

**RANCANGAN PEMANCAR PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT DEBRIS*
(FOD) MENGGUNAKAN SINAR LASER UNTUK MEMANTAU
KEBERADAAN FOD DI BANDAR UDARA SAM RATULANGI MANADO**

Hamestuti Hanggana Raras⁽¹⁾, Ika Endrawijaya⁽²⁾, Sukarwoto⁽³⁾

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.

Abstrak: Pemantauan keberadaan FOD di area operasi udara Bandar Udara Sam Ratulangi Manado masih dilakukan secara manual atau *visual* dan tidak dilakukan secara terus – menerus, sehingga keberadaan FOD tidak terdeteksi secara langsung. Hal ini dapat mengurangi efisiensi waktu yang meningkatkan kemungkinan FOD merusak bagian-bagian tertentu pada pesawat, yang dikhawatirkan dapat berdampak pada keselamatan penerbangan. Rancangan ini digunakan untuk mempermudah pendeteksian FOD yang dilakukan oleh petugas teknik umum sehingga keberadaan FOD dapat diketahui sedini mungkin untuk segera diambil atau dibersihkan. Konsep rancangan peralatan ini adalah memindai permukaan runway dengan memanfaatkan sinar laser dan sensor cahaya berupa LDR untuk mendeteksi keberadaan FOD secara otomatis dan terus- menerus. Pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser dapat mendeteksi adanya objek di area runway. Pemancar pendeteksi FOD mengirimkan data objek dan posisi di mana objek berada, sehingga memungkinkan petugas mengetahui keberadaan FOD secara langsung untuk segera dilakukan pembersihan.

Kata Kunci: FOD, LDR, Pemancar.

Abstract: *Monitoring the presence of FOD in the air operation area of Sam Ratulangi Airport in Manado is still done manually or visually and is not carried out continuously, so that the presence of FOD is not detected directly. This can reduce time efficiency which increases the possibility of FOD damaging certain parts of the aircraft, which are feared to have an impact on flight safety. This design is used to simplify the detection of FOD carried out by general engineering officers so that the presence of FOD can be known as early as possible to be immediately removed or cleaned. The design concept of this equipment is to scan the runway surface by utilizing a laser beam and light sensor in the form of an LDR to detect the presence of FOD automatically and continuously. The FOD detection transmitter using a laser beam can detect objects in the runway area. The FOD detector transmits the object data and the position where the object is located, allowing the officer to know the existence of the FOD directly for immediate cleaning.*

Keyword: *FOD, LDR, Transmitter.*

Pendahuluan

Bandar Udara Sam Ratulangi terletak di Jalan Mr. A. A. Maramis Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara adalah salah satu bandar udara yang diproyeksikan menjadi gerbang utara Indonesia yang melayani penerbangan domestik dan internasional dari Singapura, Malaysia, Filipina, Hongkong dan sekitarnya untuk penerbangan lanjut ke wilayah Sulawesi, Kalimantan Timur serta kawasan timur Indonesia.

Faktor utama dalam setiap kegiatan penerbangan, baik pengelolaan bandar udara maupun ruang udara ialah keselamatan dan keamanan penerbangan. Keselamatan penerbangan adalah keadaan yang terwujud dari penyelenggaraan penerbangan yang sesuai dengan prosedur operasi dan persyaratan kelaikan teknis terhadap sarana dan prasarana penerbangan beserta penunjangnya, sedangkan keamanan penerbangan adalah keadaan yang terwujud dari penyelenggaraan penerbangan yang bebas dari gangguan dan/atau tindakan yang melawan hukum. Oleh karena itu, diperlukan beberapa fasilitas yang menunjang keselamatan penerbangan seperti fasilitas komunikasi penerbangan, fasilitas navigasi penerbangan, dan alat bantu pendaratan serta fasilitas keamanan penerbangan seperti *X-Ray*, *Explosive Detector*, *Walkthrough Metal Detector*, *Handheld Metal Detector*, dan lain sebagainya.

Untuk menjamin hal tersebut, perlu dipastikan area operasi udara seperti *runway*, *taxiway*, dan apron bebas dari *Foreign Object Debris* (FOD) sebagai contoh batu, paku, karet, mur, baut, yang berpotensi merusak badan

pesawat, sehingga menyebabkan lubang atau penyok, membentur sayap pesawat dengan sangat kuat sehingga menyebabkan kebocoran tangki bahan bakar, merobek ban roda pendaratan, merusak mesin pesawat, dan merusak antenna yang ada pada pesawat serta membahayakan kegiatan penerbangan lainnya, seperti melukai petugas bandar udara sebagai contoh petugas *ground handling*, teknisi pesawat atau pemandu parkir pesawat ketika *jet blast* mendorong FOD dengan kecepatan tinggi sehingga membentur bagian tubuh petugas tersebut dan menimbulkan luka. Dari uraian diatas, peneliti mengidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Seberapa perlukah alat pendeteksi FOD di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado?
2. Bagaimana peralatan pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser dapat mendeteksi FOD?
3. Bagaimana merancang peralatan pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser?
4. Bagaimana sistem kerja peralatan pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser?

Peneliti membatasi permasalahan yaitu pada bagaimana merancang peralatan pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser dan bagaimana peralatan pemancar pendeteksi FOD dapat mendeteksi FOD.

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, peneliti merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Seberapa jauh pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser?
2. Seberapa jauh Merancang peralatan yang dapat mendeteksi keberadaan

FOD di *runway* Bandar Udara Sam Ratulangi?

Metodologi Perancangan

Gambaran Keadaan Yang Diinginkan

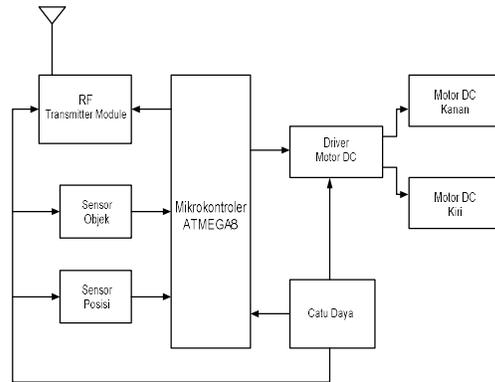
Pemantauan keberadaan FOD di area operasi udara Bandar Udara Sam Ratulangi Manado masih dilakukan secara manual atau visual oleh petugas teknik umum yang bekerja sama dengan petugas *Apron Movement Control (AMC)* dan Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKPPK). Pemantauan FOD dengan cara manual memiliki kelemahan, yaitu kurang efisien dalam hal waktu dan kurang aman dalam pelaksanaan kegiatannya. Pemantauan FOD di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado tidak dilakukan secara terus-menerus dan keberadaan FOD tidak terdeteksi secara langsung pada saat itu juga dikarenakan keterbatasan jarak pandang mata manusia dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memeriksa area operasi udara.

Dalam rangka mengatasi permasalahan yang dibahas, maka penulis merancang suatu peralatan pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser dengan harapan dapat membantu petugas teknik umum dan pihak yang terkait untuk mengetahui keberadaan FOD di area operasi udara sedini mungkin sehingga dapat segera dilakukan pembersihan untuk menjaga area operasi udara yang bebas dari FOD

Fungsi Rancangan pada Keadaan yang Diinginkan

Dalam perancangan peralatan pendeteksi FOD menggunakan sinar

laser untuk mempermudah petugas teknik umum dalam memantau keberadaan FOD di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado, dibuat blok diagram rangkaian berdasarkan konsep dan kondisi yang diinginkan.



Gambar Balok Diagram Perancangan Sistem

Fungsi rancangan peralatan ini adalah memindai permukaan runway dengan memanfaatkan sinar laser dan sensor cahaya berupa LDR untuk mendeteksi keberadaan FOD. Rangkaian *driver* motor DC berfungsi untuk menggerakkan motor DC maju atau mundur. Pada perancangan peralatan ini digunakan IC L293D sebagai *driver* motor DC yang dikendalikan oleh mikrokontroler berdasarkan logika. Data yang akan diidentifikasi adalah status objek dan posisi. Data ini adalah data yang dikirimkan oleh modul *transmitter* RF dan diterima oleh *receiver* di sisi penerima. Pengiriman data status dan posisi objek menggunakan komunikasi data serial antara mikrokontroler dengan computer.

Waktu dan Lokasi Perancangan

Waktu Perancangan

Waktu yang tersedia: 16 Desember 2014 s/d Mei 2015

Lokasi Perancangan

Adapun lokasi di mana disusun akan melaksanakan proses penyelesaian rancangan adalah di Laboratorium 5 Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, STPI Curug.

Penentuan Alat dan Bahan

Sebelum memulai pembuatan alat harus dipersiapkan komponen-komponen yang akan digunakan dan alat pendukung untuk merakit atau memasang komponen-komponen menjadi sebuah alat atau rangkaian. Adapun komponen-komponen yang digunakan pada rancangan ditunjukkan pada tabel 2 berikut:

Kriteria Perancangan

Dalam perancangan peralatan pendeteksi FOD menggunakan sinar laser untuk membantu petugas teknik umum dalam mendeteksi FOD. terdapat bagian yang saling mendukung. Bagian ini merupakan rangkaian yang saling menyuplai kebutuhan *hardware*. Perancangan peralatan ini terdiri dari 4 bagian yaitu :

- a. Rangkaian *Input*
- b. Rangkaian Kendali
- c. Rangkaian *Output*
- d. Rangkaian Power Supply

Pembahasan

Gambaran Umum Sistem Rancangan

Penulis merancang suatu peralatan pemancar pendeteksi FOD

menggunakan sinar laser dengan harapan dapat membantu petugas teknik umum dan pihak yang terkait untuk mengetahui keberadaan FOD di area operasi udara sedini mungkin sehingga dapat segera dilakukan pembersihan untuk menjaga area operasi udara yang bebas dari FOD. Rancangan peralatan ini ditempatkan di area *runway* Bandar Udara Sam Ratulangi Manado

Fungsi Rancangan

Untuk mempermudah petugas teknik umum dalam memantau keberadaan FOD di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado ini dibuat blok diagram rangkaian berdasarkan konsep dan kondisi yang diinginkan.

Rangkaian sensor posisi terdiri dari pemancar inframerah dan *phototransistor* yang dipasang pada suatu posisi sehingga berkas cahaya inframerah dapat melewati salah satu lubang pada piringan *encoder*. Rotasi motor menyebabkan cahaya secara berkala terhalang oleh bagian yang *solid* pada *encoder* sehingga berkas cahaya inframerah tidak diterima oleh penerima, dan menghasilkan logika 0. Sebaliknya, saat berkas cahaya inframerah melewati lubang piringan *encoder* dan diterima oleh penerima, outputnya akan berlogika 1.

Rangkaian mikrokontroler merupakan perangkat pengolah data dan pengoperasian alat. Mikrokontroler yang digunakan adalah tipe ATmega8, dengan menggunakan bahasa pemrograman *Basic Compiler* (BASCOS) AVR. Mikrokontroler menerima *input* dari sensor objek dan sensor posisi yang terdapat pada *port* INT0 dan INT1, dan *output* digunakan sebagai input *driver* motor DC.

Tahapan Perancangan

1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras ini dibagi menjadi beberapa rangkaian, yaitu :

a) Catu Daya / Baterai

Supply tegangan yang digunakan untuk rancangan ini sebesar 9,6 V DC yang berasal dari baterai kering yang digunakan untuk mencatu tegangan ke seluruh rangkaian. Baterai ini mempunyai dua keluaran tegangan, yaitu 9,6 V dan 6 V. Untuk menghasilkan tegangan *output* stabil 5 V digunakan rangkaian pengubah tegangan. Kapasitor 1000 μ F digunakan untuk *filter* tegangan *ripple*, IC 7805 digunakan untuk mengubah tegangan 9,6 V menjadi 5 V stabil, dan kapasitor 100 μ F digunakan untuk *back up drop* tegangan pada rangkaian.

b) Rangkaian Sensor Objek

Sensor ini berfungsi untuk mengetahui ada atau tidaknya FOD pada *runway*. Pada alat ini sensor yang digunakan adalah dioda laser dan sensor LDR yang diletakkan pada posisi yang sejajar dan sebuah media pantul berupa cermin.

c) Rangkaian Sensor Posisi

Sensor posisi digunakan untuk memudahkan petugas dalam mengetahui keberadaan FOD melalui visualisasi pada layar komputer. Pada perancangan alat ini, sensor posisi akan menghitung putaran *encoder* yang akan digunakan untuk mengetahui pada area mana FOD ditemukan. Keluaran dari rangkaian

sensor posisi digunakan sebagai masukan pin INT1 mikrokontroler.

d) Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

Rangkaian mikrokontroler ini menggunakan mikrokontroler tipe ATmega8 dengan bahasa pemrograman *Basic Compiler* (BASCOM) AVR. Mikrokontroler menerima input sensor objek dan sensor posisi yang masing-masing terdapat pada pin INT0 dan INT1. Sedangkan keluaran mikrokontroler PC.0, PC.1, PC.2 dan PB.1 digunakan untuk pengendalian motor DC. Pin TXD dihubungkan dengan modul *transmitter* RF untuk mengirimkan data-data sensor ke penerima. Pin 9 dan 10 dihubungkan ke XTAL dan kapasitor. Pin 1 merupakan rangkaian *reset* yang berfungsi untuk mengembalikan posisi *program counter* pada *address* 0

e) Rangkaian *Driver* Motor DC

2 buah motor DC digunakan untuk menggerakkan roda-roda robot mobil maju dan mundur mencakup daerah pendeteksian. Rangkaian motor *driver* DC digunakan untuk menggerakkan motor DC

f) Rangkaian Modul RF

Terdapat 3 pin pada modul *transmitter* RF. Pin DATA dihubungkan pada pin TXD mikrokontroler. Pin VCC dihubungkan ke sumber tegangan dan GND dihubungkan ke *ground*

2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

- Perancangan *Flowchart* Sistem
- Perancangan *Listing* Program
- Penyimpanan Program
- Kompilasi Program

e. *Flashing* Program

3. Uji Coba Rancangan

a. Pengujian Rangkain Catu Daya

Supply tegangan yang digunakan untuk mensupply tegangan keseluruhan rangkaian rancangan ini sebesar 9.6 V DC yang berasal dari baterai kering. Baterai yang digunakan adalah baterai jenis NiMH dengan kapasistas 3000 mAh. Kapasitas baterai ini dapat digunakan untuk jarak tempuh 10 kali bolak-balik area pendeteksian yang berukuran 50 cm, dengan kata lain baterai ini mampu memberikan supply tegangan untuk jarak tempuh robot mobil pendeteksi sejauh 10 m.

b. Pengujian Rangkain Sensor Objek

Pengujian rangkaian sensor objek dilakukan dengan menghubungkan rangkaian sensor objek dengan sumber tegangan 5 V DC, kemudian meletakkan sensor dan media pantul cermin secara berhadapan. Pancaran laser akan dipantulkan oleh cermin, dan diterima oleh sensor LDR sehingga menghasilkan logika 1. Ketika terdapat objek yang menyebabkan berkas cahaya laser terhalang dan tidak mengenai sensor LDR, ouput yang dihasilkan adalah 0.

c. Pengujian Rangkaian Sensor Posisi

Pengujian rangkaian sensor posisi dilakukan memutar encoder pada celah opto interrupter. dengan menghubungkan rangkaian sensor posisi dengan sumber tegangan 5 V DC, dan Ketika lubang melewati celah berkas cahaya inframerah akan diterima oleh phototransistor dan menghasilkan logika 1, sementara ketika lubang tidak melalui celah,

maka berkas cahaya inframerah akan terhalang dan tidak dapat diterima oleh phototransistor, sehingga outputnya berlogika 0.

d. Pengujian Rangkaian

Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler mendapatkan *supply* dari baterai sebesar 5 V DC. Pada rangkaian mikrokontroler ATmega8 ini terdapat rangkaian *reset* dan rangkaian *clock* yang terdiri dari kristal osilator 11,0592 MHz dan dua buah kapasitor yang di groundkan yang nilainya telah ditentukan pada *datasheet* dari mikrokontroler tersebut. Pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega8 dilakukan dengan memberikan program *driver* motor DC pada mikrokontroler.

e. Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pada rangkaian ini terdapat sebuah IC L293D sebagai *driver* motor DC dan dua buah motor DC yang berfungsi menggerakkan roda-roda robot mobi

f. Pengujian Rangkaian Modul *Transmitter* RF

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan laptop dan modul RF. Pertama kali informasi teks yang berasal dari mikrokontroler dikirimkan menuju laptop menggunakan komunikasi serial. Informasi yang dikirimkan berupa data step dsn data objek dengan konfigurasi *baudrate* 9600. Teks yang diterima kemudian ditampilkan pada *software hyperterminal*

g. Pengujian Alat Secara keseluruhan

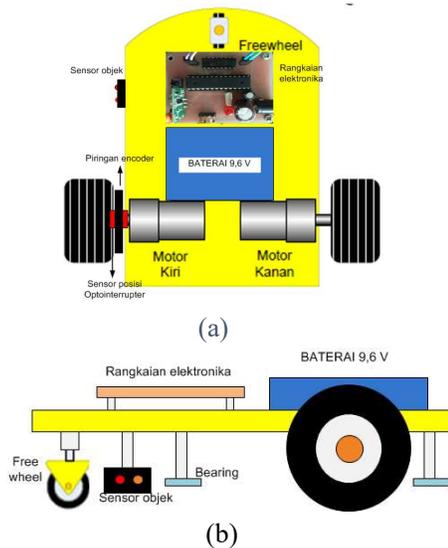
Pengujian keseluruhan dari rancangan ini adalah dimana rancangan peralatan ini diletakkan pada suatu arena yang terdapat

cermin yang sejajar dengan alat. Rancangan peralatan ini akan mampu bergerak maju atau mundur untuk memindai arena dari adanya objek dengan menggunakan cermin sebagai media pantul berkas cahaya laser

h. Cara Instalasi Rancangan

Untuk menggunakan dan menjalankan rancangan pendeteksi FOD in, maka dilakukan hal-hal sebagai berikut:

1) Merakit komponen-komponen peralatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut:



Gambar Rancangan robot pendeteksi FOD (a) tampak atas (b) tampak samping (Sumber: Hasil Penelitian 2015)

2) Menghubungkan rangkaian elektronika seperti sistem minimum ATmega 8, sensor objek, sensor posisi, modul transmitter RF dan motor DC ke supply tegangan baterai.
3) Menyiapkan arena dengan rel atau lintasan tempat peralatan bekerja.

- 4) Meletakkan robot pendeteksi pada ujung lintasan 0 cm.
- 5) Mengatur posisi sensor objek hingga pantulan sinar laser dapat diterima sensor LDR dan indikator LED menyala.
- 6) Robot pendeteksi akan bergerak pada lintasan.
- 7) Meletakkan objek atau halangan pada arena.
- 8) Ketika robot pendeteksi mencapai posisi di mana objek berada, robot akan berhenti. Jika objek diambil atau dibersihkan maka robot akan kembali bergerak.
- 9) Jika robot pendeteksi sudah mencapai ujung lintasan dengan panjang 50 cm, robot akan bergerak mundur. Jika robot mencapai ujung lintasan 0 cm, robot kembali bergerak maju.

Interpretasi Hasil Uji Coba Rancangan

Dari hasil uji coba rancangan yang telah dilakukan, rancangan dinyatakan telah memenuhi kebutuhan sistem. Perangkat keras dan perangkat lunak dapat dijalankan sesuai fungsi dan indikator kinerja masing-masing sub sistem. Dalam uji coba rancangan, laju robot pendeteksi FOD tidak lurus atau menyimpang dari jalur yang dibuat, untuk mengatasi hal tersebut digunakan dua bearing di bagian depan dan belakang *body* robot, sehingga laju pendeteksian berjalan lebih baik

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan bab-bab sebelumnya, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser dapat

mendeteksi adanya objek minimal sebesar 2 cm di area *runway*.

2. Dengan menggunakan baterai jenis NiMH kapasitas 3000 mAh, robot pendeteksi mampu menempuh jarak 10 m.
3. Pemancar pendeteksi FOD mengirimkan data objek dan posisi di mana objek berada melalui modul *transmitter* RF, sehingga memungkinkan petugas mengetahui keberadaan FOD secara langsung untuk segera dilakukan pembersihan.
4. Dalam prosesnya, rancangan ini menggunakan mikrokontroler ATmega8 dan hasilnya 90 % dapat digunakan untuk mengontrol pendeteksian FOD di area *runway*.

Saran

1. Agar laju pendeteksian objek menggunakan sinar laser dapat berjalan lebih baik, bearing dapat ditambahkan lagi pada robot.
2. Agar robot pendeteksi FOD dapat bekerja lebih maksimal dan tidak cepat kehilangan daya dalam menempuh jarak yang jauh, dapat digunakan *autocahrnging power supply* seperti *solar cell*.
3. Posisi sensor objek masih perlu disesuaikan agar cahaya laser yang dipantulkan oleh cermin dapat diterima sensor LDR dengan baik, dapat digunakan selongsong untuk mempertahankan posisi sensor tetap stabil.

Daftar Pustaka

ATmega8 ATmega8L Datasheet, rev. 2486Z- AVR- 02/11, Atmel Corporation

Budiharto, Widodo, *Membuat Sendiri Robot Cerdas*, ed. rev., Jakarta, PT. Elex Media Komputindo

Budiman, Arief, *Kamus Istilah Teknik Elektronika*, Bandung, M2s Bandung, 2003

Haridianta, Eka Dwi, *Rancangan Simulator Pemancar Localizer*, Surabaya, Program Studi Diploma III Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara Angkatan III Bravo, ATKP Surabaya, 2012

IKM., Ahmad Antoni, *Kamus Lengkap Teknik (Inggris-Indonesia)*, rev. ed. 2, Surabaya, Gitamedia Press, 1998

Kurniawan, Dayat, *ATmega8 dan Aplikasinya*, Bandung, PT. Elex Media Komputindo Kompas Gramedia, 2009

Kurniawan, Fajar, *Perancangan Sistem Pengaman Lab Komputer Berbasis Mikrokontroler Atmega8 Di Deplek AAU*, Yogyakarta, Departemen Elektronika, Karbol Akademi Angkatan Udara, 2011

L293D L293DD Datasheet, SGS-Thomson Microelectronics, 1996

Paschotta, R., *Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, 2006

Purnama, Agus, *Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor)*, <http://elektronika-dasar.web.id/komponen/sensor-tranducer/sensor-cahaya-ldr-light-dependent-resistor>, (19/01/15 03.45 PM)

Purnama, Agus, *Driver Motor DC L293D*, <http://elektronika-dasar.web.id/komponen/driver-motor-dc-l293d/>, (28/01/15 9.35 AM)

United States of America, *Advisory Circular No. 150/5220-24 tentang Airport Foreign Object Debris (FOD) Detection Equipment*, Federal Aviation

Administration, Washington DC,
2009