

PENGEMBANGAN SISTEM QUEUING CONVEYOR BAGASI BERBASIS ARDUINO UNO DI BANDARA NGURAH RAI BALI

I Wayan Sugara Yasa¹, Inggih Nugroho², I Wayan Dikse Pancane³

¹²³Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional

Jalan Bedugul No 39 Sidekarya Dnpasar Selatan , BALI, 80224

¹sugarayasa@undiknas.ac.id, ²ingkih16@gmail.com, ³diksepancane@undiknas.ac.id

Abstract

I Gusti Ngurah Rai International Airport, which is managed by PT Angkasa Pura I, experienced a significant increase in the number of domestic passengers in the January-August 2023 period, reaching 3.24 million people, or an increase of 27% compared to the previous year. Currently, the domestic departure conveyor at the airport, which has been in use since 1999, is not equipped with an automatic queue system before X-ray checks. This condition leads to baggage buildup that hampers the security check process, increases the risk of baggage damage, and slows down distribution. To overcome this problem, a Prototype of a Queue System on Arduino Uno-Based Baggage Conveyor was designed. The system uses an Arduino Uno as the main controller with input from an infrared proximity photodiode sensor to detect baggage, a DC motor to drive the belt conveyor, as well as an ultrasonic sensor and LED to indicate that the system is operating. The implementation of this system provides various advantages, such as increasing the effectiveness of the baggage checking process using an X-ray machine, with a faster processing time of six conveyors of up to 73.17 seconds. The system also helps to organize luggage neatly, reduce conveyor maintenance costs, and streamline the number of security personnel required to operate X-ray machines. With this automatic queue system, smooth airport operations and excellent service to service users can be achieved and baggage output on the conveyor can be more regular than without a system.

Keywords: Airport, Baggage, Conveyor, X-Ray Machine, Queue, Arduino Uno

Abstrak

Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai, yang dikelola oleh PT Angkasa Pura I, mengalami peningkatan signifikan dalam jumlah penumpang domestik pada periode Januari-Agustus 2023, mencapai 3,24 juta orang, atau naik 27% dibandingkan tahun sebelumnya. Saat ini, conveyor keberangkatan domestik di bandara tersebut, yang telah digunakan sejak 1999, belum dilengkapi sistem antrian otomatis sebelum pemeriksaan X-ray. Kondisi ini menyebabkan penumpukan bagasi yang menghambat proses pemeriksaan keamanan, meningkatkan risiko kerusakan bagasi, dan memperlambat distribusi. Untuk mengatasi masalah ini, dirancang Prototype Sistem Antrian pada Baggage Conveyor Berbasis Arduino Uno. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama dengan masukan dari sensor fotodiode proximity inframerah untuk mendeteksi bagasi, motor DC untuk menggerakkan belt conveyor, serta sensor ultrasonik dan LED untuk memberikan tanda bahwa sistem sedang beroperasi. Penerapan sistem ini memberikan berbagai keuntungan, seperti meningkatkan efektivitas proses pengecekan bagasi menggunakan mesin X-ray, dengan waktu pengerjaan enam conveyor yang lebih cepat hingga 73,17 detik. Sistem ini juga membantu menata bagasi dengan rapi, mengurangi biaya perawatan conveyor, serta mengefisienkan jumlah petugas keamanan yang diperlukan untuk mengoperasikan mesin X-ray. Dengan sistem antrian otomatis ini, kelancaran operasional bandara dan pelayanan prima kepada pengguna jasa dapat tercapai dan Output bagasi pada conveyor dapat lebih teratur dibandingkan tanpa sistem.

Kata Kunci: Bandara, Bagasi, Conveyor, Mesin X-Ray, Antrian, Arduino Uno

I. PENDAHULUAN

Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai, yang dikelola oleh PT Angkasa Pura I, mengalami peningkatan signifikan dalam jumlah penumpang domestik pada periode Januari-Agustus 2023, mencapai 3,24 juta orang, atau naik 27% dibandingkan tahun sebelumnya. Dengan proyeksi melayani hingga 5 juta penumpang domestik pada akhir tahun 2023, kebutuhan akan pelayanan bagasi yang efisien menjadi prioritas penting[1]. Saat ini, conveyor keberangkatan domestik di bandara tersebut, yang telah digunakan sejak 1999, belum dilengkapi sistem antrian otomatis sebelum pemeriksaan X-ray[2]. Kelemahan dari conveyor manual adalah menyebabkan penumpukan bagasi yang menghambat proses pemeriksaan keamanan, meningkatkan risiko kerusakan bagasi, dan memperlambat distribusi[3]. Operator harus sering kali mengurai bagasi secara manual, yang tidak efisien baik dari segi waktu maupun tenaga kerja. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan sistem queuing conveyor berbasis teknologi modern[4].

Penelitian ini merancang sistem antrian otomatis menggunakan Arduino Uno karena mempunyai ketelitian yang tinggi dan harga lebih murah dari teknologi yang lain sebagai pengontrol utama, sensor proximity infrared untuk mendeteksi bagasi, dan motor DC untuk menggerakkan belt conveyor[5]. Dengan sistem ini, proses distribusi bagasi diharapkan menjadi lebih efisien, mengurangi penumpukan, meningkatkan kecepatan pelayanan, serta memberikan pengalaman yang lebih baik bagi pengguna jasa bandara. Pelayanan kepada pengguna jasa bandar udara tidak hanya pelayanan transportasi udara saja, melainkan salah satunya yaitu pelayanan transportasi bagasi penumpang. Salah satu bentuk transportasi bagasi penumpang yaitu conveyor. Dimana seluruh barang bagasi penumpang baik yang akan berangkat atau tiba akan didistribusikan oleh peralatan tersebut, sehingga penyaluran bagasi penumpang menjadi efektif dan efisien sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan RI No. PM 41 Tahun 2023 berkaitan dengan Pelayanan Jasa Kebandarudaraan di Bandar Udara[6]. [7] Menurut data statistik dari PT Angkasa Pura I perihal lalu lintas angkutan udara Bandara I Gusti Ngurah Rai sepanjang tahun 2023 tersedia rata-rata 13.510 penumpang setiap harinya dari terminal keberangkatan domestik[8]. Mengacu pada jumlah penumpang, jika di rata-rata penumpang membawa 2 bagasi maka kurang lebih terdapat 27.020 bagasi perhari, Dimana untuk melayani bagasi

penumpang terdapat 2 jalur conveyor yang memiliki 62 unit counter check in dan 3 unit carousel baggage make up yang dihubungkan oleh serangkaian jalur conveyor, sehingga bagasi penumpang dari area check in dapat didistribusikan menuju *make up baggage area*[9]. Scanning bagasi oleh aviation security jika terdapat bagasi yang terindikasi suspect, atau hasil pembacaan kurang jelas maka team aviation security akan mengaktifkan tombol yang ada di workstation Xray untuk menghentikan conveyor Xray, agar pembacaan lebih cermat, sehingga hal ini dapat menambah waktu proses pengiriman bagasi[10].

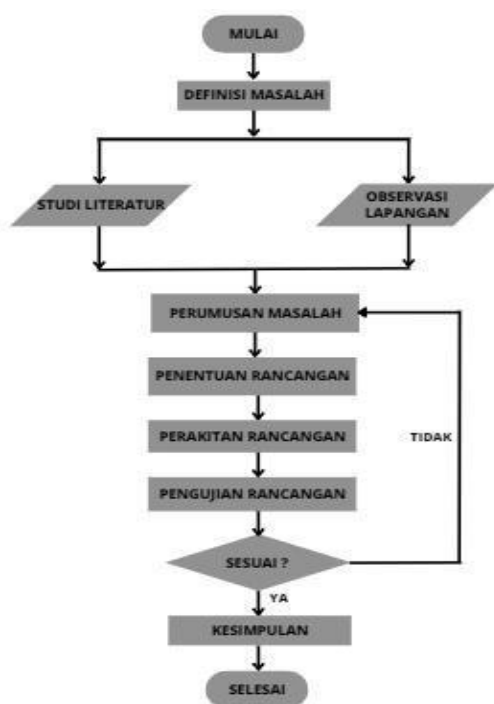
Dengan banyaknya kerugian serta frekuensi jumlah bagasi yang dilayani setiap harinya sangat tinggi, maka penambahan sistem queuing bagasi sangat diperlukan. Perancangan sistem queuing conveyor pada penelitian ini Perancangan Bark Belt Conveyor mempunyai kapasitas 244 ton per jam[11]. Konveyor adalah mesin yang digunakan untuk mengangkut material dengan menggunakan sabuk tak berujung yang bergerak dalam arah horizontal, miring, atau campuran keduanya[12]. Perancangan Conveyor berdasarkan berat berbasis Arduino merupakan sebuah perangkat yang dirancang untuk mengangkut barang atau kargo antar lokasi yang berbeda, baik jarak pendek maupun jarak jauh diakomodasi untuk memenuhi kebutuhan tertentu dengan volume dan kecepatan yang konsisten atau tidak berubah[13]. Pada penelitian di Terminal internasional di bandar udara jendral Ahmad Yani Semarang menggunakan sensor Infrared, . Alat ini dilengkapi dengan push button sehingga konveyor bagasi klaim dapat dioperasikan secara manual dan display LCD untuk menerangkan kondisi alat dan jumlah bagasi yang ada pada penelitian ini menggunakan sensor proximity hanya mendeteksi adanya barang, dan tidak dilengkapi LCD sebagai jumlah barang yang ada[14].

I. 2. METODE PENELITIAN

2.1. Skema Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai – Bali, khususnya pada baggage make-up area di Terminal Keberangkatan Domestik. Penelitian ini mengembangkan dan mengimplementasikan rancangan Prototype Sistem Antrian pada Baggage Conveyor Berbasis Arduino Uno guna mendukung kelancaran operasional serta meningkatkan kualitas pelayanan bagi pengguna

jasa bandara[15]. Arduino Uno dipilih dibandingkan mikrokontroler lainnya karena kemudahan penggunaan, dukungan komunitas yang luas, kompatibilitas dengan berbagai sensor dan modul, serta biaya yang relatif terjangkau. Selain itu, Arduino Uno memiliki lingkungan pemrograman yang sederhana (Arduino IDE) dan fitur plug-and-play yang memudahkan pemula maupun profesional dalam pengembangan proyek. Algoritma sistem antrian yang digunakan didasarkan pada First In First Out (FIFO), di mana bagasi yang pertama masuk akan diproses lebih dahulu. Sensor pada conveyor mendeteksi keberadaan bagasi, kemudian sistem mengontrol pergerakan conveyor berdasarkan kapasitas dan kecepatan optimal untuk menghindari penumpukan. Jika terjadi antrean panjang, sistem dapat mengaktifkan jalur alternatif atau menyesuaikan kecepatan conveyor untuk memastikan efisiensi aliran bagasi. Parameter kalibrasi sensor mencakup sensitivitas, akurasi, resolusi, dan waktu respons, yang disesuaikan berdasarkan kondisi operasional. Metrik evaluasi kinerja sistem meliputi kecepatan pemrosesan antrian, akurasi deteksi objek, waktu tunggu rata-rata, serta keandalan sensor dalam berbagai kondisi lingkungan untuk memastikan sistem bekerja secara optimal dan efisien. Adapun kerangka penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

Berdasarkan diagram alir diatas, langkah pertama yang dilakukan yaitu perumusan ISSN. 2620-6900 (Online) 2620-6897 (Cetak)

masalah, dimana masalah diperoleh melalui kondisi sebenarnya di Bandara I Gusti Ngurah Rai yaitu pada conveyor keberangkatan di Terminal Domestik belum memiliki sistem *queuing* untuk memberikan jeda waktu pada bagasi sebelum masuk pemeriksaan mesin X-Ray[16]. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan studi literatur dan melakukan observasi lapangan yang dilakukan bersamaan dengan investigasi literatur. Observasi lapangan meliputi tindakan memantau dan mempelajari system mekanik dan system *queuing* pada conveyor.

Dilanjutkan dengan penentuan rancangan komponen mekanik dan elektronik, dalam hal ini yaitu menentukan sket dan dimensi untuk alat peraga conveyor keberangkatan[17]. Setelah didapatkan desain conveyor, langkah selanjutnya yaitu menentukan jumlah conveyor yang dibutuhkan serta menentukan dan merancang kebutuhan komponen elektronik baik control maupun power supply. Langkah selanjutnya menentukan skematik diagram rangkaian antara mikrokontroler arduino uno dengan komponen elektronik yang diperlukan untuk membuat sistem kontrol, sehingga diharapkan menjadi sistem conveyor yang dapat memberikan input dan output dari kondisi-kondisi yang telah diinput dalam bentuk program ke dalam part arduino uno. Langkah terakhir yaitu menentukan kondisi-kondisi yang diinginkan, sehingga dapat dilakukan system *queuing* di conveyor tersebut pada saat akan dilakukan pemindaian bagasi oleh mesin X-Ray.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

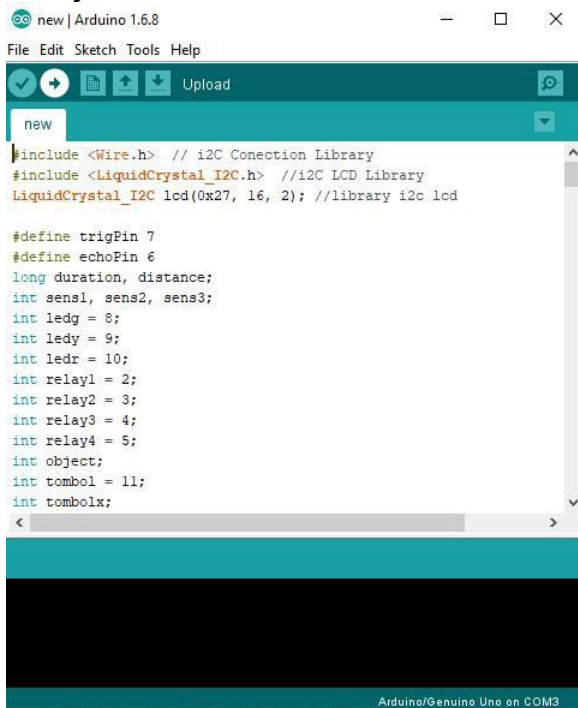
Adapun hasil dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

3.1. Hasil Pembuatan dan Perakitan Prototype Conveyor



Gambar 2. Hasil Rancangan Prototype Conveyor

3.2 Pembuatan Program Sistem Queuing Conveyor



Gambar 3. Tampilan Pemrograman Sistem Queuing Conveyor Pada Software Arduino IDE

3.4 Kalibrasi Sensor Sebelum dilakukan Pengujian

TABEL I. HASIL KALIBRASI SENSOR PROXIMITY INFRARED PHOTODIODE

Jarak Objek	Keterangan
1 cm	Terdeteksi
3 cm	Terdeteksi
5 cm	Terdeteksi
7 cm	Terdeteksi
9 cm	Terdeteksi
12 cm	Tidak Terdeteksi

Pada tahap kalibrasi ini, jarak objek yang diukur dibandingkan dengan jarak yang dideteksi oleh sensor proximity infrared photodiode. Selanjutnya untuk pengujian dari sensor ultrasonik SRF05 adalah dengan melihat hasil pembacaan di LCD yang disandingkan dengan penggaris, dan untuk barang disesuaikan peletakkan dengan jarak sesuai tabel, untuk range pembacaan sensor ultrasonik sesuai datasheet Sensor SRF 05 adalah 2 - 400cm.

TABEL II. HASIL PEMBACAAN SENSOR ULTRASONIK SRF05

Jarak Objek	Keterangan
2 cm	Terbaca Sesuai
4 cm	Terbaca Sesuai
6 cm	Terbaca Sesuai
9 cm	Terbaca Sesuai

Pengujian Rancangan

Pada pengujian rancangan ini dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian antara input sensor dan tombol yang diberikan pada mikrokontroler dibandingkan dengan output yang dihasilkan apabila terjadi kondisi-kondisi pada motor conveyor. Dibawah ini merupakan hasil dari pengujian rancangan terhadap beberapa kondisi.

TABEL III. HASIL PENGUJIAN RANCANGAN

	KONDISI SENSOR				Status Lampu		KONDISI MOTOR			KESIMPULAN
	Sensor 1	Sensor sRF05	Sensor 2	Sensor 3	Led hijau	Led merah	motor 1	motor 2	motor 3	
1	kosong	kosong	kosong	kosong	ON	OFF	on	on	on	Sesuai
2	kosong	kosong	kosong	detect	OFF	ON	on	on	on	Sesuai
3	kosong	kosong	detect	detect	OFF	ON	on	off	off	Sesuai
4	kosong	detect	detect	detect	OFF	ON	off	off	off	Sesuai
5	detect	detect	detect	detect	OFF	ON	off	off	on	Sesuai
6	detect	kosong	kosong	kosong	ON	OFF	on	on	on	Sesuai
7	detect	detect	kosong	kosong	ON	OFF	on	on	on	Sesuai
8	detect	detect	detect	kosong	ON	OFF	on	on	on	Sesuai
9	kosong	detect	detect	kosong	ON	OFF	on	on	on	Sesuai
	kosong	kosong	kosong	kosong	ON	OFF	on	on	off	Sesuai
Tombol	kosong	kosong	kosong	detect	OFF	ON	on	on	off	Sesuai
ketika	kosong	kosong	detect	detect	OFF	ON	on	off	off	Sesuai
ditekan	kosong	detect	detect	detect	OFF	ON	off	off	off	Sesuai
	detect	detect	detect	detect	OFF	ON	off	off	off	Sesuai

Dari data hasil pengujian diatas, didapatkan bahwa rancangan alat dan program yang dibuat telah sejalan pada yang diinginkan penulis.

Perhitungan Perbedaan Waktu Kondisi Eksisting Dengan Prototype

Perhitungan dilakukan pada prototype conveyor yang telah dibuat melalui penggunaan stopwatch dalam memperhitungkan waktu yang diperlukan saat kondisi lancar dan pada saat kondisi dilakukan penghentian conveyor. Berikut hasil yang didapatkan.

TABEL IV. HASIL PENGUKURAN WAKTU TRAVELING BAGASI PADA PROTOTYPE QUEUING CONVEYOR TANPA SYSTEM

Prototype Tanpa Sistem		
Jumlah Bagasi	Waktu (Detik)	Total Waktu (detik)
1 Bagasi	5,02	5,02
2 Bagasi	10,04	26,04
3 Bagasi	15,06	31,06
4 Bagasi	20,08	36,08
5 Bagasi	25,1	41,1
6 Bagasi	30,12	46,12

TABEL V. HASIL PENGUKURAN WAKTU TRAVELING BAGASI PADA CONVEYOR EKSISTING.

Conveyor Eksisting

Percepatan waktu conveyor eksisting untuk memproses 6 bagasi dengan sistem yaitu:

$$\Rightarrow 30m/x s = 0,41m/s$$

$$\Rightarrow x = \frac{30}{0,91}$$

$$x = 73,17 s$$

Adapun perhitungan waktu yang dibutuhkan dengan menggunakan perbandingan panjang conveyor, yaitu:

- Waktu pemrosesan 6 bagasi di conveyor keberangkatan tanpa sistem queuing (*t eksisting*)
 $(t eksisting) = 376 \text{ Detik}$
- Waktu pemrosesan 6 bagasi di conveyor keberangkatan dengan sistem queuing (*t sistem*)
 $t sistem = 376 - 73,17 \text{ detik} = 302,83 s$

Data yang diperoleh serta perhitungan yang sudah dilaksanakan, demikian bisa dirancang tabel perbandingan hasil perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk memproses bagasi, dengan conveyor eksisting dan menggunakan sistem queuing conveyor.

TABEL VI. PERBANDINGAN WAKTU CONVEYOR PROTOTYPE DAN CONVEYOR EKSISTING DENGAN SISTEM DAN TANPA SISTEM

Jumlah Bagasi	Waktu (Detik)	Total Waktu (detik)
1 Bagasi	60	60
2 Bagasi	120	136
3 Bagasi	180	196
4 Bagasi	240	256
5 Bagasi	300	316
6 Bagasi	360	376

Berdasarkan referensi tabel diatas maka pemrosesan 6 bagasi sebagai berikut:

1. Conveyor Prototype tanpa system
 $= 0,7m/46,12 s = 0,015m/s$

2. Conveyor Prototype dengan system
 $= 0,7m/9,1s = 0,077m/s$

3. Conveyor Existing tanpa system
 $= 30m/376 s = 0,079m/s$

4. Conveyor Existing dengan system = diperoleh hasil perhitungan kecepatan:

No	Conveyor	Tanpa Sistem	Dengan Sistem
1	Prototype conveyor (Panjang 0,7 m)	46,12 detik	9,1 detik
2	Conveyor Keberangkatan (Panjang 30 m)	376 Detik	302,83 detik

Kekurangan dan Kelebihan Pemasangan Sistem Queuing Conveyor

TABEL VII. PERBANDINGAN JIKA SISTEM QUEUING CONVEYOR TERPASANG DAN SEBELUM TERPASANG pada conveyor.

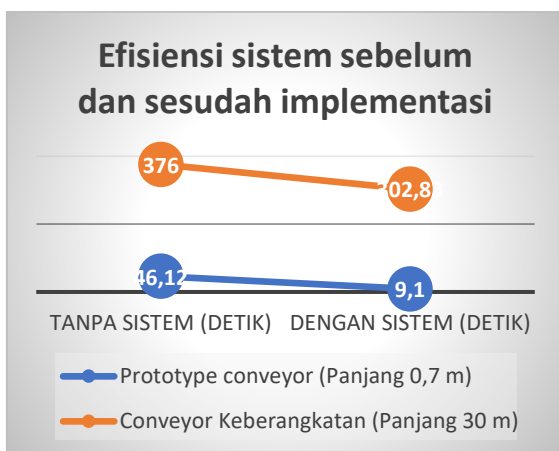
No.	Item Perubahan	Kekurangan Sebelum Terpasang Sistem Queuing	Kelebihan Jika Terpasang Sistem Queuing
1	Efektifitas Waktu	Diperlukan waktu yang lebih lama saat pemeriksaan xray, dikarenakan petugas harus mengurai bagasi terlebih dahulu agar lebih memudahkan dalam	Waktu yang diperlukan lebih singkat, dikarenakan petugas sudah tidak perlu dilakukan penguraian bagasi.

		pembacaan.	
2	Keteraturan Bagasi	Bagasi saling berdempet bertumpuk satu dengan yang lain. Dikarenakan tidak adanya sistem yang mengatur agar bagasi tersebut teratur, kecuali dengan penguraian melalui personil.	Bagasi akan lebih teratur dan tidak saling berdempetan. Dikarenakan sistem queuing akan mengatur aliran bagasi sebelum masuk pemeriksaan Xray.
3	Efisiensi Biaya	Biaya pemeliharaan conveyor lebih besar, dikarenakan akan sering terjadinya bagasi yang saling bertumpuk sehingga belt conveyor cepat terkikis dan jadwal penggantian belt jadi lebih cepat dari seharusnya	Biaya pemeliharaan lebih rendah, dikarenakan bagasi yang lancar dan teratur maka conveyor belt jadi lebih awet.

		nya.	
4	Efektifitas Tenaga Kerja	Petugas Avsec untuk pemeriksaan bagasi yang dibutuhkan lebih banyak, dikarenakan petugas harus standby di depan conveyor sebelum xray untuk mengurai bagasi satu persatu agar lebih lancar maka diperlukan minimal 2 orang petugas untuk mengurai bagasi.	Petugas Avsec yang dibutuhkan sedikit, dikarenakan petugas tidak harus standby didepan conveyor maka personil avsec bisa fokus dalam pemeriksaan bagasi di Xray .
5	Keuntungan Lainnya	Pelayanan service excellent kepada pengguna jasa bandara tidak tercapai, dikarenakan pemenuhan service level agreement terkait ketepatan waktu distribusi bagasi penumpang tidak tercapai/ low target.	Pelayanan service excellent kepada pengguna jasa bandara selalu tercapai, dikarenakan pemenuhan service level agreement terkait ketepatan waktu distribusi bagasi penumpang selalu tercapai.

--	--	--	--

Berdasarkan penjelasan diatas terhadap kelebihan dan keuntungan yang didapatkan jika sistem queuing conveyor di implementasi pada conveyor bagasi penumpang untuk terminal keberangkatan domestik, diharapkan hal ini dapat dijadikan sebagai data dukung dan gambaran bagi management khususnya unit Airport Equipment Department pada Kantor Cabang Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai – Bali agar mampu mengimplementasikan sistem queuing pada conveyor keberangkatan pada terminal domestic.



Gambar 4. Grafik Efisiensi System Sebelum Dan Sesudah System.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berpedoman pada hasil perancangan dan pengujian prototype sistem queuing pada conveyor yang telah dibuat, maka bisa disimpulkan;

1. Prototype conveyor berjumlah 3 unit yang disusun secara horizontal dan terbuat dari papan akrilik yang masing-masing conveyor dihubungkan dengan 2 buah poros sebagai tempat berputarnya belt/ sabuk conveyor.
2. Program sistem queuing yang telah dibuat dan diinput pada mikrokontroller arduino uno dapat bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Sensor Ultrasonik dapat membaca benda sampai dengan maksimal lebar conveyor yaitu 12 cm, dan sensor proximity infrared photodiode yang terpasang pada conveyor diatur untuk mendeteksi benda/ bagasi dengan jarak kurang dari 12 cm.

3. Perbedaan waktu traveling bagasi dari conveyor 1 sampai conveyor 3 dengan jumlah 6 bagasi sebelum dilakukan implementasi kontrol otomatis pada prototype conveyor selama 46,12 detik, sedangkan setelah dilakukan implementasi sistem queuing conveyor terjadi efisiensi waktu traveling menjadi 9,1 detik, dan terdapat perbedaan waktu 73,17 detik lebih cepat jika conveyor eksisting dilakukan implementasi sistem queuing conveyor.
4. Output bagasi pada conveyor dapat lebih teratur dibandingkan tanpa system.

Saran

1. Sebelum implementasi, disarankan untuk melakukan studi kelayakan dan analisis teknis lebih mendalam guna memastikan bahwa sistem *queuing conveyor* dapat diterapkan secara optimal sesuai dengan kebutuhan operasional di Bandara.
2. Mengimplementasikan sistem ini secara bertahap dengan proyek percontohan (*pilot project*) akan membantu dalam mengidentifikasi potensi kendala serta memberikan kesempatan untuk evaluasi sebelum diterapkan secara penuh di seluruh area terminal domestik.
3. Diperlukan pengujian terhadap dampak sistem ini terhadap efisiensi operasional, kecepatan proses bagasi, serta aspek keselamatan dalam penanganan bagasi. Hal ini dapat dilakukan melalui simulasi atau uji coba langsung di lapangan.
4. Penelitian ini berimplikasi pada peningkatan efisiensi pengelolaan bagasi, pengurangan waktu tunggu, serta peningkatan akurasi dan keandalan sistem antrian di bandara. Sistem ini dapat diadopsi dengan menyesuaikan kapasitas conveyor, integrasi pemantauan bagasi, dan otomatisasi teknologi, sehingga meningkatkan pengalaman penumpang dan optimalisasi logistik penerbangan.
5. Dapat mengimplementasikan machine learning untuk optimasi antrian bagasi, seperti prediksi volume bagasi dan computer vision untuk meningkatkan akurasi deteksi. Integrasi dengan IoT dan big data

analytics memungkinkan pemantauan real-time dan penyesuaian dinamis, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem antrian di bandara

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh mitra yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini. Terima kasih kepada PT Angkasa Pura I (Persero) Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali yang telah memberikan akses dan data operasional terkait sistem queuing conveyor bagasi di terminal domestik, sehingga memungkinkan analisis yang komprehensif. Penghargaan yang tulus juga kami sampaikan kepada tim teknis bandara yang telah memberikan wawasan praktis mengenai operasional sistem bagasi serta tantangan yang dihadapi di lapangan. Kami juga berterima kasih kepada akademisi dan peneliti dari institusi pendidikan yang telah memberikan masukan berharga dalam penyusunan metodologi dan analisis data. Tidak lupa, apresiasi kami sampaikan kepada rekan-rekan sejawat yang telah memberikan dukungan, diskusi, serta saran konstruktif dalam penyempurnaan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengelolaan sistem bagasi yang lebih efisien dan berkontribusi terhadap peningkatan kualitas layanan di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.

- [1] A. N. Agustin, "ANALISIS EFISIENSI SISTEM ANTRIAN CHECK IN COUNTER MASKAPAI AIRASIA DI TERMINAL INTERNASIONAL BANDAR UDARA I GUSTI NGURAH RAI," *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.researchideas.org/index.php/scientica/article/view/698>
- [2] A. Pradnyana, I. Sudhana, and I. P. Budiarta, ... *Keberangkatan Penumpang Domestik Nam Air oleh Staf Check In PT. Jasa Angkasa Semesta di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Pada Masa Pandemi* repository.pnb.ac.id, 2022. [Online]. Available: <http://repository.pnb.ac.id/id/eprint/3202>
- [3] P. Y. Pratama, I. G. R. Purbanto, and ..., "Analisis Kebutuhan Fasilitas Terminal Penumpang Domestik Bandar Udara Ngurah Rai Bali," *Jurnal Ilmiah Teknik ...*, 2015, [Online]. Available: <https://scholar.archive.org/work/zhkihwpuffdnzk5idayposqucm/access/wayback/https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/download/24163/15777>
- [4] P. Pratama, *Analisis Operasional Baggage Handling System Di Bandar Udara Internasional Ngurah Rai Bali*. digilib.sttkd.ac.id, 2021. [Online]. Available: <https://digilib.sttkd.ac.id/id/eprint/1686>
- [5] H. Yuana and D. F. H. Permadi, "Desain dan Implementasi Arduino-Android Untuk Efisiensi Penggunaan Listrik Pada Smarthome," *POROS TEKNIK*, 2019, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/287357775.pdf>
- [6] P. Perhubungan, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2023 Tentang Pelayanan Jasa Kebandarudaraan di Bandar Udara*. Jakarta: Menteri Perhubungan ..., 2023.
- [7] S. B. Aji and S. Sutarwati, "... Standar Pelayanan Pesawat Udara Menurut PM Nomor 41 Tahun 2023 Tentang Pelayanan Jasa Kebandarudaraan di Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap," *Jurnal Kewarganegaraan*, 2024, [Online]. Available: <https://journal.upy.ac.id/index.php/pkn/article/view/6239>
- [8] K. A. Widyawati, *Prediksi Jumlah Penumpang Pesawat di Bandar Udara Internasional Ngurah Rai dengan Model Arima, Analisis Intervensi dan Pendekatan Perubahan* Institut Teknologi Sepuluh ..., 2013.
- [9] I. Sukadana, N. M. R. Erawati, and G. Ginaya, *Penanganan Bagasi Penumpang Scoot Airlines di Unit Lost and Found pada PT Garuda Angkasa Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai*. repository.pnb.ac.id, 2023. [Online]. Available: <http://repository.pnb.ac.id/id/eprint/8604>
- [10] S. Ferry, Y. Lely, and S. Beny, *An Engineering development of prototype X-ray machine for diagnosis based on a micro controller*. inis.iaea.org, 2010. [Online]. Available:

- https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:46116471
- [11] A. Y. Chrise and S. Syafri, *Perancangan Bark Belt Convey0r 27B Kapasitas 244 Ton/Jam*. neliti.com, 2017. [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/20>
- [13] P. S. Tengah, "Perancangan Conveyor Berdasarkan Berat Berbasis Arduino," *Jurnal Mekanikal*, 2019, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/298951195.pdf>
- [14] P. Muliandhi, A. K. Nugroho, and ..., "Otomatisasi Sistem Bagasi Terminal Internasional Di Bandar Udara Jenderal Ahmad Yani Semarang," *Techné: Jurnal Ilmiah ...*, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.jurnaltechne.org/index.php/techne/article/view/380>
- [15] I. W. Suriana, A. Feldiansah, and ..., 0685/perancangan-bark-belt-convey0r-27b-kapasitas-244-tonjam
- [12] W. S. Chen, "Conveyor," *US Patent 8,132,662*, 2012, [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US8132662B1/en>
- "RANCANG BANGUN ALAT PENGHITUNG PENGUNJUNG BERBASIS ARDUINO ATMEGA328," *Jurnal Informatika ...*, 2023, [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/838>
- [16] E. Yoyon, M. Agung, and L. Lusiana, "APLIKASI OBJEK WISATA 3D AUGMENTED REALITY BERBASIS MOBILE," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, 2019.
- [17] N. Lestari and N. K. Daulay, "Armanto,"," ... WEB," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika ...*, 2020.