi kendaraan dari sensor infrared. Diagram alur sistem dan logika kontrol disusun agar proses kerja dapat dipahami dengan jelas sebelum tahap implementasi.

Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen didasarkan pada tiga aspek utama: fungsi, ketersediaan, dan kompatibilitas antar perangkat. Berikut adalah komponen-komponen utama yang digunakan dalam sistem tersebut:

1. Arduino Uno R3



Gambar 2 Arduino Uno R3

Arduino adalah sebuah mikrokontroler berbasis open-source yang digunakan untuk memprogram dan mengendalikan perangkat elektronik secara otomatis. *Dalam proyek sistem otomatisasi seperti barrier gate*, Arduino berfungsi sebagai otak pengendali yang menerima input (misalnya dari tombol atau sensor), memproses logika, dan memberikan output ke aktuator seperti servo motor atau LED. (Santosh Gadekar, Kolpe Gauri, Rutuja et al., 2021)

2. Push button



Gambar 3 Push Button

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat/saklar sederhana yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci) (Ahmad & Ikhlas, 2020).

3. Buzzer



Gambar 4 Buzzer

Buzzer merupakan perangkat elektronik yang menghasilkan bunyi atau sinyal peringatan ketika terjadi kondisi tertentu yang telah ditentukan sebelumnya. Buzzer membawa sinyal elektrik dan mengonversi menjadi getaran untuk membuat gelombang suara (Kali et al., 2010). Dalam sistem keamanan, alarm berfungsi sebagai indikator darurat untuk memberi tahu seluruh petugas bahwa telah terjadi gangguan atau keadaan yang memerlukan perhatian khusus.

4. LED



Gambar 5 LED

LED adalah komponen elektronik yang memancarkan cahaya saat diberi tegangan tertentu. Cahaya pada LED merupakan energi elektromagnetik yang dipancarkan dalam bagian spektrum yang dapat dilihat (Saputro & Sukmadi, n.d.). LED digunakan sebagai indikator visual untuk menunjukkan status sistem, seperti "normal" atau "darurat".

5. Servo Motor



Gambar 6 Servo Motor

Motor Servo merupakan sebuah motor dengan sistem closed feedback yang mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo (Hilal et al., 2013). Pada proyek *barrier gate*, *servo* digunakan untuk menggerakkan palang pintu naik dan turun secara otomatis sesuai sinyal yang diterima dari mikrokontroler.

6. Sensor infrared MH-S



Gambar 7 Infrared MH-S

Sensor Infrared merupakan komponen elektronika yang dapat mendeteksi suatu benda ketika cahaya *Infrared* terhalangi oleh benda (Ningrum & Samsugi, 2020). Dalam sistem *barrier gate* otomatis ini, sensor IR berfungsi untuk mendeteksi apakah ada kendaraan yang melintas di jalur service road saat keadaan darurat, sehingga palang tidak akan menutup sebelum kendaraan benar-benar selesai melintas, guna mencegah kecelakaan atau kerusakan.

7. Adaptor 12V 2A



Gambar 8 Adaptor

Adaptor adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah tegangan arus bolak-balik (AC) dari sumber listrik utama menjadi arus searah (DC) yang sesuai dengan kebutuhan sistem, seperti mikrokontroler Arduino. Adaptor 12V digunakan untuk memberikan tegangan atau daya DC ke arduino dan komponen lainnya yang terhubung pada Arduino (Samsugi et al., 2020)

8. Resistor



Gambar 9 Resistor

Resistor merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menghambat serta membatasi aliran listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian elektronika (Mustika et al., 2022). Resistor digunakan dalam sistem

elektronika untuk berbagai keperluan, seperti menurunkan tegangan, mengatur arus ke komponen tertentu, membagi tegangan (*voltage divider*), serta melindungi komponen lain dari kelebihan arus yang dapat merusak. Pada rangkaian ini menggunakan *resistor* 220 Ω pada LED.

9. Kabel Jumper



Gambar 10 Kabel Jumper

Kabel *jumper* adalah kabel elektrik untuk menghubungkan antar komponen pada *breadboard* maupun pada setiap komponen lainnya tanpa memerlukan solder (Theodorus S Kalengkongan, Dringhuzen J. Mamahit, 2018). Kabel ini digunakan untuk menghubungkan pin *input/output* dari komponen satu ke yang lain tanpa perlu menyolder. Terdapat tiga jenis kabel *jumper*: *male-to-male*, *male-to-female*, dan *female-to-female*, yang disesuaikan dengan jenis koneksi yang dibutuhkan.

10. BreadBoard



Gambar 11 BreadBoard

Breadboard adalah papan yang digunakan untuk menempatkan dan menyusun piranti/komponen-komponen elektronika menjadi rangkaian elektronika tanpa penyolderan (Muchlas et al., n.d.). Komponen-komponen seperti *resistor*, LED, dan *kabel jumper* bisa ditancapkan ke dalam slot-slot *breadboard* untuk mempermudah pembuatan prototipe.

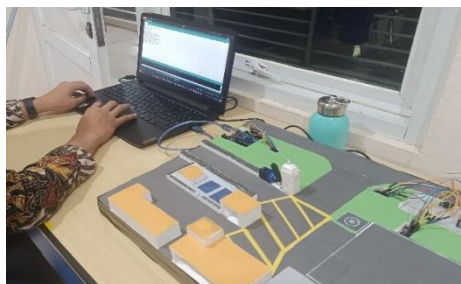
HASIL

Implementasi dan Pengujian

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem barrier gate otomatis berbasis Arduino Uno pada persimpangan antara service road dan access road di area airside Bandara Radin Inten II Lampung. Sistem ini dirancang untuk memberikan prioritas akses bagi kendaraan darurat PKP-PK dengan menutup palang secara otomatis saat tombol darurat (Crashbell) ditekan, disertai dengan indikator suara dan visual, serta pengawasan terhadap kendaraan yang melintas menggunakan sensor infrared.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berhasil merespon kondisi darurat secara real-time, menjaga keandalan perangkat keras seperti servo dan sensor infrared, serta mendukung keselamatan operasional di lapangan. Sistem juga disusun secara modular dan terdokumentasi dengan baik, sehingga memudahkan dalam proses pemeliharaan dan pengembangan ke depan.

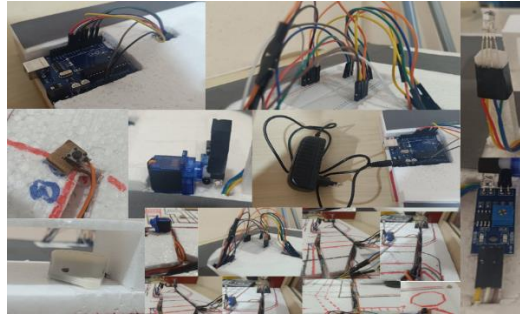
1. Kompilasi Program



Gambar 12 Proses Kompilasi Program

Tahap awal yang dilakukan adalah upload program ke dalam Arduino Uno menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Perangkat lunak adalah seluruh perintah yang digunakan untuk memproses informasi (Mulyanto, n.d.). Proses kompilasi memastikan bahwa semua perintah logika system termasuk pembacaan tombol darurat, pengaktifan LED indikator dan buzzer, serta pengendalian servo dan sensor infrared telah sesuai dengan skenario yang dirancang. Program juga mencakup kondisi penundaan penutupan palang saat kendaraan melintas, serta fungsi reset untuk mengembalikan sistem ke kondisi semula.

2. Pemasangan Alat



Gambar 13 Pemasangan Alat

Setelah proses kompilasi dan pemrograman selesai, dilakukan pemasangan perangkat keras atau komponen. Perangkat keras adalah Perangkat yang dapat dilihat dan disentuh secara langsung (Salsabila, 2022). Komponen seperti Arduino Uno, push button, LED, buzzer, servo motor, dan sensor infrared dirangkai pada breadboard dan diposisikan sesuai dengan tata letak lalu lintas miniatur. Servo dipasang pada jalur service road untuk menggerakkan palang, sedangkan sensor infrared diletakkan pada jalur yang dilintasi kendaraan untuk mendeteksi keberadaan objek saat sistem dalam kondisi aktif.

3. Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja secara otomatis dan responsif terhadap kondisi darurat. Saat tombol darurat ditekan, buzzer menyala, LED merah berkedip sebagai tanda peringatan, dan sistem menunggu kendaraan melintas. Jika dalam waktu 3 detik tidak ada kendaraan yang terdeteksi oleh infrared, maka servo secara otomatis menutup palang. Namun, jika kendaraan terdeteksi, sistem akan menunda penutupan hingga kendaraan benar-benar melewati sensor. Setelah tidak ada lagi deteksi kendaraan, servo akan menutup palang tanpa perlu menunggu waktu tambahan. Setelah keadaan kembali normal, sistem dapat direset melalui tombol yang sama, dan seluruh komponen akan kembali ke kondisi awal (LED hijau menyala, palang terbuka).

Implementasi ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan respons cepat, akurat, dan aman, serta mendukung peningkatan keselamatan dan efisiensi operasional di area lalu lintas kendaraan bandara.

PEMBAHASAN

Sistem barrier gate otomatis berbasis Arduino yang dirancang dalam penelitian ini telah berhasil diimplementasikan dan berfungsi dengan baik dalam merespons kondisi darurat di area airside bandara. Sistem ini dirancang agar dapat memberikan sinyal visual dan suara sebagai peringatan ketika push button (Crashbell) ditekan, serta secara otomatis menutup palang untuk menghalangi kendaraan Ground Support melintasi service road, sehingga memberikan prioritas akses kepada kendaraan darurat PKP-PK yang melaju di access road.



Gambar 14 Mini Prototype

Sistem bekerja berdasarkan prinsip integrasi antara Arduino Uno sebagai pusat kendali, tombol darurat (pin 2 dan pin 4), servo motor sebagai penggerak palang, buzzer sebagai alarm suara, LED merah untuk indikator kondisi darurat, LED hijau untuk kondisi normal, serta sensor infrared MH-S yang bertugas mendeteksi keberadaan kendaraan. Ketika tombol ditekan, alarm langsung aktif dan LED merah menyala berkedip sebagai tanda kondisi darurat. Setelah itu, sistem memberi waktu 3 detik untuk mendeteksi apakah ada kendaraan yang melintas di depan barrier menggunakan sensor infrared. Jika tidak ada kendaraan yang terdeteksi dalam 3 detik, maka servo akan bergerak menutup palang secara otomatis. Namun, jika terdapat kendaraan yang terdeteksi, sistem akan menunda penutupan hingga kendaraan selesai melintas dan sensor infrared tidak lagi membaca hambatan. Setelah kondisi aman (tidak ada kendaraan), palang langsung tertutup tanpa perlu menunggu ulang.

Sensor infrared hanya aktif selama kondisi darurat, dan akan dinonaktifkan otomatis setelah palang tertutup, memastikan efisiensi daya dan menghindari pembacaan yang tidak diperlukan. Sistem ini juga dilengkapi fungsi reset yang memungkinkan pengguna untuk mengembalikan sistem ke kondisi awal (servo membuka palang, LED hijau menyala, buzzer mati) hanya dengan menekan tombol yang sama.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat merespons perintah dengan baik dan real-time. Fungsi penundaan 3 detik serta deteksi kendaraan melalui infrared bekerja sesuai harapan. Servo juga berfungsi stabil untuk membuka dan menutup palang secara bertahap (gradual). Seluruh rangkaian berhasil disusun pada miniatur perempatan yang merepresentasikan kondisi nyata di lapangan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem ini efektif dalam memberikan perlindungan jalur akses darurat, serta mampu mengatur lalu lintas kendaraan operasional secara otomatis dan efisien, tanpa memerlukan intervensi manual dari petugas. Ini menjadi solusi awal dalam mendukung keselamatan penerbangan dan optimalisasi operasional ARFF (Aircraft Rescue and Fire Fighting) di bandara.

KESIMPULAN

Sistem barrier gate otomatis berbasis Arduino Uno yang terhubung dengan Crashbell telah berhasil dirancang dan diimplementasikan melalui serangkaian tahapan mulai dari identifikasi masalah, perancangan, pembuatan miniatur prototype, hingga pengujian sistem. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem mampu merespons keadaan darurat secara cepat dan otomatis dengan menutup jalur service road, sehingga memberikan prioritas akses kepada kendaraan PKP-PK untuk melaju tanpa hambatan menuju runway. Efektivitas sistem ini menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan cukup efisien dan ekonomis dalam meningkatkan keselamatan operasional di area airside bandara. Selain itu, dengan kemudahan dalam pemrograman dan fleksibilitas pengembangan, sistem ini berpotensi besar untuk ditingkatkan lebih lanjut, baik melalui integrasi sensor otomatis tambahan maupun penerapan dalam skala nyata dengan sistem kendali jarak jauh di lingkungan bandara sebenarnya.

REFERENSI

- Ahmad, A., & Ikhlās, M. (2020). *Sistem Membuka Pintu Dengan Ketukan Bernada Menggunakan Mikrokontroler*. 4(September), 368–378.
- An-nisa, L., Farida, I. A., Eva, N., Apsari, D. A., & Utomo, H. B. (2025). *Implementasi Model ADDIE dalam Media Edukasi sebagai*. 18(1), 41–46. <https://doi.org/10.35134/jpsy165.v18i1.466>
- Anjarwati, P., Ihza Yuzar Vianda, R. ., & Pramono. (2024). *Rancangan Sistem Kendali Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino Uno*.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2022). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 30 Tahun 2022 tentang Standar Operasi dan Kesiapsiagaan Unit PKP-PK*.
- Hilal, A., Manan, S., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2013). *Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak Cctv Untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang ICU*. 17(2), 95–99.
- Kali, M. M., Tarigan, J., Louk, A. C., Fisika, J., Sains, F., Cendana, U. N., & Kupang, J. A. (2010). *Sistem Alarm Kebakaran Menggunakan Sensor InfraRed dan Sensor Suhu Berbasis Arduino Uno*. 0380.
- Muchlas et al. (n.d.). *Simulator Breadboard*.
- Mulyanto, A. R. (n.d.). *Rekayasa Perangkat Lunak*.
- Mustika, R., Khoirul, M., & Abiyaksa, M. (2022). *Analysis of Resistor Color Differences Against Resistance Values*. 1(December), 31–33.
- Ningrum, R. C., & Samsugi, S. (2020). *Desain Pengemasan Barang Dengan Counter Otomatis*. 51–57.
- Presiden Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia Tentang Penerbangan (NO 1 TAHUN 2009)*.
- Rachmawati, I. N. (n.d.). *Pengumpulan Data Dalam Penelitian Kualitatif*: 35–40.
- Samsugi, S., Mardiyansyah, Z., & Nurkholis, A. (2020). *Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno*. 01(01), 17–22.
- Santosh Gadekar, Kolpe Gauri, Rutuja, G., Vaishnavi, F., Bhosale, R., & Lad, A. (2021). *Arduino Uno-R3 Microcontroller Based Smart Systems*.
- Saputro, J. H., & Sukmadi, T. (n.d.). *Analisa Penggunaan Lampu Led Pada Penerangan Dalam Rumah Metode*.
- Susilawati, I. . D. (2023). *Perbaikan Barrier Gate MX-50 di PT . ASDP Indonesia Ferry Cabang Merak*. 1(6).
- Theodorus S Kalengkongan, Dringhuzen J. Mamahit, S. R. U. . S. (2018). *Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Berbasis Arduino Uno*. 7(2), 183–188.
- Salsabila, N. (2022). *Peranan Perangkat Keras (Hardware) Dalam Sis- Tem Informasi Manajemen*. 0702212214.
- Wicaksono, M. F., & Hidayat, M. B. M. A. D. (2017). *Proyek, termasuk Proyek Ethernet dan Wireless Client Server*. Bandung: Informatika Bandung.