

PEMBUATAN SIMULASI SISTEM *MONITORING FOREIGN OBJECT DEBRIS (FOD) DETECTOR FOR RUNWAY* BERBASIS *LABVIEW* DAN *ARDUINO*

MUHAMMAD BAGUS YOGI SETYAWAN
NPM. 40401118017

Email: muhammadbagusyogisetyawan@gmail.com

Pembimbing: Johanes Adi P.,S.T., M.T.

Program Studi Listrik Pesawat, Fakultas Teknik, Universitas Nurtanio Bandung

ABSTRAK

Pesawat merupakan moda transportasi yang di rancang dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang tinggi, untuk itu diperlukan pengawasan terhadap adanya objek asing di sepanjang *runway*, sehingga diperlukan alat pendukung darat atau *ground support equipment (GSE)* yaitu *foreign object debris (FOD) detector*. Pembuatan dan perancangan simulasi *FOD detector* ini menggunakan *arduino uno*, sensor *ultrasonic HC-SR04*, *motor servo*, led dan *buzzer*. Sedangkan untuk menampilkan hasil deteksi alat ini dihubungkan komputer dengan menggunakan komunikasi serial dengan software *labview*.

FOD detector kemudian diuji untuk mendeteksi beberapa objek agar memastikan dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Pada percobaan ini objek yang dideteksi bervariasi, baik bentuk dan ukurannya serta jaraknya.

Dari hasil uji fungsi, *FOD detector* dapat mendeteksi dan dapat menampilkan posisi dan jarak objek pada tampilan software *labview*, serta memberikan *warning* baik *buzzer* maupun indikator pada tampilannya. Namun kemampuan alat ini masih mempunyai keterbatasan dalam hal jarak jangkauan sensor terhadap objek, yaitu dengan jarak maksimal 4 meter dari letak objek. Penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan dengan menggunakan sensor yang memiliki jarak jangkauan lebih jauh.

Kata Kunci : *FOD Detector, Labview, Arduino, Sensor Ultrasonic.*

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pesawat merupakan moda transportasi dengan tingkat keamanan yang tinggi dalam meminimalisir kecelakaan baik di darat maupun di udara dengan memiliki fasilitas *internal* maupun *external*. Fasilitas *internal* merupakan pendukung keamanan di dalam bandara, sedangkan fasilitas *external* merupakan keamanan di luar bandara.

Di setiap bandara memiliki alat pendukung darat atau *Ground Support Equipment* yang dapat memudahkan kegiatan penerbangan saat di darat, salah satunya yang berfungsi untuk mendeteksi *area runway* dari benda asing saat pesawat akan melakukan *take off* maupun *landing*.

Foreign Object Debris (FOD) merupakan benda asing atau material yang meliputi puing-puing kecil akibat *crash* suatu alat, benda yang lepas dari tempatnya, *tools* yang tertinggal, satwa liar, dan bahkan manusia sekalipun disebut FOD. Secara umum FOD memiliki konsep keamanan dan *quality control* dalam penerbangan karena sangat berbahaya untuk operasional penerbangan di landasan pacu atau *runway*.

FOD terbagi menjadi dua:

1. *Foreign Object Debris*

Foreign Object Debris merupakan objek asing atau material yang berada di area *runway* (landasan pacu) yang berpotensi menimbulkan suatu bahaya terhadap keselamatan dan operasi pesawat.

2. *Foreign Object Damage*

Foreign Object Damage merupakan kerusakan yang disebabkan oleh *Foreign Object Debris* atau benda asing yang dapat mengganggu fungsional, kualitas, atau nilai ekonomis barang yang diproduksi.

Prinsip kerja FOD *Detector For Runway* memanfaatkan pantulan gelombang suara terhadap suatu objek yang diterima sehingga dapat digunakan untuk menafsirkan ekstensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu.

Penulis tertarik untuk membuat sebuah simulasi pendeteksi benda asing yang dapat membantu atau memudahkan pekerjaan dalam menemukan FOD pada landasan pacu atau *runway*.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang alat Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* dan *Arduino* serta pengaplikasiannya pada *Runway* atau landasan pacu?
2. Bagaimana cara membuat alat Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* dan *Arduino* serta pengaplikasiannya pada *Runway* atau landasan pacu?
3. Bagaimana cara kerja alat Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* dan *Arduino* serta pengaplikasiannya pada *Runway* atau landasan pacu?

C. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dari penelitian Tugas Akhir sebagai berikut:

1. Dapat memberikan gambaran dalam perancangan dan pembuatan Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* dan *Arduino*.
2. Dapat mempermudah pekerjaan dalam menemukan *Foreign Object Debris* pada *runway*.

3. Menambah wawasan mengenai alat pendeteksi *Foreign Object Debris* pada *runway*.
4. Dapat digunakan sebagai pembelajaran dan referensi di lingkup laboratorium.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditemukan dalam perancangan Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* dan *Arduino* adalah sebagai berikut:

1. Sensor *ultrasonic* memiliki kelemahan pada benda berbentuk tabung.
2. *Power supply* *arduino* mengikuti daya dari pc atau laptop.
3. Ukuran benda yang terdeteksi kurang lebih sebesar baut.

LANDASAN TEORI

A. *Foreign Object Debris Detection*

Berdasarkan survei yang dilakukan oleh *Civil Aviation Administration of China* yang dimuat pada artikel *iopscience*, lebih dari 4.500 kasus ban pesawat bocor yang diakibatkan oleh benda asing di landasan pacu pernah terjadi pada Mei 2007 hingga April 2008. Objek benda-benda asing yang

umumnya terdapat di landasan pacu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bolt Yang Lepas Dari Tempatnya.

Departemen operasi penerbangan global telah memberikan perhatian yang cukup untuk memastikan keselamatan terbang. Sebagai contoh, bandara-bandara besar di China telah didirikan komite tata kelola FOD guna pencegahan terjadinya kecelakaan yang diakibatkan oleh objek benda asing. Benda asing di *runway* tidak hanya dapat merusak pesawat dan membahayakan nyawa tetapi menyebabkan masalah operasional yang serius bagi maskapai dan bandara sehingga membuat kerugian ekonomi yang besar.

Pada tahun 1996, *American Air Transport Association* menghitung insiden FOD dari 23 *Group Airlines* dalam waktu tiga tahun, data menunjukkan bahwa kerugian tahunan rata-rata mencapai 7,4 juta dolar AS.

B. *Arduino Uno*

Arduino merupakan pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware arduino uno* memiliki prosesor Atmel AVR dan *Software* memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja, tinggal dihubungkan ke *power supply* atau melalui kabel USB ke PC, *Arduino Uno* ini sudah siap bekerja. *Arduino* memiliki 14 pin *digital input/output*, 6 *analog input*, sebuah resonator keramik 16MHz, koneksi USB, colokan *power input*, ICSP header dan sebuah tombol *reset*. Komponen *arduino* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Arduino Uno*.

Uno berbeda dari semua *board* mikrokontroler yang dulu tidak menggunakan *chip* khusus *driver USB-to-serial*. Sebagai penggantinya penerapan *USB-to-serial* adalah ATmega16U2 versi R2 (versi sebelumnya ATmega8U2).

C. *Ultrasonic HC-SR04*

Aldy Razor (2020), Sensor Ultrasonic Arduino HC-SR04 : Cara Kerja dan Program. Sensor *Ultrasonic HC-SR04* merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang suara yang sering digunakan untuk mengukur jarak suatu benda. Objek yang mampu terdeteksi oleh sensor ini

berjarak 2 cm hingga 4 m. Gambar *Ultrasonic HC-SR04* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sensor *Ultrasonic HC-SR04*.

Pin Vcc digunakan untuk *power supply* listrik positif, pin Gnd sebagai *ground power supply*, Pin *Trigger* sebagai pemicu atau *transmit* sinyal dari sensor, dan pin *Echo* sebagai *receive* atau menangkap sinyal pantul dari suatu objek. Kedua tabung yang ada di di sensor memiliki fungsi yang berbeda. Tabung yang memiliki huruf T merupakan *Transmitter* atau pemancar gelombang suara, sedangkan tabung yang memiliki huruf R merupakan *Receiver* atau penerima gelombang suara.

D. *Light Emitting Diode*

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED merupakan komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED terbuat dari bahan semikonduktor sama seperti dioda pada umumnya.

Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada

Remote Control TV atau *Remote Control* perangkat elektronik lainnya. Gambar LED dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Macam-Macam LED.

Cara kerja LED sama dengan dioda yang terbuat dari semikonduktor pada umumnya dengan dialiri tegangan maju atau *bias forward* dari anoda menuju katoda. LED terdiri dari sebuah *chip* semikonduktor yang di *doping* sehingga menciptakan *junction* P dan N.

E. *Motor Servo SG90*

Motor *servo* merupakan sebuah perangkat atau *actuator* putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (*servo*), sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor.

Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran *servo*, sedangkan sudut dari sumbu motor *servo* diatur berdasarkan lebar *pulse* yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor *servo*. Gambar motor *servo* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Motor Servo SG90.

Prinsip kerja motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal *Pulse Wide Modulation* atau PWM melalui kabel kontrol. Dengan metode PWM dapat dihasilkan gerakan servo yang cukup akurat dengan resolusi yang kita sesuaikan dengan keinginan kita.

F. Resistor

Resistor merupakan komponen Elektronika *Passive* yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian Elektronika. *Resistor* atau dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan Hambatan atau Tahanan dan biasanya disingkat dengan Huruf "R".

Satuan Hambatan atau *Resistance Resistor* adalah OHM (Ω). Sebutan "OHM" ini diambil dari nama penemunya Georg Simon Ohm yang merupakan seorang Fisikawan Jerman. Dalam membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian Elektronika, *Resistor* bekerja berdasarkan Hukum Ohm.

G. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*. Kumparan tersebut akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada *diafragma* maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan *diafragma* secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara.

Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (*alarm*). Komponen *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Buzzer.

H. Software Labview

Labview merupakan sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh *National Instruments* dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, *matlab* atau *Visual Basic*, *Labview* juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa *labview* menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau *block diagram* sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis *text*. Program *labview* dikenal dengan sebutan Vi atau *Virtual Instruments* karena

penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument*.

I. *Serial Communication*

Komunikasi secara *serial* menjadi pilihan utama dikarenakan jumlah penghantar yang digunakan bisa lebih irit daripada komunikasi *paralel*, sebab kata "*serial*" berarti mengirim satu bit data dan selanjutnya diikuti oleh bit-bit data yang lain pada jalur yang sama. Karena melalui jalur yang sama maka potensi kecepatan komunikasi *serial* tidak secepat potensi komunikasi *paralel*.

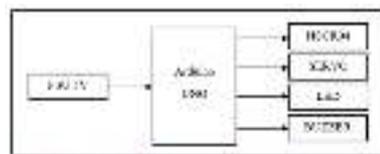
Hal yang paling penting dalam menghubungkan dua perangkat komunikasi *serial* dengan memastikan bahwa kedua perangkat berkomunikasi di konfigurasi yang sama.

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Perancangan Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino*

1. Blok Diagram Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino*

Blok diagram merupakan gambaran satu bentuk proses untuk sistem yang terkontrol dalam bentuk rekayasa yang dimiliki masing-masing komponen dengan urutan paling awal berbentuk kotak dan memiliki garis penghubung. Agar mudah dipahami cara kerja dan proses pembuatan alat, maka penulis membuat alur atau blok diagram. Blok diagram dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram *FOD Detector*.

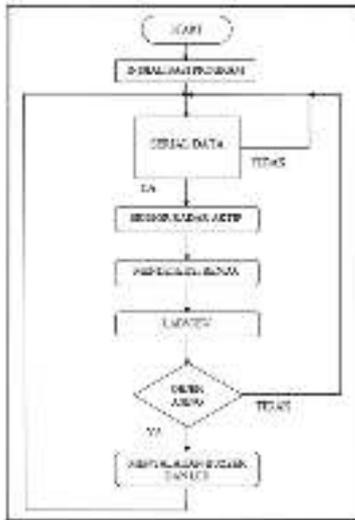
2. Prinsip Kerja Blok Diagram

Blok diagram pada "*Sistem Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino*" menggunakan *power supply* yang bersumber dari pc atau laptop melalui kabel usb. *Servo* yang telah terhubung pada pin vcc, gnd dan pin 12 *arduino* akan bekerja sesuai dengan program yang telah di *upload* ke *arduino uno*.

LED mendapat *input* dari *arduino* yang kaki positif terhubung pada *resistor* 10k Ω yang dihubungkan pada pin 13 *arduino*, kemudian pin negatif LED dihubungkan pada *ground arduino*. Kaki positif *Buzzer* dihubungkan ke pin 9 *arduino* dan kaki negatif dihubungkan ke *ground arduino*.

3. *Flowchart*

Flowchart merupakan suatu bagan dengan simbol-simbol yang mengembangkan urutan proses secara keseluruhan dalam pemrograman. Tujuan membuat *flowchart* sebagai tahapan awal dalam memprogram mikrokontroler *arduino*. *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Flowchart.

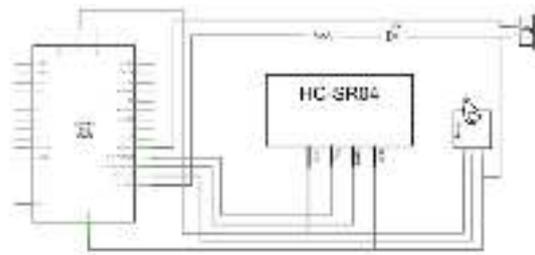
Pada *Flowchart* tersebut data serial yang digunakan menggunakan *serial communication 4* dengan 8 bit yang berfungsi mengirim dan menerima data secara bersamaan. Data serial pertama dikirim dari *labview* melalui *serial communication 4* ke *arduino* dan data serial dikirim secara terus menerus, kemudian *arduino* mengirim data tersebut ke sensor *ultrasonic*. Jika tidak ada perubahan nilai atau nilai tetap maka *arduino* mengirim data tersebut melalui *serial communication 4* ke *labview*, lalu ditampilkan pada grafik bahwa tidak ada *object* yang terdeteksi.

Apabila terdapat perubahan nilai pada *ultrasonic*, maka *arduino* mengirimkan nilai tersebut melalui *serial communication* ke *labview* dan ditampilkan pada grafik bahwa terdapat *object* yang telah terdeteksi oleh sensor *ultrasonic*, selanjutnya *labview* mengirimkan data serial terbaru ke *arduino* untuk menjalankan perintah pengaktifan led dan *buzzer*.

labview yang dibaca oleh *visa read* yang kemudian ditampilkan pada grafik *labview*.

4. Schematic Diagram Sistem Monitoring FOD Detector For Runway Berbasis Labview Dan Arduino

Schematic diagram dibuat untuk memudahkan dalam pemasangan komponen elektronika yang digambarkan secara simbol beserta sambungannya. *Schematic* diagram dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Schematic Diagram.

UJI FUNGSI DAN ANALISA

Uji Fungsi

Uji fungsi bertujuan untuk mengetahui Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway Berbasis Labview Dan Arduino* dapat bekerja dengan baik sekaligus sebagai bahan evaluasi apabila terjadi kesalahan atau kegagalan pada alat tersebut.

Uji Fungsi Pengaktifan Alat Simulasi Sistem Monitoring FOD Detector For Runway Berbasis Labview Dan Arduino

Uji fungsi pada pengaktifan alat ini penulis melakukan langkah awal dalam pengoperasian dengan cara memberikan *power* atau daya pada

alat tersebut dengan cara menghubungkan *port* usb alat ke laptop. Saat *port* usb telah terhubung dengan pc, alat tersebut otomatis aktif dengan ditandai oleh respon dari *servo* yang bergerak pada posisi 0° sebagai titik awal dari pergerakan. Uji fungsi pengaktifan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



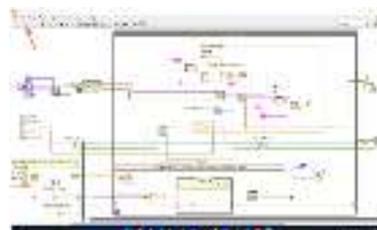
Gambar 4.1 Uji Fungsi Pengaktifan.

2. Uji Fungsi Pengoperasian Alat Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino*

Pada uji fungsi ini penulis akan melakukan pengoperasian pada Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino*. Saat alat telah mendapat *power supply* dari pc, alat tersebut tidak beroperasi secara otomatis karena pada sistem *monitoring* diperlukan suatu *software* untuk menampilkan grafik. Pada saat perancangan Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* telah dibuat satu program *labview* yang berfungsi sebagai grafik dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Untuk dapat mengoperasikan alat ini penulis akan menjalankan program *labview* dengan cara membuka program yang telah dibuat, selanjutnya

klik *run* pada *software labview*, secara bersamaan grafik dan alat akan beroperasi dengan gerakan 180° bolak-balik. Penggunaan program *labview* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Program *Labview*.

Saat program tersebut telah dijalankan, maka tampilan akan berubah menjadi grafik seperti radar. Tampilan laptop dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Uji Fungsi Pengoperasian.

3. Uji Fungsi Pengoperasian Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* Mendeteksi Objek

Pada uji fungsi ini penulis akan melakukan pengujian Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* dalam mendeteksi suatu objek atau benda asing. Langkah awal untuk melakukan uji fungsi ini penulis memastikan alat telah mendapat *power supply* dari pc, dan penulis menjalankan program *labview*. Selanjutnya melakukan pengetesan dengan cara meletakkan suatu benda di atas

miniatur *runway*. Pengujian mendeteksi objek dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Uji Fungsi Mendeteksi Objek.

B. Analisa

Ketika penulis telah melakukan tahap pengujian pada uji fungsi Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino*, penulis melakukan analisa dan menemukan suatu masalah pada program *labview* dan pada sensor *ultrasonic*.

1. Analisa *Troubleshooting* Program *Labview*

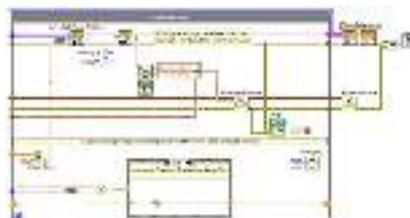
Pada saat penulis menjalankan program *labview* yang telah dibuat, program tersebut tidak dapat beroperasi. Analisa *troubleshooting* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



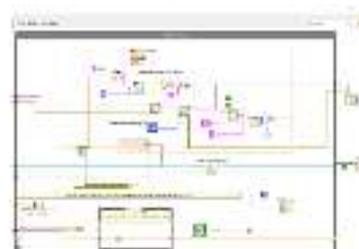
Gambar 4.5 Analisa Program *Labview*.

Terdapat satu kesalahan dalam menjalankan program, program yang dibuat menggunakan komponen LINX dari *labview* tidak dapat bekerja dengan *arduino* tipe *smd* melainkan hanya dapat bekerja menggunakan *arduino* tipe *dip*. Dikarenakan penulis menggunakan *arduino* tipe *smd* maka penulis melakukan perubahan

komponen *labview* yang semula menggunakan LINX diganti menggunakan komponen VISA dari *labview*. VISA tersebut dapat beroperasi dengan *arduino* tipe *smd*. Program LINX *labview* dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan program VISA *labview* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Program LINX *Labview*.



Gambar 4.7 Program VISA *Labview*.

2. Analisa *Troubleshooting* Alat

Masalah berikutnya terjadi pada komponen *ultrasonic* yang sensitifitasnya tidak beraturan.

Penulis telah melakukan analisa beberapa objek dalam pengujian fungsi Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* didapatkan bahwa benda/objek yang berbentuk tabung seperti gelas, spidol dan kunci pas tidak dapat dideteksi oleh *ultrasonic*. Ini dikarenakan gelombang suara yang dikirim melalui *transmitter ultrasonic* tidak diterima kembali oleh *receiver ultrasonic* yang diakibatkan objek yang berbentuk tabung atau bulat dan benda yang berbahan *chrome*. Sedangkan objek seperti batu, tutup botol, dan kotak pensil dapat terdeteksi oleh *ultrasonic* dikarenakan permukaan yang dapat memantulkan

gelombang suara yang dikirim melalui *transmitter* sensor *ultrasonic* dan diterima oleh *receiver* sensor *ultrasonic*.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari pembahasan masalah diatas penulis mendapatkan kesimpulan dari pembuatan alat Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* sebagai berikut:

1. Pembuatan alat Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* berfungsi sebagai pendeteksi benda asing di area runway sehingga dapat mencegah dan mengurangi kecelakaan pesawat.
2. Alat Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* dirancang dengan tahapan membuat blok diagram sebagai petunjuk awal pembuatan, *flowchart* sebagai alur cara kerja alat dan *schematic* dibuat menggunakan *software proteus 8* sebagai petunjuk untuk merakit setiap komponen.
3. Pembuatan alat ini menggunakan sensor *ultrasonic* yang dipasang di pinggir *runway* yang bertujuan untuk mendeteksi benda asing di area *runway* dengan jarak jangkauan terbatas dengan maksimal 4 meter.
4. Alat ini dijalankan menggunakan *software labview* yang berfungsi sebagai penampil objek yang terdeteksi.

B. Saran

Setelah alat Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* terselesaikan, penulis akan memberikan saran kepada pembaca yang ingin mengembangkan alat ini sebagai berikut:

1. Alat Simulasi Sistem *Monitoring FOD Detector For Runway* Berbasis *Labview* Dan *Arduino* dapat dikembangkan dengan mengganti sensor *ultrasonic* dengan sensor yang memiliki jangkauan lebih jauh.
2. Penambahan program pada *labview* agar objek yang terdeteksi secara otomatis tercatat dalam *microsoft excel*.
3. Penambahan robot otomatis yang dapat mengambil atau memindahkan objek asing yang terdeteksi di *runway* sehingga memudahkan pekerjaan pengawas dalam memantau monitor.

DAFTAR PUSTAKA

1. Maya Maryanty Flory Bribe, Ika Endrawijaya. 2018. "Rancangan Receiver Pendeteksi *Foreign Object Debris* (FOD) Untuk Membantu Petugas Teknik Umum Di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado". Jurnal Aviasi Langit Biru. Tangerang.
2. Yoga Imanda Purnama, Romma Diana Puspita, Ade Irfansyah. 2020. "Rancangan Pendeteksi *Foreign Object Debris* (FOD) Menggunakan

- Sensor Jarak HC-SR04 Berbasis *Arduino* Dengan Tampilan *Software Processing*". Prosiding SNITP. Surabaya.
3. Kusworo Adi, Catur Edi Widodo, Aris Puji Widodo, Utami Sri Margiati. 2022. "Detection Of Foreign Object Debris (Fod) Using Convolutional Neural Network". *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. Semarang.
 4. <https://www.lakenhealth.af.mil/News/Article-Display/Article/297851/fod-moves-in-mysterious-ways/>
 5. <https://www.internationalairportreview.com/article/1192/foreign-object-debris-fod-detection-research>.
 6. <https://create.arduino.cc/projecthub/theSTEMpedia/make-a-radar-using-ultrasonic-sensor-using-arduino-c5fdf0>
 7. <https://www.nellis.af.mil/News/Photos/igphoto/2000114427/>
 8. <https://www.caratekno.com/pengertian-arduino-uno-mikrokontroler/>
 9. <https://beetrona.com/membahas-cara-kerja-sensor-ultrasonic-hc-sr04/>
 10. <https://www.aldyrazor.com/2020/05/sensor-ultrasonik-arduino.html>
 11. <https://www.electrokits.ro/ce-este-un-led-si-cum-functioneaza/>
 12. <https://www.aje.co.id/pengertian-dan-prinsip-kerja-motor-servo>
 13. <http://pudintekel.blogspot.com/2011/09/kendali-motor-servo-dengan-pulse-width.html>
 14. <https://teknikelektronika.com/pengertian-resistor-jenis-jenis-resistor/>
 15. <https://teknikelektronika.com/pengertian-resistor-jenis-jenis-resistor/>
 16. <https://www.aldyrazor.com/2020/05/buzzer-arduino.html>
 17. <https://rakhman.net/electrical-id/labview-software/>
 18. <https://rakhman.net/electrical-id/labview-software/>
 19. <https://rakhman.net/electrical-id/labview-software/>
 20. <https://rakhman.net/electrical-id/labview-software/>
 21. <https://rakhman.net/electrical-id/labview-software/>