URANUS : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika
Volume 2 No. 3 September 2024
e-ISSN : 3031-996X, p-ISSN 3031-9951, Hal 221-238
DOI: https://doi.org/10.61132/uranus.v2i3.299
Available Online at : https://journal.arteii.or.id/index.php/Uranus

Perancangan Automatic Tail Dock Berbasis Arduino Nano Pada Pesawat Menggunakan Metode PID

Irsyad Aziz [1*], Andrijani Sumarahinsih [2], Delila Cahya Permatasari [3]
[1,2,3] Universitas Merdeka Malang, Indonesia
Korespondensi penulis: irsyadaziz50@gmail.com

Abstract: *The aviation industry is one of the service sectors. Due to its large number of users, safety is the primary concern in this industry. To ensure this safety, routine maintenance of operating aircraft is crucial, leading to the emergence of the aircraft maintenance industry. Due to the safety factors of the workpiece, installing ladders requires a significant workforce to supervise the workpiece, namely the aircraft itself, to prevent the ladder from hitting the aircraft body, which can result in COPQ (Cost Of Poor Quality). However, the use of many workers for ladder installation is considered inefficient because the maintenance process could be expedited if these workers could be utilized to install ladders on other parts of the aircraft. Therefore, if maintenance can be completed more quickly, the aircraft can return to flight sooner, meeting the airline's flight demands. Addressing this issue, this study aims to facilitate the ladder installation and removal process, thereby reducing the potential for collisions and ensuring the ladder is positioned at the required distance. This is achieved through ultrasonic sensors mounted on the work ladder, connected to a motor via Arduino Uno. The motor will stop when the input from the ultrasonic sensor reaches the predetermined distance. Additionally, if the aircraft tail moves while the ladder is installed, the system will automatically adjust the ladder's position to maintain the necessary distance, thus minimizing losses during aircraft maintenance.*

Keywords: *Tail Dock; Aircraft; Ultrasonic; Automatic; Maintenance*

Abstrak: Industri penerbangan merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang pelayanan/jasa. Dikarenakan penggunanya yang banyak maka faktor keselamatan menjadi faktor yang diutamakan dalam industri ini, untuk menunjang keselamatan tersebut diperlukan adanya perawatan rutin pada pesawat yang beroperasi dalam hal ini memunculkan industri baru yakni industri perawatan pesawat terbang. Karena faktor keamanan pada benda kerja, pemasangan tangga membutuhkan banyak tenaga kerja dengan tujuan pengawasan terhadap benda kerja yakni pesawat itu sendiri, agar tangga tersebut tidak mengenai badan pesawat yang dapat menimbulkan COPQ (Cost Of Poor Quality). Namun pemasangan tangga menggunakan banyak tenaga kerja dinilai kurang efisien karena proses perawatan seharusnya dapat dilakukan lebih cepat apabila tenaga kerja yang banyak ini dapat dimanfaat untuk mengerjakan pemasangan tangga pada bagian lain dari pesawat. Sehingga apabila perawatan bisa dilakukan lebih cepat, pesawat akan segera bisa terbang kembali dan memenuhi kebutuhan terbang maskapai. Berangkat dari permasalahan tersebut maka penelitian ini diharapan alat ini dapat memberikan kemudahan pada saat proses lepas pasang tangga sehingga mengurangi potensi terjadinya tabrakan dan tangga dapat terpasang sesuai dengan jarak yang diperlukan. Hal ini diperoleh dengan sensor ultrasonik yang terpasang pada tangga kerja dan terhubung pada motor melalui arduino uno, sehingga motor akan berhenti jika *input* yang diberikan oleh sensor ultrasonik telah mencapai jarak yang ditetapkan diawal dan apabila terjadi pergerakan ekor pesawat pada saat tangga sudah terpasang maka akan secara otomatis melakukan pergerakan untuk menyesuaikan jarak sehingga kerugian pada proses perawatan pesawat dapat diminimalisir.

Kata Kunci: Tangga Kerja; Pesawat; Ultrasonik; Otomatis; Perawatan

1. PENDAHULUAN

Industri penerbangan merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang pelayanan/jasa. Persaingan bisnis layanan jasa transportasi udara pada masa sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Terlihat bahwa kecenderungan meningkatnya

Received: Juni 01, 2024; Revised: Juli 10, 2024; Accepted: Juli 28, 2024; Online Available: Juli 30, 2024;

mobilitas penduduk, baik untuk bekerja, kunjungan keluarga, wisata, seiring meningkatnya daya beli masyarakat, mendongkrak potensi tersendiri bagi industri/perusahaan penerbangan. Hal ini dibuktikan dengan melonjaknya jumlah penumpang maupun maskapai penerbangan sejak adanya regulasi industri penerbangan(S. P. Warpani,2002) . Dikarenakan penggunanya yang banyak maka faktor keselamatan menjadi faktor yang diutamakan dalam setiap aspek di industri ini, untuk menunjang keselamatan tersebut maka diperlukan adanya perawatan rutin dari tiap-tiap pesawat yang beroperasi dalam hal ini memunculkan industri baru yakni industri perawatan pesawat terbang.

Dalam hal ini PT. Garuda Maintenance Facility AeroAsia Tbk. merupakan sebuah perusahaan dalam negeri yang bergerak di bidang perawatan pesawat terbang sipil. Perusahaan yang yang telah berdiri sejak 1998 ini memiliki lini bisnis utama yaitu *maintenance, repair*, dan *overhaul*. Dalam pengoperasiannya PT. Garuda Maintenance Facility AeroAsia Tbk. atau yang biasa disingkat dengan GMF diawasi oleh lembaga otoritas penerbangan Indonesia yaitu Direktorat Kelaikudaraan Dan Pengoperasian Pesawat Udara (DKUPPU) dimana setiap aktivitas dalam merawat pesawat diatur dalam Undang-undang (UU) Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan secara umum dan lebih detail diatur pada (Civil Aviation Safety Regulations Part 145 Amendment 3) tentang Organisasi Perusahaan Perawatan Pesawat Udara (Approved Maintenance Organizations).

Dalam menggerakkan bisnisnya dibutuhkan alat alat dan fasilitas penunjang yang digunakan oleh para mekanik dalam melakukan proses maintenance, salah satunya adalah tangga kerja yang sesuai dan ergonomis. Karena pada saat awal pesawat selesai masuk hanggar maka tangga lah yang akan pertama kali dipasang pada sekeliling pesawat untuk akses melakukan pekerjaan, termasuk tangga pada bagian ekor pesawat. Karena faktor keamanan pada benda kerja, pemasangan tangga membutuhkan banyak tenaga kerja. Tujuan pemasangan tangga menggunakan banyak tenaga kerja adalah berfungsi sebagai bentuk pengawasan terhadap benda kerja yakni pesawat itu sendiri, agar tangga tersebut tidak mengenai badan pesawat yang dapat menimbulkan COPQ (Cost Of Poor Quality)(Ridwan, Asep, and Bernd Noche, 2014). Namun pemasangan tangga menggunakan banyak tenaga kerja dinilai kurang efisien karena proses perawatan seharusnya dapat dilakukan lebih cepat apabila tenaga kerja yang banyak ini dapat dimanfaat untuk mengerjakan pemasangan tangga pada bagian lain dari pesawat. Sehingga apabila perawatan bisa

dilakukan lebih cepat, pesawat akan segera bisa terbang kembali dan memenuhi kebutuhan terbang maskapai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Hanggar

Hanggar pesawat merupakan sebuah bangunan beratap dimana tempat pesawat disimpan, melakukan perawatan dan parkir. Hanggar bagi perusahaan MRO (Maintenance, Repair & Overhaul) berperan layaknya rumah bagi penghuninya, tempat bagi pesawat, mekanik, fasilitas dan peralatan penunjang bernaung. Dimana didalamnya terdapat kantor kendali, ruang penyimpanan tools, tempat istirahat mekanik hingga fasilitas penunjang kerja lainnya. Salah satu hanggar terbesar yang ada di Indonesia adalah hanggar yang dimiliki oleh PT. GMF AeroAsia yang berada di Cengkareng, Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

Ekor Pesawat

Pesawat tersusun atas beberapa bagian utama, diantaranya Fuselage (Badan Pesawat), Wings (Sayap), Empennage (Ekor Pesawat), Engine System dan Power Plant (Sistem Mesin), Landing Gear (Perlengkapan Pendaratan). Empennage atau ekor pesawat memiliki fungsi sebagai kontrol dan penunjang stabilitas pada saat pesawat terbang (Dewadi, 2024).

Docking

Docking Platform atau yang biasa disebut tempat sebuah benda bersandar, dimana dalam hal ini docking digunakan sebagai akses bagi para mekanik untuk melakukan perawatan pesawat dikarenakan dimensi pesawat yang bisa mencapai beberapa kali lipat dari tinggi manusia sehingga docking ini lah yang digunakan untuk menggapai area area yang tidak terjangkau oleh manusia secara langsung . Terdapat banyak macam docking yang disesuaikan dengan peletakannya pada bagian bagian pesawat yang telah ditentukan dimana jarak maksimal untuk mendekat yang direkomendasikan adalah antara 8 - 20 cm .

Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu versi arduino nano tipe light yang cocok untuk kebutuhan yang ringkas dan ringan (Dwi Arman,2021). Arduino menerima input dari sensor yang mana berfungsi untuk menyampaikan nilaian alogke Arduino Arduino NANO juga merupakan sebuah platform elektronik yang bersifat open source dan sering digunakan untuk merancang dan membuat perangkat elektronik. Platform Arduino didesain dengan tujuan utama untuk

mempermudah penggunaan perangkat elektronik dalam berbagai aplikasi. Arduino menawarkan kemudahan penggunaan dengan software yang user-friendly, yang membuatnya cocok untuk digunakan oleh berbagai kalangan, termasuk pemula dalam bidang elektronika. Kelebihan lainnya adalah komunitas aktif yang mendukung Arduino, serta tersedianya berbagai modul dan sensor yang mudah diintegrasikan, menjadikannya alat yang serbaguna untuk berbagai proyek, seperti robotika, otomasi rumah, seni interaktif, dan berbagai aplikasi lainnya. Inilah yang menjadikan Arduino sebagai pilihan yang sangat baik bagi siapa pun yang ingin memulai eksplorasi dalam dunia elektronika dan pemrograman mikrokontroler.

Sensor HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang mampu melakukan pengukuran jarak tanpa melakukan kontak langsung (*non-contact*). Sensor ultrasonik bekerja dengan mengirimkan gelombang tertentu dan kemudian menghitung waktu ketika diterima kembali oleh sensor. Sensor HC-SR04 ini mampu melakukan pengukuran dengan rentang jarak 2 cm hingga 400 cm (I. K. Missa,2021).

Motor Dc

Purwarupa tangga digerakan dengan menggunakan motor DC yang dipasang pada bagian bawah tangga. Motor DC merupakan motor arus searah yang banyak digunakan untuk kebutuhan yang menggunakan pegaturan kecepatan. Mudahnya pengaturan kecepatan kerja motor DC dalam rentang yang sangat luas menjadi alasan utama dunia industri moderen menggunakan mesin arus searah tersebut, disamping banyaknya metode pengaturan kecepatan yang dapat digunakan seperti motor AC[8]. Pemilihan motor dc didasarkan pada putaran dan torsi yang lebih besar dibandingkan dengan motor stepper, juga didasarkan atas ketersediaan di pasaran selain harga murah juga banyak variasinya. Bagian utama motor DC adalah stator dan rotor dimana kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar)(R. Hartono,2019).

Motor Driver L298N

L298N sebenarnya menggunakan prinsip jembatan H, untuk memungkinkan arah putaran motor bisa ditentukan. Prinispnya ditunjukan pada gambar 2.8, dengan menggunakan prinisp ini, sebenarnya dua relay bisa digunakan untuk mengatur arah putaran motor. Namun kelemahannya, relay tidak dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor(M. Amin, 2019).

Buzzer

Buzzer adalah komponen yang merubah besaran elektrik menjadi besaran suara. Penggunaan *buzzer* untuk anatarmuka mikrokontroler sama prinsipnya dengan LED. Yang diperlukan hanya menghubungkan salah satu PIN dari mikrokontroler ke kaki positif *buzzer*, dan kaki satunya ke GND rangkaian (J. Junaidi, 2018).

LED

LED merupakan suatu jenis dioda dengan fungsi khusus. LED digunakan sebagai lampu indikator pada beberapa pengaplikasian elektronika. LED memiliki konsumsi tegangan rendah, usia pemakaian panjang dan kecepatan penyaklaran cepat. LED hamper sama dengan dioda biasa. Bedanya, jika pada dioda biasa energi dikeluarkan dalam bentuk panas (disipasi daya) maka pada LED, energinya dikeluarkan dalam bentuk pancaran cahaya. Pada dioda berprategangan maju, elektron bebas melintasi persambungan dan jatuh ke dalam lubang (hole). Pada saat elektron ini jatuh dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah, ia memancarkan energi. Pada dioda – dioda biasa, energi ini keluar dalam bentuk panas. Tetapi pada dioda pemancar cahaya (Light Emitting Diode) energi memancar sebagai cahaya. LED telah menggantikan lampu – lampu pijar dalam beberapa pemakaian karena tegangannya yang rendah, umurnya yang panjang, dan switch mati-hidupnya yang cepat. Dioda – dioda biasa dibuat dari silikon, yaitu bahan buram yang menghalangi pengeluaran cahaya. LED berbeda. Dengan menggunakan unsur – unsur seperti gallium, arsen, dan fosfor, pabrik dapat menghasilkan LED yang memancarkan cahaya merah, hijau, kuning, biru, jingga,atau infra merah (tak tampak). LED yang menghasilkan pemancaran di daerah cahaya tampak amat berguna dalam instrumentasi, dan sebagainya.

Keypad Matrix

Keypad adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. Keypad berfungsi sebagai interface antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (Human Machine Interface). Matrix keypad 4×4 pada artikel ini merupakan salah satu contoh keypad yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antara manusia dengan mikrokontroler. Matrix keypad 4×4 memiliki konstruksi atau susunan yang simple dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Konfigurasi keypad dengan susunan bentuk matrix ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah key (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler.

Metode PID

Pada abad ke-18, James Watt memainkan peran kunci dalam perkembangan awal praktik dan teori sistem kontrol dengan melakukan penelitian terhadap penggunaan *centrifugal governor* dalam mengontrol kecepatan mesin uap. Tokoh-tokoh penting lain yang berperan dalam tahap awal pengembangan sistem kontrol meliputi Minorsky, Hazen, dan Nyquist. Pada tahun 1992, Minorsky menginvestigasi sistem kemudi kapal dan menunjukkan bahwa stabilitas sistem dapat diidentifikasi melalui persamaan diferensial yang menggambarkan sistem tersebut. Di tahun 1932, Nyquist mengembangkan metode sederhana untuk menilai stabilitas sistem kalang tertutup berdasarkan respons sistem terhadap input sinusoidal. Pada dasawarsa 1940-an, banyak insinyur mulai merancang sistem kalang tertutup untuk meningkatkan mutu dan performa sistem.

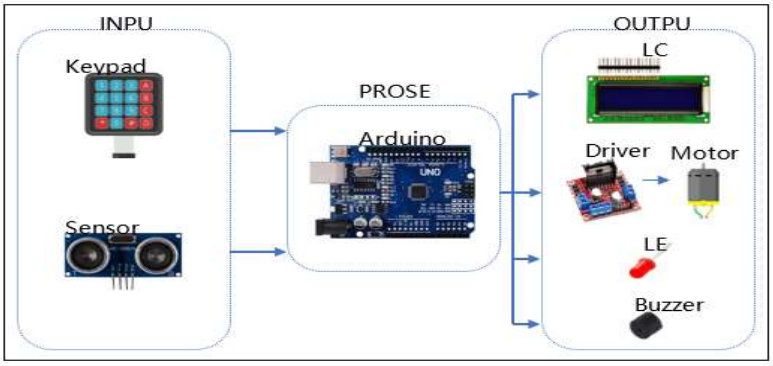
3. METODE PENELITIAN

Diagram Blok Sistem

Pada sub bab ini penulis membahas mengenai diagram blok dari perancangan alat yang dibuat. Diagram blok yang ditunjukkan pada gambar dibawah merupakan diagram blok untuk satu buah dock. Pada aplikasi sesungguhanya tail dock terdiri dari dua buah docking, maka sistem dan diagram blok yang sama akan berlaku pada dock yang lainnya. Diagram blok sistem secara garis besar akan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu input, proses dan output.

Pada bagian pertama yakni input terdiri dari beberapa komponen penyusun yaitu keypad 4x4 dan sensor ultrasonik. Keypad pada alat ini berfungsi untuk memberikan input awal jarak yang diinginkan dan sebagai tombol trigger untuk alat memulai bekerja dan keypad ini nantinya juga berfungsi sebagai pemberi perintah merenggang saat dock sudah selesai digunakan.

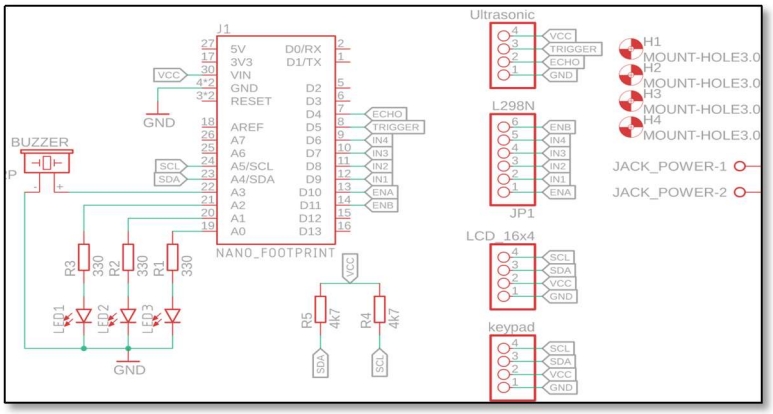
Komponen kedua pada bagian input yakni sensor ultrasonik, komponen inilah yang memainkan peran penting pada alat ini, dimana hasil dari pembacaan jarak sensor ini akan digunakan sebagai acuan pada dua pergerakan, yang pertama akan digunakan pada pergerakan awal ketika docking akan dipasang motor akan bergerak dan berhenti sesuai pembacaan sensor dengan nilai yang sudah diinput di awal. Yang kedua pada saat sudah diposisi yang ditentukan sensor masih akan tetap berfungsi mendeteksi apabila ada pergerakan dari ekor pesawat maka sensor akan memberi masukan sesuai dengan metode PID.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Pada perancangan ini dibagian prosesnya menggunakan arduino nano sebagai otak nya. Pada bagian output terdapat beberapa komponen yang digunakan, diantaranya : Motor Driver, Motor DC, Led, Buzzer, Lcd . Motor DC yang dikontrol menggunakan driver motor berfungsi sebagai penggerak dari dock. Kemudian Led dan Buzzer berfungsi sebagai indikator ketika ada pergerakan pada dock. Dan komponen terakhir yaitu Lcd digunakan sebagai interface dari alat ini dimana akan menampilkan tampilan menu dan hasil dari pengukuran jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik.

Rancangan Desain



Gambar 2 Rancangan Desain

Gambar di atas adalah prototipe rancangan desain alat yang akan digunakan dalam membuat alat tugas akhir ini. Alat ini yang akan menghubungkan *material handler* dengan *forklift* agar terciptanya kerja yang efisien. Masing masing komponen memiliki fungsi tersediri sebagai berikut:

- Keypad 4x4
- Sensor Ultrasonik

- Arduino Nano
- Buzzer
- LED
- Motor Driver
- Motor DC
- LCD

Jadwal Kegiatan

Berikut merupakan jadwal kegiatan dari proses observasi, perancangan, hingga dilaksanakannya tugas akhir seperti yang ditunjukkan dibawah

Tabel 1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan																			
		Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Observasi																				
2	Pembuatan Proposal																				
3	Seminar Proposal																				
4	Perancangan Alat																				
5	Pengambilan Data																				
6	Pengujian Alat																				
7	Pengujian keseluruhan																				
8	Penyusunan Laporan																				
9	Ujian Tugas Akhir																				

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Elektronik

Pada pembuatan alat ini diperlukan sumber daya DC untuk suplai daya mikrokontroler. Penggunaan baterai memiliki output sebesar 12 VDC lalu di step down (Lm2596) dengan target 5 V. Untuk melakukan perhitungan persentase error didapati persamaan :

$$\%\ Accuracy = \frac{\text{Estimate Actual}}{\text{Actual}}\ x\ 100\% \quad \text{.....(4.1)}$$

Tabel 2 Nilai Tegangan

No	Vin Baterai (volt)	Vout Target (volt)	Vout Pengukuran (volt)	Persentase Akurasi (%)

	12V	5V	5,0V	100%

Keterangan :

Vin Baterai : Nilai tegangan masukan yang didapat dari baterai.

Vout Target : Nilai tegangan keluaran yang diharapkan.

Vout Pengukuran : Nilai tegangan keluaran yang didapatkan dari hasil pengukuran.

Setelah dilakukan pengujian tegangan output dibandingkan dengan tegangan kebutuhan, didapatkan nilai persentase eror yang relatif kecil. Dengan nilai persentase eror yang kecil, maka baterai yang akan digunakan untuk sumber daya alat ini dapat digunakan semestinya.

Setelah dilakukan pengukuran pada baterai, maka pengukuran selanjutnya adalah pada output arduino dan driver motor pada set point 10 CM. Tabel 3 di bawah ini merupakan hasil pengukuran untuk output motor DC bagian kiri pada tangga.

Tabel 3 Output Motor DC Kiri Tangga

No	Jarak	Vout Arduino (volt)	Vout Driver Motor (volt)
1.	8	0,02V	0.00V
2.	10	1,30V	1,97V
3.	20	2.54V	2,66V
4.	25	3,08V	3,17

Keterangan :

Jarak : Jarak antara ultrasonik (tangga) dengan objek benda

Vout Arduino : Pengukuran tegangan pada pin output Arduino

Vout Pengukuran : Pengukuran tegangan pada motor

Dari tabel 3 di atas, didapatkan nilai tegangan pada output Arduino yang terhubung dengan motor yang digunakan untuk pergerakan tangga. Motor tersebut mendapatkan masukan dari sensor ultrasonik. Ketika jarak semakin dekat, maka kecepatan motor akan turun. Hal ini berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan. Semakin dekat jarak antara tangga dengan objek benda, tegangan yang ada pada motor akan semakin turun.Tabel 3 di bawah ini merupakan hasil pengukuran untuk *output* motor DC bagian kanan pada tangga .

Tabel 4 Output Motor DC Kanan Tangga

No	Jarak	Vout Arduino (volt)	Vout Driver Motor (volt)
1.	8	0,03V	0.00V

2.	10	1,28V	1,85V
3.	20	2.53V	2,74V
4.	25	3.12V	3.24V

Keterangan :

Jarak : Jarak antara ultrasonik (tangga) dengan objek benda

Vout Arduino : Pengukuran tegangan pada pin output Arduino

Vout Pengukuran : Pengukuran tegangan pada motor

Dari tabel 4 di atas, memiliki pola yang sama dengan tabel yang ada pada tabel 4. Motor tersebut mendapatkan masukan dari sensor ultrasonik.Ketika jarak semakin dekat, maka kecepatan motor akan turun. Hal ini berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan. Semakin dekat jarak antara tangga dengan objek benda, tegangan yang ada pada motor akan semakin turun.

Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik pada purwarupa tangga ini digunakan untuk mengambil data jarak antara objek benda dengan purwarupa tangga. Pada sensor ini terdapatpin trigger dan pin echo. Pin trigger keluarnya sinyal dari sensor dan pin echo untuk menangkap sinyal pantul dari objek benda. Apabila sinyal telah diterima oleh echo, maka sinyal selanjutnya diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Keduanya menciptakan sistem pengukuran yang terstruktur, sehingga dapat aplikasikan dalam sistem perancangan sebuah alat ukur jarak. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa kali percobaan dengan benda yang objek benda yang berbeda. Hasil pengukuran dari sensor ultrasonik akan ditampilkan nilai jaraknya pada LCD. Berikut gambar pengujian yang telah dilakukan.

Gambar 3 Pengukuran Dengan Objek Art Paper 150 Gram

Tabel 5 Pengukuran Sensor Ultrasonik Pada Objek Art Paper 150 Gram

No	Penggaris	Art Paper		
		Pertama	Kedua	Ketiga
1.	8 cm	8 cm	7 cm	8 cm
2.	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
3.	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
4.	25 cm	26 cm	25 cm	25 cm

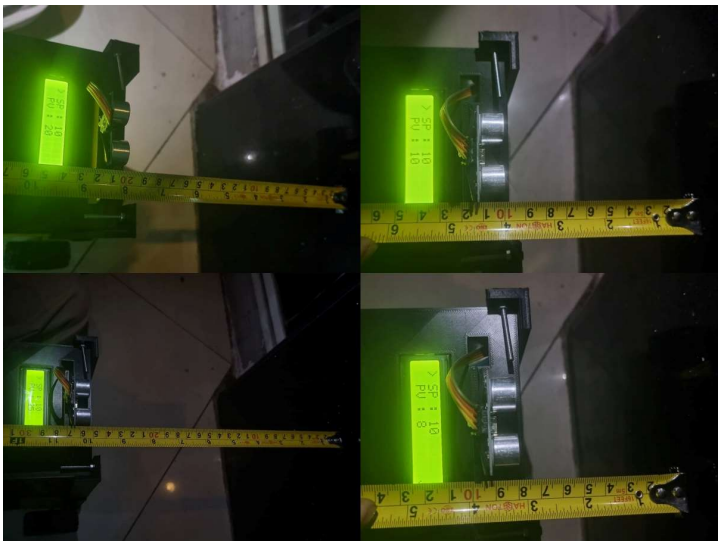
Berdasarkan tabel 5 diatas, menunjukkan hasil pengukuran sensor ultrasonik dengan objek benda art paper 150 gram seperti pada gambar 5(a) dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20cm dan 25 cm. Pada masing-masing pengukuran dilakukan tiga kali percobaan.

Gambar 4 Pengukuran Dengan Objek Kardus

Tabel 6 Pengukuran Sensor Ultrasonik Pada Objek Kardus

No	Penggaris	Kardus		
		Pertama	Kedua	Ketiga
1.	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm
2.	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
3.	20 cm	20 cm	20 cm	21 cm
4.	25 cm	25 cm	25 cm	24 cm

Berdasarkan tabel 6 diatas, menunjukkan hasil pengukuran sensor ultrasonik dengan objek benda kardus seperti pada gambar 4 dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20cm dan 25 cm. Pada masing-masing pengukuran dilakukan tiga kali percobaan.

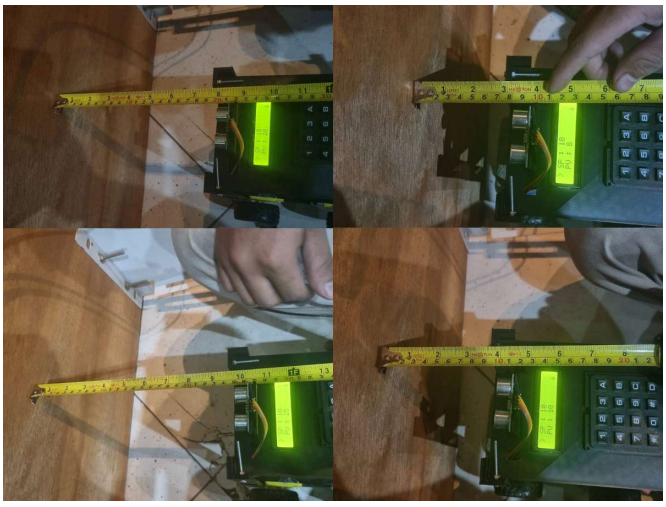


Gambar 5 Pengukuran Dengan Objek Komposit

Tabel 7 Pengukuran Sensor Ultrasonik Pada Objek Komposit

No	Penggaris	Komposit		
		Pertama	Kedua	Ketiga
1.	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm
2.	10 cm	10 cm	9 cm	10 cm
3.	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
4.	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm

Berdasarkan tabel 7 diatas, menunjukkan hasil pengukuran sensor ultrasonik dengan objek benda komposit seperti pada gambar 5 dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20cm dan 25 cm. Pada masing-masing pengukuran dilakukan tiga kali percobaan.



Gambar 6 Pengukuran Dengan Objek Kayu

Tabel 8 Pengukuran Sensor Ultrasonik Pada Objek Kayu

No	Penggaris	Kayu		
		Pertama	Kedua	Ketiga
1.	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm
2.	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
3.	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
4.	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm

Berdasarkan tabel 8 diatas, menunjukkan hasil pengukuran sensor ultrasonik dengan objek benda kayu seperti pada gambar 6 dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20 cm dan 25 cm. Pada masing-masing pengukuran dilakukan tiga kali percobaan.

Pengujian di atas dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengukuran yang terbaca di sensor ultrasonik dengan hasil pengukuran yang dilakukan secara manual dengan menggunakan penggaris. Pada kenyataannya didapatkan hasil yang tidak sepenuhnya sama, maka perlu dilakukan perhitungan error dimana menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%\ Accuracy = \frac{\text{Estimate Actual}}{\text{Actual}}\ x\ 100\% \quad \text{.....(1)}$$

Berdasarkan pengukuran jarak sensor yang telah didapatkan berikut adalah nilai persentase akurasi hasil ukur dari sensor yang digunakan pada purwarupa tangga :

Tabel 9 Persentase Akurasi Pada Pengukuran Objek Art Paper 150 Gram

No	Jarak	Persentase Akurasi
1.	8 cm	95,9%
2.	10 cm	100%
3.	20 cm	100%
4.	25 cm	98%

Berdasarkan tabel 9 diatas, menunjukkan hasil perhitungan akurasi dari sensor ultrasonik dengan objek benda art paper 150 gram dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20 cm dan 25 cm. Dari keempat variabel jarak tersebut, akurasi paling tinggi pada jarak 10 dan 20 cm, yaitu dengan tingkat akurasi mencapai 100%. Akurasi yang paling rendah adalah pada jarak 8 cm dengan tingkat akurasi 95,9%

Tabel 10 Persentase Akurasi Pada Pengukuran Objek Kardus

No	Jarak	Persentase Akurasi
1.	8 cm	100%

2.	10 cm	100%
3.	20 cm	98%
4.	25 cm	98%

Berdasarkan tabel 10 diatas, menunjukkan hasil perhitungan akurasi dari sensor ultrasonik dengan objek benda kardus dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20 cm dan 25 cm. Dari keempat variabel jarak tersebut, akurasi paling tinggi pada jarak 8 dan 10 cm, yaitu dengan tingkat akurasi mencapai 100%. Akurasi yang paling rendah adalah pada jarak 20 & 25 cm dengan tingkat akurasi 98%.

Tabel 11 Persentase Akurasi Pada Pengukuran Objek Komposit

No	Jarak	Persentase Akurasi
1.	8 cm	100%
2.	10 cm	96%
3.	20 cm	100%
4.	25 cm	100%

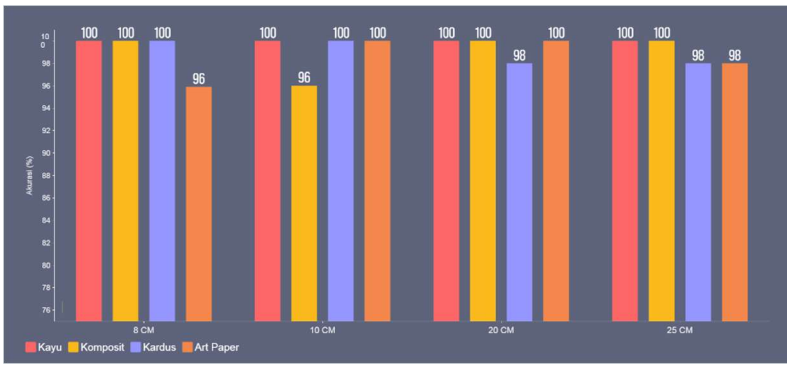
Berdasarkan tabel diatas, menunjukkan hasil perhitungan akurasi dari sensor ultrasonik dengan objek benda komposit dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20 cm dan 25 cm. Dari keempat variabel jarak tersebut, akurasi paling tinggi pada ketiga jarak yaitu 8, 20 dan 25 cm, yaitu dengan tingkat akurasi mencapai 100%. Akurasi yang paling rendah adalah pada jarak 10 cm dengan tingkat akurasi 96%.

Tabel 12 Persentase Akurasi Pada Pengukuran Objek Kayu

No	Jarak	Persentase Akurasi
1.	8 cm	100%
2.	10 cm	100%
3.	20 cm	100%
4.	25 cm	100%

Berdasarkan tabel 12 diatas, menunjukkan hasil perhitungan akurasi dari sensor ultrasonik dengan objek benda kayu dengan empat macam variabel jarak, yaitu 8 cm, 10 cm, 20 cm dan 25 cm. Dari keempat variabel jarak tersebut, keseluruhannya memiliki akurasi 100 %.

Berdasarkan data tabel dari persentase akurasi di atas, maka dapat digambarkan grafik persentase akurasi dari pengujian pembacaan sensor ultrasonik yang ditunjuk pada gambar 4.5 berikut :



Gambar 7 Grafik Presentase Akurasi

Dilihat dari hasil grafik diatas didapatkan hasil yang ditunjukkan oleh sensor ultrasonik dimana pengujian pengujiannya memperoleh hasil pembacaan sensor yang berbeda pada setiap objek benda. Ada yang memiliki nilai akurasi yang tinggi, ada juga yang memiliki nilai akurasi yang rendah. Pembacaan sensor menunjukan bahwa mayoritas sensor memiliki tingkat keakurasian 100 %, Hasil kesalahan pembacaan sensor terbesar dijarak 8 cm pada pengukuran menggunakan objek art paper yaitu dengan tingkat akurasi 95%.Dan apabila diambil rata rata akurasi dari keseluruhan pengujian maka akan diperoleh hasil :

Total hasil pengujian : Nilai Total maksimum dikalikan dengan 100 dimana Total hasil pengujian adalah 1.586 dibagi dengan Nilai total maksimum 1.600 lalu dikalikan 100 diperoleh rata rata nilai akurasi 99,12 %.

Pengujian Sistem Integrasi

Pada pengujian sistem integrasi ini akan menggabungkan semua elemen yang telah dijelaskan pada awal pembuatan. Pengujian ini akan menunjukkan hasil yang terjadi pada percobaan lalu dan akan dibandingkan dengan perencanaan awal yang telah direncanakan apakah akan sama atau tidak.

Setelah alat dan bahan sudah lengkap dan dirangkai sesuai dengan rancangan menggunakan konfigurasi Ki , Kp dan Kd yang diperoleh melalui hasil trial & erorr dan dilakukan simulasi pemasangan dock pada objek dan pelepasan dock dari objek sesuai dengan perencanaan maka diperoleh hasil dari.

Tabel 13 Hasil Pengujian Sistem Integrasi

No	Perencanaan	Pengujian	Hasil
1	Pemasangan taildock dengan jarak yang telah ditentukan.	Dengan set poin (10 cm) Taildock diberikan perintah “ayo mendekat” .	Taildock mendekat dan berhenti pada jarak 10 cm.
2	Pelepasan taildock berdasarkan jarak minimum yang ditentukan .	Dengan set poin (25 cm) Taildock diberikan perintah “ayo menjauh” .	Taildock menjauh dan berhenti pada jarak 25 cm.
3	Taildock dapat menurunkan kecepatan ketika jarak dengan objek semakin dekat.	Dengan set poin (10 cm) dan diletakkan dengan jarak awal 30 cm. Taildock diberikan perintah “ayo mendekat” .	Kecepatan taildock menurun menyesuaikan pada jarak 25-20 cm ke 20-10 cm.
4	Taildock akan otomatis menjauh jika ada pergerakan mendadak pada bagian ekor pesawat untuk mengindari tabrakan.	Taildock diberi halangan pada sensor pada komdisi taildock tersimulasi (terpasang).	Taildock akan seketika menjauh apabila ada objek yang diberikan pada rentang jarak set point (10 cm) diepan sensor.

Dari tabel 13 diatas dapat dilihat yakni perbandingan dari perencanaan awal dengan hasil pengujian. Untuk semua perencanaan awal yang telah dibuat semua berhasil dicapai pada pengujian sistem integrasi ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan proses mulai dari perencanaan, perancangan sampai pengujian maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Rancang bangun yang digunakan untuk prototipe taildock pesawat ini adalah terbagi menjadi dua bagian. Bagian mekanik dan elektronik. Bagian mekanik dibuat oleh 3d printer dengan bahan pla filament berwarna hitam. Untuk bagian elektronik terdiri dari tiga bagian. Input berasal dari

sensor ultrasonik dan push button. Kemudian diproses oleh Arduino dan di aktuasikan oleh motor DC dan ditampilkan datanya di LCD.

2. Dalam rangka mempercepat waktu perawatan pesawat dan mengurangi resiko terbenturnya tangga dibagian ekor pesawat , prototipe taildock pesawat ini melakukannya dengan cara melakukan proses pemasangan dan pelepasan tangga secara otomatis, tidak perlu dilakukan oleh banyak orang dalam pemasanganya. Sehingga personil perawatan pesawat bisa melakukan pekerjaan lainya. Serta pada prototipe ini menyediakan fungsi pencegahan dari kecelakaan kerja dengan kemampuan tangga untuk menjauh apabila terdapat pergerakan pada ekor pesawat sehingga tabrakan dapat dihindarkan. Pada penilitian ini dibuatlah prototipe menggunakan sensor ultrasonik sebagai input, dengan menghasilkan respon nilai rata-rata akurasi 99,12% pada jarak pembacaan 8 – 25 cm terhadap semua objek benda.

Saran

Dari pembuatan alat ini masih terdapat beberapa hal yang kedepannya bisa ditambahkan agar menambah nilai guna. Berikut adalah beberapa saran yang bisa menambah nilai guna dan juga memperbaiki beberapa hal yang kurang :

1. Melakukan otomatisasi pada penyesuaian ketinggian tangga sehingga tangga dapat digunakan pada berbagai macam jenis pesawat .
2. Melakukan pengintegrasian antara ketinggian dan pemasangan maupun pelepasan dapat dilakukan dengan satu tombol dan dapat dilakukan monitoring dari jauh.

6. DAFTAR PUSTAKA

Amin, M., Ananda, R., & Eska, J. (2019). Analisis penggunaan driver mini Victor L298N terhadap mobil robot dengan dua perintah Android dan Arduino Nano. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*.

Arman, D., & Ermanu, E. (2021). Implementasi Arduino Nano berbasis IoT pada alat proteksi terhadap gangguan tegangan lebih. *Jurnal PSTE Universitas Merdeka Malang*.

Dewadi, F. M., Ermanu, E., & Others. (2024). Konsep pesawat terbang.

Hartono, R., Samosir, F. P. A., & Rusdiansyah, O. (2019). Braking system automation on cars using a distance sensor. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*.

Lami, D. A., Sonalitha, E., & Subairi. (2023, March 11). Perancangan robot tangan terapi stroke menggunakan mikrokontroller Arduino. *Universitas Merdeka Malang*.

Missa, I. K., Lapono, L. A. S., & Wahid, A. (2018). Rancang bangun alat pasang surut air laut berbasis Arduino Uno dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasi*.

Ridwan, A., & Noche, B. (2014). Analyzing process capability indices (PCI) and cost of poor quality (COPQ) to improve performance of supply chain. In *Innovative Methods in Logistics and Supply Chain Management: Current Issues and Emerging Practices. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)* (Vol. 18, pp. 1–12). Berlin: epubli GmbH.

Warpani, S. P. (2002). *Pengelolaan lalu lintas dan angkutan jalan*. Penerbit ITB.