

BAB II

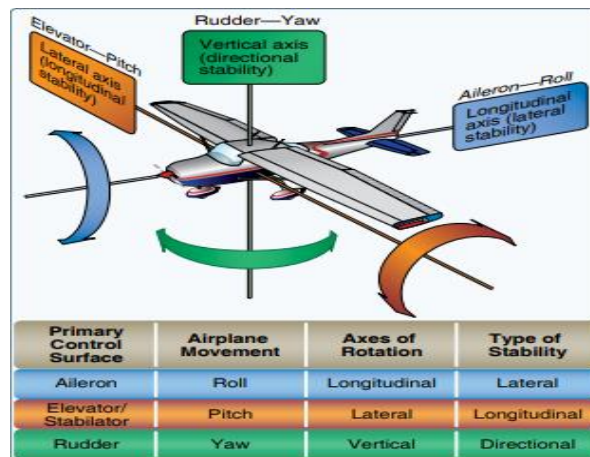
LANDASAN TEORI

2.1 Flight Control

Tujuan dari *flight control* adalah untuk memungkinkan pesawat digerakan pada tiga sumbu. *Pitch control* dilakukan oleh elevator yang memindahkan pesawat pada sumbu lateral, *roll control* control oleh *ailerons* yang memindahkan pesawat pada sumbu longitudinal dan *yaw control* oleh *rudder* yang menggerakkan pesawat: tentang itu normal, atau vertikal, sumbu. Pengontrol biasanya berupa *hinge aerofoil* yang dipasang di *trailing edge* sayap, penstabil horizontal atau tailplane dan rudder biasanya terpasang ke *trailing edge*. Dengan alasan, kontrol diposisikan sejauh mungkin dari sumbu rotasi yang efektif, sehingga mereka menciptakan momen terbesar untuk jumlah gaya yang paling sedikit.

2.1.1 Primary Flight Control

Primary flight control diperlukan untuk mengendalikan pesawat selama penerbangan dan terdiri dari *aileron, elevator & rudder*, salah satu gerakan *primary flight control* menyebabkan pesawat berputar di sekitar sumbu rotasi yang terkait dengan *control surface*. *Aileron* mengontrol gerakan di sekitar sumbu longitudinal (*roll*), *elevator* mengontrol rotasi (*pitch*) dan rudder (*yaw*).



Gambar 2.1 primary flight control (Aeroengginering, 2016)

Terdapat 3 hal yang bisa dilakukan oleh *primary control surface* diantaranya adalah:

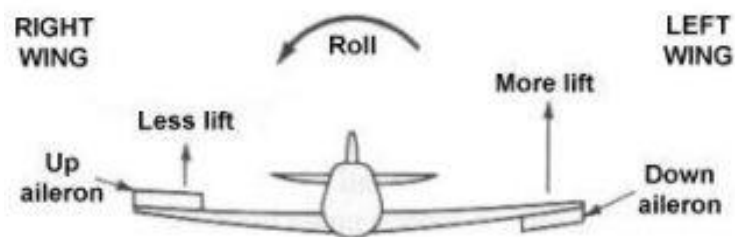
1. Mengendalikan pergerakan pesawat
2. Mengendalikan pesawat berdasarkan sumbu rotasinya
3. Mengendalikan kestabilan pesawat

Bidang kendali utama pada pesawat terbang adalah:

- a. *Aileron*, merupakan bidang kendali yang terletak pada *wing/sayap*.
- b. *Elevator*, merupakan bidang kendali yang terletak pada *horizontal stabilizer*.
- c. *Rudder*, merupakan bidang kendali yang terletak pada *vertical stabilizer*.

A. *Aileron*

Aileron adalah *control surface* yang pada umumnya terletak di *trailing edge* (bagian belakang sayap) pada ujung sayap kanan dan kiri. Gerakan dari *aileron* adalah berkebalikan, yaitu ketika salah satu *aileron* kebawah, sisanya bergerak keatas, sehingga menghasilkan gaya yang berlawanan dan menghasilkan gerakan *roll* pada pesawat.

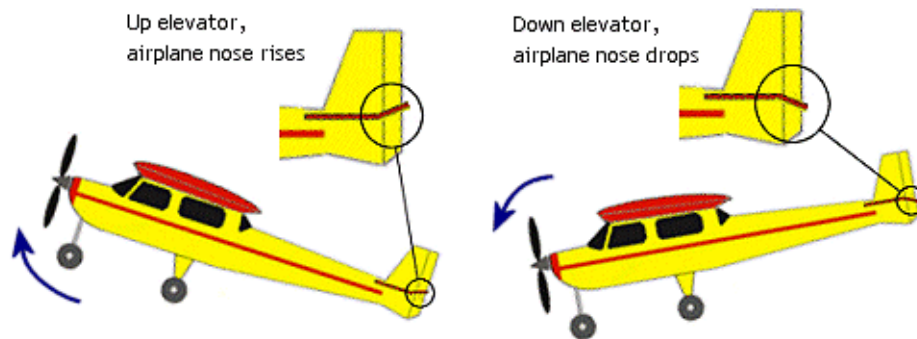


Gambar 2.2 prinsip kerja *Aileron*(AeroEngineering,2016)

B. *Elevator*

Elevator terletak pada *trailing edge horizontal stabilizer*. Ketika *elevator* terdefleksi kebawah, bagian ekor akan terangkat, sehingga menghasilkan *nose-down* membuat pesawat cenderung bergerak kebawah.

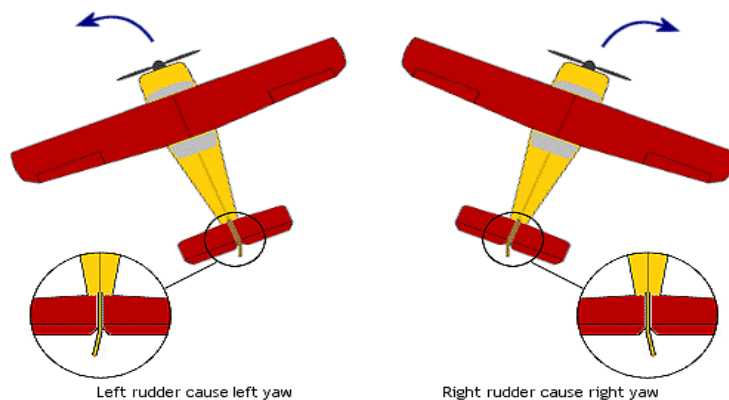
Sebaliknya, ketika *elevator* terdefleksi keatas, ekor akan bergerak kebawah, sehingga menghasilkan *nose-up* dan membuat pesawat bergerak keatas. *Elevator* merupakan pengontrol gerakan *pitch*.



Gambar 2.3 prinsip kerja *elevator* (AeroEngineering, 2016)

C. Rudder

Rudder terletak pada *trailing edge vertical stabilizer*, ketika *rudder* terdefleksi kekanan, ekor akan tertarik ke kiri, sehingga akan menghasilkan hidung pesawat bergerak ke kanan dan pesawat akan berbelok ke kanan. Begitu juga sebaliknya untuk defleksi ke kiri. *Rudder* adalah *control surface* untuk mengontrol gerakan *yaw*, tetapi memiliki efek samping gerakan *roll*. Kontrol *rudder* biasanya terhubung dengan sistem pembelok landing gear, sehingga biasa digunakan untuk kontrol saat di darat.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja *Rudder* (AeroEngineering, 2016)

2.2. Secondary Flight Control

Secondary flight control surface, bisa dibilang sebagai bidang kendali tambahan yang bertujuan untuk membantu kinerja dari *primary control surface* dan pergerakan pesawat ketika terbang, *take off* atau pun *landing*. Yang termasuk dalam *Secondary Flight Control Surface*, yaitu:

A. *Slat*

Slat adalah permukaan *aerodynamic* yang terletak pada *leading edge* di *wing*. Fungsi *slat* adalah menaikkan nilai *angle of attack* maksimum. Pada saat *approach*, *Angle of Attack* (AoA) pesawat nilainya sangat besar mendekati *AoA maks/AoA stall*. Maka *slat* ini digunakan supaya *Angle of Attack stall* nya meningkat, sehingga dengan *AoA approach* yg cukup tinggi itu tidak terlalu dekat dengan *AoA maks/AoA stall*. *Angle of Attack* sudut yang di bentuk dari *chord line* dan *relative wind*.

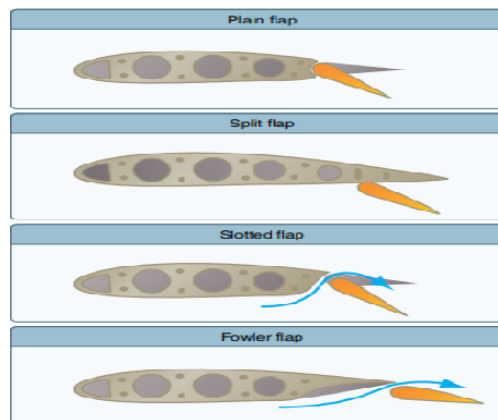
Koefisien *lift* yang lebih tinggi dihasilkan dari *angle of attack* dan kecepatan, jadi dengan menyebarnya *slat* pada pesawat dapat terbang pada kecepatan yang lebih rendah, atau *take off* dan *landing* dengan jarak yang pendek. Pada penerbangan yang normal *slat* digunakan untuk mengurangi *drag*.



Gambar 2.5 Slat Pada Pesawat (AeroEngineering, 2016)

B. *Flap*

Flap berfungsi untuk meningkatkan gaya angkat pada sayap disertai dengan meingkatnya *drag*, sehingga pesawat dapat bergerak pada kecepatan yang rendah serta dapat digunakan juga sebagai rem saat diudara. *Flap* terletak pada *trailing edge* sayap di pangkal sayap dekat *fuselage*. *Flap* biasa digunakan pada saat *landing*.



Gambar 2.6 Mekanisme *Flap* (AeroEngineering, 2016)

C. Spoiler

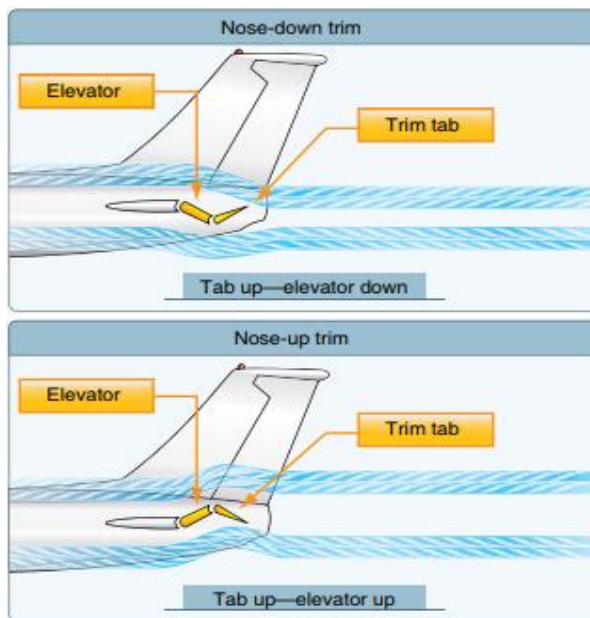
Spoiler, disebut juga *lift damper*, pada intinya merupakan perangkat berbentuk plat datar yang dapat digerakkan ke arah atas melawan dan merusak aliran udara yang melewati sayap bagian atas, menyebabkan turunnya gaya angkat (*Lift*) dan memperbesar gaya hambat (*Drag*) pada saat dioperasikan [5, 6]. Karena tidak langsung digunakan untuk mengendalikan pesawat terbang untuk bermanuver, maka bersama dengan *high-lift device* dan *tab*, *spoiler* dikategorikan sebagai bidang kontrol sekunder. Bidang kontrol sekunder berfungsi membantu bidang kontrol primer yang memungkinkan pesawat terbang dalam bermanuver dan bergerak longitudinal, lateral dan direksional. Fungsi dari *spoiler* adalah: (i) sebagai perangkat rem selama pendaratan dan (ii) sebagai perangkat tambahan pada saat pesawat terbang melakukan gerakan *rolling* [7]. Jika *high-lift device* (misalnya *flap*) ditujukan salah satunya untuk meningkatkan *lift*, maka *spoiler* ditujukan justru sebaliknya yaitu untuk mengurangi *lift*, dan bahkan memperbesar *drag*. Oleh karena itu, *spoiler* ini lebih sering digunakan pada saat pesawat mendarat, yaitu setelah

semua roda pesawat sudah menyentuh landasan. Pengoperasian spoiler pada saat pengereman ini, biasanya bersamaan dengan pengaktifan flap dan reverse thrust



Gambar 2.7 spoiler pada pesawat (AeroEngineering,2016)

D. Trim Tab



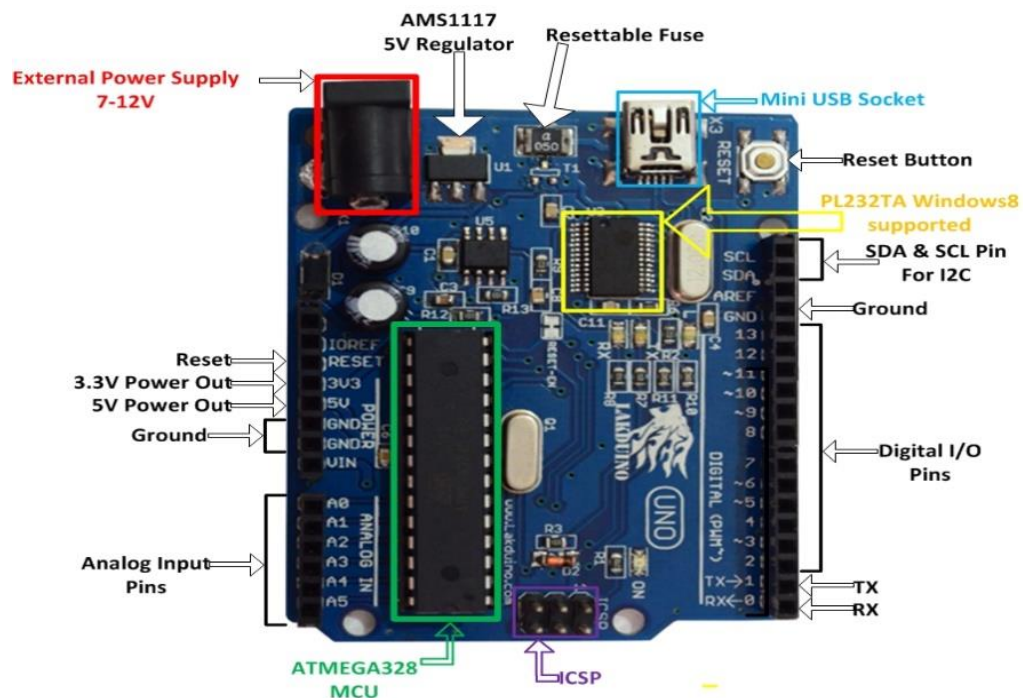
Gambar 2.8 mekanisme kerja trim tab (AeroEngineering, 2016)

Bagian *Flight Control Surface* (FCS) yang paling kecil umumnya pada pesawat adalah *trim tabs*. *Trim tabs* biasanya terdapat pada *horizontal stabilizer* dan melekat pada *elevator*. *Trim control* digunakan pilot untuk menyeimbangkan gaya angkat dan gaya hambat yang dihasilkan dari beban dan kecepatan udara dari atas permukaan sayap. Hal ini dapat menyesuaikan dan mempertahankan sikap penerbangan yang diinginkan.

2.3. Arduino

2.3.1. Pengertian Arduino

Arduino merupakan sebuah *platform hardware open source* elektronik yang mudah digunakan baik dari sisi *hardware* maupun *software* (Arduino) perangkat ini dibekali dengan Prosesor Atmel AVR dengan menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang dikembangkan dari bahasa C dan di kemas dalam *libraries* arduino yang menjadikan bahasa pemrograman arduino ini cukup mudah untuk dipelajari.



Gambar 2.9 Arduino Uno (Lankatronics, 2016)

Kegunaan Arduino tergantung kepada kita yang membuat program. Arduino bisa digunakan untuk mengontrol *LED*, bisa juga digunakan untuk mengontrol helikopter. Contoh yang sudah pernah dibuat adalah *MP3 player*, pengontrol motor, mesin *CNC*, monitor kelembaban tanah, pengukur jarak, penggerak servo, balon udara, pengontrol suhu, monitor energi, stasiun cuaca, pembaca *RFID*, drum elektronik, *GPS logger*, *monitoring* bensin dan masih banyak lagi.

2.3.2. Kelebihan Arduino

1. Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload program* dari komputer.
2. Sudah memiliki sarana komunikasi *USB*, sehingga pengguna Laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya.
3. Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software* Arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap.
4. Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* Arduino. Misalnya *shield GPS, Ethernet, SD Card*, dll.

2.3.3. Bahasa Pemrograman Arduino

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C. Tetapi bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya dengan cukup mudah. Untuk membuat program Arduino dan mengupload ke dalam *board* Arduino, anda membutuhkan *software* Arduino *IDE (Integrated Development Environment)*.

2.3.4. Deskripsi Arduino UNO

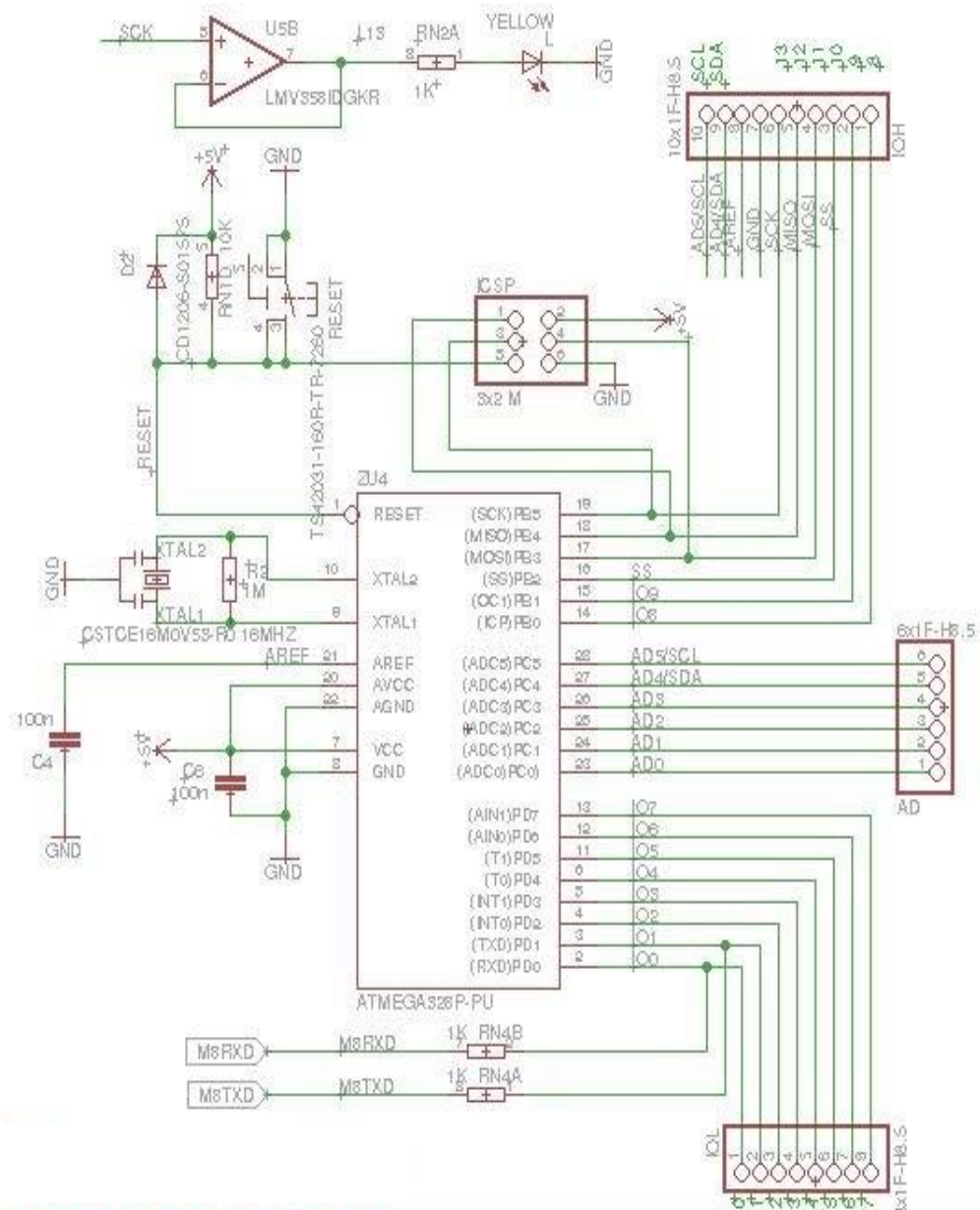
2.3.4.1. Arduino UNO

Arduino Uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. *IC (integrated circuit)* ini memiliki 14 *input/output digital* (6 *output* untuk *PWM*), 6 *analog input*, resonator kristal keramik 16 MHz, Koneksi *USB*, soket adaptor, *pin header ICSP*, dan tombol *reset*. Hal inilah yang dibutuhkan untuk mensupport mikrokontrol secara mudah terhubung dengan kabel *power USB* atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC atau juga *battery*.

Uno berbeda dari semua *board* mikrokontrol diawal-awal yang tidak menggunakan *chip* khusus *driver FTDI USB-to-serial*. Sebagai penggantinya penerapan *USB-to-serial* adalah ATmega16U2 versi R2

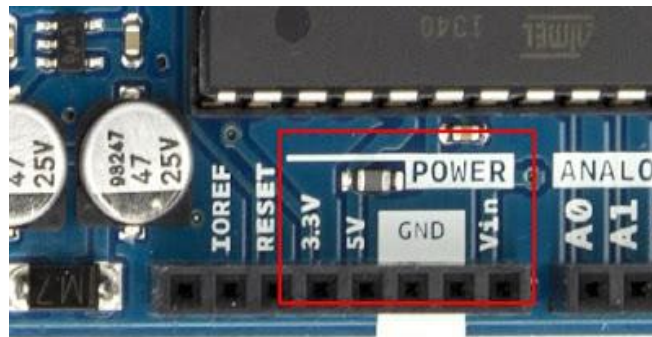
(versi sebelumnya ATmega8U2). Versi Arduino Uno Rev.2 dilengkapi resistor ke 8U2 ke garis ground yang lebih mudah diberikan ke mode *DFU*.

2.3.4.2. *Input dan output* Arduino



Gambar 2.10 Sistem Minimum Mikrokontroler (DigitalApik, 2019)

Arduino Uno dapat disuplai langsung ke *USB* atau *power supply* tambahan yang pilihan *power* secara otomatis berfungsi tanpa saklar. Kabel *external (non-USB)* seperti menggunakan adaptor AC ke DC atau baterai dengan konektor *plug* ukuran 2,1mm polaritas positif di tengah ke *jack power* di *board*. Jika menggunakan baterai dapat disematkan pada *pin GND* dan *Vin* di bagian *Power connector*.



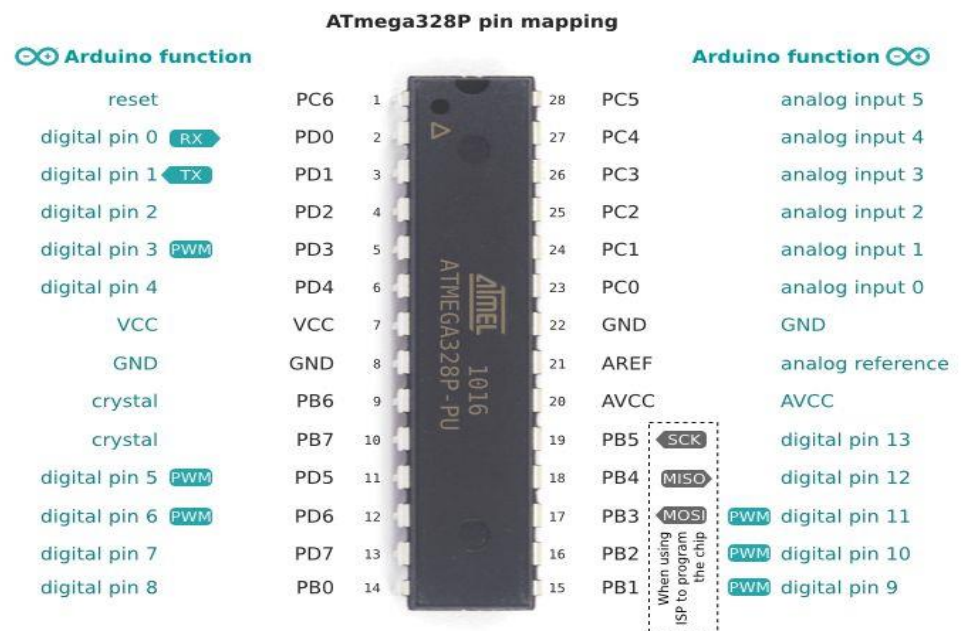
Gambar 2.11 Pin Power Arduino (Jameco Electronics, 2018)

Papan Arduino pada Gambar 2.9 dapat disuplai tegangan kerja antara 6 - 20 V, jika catu daya di bawah tegan standar 5V *board* akan tidak stabil, jika dipaksakan ke tegangan regulator 12V mungkin *board* arduino cepat panas (*overheat*) dan merusak *board*. Sangat direkomendasikan tegangannya 7-12V.

Masing-masing dari 14 *pin* UNO dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan perintah fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()* yang menggunakan tegangan operasi 5V. Setiap *pin* dapat menerima arus maksimal hingga 40mA dan resistor *internal pull-up* antara 20-50kohm, beberapa *pin* memiliki fungsi kekhususan antara lain:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Sebagai penerima (RX) dan pemancar (TX) TTL serial data. Pin ini terkoneksi untuk pin korespondensi chip ATmega8U2 USB-toTTL Serial.

- External Interrupts: 2 dan 3. Pin ini berfungsi sebagai konfigurasi trigger saat interupsi value low, naik, dan tepi, atau nilai value yang berubah-ubah.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Melayani output 8-bit PWM dengan fungsi analogWrite().
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin yang support komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- LED: 13. Terdapat LED indikator bawaan (built-in) dihubungkan ke digital pin 13, ketika nilai value HIGH led akan ON, saat value LOW led akan OFF.
- Uno memiliki 6 analog input tertulis di label A0 hingga A5, masing-masingnya memberikan 10 bit resolusi (1024). Secara asal input analog tersebut terukur dari 0 (ground) sampai 5 volt, itupun memungkinkan perubahan teratas dari jarak yang digunakan oleh pin AREF dengan fungsi analogReference().



Gambar 2.12 ATmega328p pin mapping (Jameco Electronics, 2018)

Sebagai tambahan, beberapa pin ini juga memiliki kekhususan fungsi antara lain:

- **TWI:** pin A4 atau pin SDA dan and A5 atau pin SCL. Support TWI communication menggunakan Wire library. Inilah pin sepasang lainnya di board UNO:
- **AREF.** Tegangan referensi untuk input analog. digunakan fungsi analogReference().
- **Reset.** Meneka jalur LOW untuk mereset mikrokontroler, terdapat tambahan tombol reset untuk melindungi salah satu blok.

2.3.4.3. Komunikasi

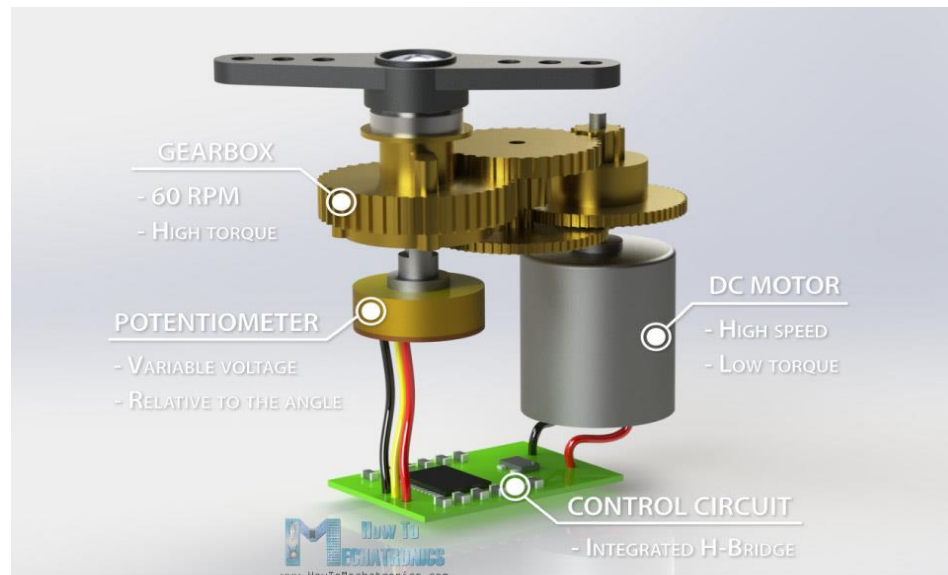
Arduino Uno memiliki fasilitas nomer untuk komunikasi dengan komputer atau hardware Arduino lainnya, atau dengan mikrokontroler. Pada ATmega328 menerjemahkan serial komunikasi UART TTL (5V) pada pin 0 (RX) dan 1 (TX). Pada ATmega16U2 serial komunikasinya dengan USB dan port virtual pada software di komputer. Perangkat lunak (firmware) 16U2 menggunakan driver standart USB COM dan tidak membutuhkan driver luar lainnya. Bagaimanapun pada OS Windows file ekstensi .inf sangar diperlukan. Software Arduino bawaan telah menyertakan serial monitor yang sangat mudah membaca dan mengirim data dari dan ke Arduino. LED indikator TX dan RX akan kedip ketika data telah terkirim via koneksi USB-to-serial dengan USB pada komputer (tetapi tidak pada serial com di pin 0 dan pin 1)

SoftwareSerial library membolehkan banyak pin serial communication pada Uno. ATmega328 juga support I2C (TWI) dan SPI communication. Software Arduino terbenam di dalamnya Wire library untuk memudahkan penggunaan bus I2C.

2.4. Motor Servo

2.4.1. Deskripsi Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel Motor.



Gambar 2.13 Motor Servo (Dejan, 2018)

Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

Motor servo biasa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya.

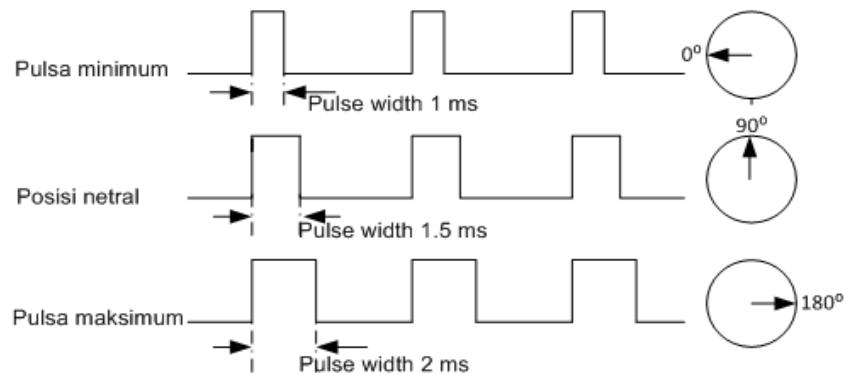
2.4.2 Jenis Motor Servo

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, terdapat dua jenis motor servo yang dan terdapat di pasaran, yaitu motor servo rotation 180° dan servo rotation continuous.

- Motor servo standard (servo rotation 180°) adalah jenis yang paling umum dari motor servo, dimana putaran poros outputnya terbatas hanya 90° kearah kanan dan 90° kearah kiri. Dengan kata lain total putarannya hanya setengah lingkaran atau 180°.
- Motor servo rotation continuous merupakan jenis motor servo yang sebenarnya sama dengan jenis servo standard, hanya saja perputaran porosnya tanpa batasan atau dengan kata lain dapat berputar terus, baik ke arah kanan maupun kiri.

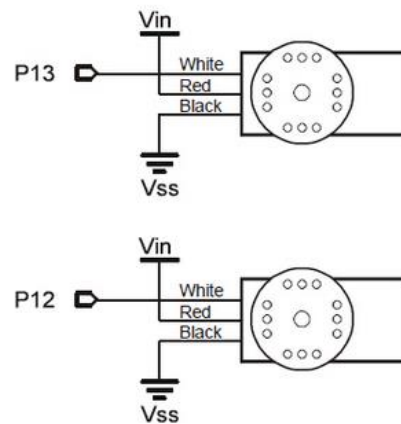
2.4.3 Prinsip Kerja Motor Servo

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90°. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri, sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan.



Gambar 2.14 Bentuk Pulsa Servo (Trikueni, 2014)

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan. Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

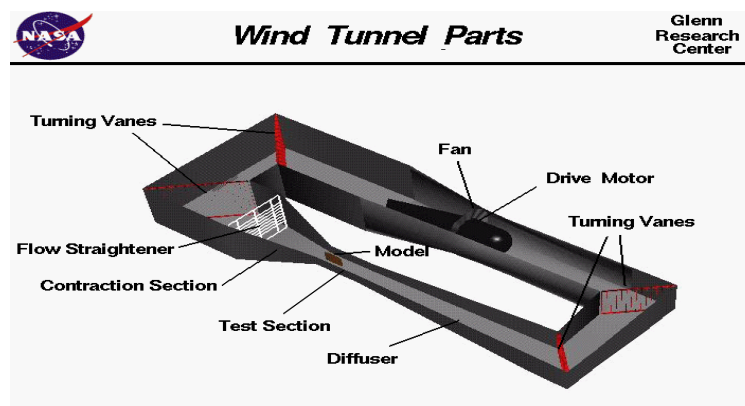


Gambar 2.15 Simbol Elektronik Motor Servo (Mrswilliam, 2015)

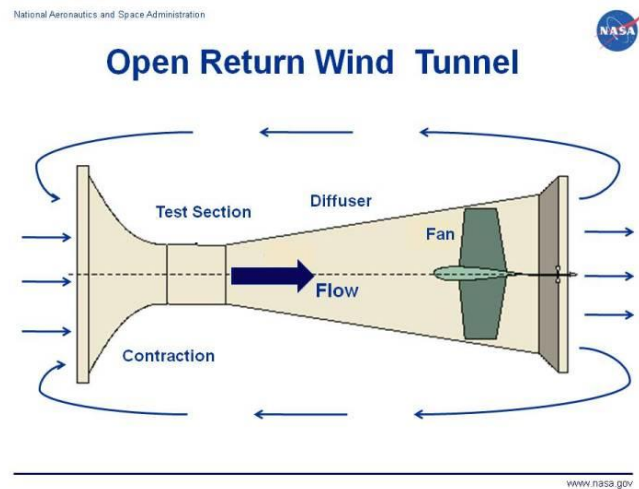
2.5 Wind tunnel

Terowongan angin (*Wind Tunnel*) adalah alat penghasil angin buatan yang digunakan untuk mengetahui aliran udara di sekitar benda yang ingin diuji serta untuk mengetahui gaya-gaya yang ditimbulkan. Di dalam terowongan angin, sayap pesawat terbang tetap pada tempatnya, hanya udara yang bergerak, sedangkan pada keadaan yang sebenarnya pesawat terbang bergerak melewati udara yang diam. Jadi, terowongan angin ini mensimulasikan keadaan sebenarnya suatu sayap pesawat untuk menganalisis kinerja Airfoil dari sayap pesawat.

Jenis terowongan angin ada 2 yaitu sistem terbuka (*open jet type*) dan sistem tertutup (*close jet type*). Pada kedua terowongan angin ini aliran udara didapat dari putaran kipas angin (*fan*) yang digerakkan oleh motor listrik. Perbedaan prinsip antara keduanya terletak pada ruang percobaannya (*experimental chamber*). Pada terowongan angin sistem terbuka, penampang ruang percobaan jauh lebih lebar dibandingkan dengan kolektornya, sedang pada sistem tertutup ruang percobaan merupakan suatu ruangan yang sama sekali tertutup. Pada sistem tertutup, model yang akan di test diletakkan di dalam ruang yang tertutup dan semua alat-alat ukur (*instrument*) serta pengendaliannya dipasang di luarnya.



Gambar 2.16 *Close jet type Wind Tunnel* (Nasa,2014)

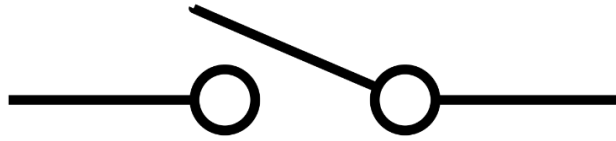


Gambar 2.17 *Open jet type Wind Tunnel* (Nasa, 2014)

Baik pada sistem terbuka maupun tertutup dilengkapi dengan honey comb dengan maksud agar aliran udara menjadi sejajar. Agar aliran lebih stabil, biasanya terowongan angin dilengkapi juga dengan dinding berlubang-lubang (perforated wall) yang memungkinkan udara yang telah keluar lewat kipas angin bisa kembali lagi ke depan (inlet) lagi. Untuk menambah efisiensi, baik pada terowongan angin terbuka maupun tertutup, udara yang telah keluar dari kipas angin seluruhnya dialirkan lagi ke saluran masuk (inlet) melalui saluran khusus. Yang penulis pakai dalam analisis adalah *Open jet type Wind Tunnel*, karena proses pembuatannya mudah, murah, dan lebih ringan. (Sugiarto, 2008)

2.6 Push button Switch

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal.



Gambar 2.18 *Switch Symbol* (Unnes, 2015)

Sebagai device penghubung atau pemutus, push button switch hanya memiliki 2 kondisi, yaitu On dan Off (1 dan 0). Istilah On dan Off ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi On dan Off.



Gambar 2.19 *Switch* (Unnes, 2015)

Karena sistem kerjanya yang unlock dan langsung berhubungan dengan operator, push button switch menjadi device paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti push button switch atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian On dan Off.

