

PEMBUATAN ALAT SIMULASI *DETECTOR FOREIGN OBJECT DAMAGE* PADA PESAWAT BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Ema

Program Studi Avionika
Fakultas Teknik, Universitas Nurtanio Bandung
Jl. Pajajaran No.219, Husen Sastranegara, Kec. Cicendo, Kota Bandung,
Jawa Barat 40174
Email: ema@unnur.ac.id

ABSTRAK

Foreign Object Damage (FOD) adalah objek asing atau material berbahaya di area *runway* dan *apron* yang berpotensi menimbulkan bahaya terhadap keselamatan dan operasi pesawat, FOD sendiri dapat menyebabkan kerusakan pada pesawat. Masalah yang penulis ambil disini dari beberapa kejadian kecelakaan pesawat salah satu penyebabnya adalah adanya benda asing disekitar area pesawat, pada saat penulis melaksanakan praktik kerja lapangan, penulis menemukan benda asing (FOD) berupa kardus yang terbang berada di *runway* Bandara Husein Sastra Negara dan itu sangat berbahaya untuk keselamatan penerbangan.

Pada Penelitian ini penulis membuat alat simulasi *detector* FOD pada pesawat berbasis mikrokontroler arduino, untuk meminimalisir kecelakaan pada pesawat terbang. Alat simulasi *detector* FOD pada pesawat ini dirancang dengan menggunakan Arduino R3, sensor ultrasonik HC-SR04, resistor, LED, LCD, buzzer, driver L298N, motor DC, dan Baterai.

Dalam pembuatan alat ini terdapat beberapa langkah yaitu perancangan blok diagram, *flowchart*, *schematic* diagram, pemasangan komponen, dan program arduino kemudian melaksanakan proses pemasangan alat *detector* FOD pada pesawat. Dan terakhir merupakan uji fungsi alat simulasi *detector* FOD pada pesawat berbasis mikrokontroler arduino.

Alat simulasi *detector* FOD pada pesawat berbasis mikrokontroler arduino dapat bekerja mendekteksi object, pada jarak minimum <40cm akan mengindikasikan visual jarak secara normal akan tetapi *aural warning* dan *warning light* akan aktif secara terus menerus. Pada jarak <35 cm akan mengindikasikan visual jarak secara normal akan tetapi *aural warnig* dan *warning light* akan aktif secara terus menerus dan DC motor akan berhenti secara otomatis (*auto brake*) pada *prototype* pesawat. Dalam keadaan normal tanpa adanya *obsatacle* yang terdeteksi oleh sensor HC-SR04 maka pergerakan pesawat dan seluruh indikator dalam keadaan *stand by*.

Kata Kunci : Alat simulasi *detector* FOD pada pesawat, *Foreign Object Damage*
Email : ema@unnur.ac.id

PENDAHULUAN

Dampak perkembangan teknologi semakin dapat dirasakan seiring dengan meningkatnya kemampuan manusia dalam menciptakan produk teknologi yang serba modern. Dalam dunia penerbangan telah diciptakan berbagai jenis dan tipe pesawat udara dengan sistem peralatan dan kemampuan terbang yang dirancang untuk mengatasi solusi perjalanan jarak jauh dengan waktu yang singkat, maka keselamatan dalam suatu penerbangan semakin diutamakan. Faktor keselamatan dan keamanan merupakan salah satu tanggung jawab penuh dari sebuah perusahaan penerbangan khususnya penerbangan komersial, sesuai dengan misinya yaitu *no space for error*. Jadwal penerbangan yang sangat padat contohnya pada bandara Soekarno-Hatta, Tangerang yang mencapai 783 dalam sehari meskipun jumlah per hari tidak menentu. Oleh karena itu faktor keselamatan penerbangan baik saat di udara atau di darat harus selalu diperhatikan.

Dalam keadaan pesawat *taxi* maupun *parking* keselamatan penumpang menjadi salah satu faktor utama dalam dunia penerbangan. Regulasi yang menunjang pengoperasian juga didapati sering terjadi kesalahan. Salah satunya adalah ditemukannya serpihan benda asing atau *Foreign Object Damage* (FOD) yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan terhadap pesawat. Hal ini sangat menjadi sorotan serta perhatian terhadap dunia penerbangan. Meskipun disetiap bandara dilakukan *sweeping*

terhadap FOD di *runway* dan *apron* sebanyak 3 kali dalam sehari untuk menjaga keamanan dan keselamatan penerbangan akan tetapi masih banyak ditemukannya FOD disekitar landasan pesawat.

Banyak faktor yang menyebabkan benda asing dapat terlihat secara tiba tiba. Beberapa diantaranya yaitu *human factor* dan banyaknya bandara di Indonesia yang berdekatan secara langsung dengan pemukiman penduduk, hal ini sangat menjadi sorotan serta perhatian terhadap keselamatan dunia penerbangan. Di negara Indonesia sendiri kasus terdapatnya benda asing disekitar *apron* sudah sering terjadi. Pada saat penulis melaksanakan praktik kerja lapangan, penulis menemukan benda asing FOD berupa kardus yang terbang berada di *runway* Bandara Husein Sastra Negara.

Dari kejadian tersebut penulis membuat suatu alat untuk mengatasi atau meminimalisir kecelakaan terhadap benda asing yang berada disekitar *runway*. Alat ini juga dilengkapi dengan *instrument* yang mempermudah pilot, copilot, dan teknisi dalam pembacaan, sehingga mempermudah pengerjaan serta tanggap dan cepat dalam mengambil suatu keputusan dalam keselamatan penerbangan. Oleh karna itu, penulis sangat tertarik untuk membuat alat simulasi menggunakan sensor jarak pada Penelitian yaitu dengan judul **“PEMBUATAN ALAT SIMULASI DETECTOR FOREIGN OBJECT DAMAGE (FOD) PADA PESAWAT BERBASIS MICROCONTROLLER**

ARDUINO” di samping itu penulis berharap dengan pembuatan alat simulasi ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa/mahasiswi serta dapat digunakan sebagai alat praktik di laboratorium Universitas Nurtanio Bandung.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diperoleh beberapa rumusan masalah pada Penelitian :

1. Bagaimana cara dari Alat Simulasi *Detector Foreign Object Damage* (FOD) pada Pesawat untuk mendeteksi benda asing atau mencegah kecelakaan akibat adanya benda asing di sekitar pesawat?
2. Bagaimana proses perancangan dari Alat Simulasi *Detector Foreign Object Damage* (FOD) pada Pesawat?
3. Bagaimana cara kerja dari Alat Simulasi *Detector Foreign Object Damage* (FOD) pada Pesawat?

Deskripsi Masalah

Pesawat terbang adalah sebuah alat transportasi udara yang dapat mengangkut penumpang atau muatan barang/*cargo* dengan waktu yang cepat dan efisien. Pesawat terbang memiliki sistem keamanan yang sudah sangat baik, sistem keamanan meliputi sistem keamanan *internal* dan *eksternal*. Sejak ditemukannya pesawat, Salah satunya adalah ditemukannya serpihan benda asing atau *Foreign Object Damage* (FOD) yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan terhadap pesawat. Dalam keadaan pesawat *taxi* maupun *parking* keselamatan penumpang menjadi salah satu faktor utama dalam dunia penerbangan. Regulasi

yang menunjang pengoperasian ini juga didapati sering terjadi kesalahan. Meskipun disetiap bandara dilakukan *sweeping* terhadap FOD di *runway* dan *apron* sebanyak 3 kali dalam sehari untuk menjaga keamanan dan keselamatan penerbangan akan tetapi masih banyak ditemukannya FOD disekitar landasan pesawat.

Faktor yang menyebabkan benda asing dapat terlihat secara tiba tiba. Beberapa diantaranya yaitu human factor dan banyaknya bandara di Indonesia yang berdekatan secara langsung dengan pemukiman penduduk, hal ini sangat menjadi sorotan serta perhatian terhadap keselamatan dunia penerbangan. Di negara Indonesia sendiri kasus terdapatnya benda asing disekitar apron sudah sering terjadi. Pada saat penulis melaksanakan praktik kerja lapangan, penulis menemukan benda asing FOD berupa kardus yang terbang berada di runway Bandara Husein Sastra Negara.

pada alat simulasi ini hanya ber operasi di *ground* dan mengilustrasikan pesawat sedang *taxi* dan alat simulasi ini didesain untuk mencegah dan meminimalisir terjadinya kecelakaan terhadap benda asing dimana sensor yang dipasang di *Nose Wheel* dan *Wing Tip*. Alat simulasi ini juga dilengkapi dengan *AUTO BRAKE*, *LCD*, *LED* dan *Buzzer* untuk mengetahui jarak benda asing tersebut ke pesawat dan memberi suara peringatan dan indikasi lampu *warning*. Dengan adanya alat simulasi ini diharapkan dapat memberikan informasi bagaimana cara kerja mendeteksi benda asing diarea pesawat ketika sedang beroperasi saat di *runway*

(Taxi) dan menyumbangkan kreatifitas ataupun pemikiran dari penulis dengan harapan dapat digunakan sebagai referensi pada proses belajar.

Tinjauan Pustaka

Foreign Object Damage (FOD) adalah kehadiran benda asing dilingkungan bandara menghadirkan bahaya besar bagi keselamatan pesawat. Benda asing (FOD) adalah zat, puing, atau benda asing yang ada disekitar pesawat atau sistem yang berpotensi menyebabkan kerusakan. FOD dapat ditemukan juga dari hilangnya bagian dari pesawat, keretakan *runway*, satwa liar dan puing-puing konstruksi. Item FOD yang umum adalah suku cadang pesawat, pecahan ban, peralatan mekanik, paku, suku cadang bagasi, trotoar rusak, dan bahan material lainnya. Identifikasi FOD di bandara memerlukan pengamatan rutin oleh personel bandara, atau secara kebetulan oleh pilot pesawat yang beroperasi di *runway* bandara.

FOD dapat tertelan dalam mesin pesawat, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada pesawat atau menyebabkan kecelakaan. Dapat juga merusak atau tersangkut dimekanisme pengoperasian pesawat atau merusak ban pesawat.

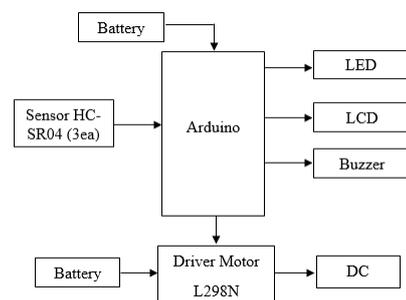
Federal Aviation Administration (FAA) mengharuskan bandara dengan layanan maskapai penerbangan atau sertifikasi *Part 139* untuk melakukan inspeksi mandiri setiap hari. *Advisory Circular (AC) "Airport Safety Self-Inspection"* menguraikan proses yang harus digunakan bandara untuk memeriksa

dan menghapus FOD dari landasan pacu, *taxiway*, *apron*.

FAA mendorong operator bandara untuk menerapkan program pelatihan benda benda asing. Program ini membantu operator bandara mencegah *human error* melalui kesadaran dan pelatihan untuk mendeteksi melalui inspeksi dan peralatan manual, penghapusan menggunakan peralatan, dan evaluasi program dengan mengumpulkan data untuk mencari cara untuk melakukan perbaikan.

Blok Diagram

Blok diagram adalah sebuah gambaran dari sistem atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotak berlabel dan hubungan yang digambarkan diberi garis penghubung untuk mempermudah dan memahami proses pembuatan serta sistem kerja alat simulasi *Detector (FOD)* Pada Pesawat Berbasis *Microcontroller Arduino* maka dibuat blok diagram seperti Gambar 1. Blok diagram ini menjelaskan cara kerja alat :



Gambar 1 Blok Diagram Alat Simulasi *Detector (FOD)* Pada Pesawat Berbasis *Microcontroller Arduino*

Prinsip Kerja Blok Diagram

a) Battery 9V

Battery 9V yaitu suatu komponen yang dapat menyediakan energi listrik. Battery dapat mengubah energi kimia yang disimpan menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik. Pada alat ini penulis menggunakan dua buah battery, battery yang digunakan adalah 9V yang tidak dapat diisi ulang kembali. Battery ini berfungsi untuk menyalurkan tegangan DC pada mikrokontroler dan driver L298N, sehingga alat ini dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya masing-masing.

b) Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sistem ini menggunakan 3 buah sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi sebagai input dari rangkaian ini, gelombang yang dipancarkan oleh transmitter sensor HC-SR04 dipancarkan secara terus menerus dan akan merambat dengan kecepatan sekitar 340m/s. Ketika sinyal pancaran tersebut mengenai suatu object maka sinyal tersebut akan memantul kembali dan mengenai receiver sensor HC-SR04 dan sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak object tersebut.

c) Arduino R3

Blok proses dilakukan oleh mikrokontroler Arduino R3.

Mikrokontroler Arduino akan menerima masukan ketika sinyal gelombang Ultrasonik yang dipancarkan oleh transmitter sensor Ultrasonik ke obstacel yang kemudian sinyal tersebut akan terpantul dan diterima oleh receiver sensor Ultrasonik.

d) Indikator (LED, LCD, dan Buzzer)

Blok output pada pembuatan alat ini penulis menggunakan LCD untuk menampilkan dan mengetahui jarak dari suatu object. Selain itu, lampu LED dan Buzzer juga dimanfaatkan sebagai indikator aural warning bahwa object sudah mendekati pesawat diatas jarak minimum yang sudah di tentukan.

e) Driver Motor L298N

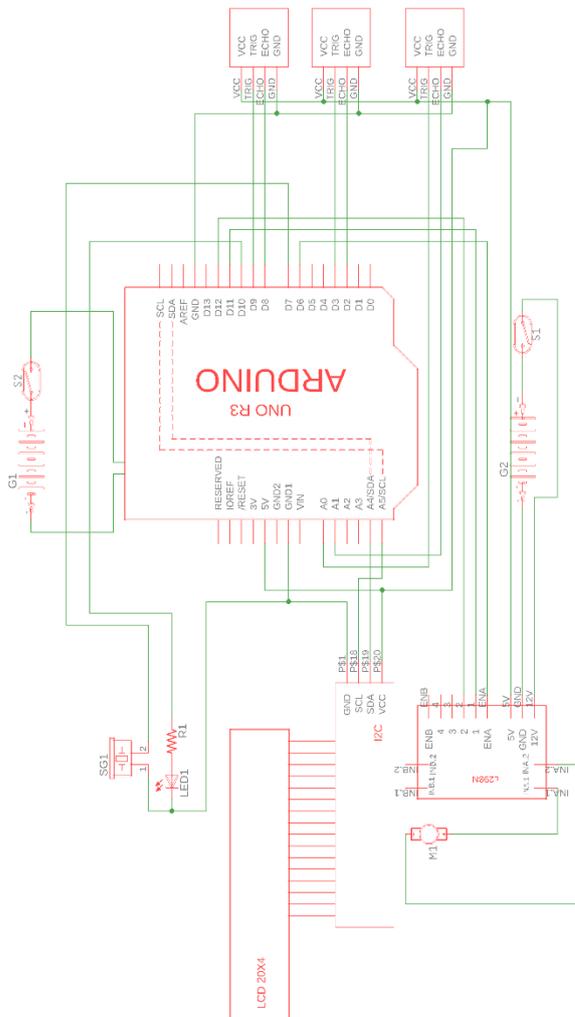
Driver motor L298N yang berfungsi untuk mengatur kecepatan yang kita inginkan sehingga DC Motor dapat bekerja sesuai dengan program yang telah ditentukan.

f) DC Motor

DC Motor yang di lengkapi dengan Gearbox ini adalah sebagai sistem pemindah tenaga, sehingga unit prototype pesawat tersebut dapat bergerak menghasilkan sebuah pergerakan. Oleh karna itu penulis memasang DC motor pada prototype tersebut mengilustrasikan bahwa seolah-olah pesawat dalam keadaan taxi.

Schematic Diagram Sistem EGPWS berbasis Mikrokontroler

Schematic diagram berfungsi untuk memberikan pemahaman tentang fungsi dan cara kerja dari suatu instalasi secara rinci,



menggambarkan rangkaian dalam bentuk simbol beserta sambungannya. *Schematic* diagram Alat *Detector* FOD Pada Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino pada Gambar 2.

Gambar 2 *Schematic* Alat *Detector* FOD Pada Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino

Pada Gambar 2 terdapat 3 sensor ultrasonic yang dapat mempengaruhi proses dan output system. Ketiga sensor ini nantinya akan memberi sinyal input-an, kemudian akan diproses pada mikrokontroler Arduino Uno. Dimana sensor ultrasonic ini masing-masing memiliki 4 pin, yaitu pin VCC, pin GND, pin Trigger, dan pin Echo. Untuk seluruh sensor ultrasonic yaitu pin VCC dihubungkan ke pin 5V Arduino Uno, pin GND sensor ultrasonic dihubungkan ke pin GND Arduino Uno. Untuk sensor ultrasonic yang pertama, pin Trigger dihubungkan ke pin 3 Arduino Uno, dan pin Echo dihubungkan ke pin 2 Arduino Uno. Selanjutnya yaitu untuk sensor ultrasonic yang kedua, pin Trigger dihubungkan ke pin A0 Arduino Uno dan pin Echo dihubungkan ke pin A1 Arduino Uno. Kemudian untuk sensor ultrasonic yang ketiga, pin Trigger dihubungkan ke pin 9 Arduino Uno dan pin Echo dihubungkan ke pin 8 Arduino Uno.

Pada pemasangan komponen mikrokontroler yang digunakan untuk membuat sistem ini adalah Arduino Uno. Arduino Uno memiliki 32 pin secara keseluruhan dan mikrokontroler ini menggunakan prosesor ATmega328P. Sehingga, saat Arduino Uno menerima tegangan 9V dari baterai, maka Arduino Uno akan mengeluarkan

tegangan sebesar 5V yang digunakan sebagai sumber tegangan dari 3 buah sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi apakah ada benda atau tidak, kemudian menghentikan atau menjalankan DC motor, dan sebagai sumber tegangan untuk LED dan Buzzer untuk mengaktifkan secara otomatis.

Yang dihasilkan dari rangkain blok output diantaranya motor DC, motor DC ini yaitu digunakan untuk menggerakkan wheel dari pesawat maju dan berhenti. Pesawat dalam keadaan taxi ketika sensor ultrasonik mendeteksi adanya obstacle di jarak minimum yang sudah ditentukan maka dengan otomatis putaran DC motor ini akan berhenti. Motor DC memiliki 2 kaki, dimana 2 kaki tersebut diantaranya dihubungkan ke pin output motor driver L298N untuk mengatur

putaran motor searah jarum jam atau sebaliknya . Kemudian pin ENA, IN1, IN2, pada motor driver L298N dihubungkan ke pin 6, pin 11, pin 12, pada Arduino Uno untuk mengontrol kecepatan perputaran motor DC. Kemudian, pin 12V dan pin GND pada motor driver L298N dihubungkan ke battery DC. Selanjutnya pin 5V pada motor driver L298N dihubungkan ke pin 5V Arduino.

Selanjutnya yaitu komponen yang termasuk dalam blok output adalah LCD, LED dan Buzzer. LCD 20x4 dengan tambahan chip

module I2C untuk mempermudah dalam mengakses LCD yang berfungsi untuk pembacaan jarak, contohnya dengan menggunakan modul I2C maka hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND yang masing masing di hubungkan sesuai dengan nama yang terdapat di Arduino.

Kemudian pada blok output ini juga terdapat LED dan Buzzer. LED memiliki 2 kaki yaitu Anoda dan Katoda, kaki Anoda dan resistor dihubungkan ke kaki pin 10 Arduino Uno, kaki Katoda dihubungkan ke pin GND Arduino Uno. Buzzer juga memiliki 2 kaki yaitu positif dan negatif, kaki positif dihubungkan ke pin 7 Arduino Uno, kaki negatif dihubungkan ke kaki GND.

Pemasangan Alat *Detector* FOD Pada Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino.

Setelah dilakukannya proses pemograman serta pemasangan beberapa komponen dalam pembuatan alat simulasi ini. Selanjutnya penulis melakukan pemasangan terhadap media pesawat yang bertujuan agar komponen-komponen yang telah dihubungkan dan diprogram menjadi suatu fungsi dapat digunakan dengan baik dan sesuai dengan tujuan dari pembuatan alat simulasi ini, seluruh sensor akan dipasang pada *prototype* pesawat yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 di bawah ini.



Gambar 3 pemasangan Alat *Detector* FOD Pada Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino



Gambar 4 pemasangan Alat *Detector* FOD Pada Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino

UJI FUNGSI & ANALISIS

Pada tahap uji fungsi ini dilakukan agar dapat mengetahui keakuratan dan kinerja dari perangkat yang sudah dirancang dan dibangun sebelumnya apakah bekerja dengan baik dan berfungsi sebagaimana mestinya.

A. Pengujian dan Analisis Sensor

Ultrasonik HC-SR04

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keakuratan sensor ultrasonik yang akan digunakan.

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai yang terbaca dari sensor ultrasonik dengan penggaris yaitu dengan cara memberi benda didepan sensor ultrasonik. *Obstacel* yang digunakan dari setiap percobaan ini berbeda beda dengan menggunakan benda bidang datar (percobaan 1) dan benda bidang miring/tidak (percobaan 2).

1. Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan benda datar. Pengujian seluruh sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan benda bidang datar (Percobaan 1) dapat dilihat pada Gambar 5 dan Table 1.



Gambar 5 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tabel 1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Jarak Penggaris	Left	Middle	Right	Rata-rata	Error
10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	0%
20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	0%
30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	0%
40 cm	40 cm	40 cm	40 cm	40 cm	0%
50 cm	49 cm	49 cm	50 cm	49,3 cm	-1,4%
100 cm	98 cm	97 cm	99 cm	98 cm	-2%

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 1 terlihat bahwa pengukuran menggunakan benda datar menunjukkan nilai yang hampir sama dengan nilai mistar

(Penggaris). Hanya terjadi persentase kesalahan yang kecil dari pengujian ini menandakan bahwa sensor ultrasonik bekerja dengan cukup baik.

2. Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan benda miring.

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan benda bidang miring/tidak rata (Percobaan 2) dapat dilihat pada Gambar 6 dan Table 2.



Gambar 6 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tabel 2 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Jarak Penggaris	Left	Middle	Right	Rata-rata	Error
10 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	10%
20 cm	21 cm	21 cm	21 cm	21 cm	5%
30 cm	32 cm	30 cm	31 cm	31 cm	3,33%
40 cm	41 cm	39 cm	41 cm	40,3 cm	0,75%
50 cm	51 cm	50 cm	51 cm	50,6 cm	1,2%
100 cm	99 cm	99 cm	99 cm	99 cm	-1%

Pada Tabel 2 pengujian tahap ini terlihat bahwa pengukuran menghasilkan persentase kesalahan yang cukup besar disebabkan karena benda yang tidak rata atau benda miring. *Transmitter* yang dikirimkan tidak mengenai bidang yang rata sehingga ketidak stabilan *receiver* untuk menerima pantulan dari benda tersebut.

B. Pengujian dan Analisis Indikator

Pada pengujian indikator ini meliputi *buzzer* dan LED. Proses pengujian ini untuk mendapatkan hasil yang baik dalam system *aural warning*, dari proses pengukuran jarak yang melalui sensor ultrasonik. Dalam program yang sudah dibuat bahwa pada jarak $< 40\text{cm}$ akan mengindikasikan visual jarak secara normal akan tetapi *aural warnig* dan *warning light* akan aktif secara terus menerus. Berikut adalah hasil pengujian *buzzer* dan LED dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 3.



Gambar 7 Pengujian Indikator

Tabel 3 Pengujian Indikator

Jarak	LED			Buzzer			Ket
	Sensor R	Sensor M	Sensor L	Sensor R	Sensor M	Sensor L	
30 Cm	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	BAIK
35 Cm	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	BAIK
40 Cm	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	BAIK
50 Cm	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	BAIK

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 3 merupakan uji fungsional pada *Buzzer* dan LED. Hasil pengujian *Buzzer* dan LED bekerja dengan baik pada saat nilai pengukuran jarak $\leq 40\text{cm}$ dan tidak berfungsi pada saat nilai pengukuran jarak $\geq 40\text{cm}$ dengan demikian *Buzzer* dan LED bekerja dengan baik dan normal sesuai dengan yang sudah diprogram.

C. Pengujian dan Analisis Motor DC

Pengujian motor DC dilakukan untuk mengetahui apakah motor

DC berfungsi dengan baik atau tidak. Proses pengujian ini untuk mendapatkan hasil yang baik dalam system *auto brake*, dari proses pengukuran jarak yang melalui sensor ultrasonik yang sudah diprogram untuk menentukan pada jarak minimum pesawat harus berhenti. Dalam program yang sudah dibuat bahwa pada jarak < 35 cm akan mengindikasikan visual jarak secara normal akan tetapi *aural warnig* dan *warning light* akan aktif secara terus menerus dan DC motor akan berhenti secara otomatis (*auto brake*) pada *prototype* pesawat akan berkerja. Proses pengujian ini dilakukan dengan cara dua tahap yaitu yang pertama dalam keadaan pesawat diam (tidak menyentuh *ground*) dan pengujian yang kedua yaitu pesawat dalam keadaan bergerak seolah-olah dalam kondisi *taxi*. Berikut adalah Gambar 8 dan Table 4 dari hasil pengujian motor DC ketika kondisi pesawat diam.



Gambar 8 Pengujian Motor DC Dalam Kondisi Diam

Tabel 4 Pengujian Motor DC Dalam Kondisi Diam

Jarak	Kondisi Pesawat						Ket
	Sensor R	Sensor M	Sensor L	Sensor R	Sensor M	Sensor L	
20Cm	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Baik
30Cm	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Berhenti	Baik
35Cm	Berputar	Berputar	Berputar	Berputar	Berputar	Berputar	Baik
40Cm	Berputar	Berputar	Berputar	Berputar	Berputar	Berputar	Baik

Pada hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 pengukuran *warning*

auto brake menunjukkan bahwa DC motor bekerja dengan baik. Waktu tempuh yang pasti tidak mengalami perubahan yang disebabkan sensor ultrasonik dan objek yang ada didepannya dalam keadaan posisi diam (tidak bergerak). Pengukuran yang dihasilkan pasti sehingga DC motor dapat berhenti dengan nilai minimum yang sudah diprogram.

Selanjutnya adalah pengujian dalam keadaan pesawat bergerak seolah - olah dalam kondisi *taxi*. Berikut adalah Gambar 9 dan Table 5 dari hasil pengujian motor DC dalam keadaan pesawat bergerak (*taxi*).



Gambar 9 Pengujian Motor DC Dalam Kondisi *Taxi*.

Tabel 5 Hasil Pengujian Fungsional Motor DC Dalam Kondisi *Taxi*

Sensor	Jarak minimum	Kondisi	Jarak Object
Right	35 cm	Berhenti	11 cm
Middle	35 cm	Berhenti	12 cm
Left	35 cm	Berhenti	10 cm

Tabel diatas ini merupakan hasil pengukuran *warning auto brake* yang dilakukan terhadap sensor yang terpasang pada pesawat, dan dilakukan percobaan dengan kondisi pesawat bergerak (*taxi*). Hasil pengujian motor DC dengan sensor ultrasonik yang diolah oleh Arduino yang sudah di program untuk menentukan pada jarak minimum motor DC

harus berhenti. Dalam program yang sudah dibuat bahwa pada jarak < 35 cm akan mengindikasikan visual jarak secara normal akan tetapi aural warnig dan warning light akan aktif secara terus menerus dan DC motor akan berhenti secara otomatis (auto brake) pada prototype pesawat akan berkerja, Tetapi dari hasil pengukuran seluruh sensor menunjukkan dengan jarak 35 cm dari perhitungan mistar, sensor sudah dapat mendeteksi adanya objek didepan pesawat tetapi dikarenakan pesawat dalam kondisi bergerak dan waktu tempuh transmitter dan receiver yang tidak pasti dapat mengalami perubahan terhadap sensor yang berkerja maka pesawat tidak berhenti pas dijarak yang telah ditentukan. Namun kurang tepatnya pesawat ini berhenti dijarak yang sudah ditentukan bukan menjadi suatu permasalahan karna jarak pesawat terhadap object masih cukup jauh dan aman. Karena dalam prakteknya pesawat tidak dapat langsung secara tiba - tiba berhenti mendadak.

Kesimpulan

Dari pembahasan masalah diatas penulis mendapatkan beberapa kesimpulan dari pembuatan alat simulasi Detector FOD Pada Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino uno yaitu sebagai berikut:

1. Pembuatan alat simulasi ini dibuat dengan indikator peringatan berupa *aural warning*, *warning light* dan *auto brake*. Indikator ini untuk mendeteksi atau

mengurangi kecelakaan akibat adanya benda asing di sekitar pesawat.

2. Perancangan Alat Simulasi Detector FOD Pada Pesawat Berbasis Mikrokontroler Arduino ini dirancang dengan membuat blok diagram sebagai rancangan system secara umum, *flowchart* sebagai tahapan pemograman, *design schematic* diagram menggunakan software *eagle* untuk mempermudah pada saat menghubungkan seluruh komponen dan alat ini dapat digunakan dengan sesuai harapan
3. Pembuatan alat ini menggunakan sensor ultrasonik yang dipasang dibagian bawah *nose wheel* dan disebelah kanan dan kiri *wing tip* pesawat yang bertujuan untuk mendeteksi terhadap benda asing yang berada disekitar pesawat. Sensor HC-SR04 memancarkan gelombang ultrasonik secara terus menerus, ketika sensor mendeteksi *obstacle* yang ada disekitar pesawat dengan jarak minimum maka indikator akan berkerja dan dalam keadaan normal tanpa adanya *obstacle* yang terdeteksi oleh sensor HC-SR04 maka pergerakan pesawat dan seluruh indikator dalam keadaan *stand by*.

Daftar Pustaka

1. D. Chattopadhyay, P.C Rakshit, B. Saha dan N.N. Purkait, *Dasar Elektronika*, Institut Fisika Radio & Elektronika, Universitas Calcuta, Calcutta
2. D.Supriatno, V.A.Hadid, R.Agustina, D.W. Wibowo. *Microcontroler Arduino Untuk*

- Pemula, www.Jasakom.com, Jakarta, 2019.
3. EASA (2007) Aircraft Maintenance Technic Handbook Human Factor
 4. FAA book, Section 7. Taxi and Ground Movement Procedures
 5. Fajar Nugroho, Teori Penerbangan, Bab 1 Struktur Pesawat, (2008).
 6. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/lcd-liquid-cristal-display>
 7. <https://www.ardutech.com/pengukur-jarak-dengan-arduino-dan-sensor-ultrasonik/>
 8. <https://www.faa.gov/newsroom/foreign-object-debris-fod?newsId=15394>
 9. Owen Bishop, “Dasar-Dasar Elektronika”, Terjemahan, Irzam Harmein, Erlangga, Jakarta, 2004.

