

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Engine Indicating Sistem*

2.2.1 *Engine Speed Measurement and Indication*

Ini adalah indikasi mesin utama yang digunakan pada mesin turbin piston dan gas. Ini adalah salah satu dari dua metode yang digunakan untuk menunjukkan daya dorong pada mesin turbin gas (yang lainnya adalah EPR). Dalam mesin turbin gas, praktik yang biasa adalah menampilkan persentase putaran maksimum per menit (rpm).

Kecepatan mesin turbin gas tipikal adalah di urutan 6000-12.000 r.p.m. Notasi matematika untuk kecepatan rotasi adalah N ; mesin turbin gas dapat memiliki hingga tiga poros (atau spool), ini disebut sebagai poros rendah, menengah dan tekanan tinggi (LP, IP dan HP) atau mereka disebut secara numerik. Oleh karena itu kecepatan poros individu adalah N_1 , N_2 , dan N_3 . Kecepatan engine dimonitor oleh kru setiap saat; khususnya selama start dan take-off untuk memastikan bahwa batas mesin tidak terlampaui. Dua tipe utama dari transduser kecepatan engine adalah tachometer dan *variable reluctance device*.

Karena tidak ada dua mesin dan tidak ada dua kompresor N_1 dan N_2 yang beroperasi pada kecepatan yang sama, persen putaran per menit digunakan untuk mempermudah pembacaan indikasi pada dek penerbangan. Ada dua sistem yang umum digunakan, seringkali kedua sistem tersebut digunakan pada mesin yang sama, yaitu:

- *Tacho-generator*

- *Phoenic wheel and pulse probe.*



Gambar 2.1 *Engine Indicating Instrument* (Ira H.Abbot, 2017)

a. Tachometer

Tachometer adalah sistem kelistrikan yang independen, yang terdiri dari generator AC tiga fase yang digerakkan mesin dan indikator yang digerakkan motor sinkron. Frekuensi arus atau output yang dihasilkan tergantung pada kecepatan mesin; output di searahkan dan dihubungkan ke kumparan yang bergerak; output generator disuplai ke motor sinkron AC tiga fase di indikator. Tacho-generator terhubung ke gearbox utama (*Accessory Gear Box*), yang digerakkan oleh spool tekanan tinggi, dan oleh karena itu paling umum digunakan untuk menunjukkan kecepatan spool HP.

Tachometer generator AC terdiri dari magnet permanen yang diputar di dalam gulungan gulungan stator dalam konfigurasi bintang tiga fase. Tiga output stator terhubung ke lilitan stator motor. Saat mesin berputar, magnet permanen

menginduksi arus di lilitan stator. Output tiga fase menginduksi medan berputar pada lilitan stator motor.

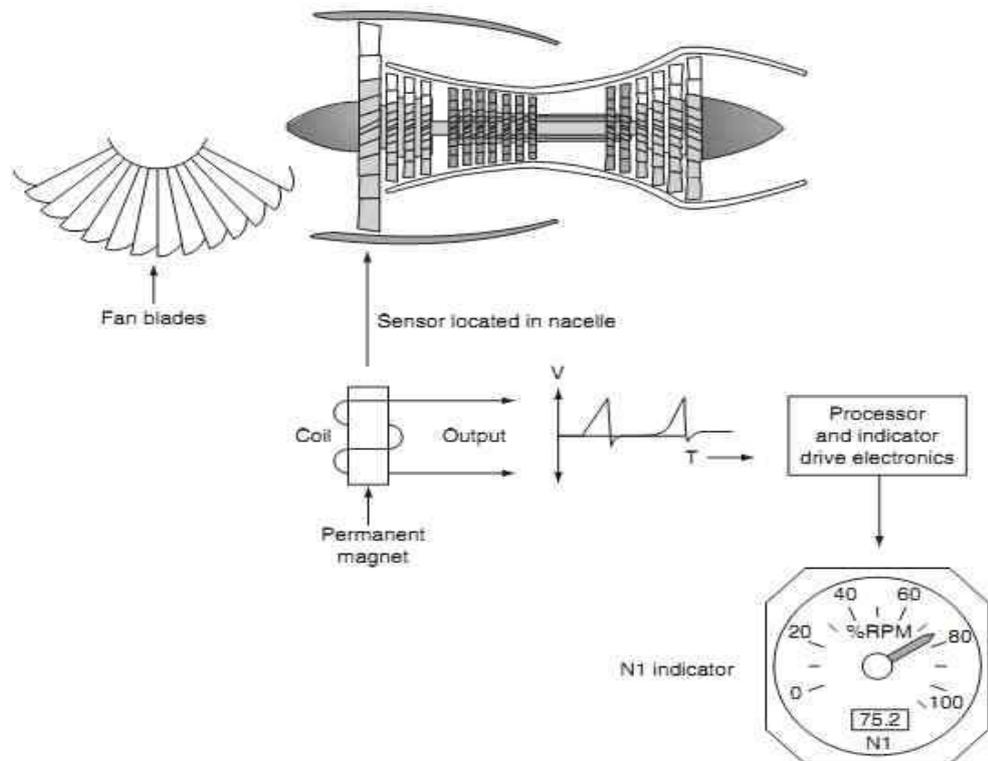


Gambar 2.2 Tachometer (*Module 20 Aircraft Instruments, 2016*)

b. Variable Reluctance

- Tacho-generator (*speed indicator*)

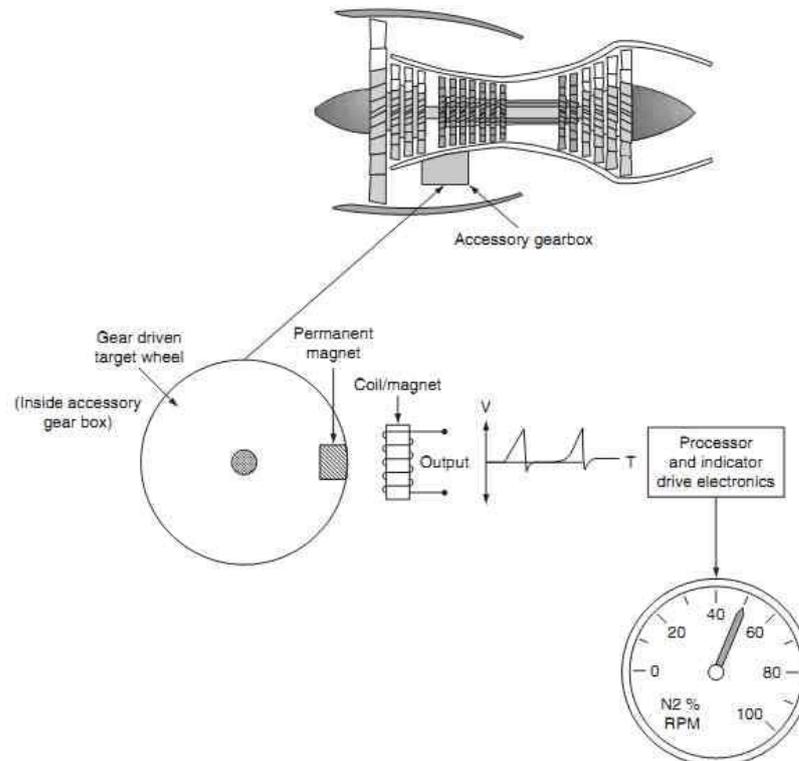
Tacho-generator juga disebut variabel *reluctance speed* N1 yang terdiri dari lilitan kumparan ke inti magnet permanen. Jenis sensor ini ditemukan pada kebanyakan mesin turbin gas. Ketika ujung pisau melewati sensor, medan magnet terganggu yang mana menginduksi tegangan ke koil; saat kecepatan poros meningkat, ujung kipas melewati sensor dengan laju peningkatan. Output dari koil adalah dalam voltase. Ini dihitung oleh prosesor dan digunakan untuk menentukan kecepatan mesin. Beberapa engine disesuaikan dengan bahan permeabilitas rendah yang dimasukkan ke ujung blade untuk memberikan denyut yang berbeda setiap kali blade tertentu melewati sensor. N1 ini berada di *engine nacelle* dekat dengan *fan blade*.



Gambar 2.3 *N1 Speed Indication* (Frankeinst Bord, 2005)

- *Phoenic Wheel and Pulse Probe*

Phoenic wheel and pulse probe disebut sebagai transduser kecepatan N2 dan terdiri dari satu atau dua magnet permanen yang berdekatan dengan roda bergigi pada poros mesin yang disebut "roda phonic". Namun, tidak ada kontak yang dilakukan dengan roda. Sebuah koil pickup terletak di medan magnet, yang terbesar ketika gigi roda sejajar dengan potongan tiang seperti yang ditunjukkan, karena magnet tidak memiliki celah udara yang begitu besar untuk dilalui. Arus induksi yang dihasilkan berfluktuasi dalam kumparan memiliki frekuensi sebanding dengan kecepatan poros mesin. Ini kemudian dapat diindikasikan dengan cara yang mirip dengan indikator tacho-generator. N2 ini terletak didalam *Accessory Gear Box (AGB)*.



Gambar 2.4 *N2 Speed Indication* (Frankeinst Bord, 2005)

2.2 *Fan Blade*

Fan Blade adalah salah satu komponen utama pada *turbofan engine* yang berfungsi untuk menghisap udara yang berada diluar atau didepan *engine*. *Fan Blade* terletak di area *Fan Frame Module* lebih tepatnya didepan *compressor* dan memiliki ukuran diameter *blade* yang lebih besar dari *compressor*. Udara yang dihisap melalui *Fan Blade* terbagi menjadi dua aliran, aliran pertama udara disalurkan kedalam ruang pembakaran (*combustion chamber*) dan aliran kedua udara disalurkan ke bagian dinding-dinding luar *combustion chamber* secara *bypass*. Komponen *fan* harus berfungsi dengan baik agar *engine* dapat terus beroperasi sesuai kebutuhan. Komponen *fan* masuk dalam komponen *life limited part* (LLP), sehingga jika umurnya habis harus dilakukan pergantian dengan *fan* yang baru.

Bagian *Fan* ini bertanggung jawab untuk mengalirkan udara ke engine. Padahal pembatasan panasnya tidak ketat, kipas harus terbuat dari bahan ringan dan

berkekuatan tinggi karena kuat gaya sentrifugal. Penting juga untuk memiliki kekakuan yang tinggi sehingga dapat mencegah torsional distorsi. Dalam beberapa tahun terakhir, untuk mendapatkan efisiensi daya dorong tinggi, kipas menjadi lebih besar memiliki *bypass ratio* yang tinggi, dan berat kipas menjadi lebih berat. Karena itu, digunakan bahan komposit dan teknologi desain aerodinamis terbaru untuk mengurangi berat.

Fan blade juga memiliki sudut pemasangannya yaitu 30° , 45° , 60° yang mana setiap sudut mempunyai pengaruh putaran *engine* terhadap waktu, kecepatan, tekanan angin, dan gaya dorong (*thrust force*).

Titanium, *aluminium* dan *stainless steel* telah digunakan dalam bilah kipas, dan titanium sering digunakan karena rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, ketahanan korosi, dan ketahanan mulur. Bilah kipas terdiri dari *Carbon Fiber Reinforced Plastic composite* (CFRP) mata pisau dan titanium terdepan (paduan Ti-6Al-4V), untuk meningkatkan ketahanan terhadap dampak kerusakan jika terjadi serangan burung.



Gambar 2.5 *Fan Blade* (ASEN 5063 Aircraft Propulsion Final Report, 2015)

2.3 *Foreign Object Damage (FOD)*

FOD adalah suatu unsur, benda atau serpihan asing bagi suatu sistem atau komponen yang bisa berpotensi menyebabkan kerusakan, yang mana kerusakan itu dapat dihubungkan dengan *Foreign Object Debris* secara fisik atau terminologi ekonomi, yang mungkin atau tidak mungkin dapat menurunkan dengan seketika atau dari waktu ke waktu kualitas produk dimana keselamatan dan atau performa tertentu sangat diperlukan.

Foreign Object Damage (FOD) juga merupakan kerusakan yang disebabkan oleh *Foreign Object Debris* (juga disingkat FOD) seperti puing-puing, partikel dari lepasan kendaraan atau sistem yang berpotensi menimbulkan kerusakan. *Foreign Object Damage* merupakan kerusakan yang disebabkan oleh benda asing (seperti benda yang bukan merupakan bagian dari kendaraan) yang dapat menurunkan pula level keselamatan suatu produk beserta karakteristik kinerjanya.

2.3.1 Pengaruh *FOD* terhadap Penerbangan

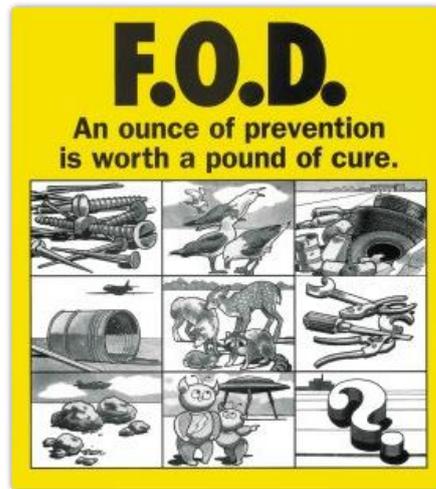
Istilah *Foreign Object Damage (FOD)* didalam dunia aviasi memiliki arti yang lebih spesifik dari definisi awalnya yaitu objek asing atau material berbahaya di area runway (landasan), apron (tempat parkir pesawat), dan saat beroperasi di udara (*inflight*) yang berpotensi menimbulkan bahaya terhadap keselamatan dan operasi pesawat. FOD itu sendiri termasuk berbagai objek yang ditemukan pada lokasi tertentu sebagai hasil dari buangan lokasi saat *refueling, catering, cabin cleaning, and baggage and cargo handling* tersebut yang dapat merusak peralatan atau melukai personil dari maskapai penerbangan dan bandar udara. FOD merupakan sebuah *hazard / material* yang dapat membahayakan terhadap keselamatan penerbangan dan dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar dikarenakan kerusakan pesawat dan waktu servis yang melebihi batas *release nya (delay)*.

FOD termasuk material seperti hardware yang longgar instalasinya, bagian pesawat dan mesin pesawat, alat bantu kerja, logam: bagian dari apron, perlengkapan dan isi catering, dan botol minuman perangkat keras yang longgar, fragmen trotoar, persediaan catering, bahan bangunan, batu, pasir, potongan bagasi, dan bahkan satwa liar. Artinya benda asing ada di sekitar pesawat yang dapat menyebabkan kerusakan pada pesawat saat fase takeoff atau landing. FOD merupakan benda yang bukan bagian atau dekat pesawat yang pada akhirnya nanti dapat mencederai personil airline dan bandar udara dan merusak pesawat itu sendiri. Program pencegahan FOD seperti pelatihan, inspeksi fasilitas, perawatan, dan koordinasi antara seluruh unit terkait dapat meminimalisasi FOD dan dampaknya.

2.3.2 Pengaruh *FOD* terhadap Pesawat Terbang

Kerusakan yang diakibatkan oleh *Foreign Object Damage* (FOD) dapat disebabkan oleh 2 faktor yaitu faktor *internal* dan faktor *external*. Kerusakan yang disebabkan oleh faktor *internal* ialah kerusakan material pesawat yang di sebabkan oleh pecahan material dan benda yang berada di dalam pesawat ataupun bagiannya dan kerusakan yang di sebabkan oleh faktor *eksternal* ialah kerusakan pada material pesawat yang di sebabkan oleh material, dan benda-benda asing yang berada diluar lingkungan pesawat dan bagiannya seperti batu, kerikil, sampah plastik yang dapat terindikasi menjadi sebuah FOD di saat pesawat di darat (*on ground*) dan butir-butir es, awan tebal, material dari kerja vulkanik, dan pecahan *fan blade* yang dapat mengganggu aliran udara sehingga terindikasi *stall* menjadi

sebuah FOD di saat pesawat beroperasi di udara (*inflight*) yang dapat merusak pesawat maupun material, *structure* hingga komponennya.



Gambar 2.6 *Foreign Objects Damage (FOD)* (SKYbrary, 2016)

2.3.3 Kerusakan-kerusakan yang Disebabkan Oleh *FOD*

- *Erosion*, berkurangnya permukaan logam akibat aksi atau pengaruh mekanikal lingkungan, seperti gesekan terjadi dengan kotoran (debu, chip, dsb.)
- *Nick*, retak/pecah lokal (di area tertentu) yang biasanya di bagian sisi pinggir atau ujung barang.
- *Dent*, permukaan logam yang tertekuk/terlipat akibat benturan atau tabrakan dengan benda lain yang keras

2.4 AC/DC Adaptor

Adaptor adalah sebuah perangkat berupa rangkaian elektronika untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik lebih kecil, atau rangkaian untuk mengubah arus bolak-balik (arus AC) menjadi arus searah (arus DC). Adaptor yang kita kenal kebanyakan yaitu mengubah dari listrik PLN 220 Volt (arus AC) menjadi tegangan listrik lebih kecil (arus DC) yaitu menjadi 5 volt DC, 12 volt DC, 19 volt DC, 24 volt DC dan sebagainya tergantung keperluan perangkat apa yang digunakan. Ada juga adaptor yang mengubah dari listrik PLN 220 Volt AC menjadi tegangan listrik lebih kecil namun arusnya tetap AC, misalnya

menjadi 9 volt AC , atau 24 Volt AC. Adaptor disebut juga charger atau *DC power supply*.

2.4.1 Jenis-jenis Adaptor

a. Adaptor Catu Daya / Adaptor Konvensional

Pada adaptor atau catu daya konvensional, tegangan AC ini lebih dahulu diturunkan melalui sebuah *transformator step-down* kemudian disearahkan dengan dioda (*rectifier*) dan diratakan dengan kapasitor elektrolit. Prinsip adaptor jenis ini masih menerapkan mode pengubahan tegangan ac ke dc menggunakan transformator *step-down* sebagai komponen utama penurunan tegangan. Pada adaptor ini besarnya arus yang dihasilkan bertumpu pada arus yang dihasilkan oleh trafo penurun tegangan. Jenis adaptor ini adalah jenis adaptor sudah dijelaskan pada pembahasan di atas. Peralatan yang masih menggunakan adaptor konvensional diantaranya adalah *radio tape*, *amplifier* dan sebagainya.



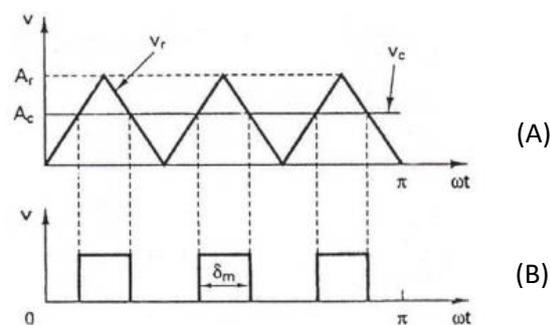
Gambar 2.7 Adapter Konvensional (Barend Electronic, 2017)

b. Adaptor *Switching* (SPMS)

Switching adapter yaitu adaptor yang menggunakan komponen utama berupa rangkaian elektronika (yang lebih rumit) namun menghasilkan tegangan listrik yang sesuai dan sangat stabil. Adaptor sistem *switching* adalah penyempurnaan dari jenis adaptor konvensional. Adaptor dengan sistem ini tidak lagi menggunakan trafo *step-down*. Sistem pada rangkaiananya pun sangat berbeda dengan adaptor jenis konvensional. Adaptor yang menggunakan sistem *switching* diantaranya adalah televisi, *power supply PC*, adaptor laptop, dan peralatan canggih lainnya.

2.5 Pulse Width Modulation (PWM) DC Motor Controller

Pulse Width Modulation merupakan suatu sistem yang membandingkan antara tegangan segitiga yang konstan dengan tegangan DC yang berubah-ubah atau sinyal yang dapat memvariasikan lebar pulsanya dengan rentang nilai PWM berkisar 0-255. Dari perbandingan tersebut didapatkan tegangan kotak yang memiliki duty cycle tertentu. Duty cycle adalah perbandingan periode saat gelombang tersebut ON (bernilai logika satu) dengan periode total untuk satu pulsa dan juga lebar pulsa PWM.



Gambar 2.8 (A) Grafik Tegangan Segitiga
(B) Grafik Lebar Pulsa
(Andreas Hendra S, 2007)

Kecepatan putar motor DC dapat diatur dengan menggunakan PWM. Kontrol pada PWM dapat dilihat pada gambar 2.8. V_r menunjukkan tegangan segitiga, V_c menunjukkan tegangan DC sedangkan A_r dan A_c menunjukkan amplitudo tegangan segitiga dan tegangan DC. δ_m menunjukkan lebar pulsa saat ON.

Pengaturan kecepatan putar motor DC tersebut dilakukan dengan mengatur *duty cycle* dari tegangan kotak yang diberikan terhadap motor. Semakin besar *duty cycle* dari tegangan kotak semakin besar pula kecepatan motor yang dihasilkan. Begitu juga sebaliknya semakin kecil *duty cycle* dari tegangan kotak maka semakin lambat kecepatan putar motor DC tersebut.

2.6 Arduino UNO

2.6.1 Spesifikasi Arduino Uno



Gambar 2.9 Arduino Uno (Arief, 2016)

- Microcontroller ATmega328P
- Operasi dengan daya : 5V
- Input Tegangan (disarankan) : 7-12V
- Input Tegangan (batas) : 6-20V
- Digital I / O Pin : 14 (dimana 6 memberikan output PWM)
- Analog Input Pin : 6
- DC Lancar per I / O Pin : 40 mA
- Saat 3.3V Pin 50 mA DC
- Flash Memory : 32 KB (ATmega328) yang 0,5 KB digunakan oleh bootloader
- SRAM : 2 KB (ATmega328)
- EEPROM : 1 KB (ATmega328)
- Clock Speed : 16 MHz

Daya

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis).

Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan plug jack pusat-positif ukuran 2.1mm konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER.

Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak board Uno. Pin listrik adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan masukan kepada board Arduino ketika itu menggunakan sumber daya eksternal (sebagai pengganti dari 5 volt koneksi USB atau sumber daya lainnya).
- 5V. Catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya.
- 3v3. Sebuah pasokan 3,3 volt dihasilkan oleh regulator on-board.
- GND. Ground pin.

Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan EEPROM library).

Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital di Uno dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi *pinMode ()*, *digitalWrite ()*, dan *digitalRead ()*, beroperasi dengan daya 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (secara default terputus) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan chip Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.

Eksternal menyela: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai. Lihat (`attachInterrupt`) fungsi untuk rincian lebih lanjut.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite` ().

SPI: 10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.

LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai HIGH, LED on, ketika pin bernilai LOW, LED off.

Uno memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

I2C: A4 (SDA) dan A5 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan Wire.

Aref. Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference` ().

Reset. Bawa baris ini LOW untuk me-reset mikrokontroler.

Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan

sebagai port virtual com untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '8 U2 menggunakan driver USB standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *SoftwareSerial library* memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada board Uno's.

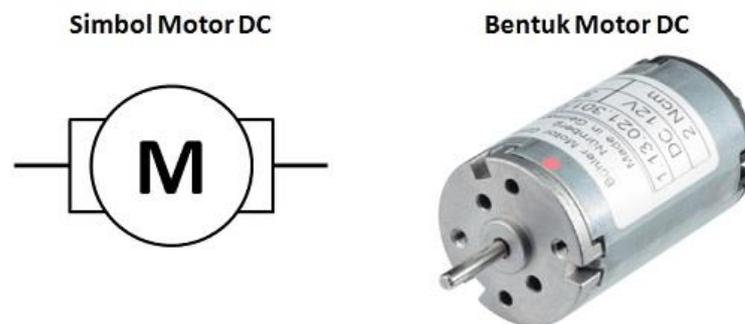
ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Kawat untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C, lihat dokumentasi untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

2.7 Motor DC

Motor Listrik DC atau *DC Motor* adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakannya.

Motor Listrik DC atau *DC Motor* ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolutions per minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalik. Motor Listrik DC tersedia dalam berbagai ukuran rpm dan bentuk. Kebanyakan Motor Listrik DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasional dari 1,5V hingga 24V. Apabila tegangan yang diberikan ke Motor Listrik DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari

tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat. Namun ketika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut turun menjadi dibawah 50% dari tegangan operasional yang ditentukan maka Motor DC tersebut tidak dapat berputar atau terhenti. Sebaliknya, jika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut lebih tinggi sekitar 30% dari tegangan operasional yang ditentukan, maka motor DC tersebut akan menjadi sangat panas dan akhirnya akan menjadi rusak. Pada saat Motor listrik DC berputar tanpa beban, hanya sedikit arus listrik atau daya yang digunakannya, namun pada saat diberikan beban, jumlah arus yang digunakan akan meningkat hingga ratusan persen bahkan hingga 1000% atau lebih (tergantung jenis beban yang diberikan). Oleh karena itu, produsen Motor DC biasanya akan mencantumkan *Stall Current* pada Motor DC. *Stall Current* adalah arus pada saat poros motor berhenti karena mengalami beban maksimal.



Gambar 2.10 Motor DC dan Simbol Motor DC (Dickson Kho, 2019)

2.7.1 Prinsip Kerja Motor DC

Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konverter energi baik energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem ke sistem yang lain, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem lainnya. Dengan demikian, medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi juga sekaligus proses perubahan energi.



2.7.2 Spesifikasi DC Motor

Sebuah perangkat dc motor OSDT yang mengubah energi listrik tegangan input 12-24Vdc menjadi energi mekanik, dengan spesifikasi:

- Tegangan Input (V) : 12-24 Vdc.
- Kecepatan (RPM) : 4000-7000rpm (CW)

Dimensi produk :

- Panjang total *Body* : 52mm
- Panjang *Body* motor : 35mm
- Diameter *Body* : 29mm
- Diameter as/shaft : 2.3mm
- Panjang as/ shaft : 8mm

Motor Listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat Elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti Vibrator Ponsel, Kipas DC dan Bor Listrik DC.

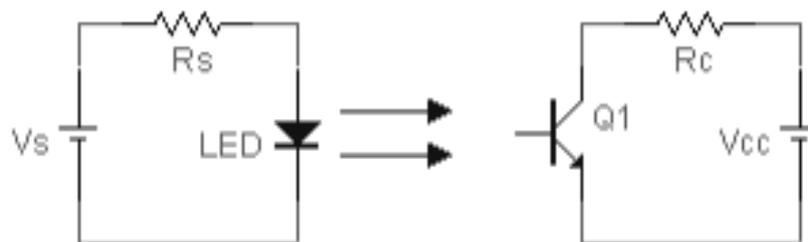


Gambar 2.11 DC Motor (Dokumen Pribadi, 2019)

2.8 Sensor Putaran (RPM)

2.8.1 *Optocoupler*

Optocoupler adalah suatu komponen elektronik yang terdiri dari LED dan fototransistor yang mana berfungsi sebagai penghubung berdasarkan cahaya optic. LED dalam *optocoupler* berfungsi sebagai sumber cahaya atau *transmitter*. Sedangkan fototransistor berfungsi sebagai penerimanya atau *receiver*. Kedua bagian tersebut tidak memiliki hubungan konduktif rangkaian secara langsung hanya saja dibuat dalam satu kemasan komponen. Rangkaian LED yang mengaktifkan fototransistor ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.12 Rangkaian *optocoupler* (Andreas Hendra Stiawan, 2007)

1. Transmitter

Merupakan bagian yg terhubung dengan rangkaian input atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah LED infra merah (IR LED) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada receiver. Pada transmitter dibangun dari sebuah LED infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.

2. Receiver

Merupakan bagian yg terhubung dengan rangkaian output atau rangkaian beban, dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh transmitter. Komponen penerima cahaya ini dapat berupa photodiode ataupun phototransistor. Pada bagian receiver dibangun dengan dasar komponen phototransistor. Phototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum infra mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka phototransistor lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah.

Tujuan utama dari digunakan sensor cahaya dan piringan sensor adalah untuk mendapatkan data kecepatan putaran dari setiap roda. Piringan sensor yang digunakan dibuat dari negatif-film yang dijepit oleh dua buah acrylic transparan agar semakin presisi pembacaan datanya. Sedangkan sensor cahaya yang digunakan adalah optocoupler yang prinsip kerjanya adalah jika celah diantara phototransistor dan LED terhalang maka phototransistor tidak menerima cahaya dari IR LED yang mana phototransistor OFF sehingga output dari kolektor akan berlogika *HIGH* (1) atau mendekati tegangan V_{cc} , sebaliknya ketika celah tidak terhalang maka phototransistor menerima cahaya dari IR LED atau ON sehingga output dari kolektor akan berlogika *LOW* (0) atau tegangan 0V.

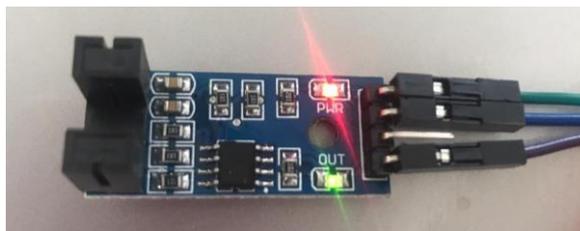
2.8.2 Spesifikasi *Optocoupler* Modul LM393

Optocoupler Module Sensor Kecepatan banyak digunakan pada pendeteksi kecepatan motor, RPM, pengukur putaran, Tachometer / Speedometer Kendaraan, pembatas kecepatan, Mekanisme Sistem kerja Printer, dan semua aplikasi yang mendeteksi dan menghitung objek yang lewat.

Optocoupler Module Sensor adalah jenis sensor celah *opto-coupler* yang akan menghasilkan sinyal output High (1) TTL ketika sebuah objek terdeteksi pada celah.

Detail Produk:

- Menggunakan sensor import groove couple
- Lebar celah 5mm
- Terdapat lampu indikator status output high/low
- Ketika celah tertutup output high, ketika terbuka output low
- Sinyal output pembandingnya (komparator) bersih, dengan arus >15mA
- Tegangan kerja 3.3-5V
- Format output: Digital DO (0 dan 1)
- Tersedia lubang baut mempermudah pemasangan
- Ukuran 3.2x1.4cm
- Menggunakan comparator wide voltage LM393
- modul dapat dihubungkan ke relay, seperti saklar pembatas dan fungsi lainnya, dapat juga dihubungkan ke modul buzzer termasuk alarm.

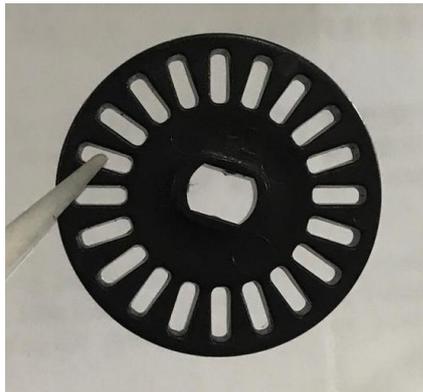


Gambar 2.13 Sensor *Optocoupler* Modul LM393.

(dokumen pribadi, 2019)

2.8.3 Piringan Bercelah

Piringan bercelah dirancang sebagai alat bantu untuk membaca kecepatan dan mendeteksi arah putar motor DC dan biasanya di kopel langsung dengan *shaft* motor. Fungsi dari celah-celah yang ada akan menghantarkan cahaya LED ke phototransistor, sebaliknya jika cahaya led tidak menembus celah piringan maka cahaya terhalang. Piringan tersebut akan berputar sesuai dengan kecepatan motor sehingga phototransistor akan saturasi ketika cahaya led menembus celah-celahnya. Pada saat saturasi, phototransistor akan menghasilkan pulsa dengan range +0,5V s/d +5V. Semakin banyak lubang piringan tentu saja semakin banyak pulsa selama satu putaran, hal tersebut berbanding lurus dengan tingkat akurasi yang dihasilkan oleh rotary encoder. Spesifikasi yang digunakan ; 20 celah dengan ukuran 3,5 x 5,4 mm dan diameter piringan 26mm,



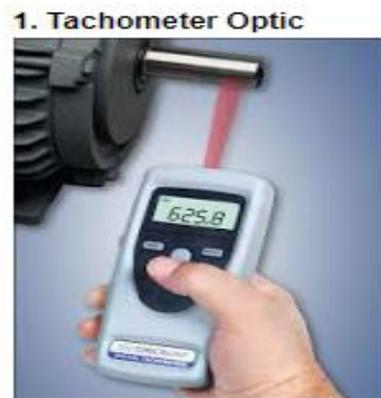
Gambar 2.14 Piringan Bercelah (Junus Marasi, 2018)

2.9 Alat Ukur Kecepatan Putaran Motor DC

2.9.1 Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (RPM) dari poros engkol mesin. Kata tachometer berasal dari kata Yunani tachos yang berarti kecepatan dan metron yang berarti untuk mengukur. Perangkat ini pada masa sebelumnya dibuat dengan dial. Pada masa kini telah diproduksi tachometer digital yang memberikan pembacaan

numerik tepat dan akurat dibandingkan menggunakan dial dan jarum. Adapun salah satu jenis tachometer untuk mengukur kecepatan rotasi, yaitu:



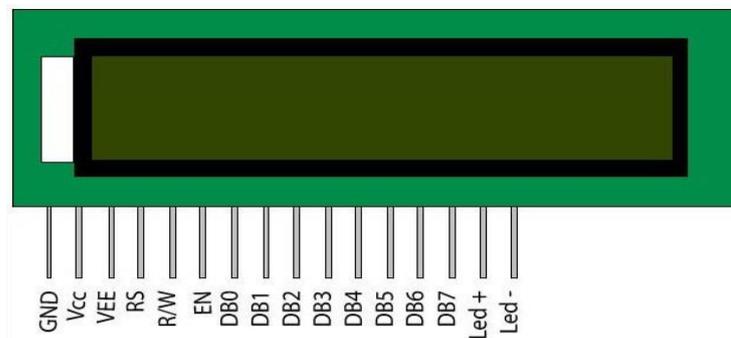
Gambar 2.15 Tachometer Optik. (alatuji.com , 2019)

- **Tachometer *Optic***

Tachometer *optic (non contact)* adalah sebuah alat untuk mengukur kecepatan sudut putar atau rpm. Tachometer optik terdiri dari jalur atau garis (*stripe*) yang terdapat di dalam sebuah batang lalu atau *photosensor* yang menghadap pada batang tersebut. Cara kerjanya adalah setiap batang tersebut berputar, maka photosensor akan mendeteksi jumlah stripe yang melewatinya. Kemudian akan menghasilkan output yang akan berbentuk pulsa. Pada gelombang pulsa tersebut periode kebalikan dari kecepatan angular. Dapat diukur dengan menggunakan rangkaian counter seperti yang digambarkan pada encoder batang optik. Keunggulan tachometer optik ialah memiliki photosensor sehingga dapat mendeteksi setiap garis yang melewatinya, sedangkan kelemahannya tidak dapat merasakan posisi dan jarak, namun dapat diatasi dengan memasang 2 buah photosensor.

2.10 LCD 16x2

LCD 16x2 adalah salah satu penampil yang sangat populer digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan user nya. Dengan penampil LCD 16x2 ini user dapat melihat/memantau keadaan sensor ataupun keadaan jalanya program. Penampil LCD 16x2 ini bisa di hubungkan dengan mikrokontroler apa saja. Salah satunya dari keluarga AVR ATmega baik ATmega32, ATmega16 ataupun ATmega8535 dan ATmega 8.



Gambar 2.16 Spesifikasi Pin pada LCD
(Egi Anugrah, 2016)

Dari gambar di atas tersebut dapat dilihat bahwa LCD 16x2 mempunyai 16 pin. sedangkan pengkabelanya adalah sebagai berikut :

1. Kaki 1 dan 16 terhubung dengan Ground (GND)
2. Kaki 2 dan 15 terhubung dengan VCC (+5V)
3. Kaki 3 dari LCD 16x2 adalah pin yang digunakan untuk mengatur kontras kecerahan LCD. Jadi kita bisa memasang sebuah trimpot 10k untuk mengatur kecerahannya. Pemasangannya seperti terlihat pada rangkaian tersebut. Karena LCD akan berubah kecerahannya jika tegangan pada pin 3 ini di turunkan atau dinaikan.
4. Pin 4 (RS) dihubungkan dengan pin mikrokontroler
5. Pin 5 (RW) dihubungkan dengan GND
6. Pin 6 (E) dihubungkan dengan pin mikrokontroler

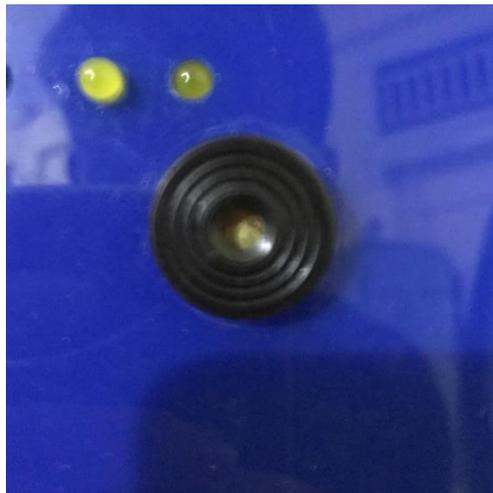
7. Sedangkan pin 11 hingga 14 dihubungkan dengan pin mikrokontroler sebagai jalur datanya.

Tabel 2.1 Pin LCD – Pin Arduino

Pin LCD	Pin Arduino
Pin 1 (GND)	GND
Pin 2 (VCC)	+5V
Pin 3 (VSS)	Potentio 50K
Pin 4 (RS)	PORT 12
Pin 5 (R/W)	GND
Pin 6 (E)	PORT 11
Pin 7	-
Pin 8	-
Pin 9	-
Pin 10	-
Pin 11 (D4)	PORT 5
Pin 12 (D5)	PORT 4
Pin 13 (D6)	PORT 3
Pin 14 (D7)	PORT 2
Pin 15 (LED +)	+5V
Pin 16 (LED -)	GND

2.11 *Buzzer*

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi 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).



Gambar 2.17 *Buzzer* (Dokumen pribadi, 2019)