

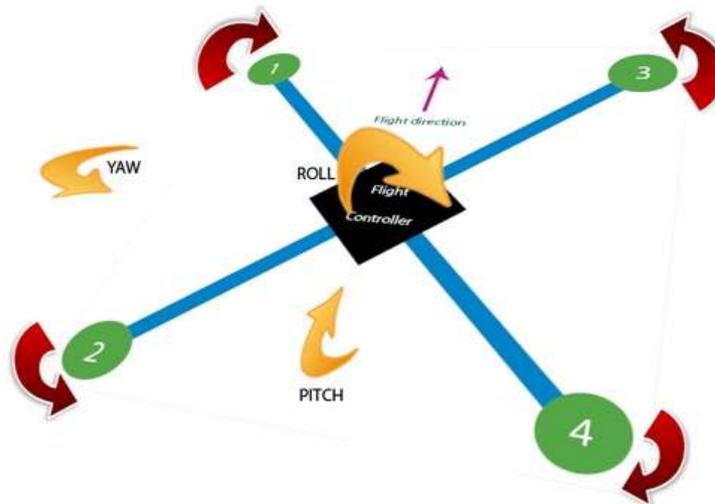
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Quadcopter*

Quadcopter merupakan pesawat tanpa awak yang memiliki empat buah motor dan baling-baling di tiap ujung-ujung kerangka utama. Bagian tengah digunakan untuk peletakkan, sistem kontrol, sensor dari *quadcopter*, dan sumber daya (baterai). Sistem kontrol digunakan untuk mengatur kecepatan tiap-tiap motor sesuai dengan gerakan yang diinginkan seperti bermanuver maju, mundur, kiri, kanan, atas, bawah, dan juga berotasi.

Tiap motor pada *quadcopter* bertanggung jawab dalam pergerakan dan energi putarannya, begitu juga dengan gaya tarikan yang berlawanan dari arah terbang *quadcopter*. Baling-baling pada *quadcopter* tidak sepenuhnya sama dalam pergerakannya. Pada prosesnya, baling-baling ini dibagi menjadi 2 pasang, 2 baling-baling pendorong dan 2 baling-baling pena-rik yang bergerak dalam putaran yang berlawanan. Sebagai konsekuensinya, hasil putaran menjadi penyeimbangjika semua baling-baling berputar dengan kecepatan sama, sehingga membuat kendaraan terbang dapat terbang stabil di satu tempat.



Gambar 2.1 Gerakan *quadcopter*

(<http://www.iofer.com/D0n24-axis-hj450-strong-smooth-quadcopter>)

2.2 Definisi Sensor

Sensor adalah peranti (*device*) yang berfungsi untuk mengindra (*to sense*) besaran fisik. Beberapa besaran yang termasuk besaran fisik antara lain posisi dan turunannya (kecepatan dan percepatan) baik translasi maupun rotasi, temperatur, tegangan, regangan, tekanan, kecepatan alir/debit aliran, gelombang suara/ultrasonik, dan intensitas cahaya. (*nugroho.staff.uui.ac.id/2012/04/*)

2.3 Tinjauan Perangkat Keras *Quadcopter*

Untuk membuat *quadcopter* dapat terbang sedemikian rupa, digunakan beberapa komponen. Berikut adalah komponen – komponen pada *quadcopter*.

2.3.1 Aktuator

Aktuator merupakan perangkat elektromekanik yang menghasilkan daya gerakan. Dapat dibuat dari sistem motor listrik, sistem *pneumatic* atau perangkat hidrolis. Aktuator yang digunakan pada *quadcopter* sebagai penghasil gerakan yaitu salah satunya *brushless motor*. (*Sigit, Riyanto, Robotika, Sensor & Aktuator, Graha Ilmu, 2007*)

2.3.1.1 Motor *Brushless*

Quadcopter membutuhkan penggerak berupa baling-baling yang diputar oleh motor. Spesifikasi yang harus dipenuhi oleh sistem gerak ini adalah torsi, efisiensi, dan getaran yang ditimbulkan oleh berputarnya motor dan baling-baling. Motor dengan getaran yang terlalu besar dapat mengganggu sensor-sensor yang digunakan pada *quadcopter*. Efisiensi motor berkaitan dengan durabilitas terbang dari *quadcopter*, mengingat sumber data (*battery*) yang digunakan terbatas.

Motor *brushless* memiliki beberapa kelebihan yaitu: efisiensi tinggi, kecepatan dan torsi yang tinggi, respons dinamis yang tinggi, dan masa operasi yang panjang.



Gambar 2.2 Motor *brushless*

(<http://www.hobbyking.com/motor-brushless>)

Keuntungan dari *brushless* motor sebagai berikut:

1. Komputer dapat mengatur kecepatan motor lebih baik sehingga membuat *brushless motor* lebih efisien.
2. Tidak adanya *storing/electrical noise*.
3. Tidak menggunakan *brushes* yang dapat rusak setelah lamanya pemakaian.
4. Dengan posisi *electromagnet* sdi bagian *stator*, maka pendinginan motor menjadi lebih mudah.
5. Jumlah *electromagnets* sdi *stator* dapat sebanyak mungkin untuk mendapatkan kontrol yang lebih akurat.

Motor *brushless* yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- a. *Battery*: 2~4 Cell /7.4~14.8V
- b. RPM: 1100kv
- c. *Max current*: 18A
- d. *Noloadcurrent*: 1A

- e. *Max power*: 336W
- f. *Internal resistance*: 0.107 ohm
- g. *Weight*: 70g (including connectors)
- h. *Diameter of shaft*: 4mm
- i. *Dimensions*: 28x36mm
- j. *Prop size*: 7.4V/11x7 14.85V/7x3
- k. *Max thrust*: 1130g

2.3.1.2 Electronic Speed Controller (ESC)

ESC (*Elektronik Speed Control*) yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor, selain itu juga berfungsi untuk menaikkan jumlah arus yang diperlukan oleh motor. ESC dapat dikatakan juga sebagai *Drive* motor dengan mengeluarkan pulsa untuk *brushless* motor yang berasal dari mikrokontroler.



Gambar 2.3 ESC (*Electronic Speed Controller*)

(<http://www.hobbyking.com/ESC>)

2.3.2 Baling – Baling (*Propeller*)

Baling-baling adalah alat yang mengubah gerak putar menjadi daya dorong. Daya dorong inilah yang dimanfaatkan *quadcopter* sebagai

penghasil daya dorong utama. Bilah-bilah dari *propeller* berperan sebagai sayap yang berputar menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang bilah tersebut. (digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-28475-4208100001).

Ada beberapa parameter penting yang dimiliki *propeller* pada *RC aeromodelling*. Parameter-parameter ini bisa dijadikan pedoman untuk memilih baling-baling sesuai kebutuhan:

1. Diameter dan *pitch*

Semua baling-baling RC yang tersedia memiliki 2 buah ukuran, yaitu diameter dan *pitch*. Diameter dihitung berdasarkan diameter lingkaran yang dibentuk saat baling-baling berputar. Sedangkan *pitch* merupakan jarak yang ditempuh oleh baling-baling jika diputar 1 putaran penuh. Semakin panjang diameter dan *pitch* baling-baling semakin banyak pula udara yang disapu dan semakin besar pula daya dorong yang dihasilkan. Tapi diameter dan *pitch* dari baling-baling ini harus disesuaikan dengan motor dan sumber daya yang digunakan.

Satuan dari diameter dan *pitch* dari baling-baling adalah inch. Baling-baling dengan ukuran 10x4.5 memiliki diameter 10 inch dan *pitch* 4.5 inch

2. Jumlah bilah

Umumnya jumlah bilah pada baling-baling RC *aeromodelling* adalah 2 bilah. Tetapi ada yang menggunakan 3 bilah dan 4 bilah. Semakin banyak bilah pada baling-baling menyebabkan semakin banyak udara yang disapu sehingga menghasilkan daya dorong yang lebih besar. Semakin banyak bilah juga menuntut motor dengan torsi yang lebih besar. Biasanya penambahan jumlah bilah bertujuan untuk memperkecil diameter baling-baling, tentunya untuk menghasilkan performa yang sama (dengan motor yang sama) *pitch*-nya harus dikurangi.



Gambar 2.4 *Propeller* dengan berbagai bilah
(<http://www.hobbyking.com/propeller>)

3. Arah putar

Dengan arah gaya dorong yang sama, baling-baling RC *aeromodelling* memiliki dua jenis arah putaran; searah jarum jam (*CW, clockwise*) dan berkebalikan arah jarum jam (*CCW, counterclockwise*). Arah putar ini menentukan *yawing moment* yang dihasilkan dari baling-baling. Pada *quadcopter*, dibutuhkan sepasang baling baling *CW* dan *CCW* agar *yawing moment* dapat saling menghilangkan.



Gambar 2.5 *Propeller* dengan 2 bilah
(<http://www.hobbyking.com/propeller>)

2.3.3 *Flight Controller*

Flight Controller adalah *single Board* mikrokontroller di mana di sini terletak berbagai komponen-komponen penting meliputi mikrokontroller Atmega328 dan sensor *gyroscope* dan *accelerometer*.

Pada *flightcontroller* di sini digunakan *Board Multiwii v2.5*. (<http://www.hobbyking.com/flightcontroller>).

Multiwii sendiri adalah kode proyek sumber terbuka yang berjalan di *Arduino bootloader* berbasis papan untuk perangkat multirotor. (multiwii.org/language/id/Apa-adalah-multiwii/). Pada awalnya *Multiwii* dikembangkan untuk mendukung konsol *gyroscoped accelerometer* pada *Nintendo Wii*. Setelah melalui beberapa perkembangan sekarang *Multiwii* dapat mendukung berbagai penggunaan sensor seperti *magnetometers, digital barometer, gps*, dan sonar. Maka dari itu fitur fitur pelengkap ini dapat diterapkan pada perangkat penerbangan agar dicapai penerbangan yang stabil.

Perbedaan utama *Multiwii* idengan proyek *open source* lainnya adalah kode ini tidak terkait dengan produk komersial. Ini berarti kode yang dimasukkan dapat pada mikrokontroler dapat di *upgrade* dan di atur ulang tanpa harus meng-*upgrade* perangkat kerasnya yang justru akan memakan biaya.

Multiwii kode juga GUI (*Graphical User Interface*) sehingga perangkat *multiwii* dapat menghubungkan *controller quadcopter* ke *mac, personal computer (pc)* atau *linux* untuk *tuning* parameter, mengkonfigurasi *switch* posisi, dan lain-lain.



Gambar 2.6 *Multiwii v2.5*

(<http://www.hobbyking.com/flightcontroller/>)

2.3.4 *Remote Control (RC)*

Remote control adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengoperasikan sebuah mesin dari jarak jauh. *Remote* juga menjadi bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna untuk memberikan sinyal perintah-perintah untuk menggerakkan *quadcopter* dalam arah gerakan arah naik, turun, maju, mundur, kiri dan kanan.

(en.wikipedia.org/wiki/Remote_control)



Gambar 2.7 *Remote control*

(<http://www.hobbyking.com/remoterc>)

2.4 *AttitudeHeadingReference System (AHRS)*

Informasi orientasi pesawat sangat penting untuk diketahui oleh sistem pengendali utama *quadcopter*. Informasi ini akan menjadi sumber masukan bagi pengendali utama untuk mengendalikan kecepatan motor demi mempertahankan sudut orientasi yang telah ditentukan.

Untuk mengetahui orientasi pesawat dalam ruang, *Quadcopter* membutuhkan sebuah piranti elektronik yang disebut *Attitude Heading Reference System* (AHRS). AHRS merupakan integrasi dari beberapa sensor dan menggunakan perhitungan tertentu untuk memadukan data dari sensor-sensor tersebut.

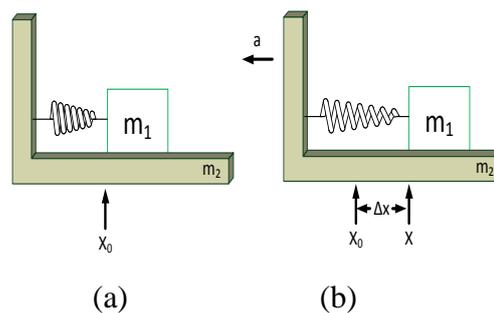
2.4.1 Akselerometer

Akselerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan atau perubahan kecepatan terhadap waktu. Sensor ini dipasang bersama benda yang akan diukur akselerasinya, seperti mengukur perubahan kecepatan roket yang meluncur atau digunakan untuk analisis getaran (*vibration analysis*) pada mesin, serta digunakan untuk mendeteksi gerak dan kemiringan pada *smartphone*. (<http://jurnal.usu.ac.id/index.php/sfisika/article/download/5611/2353>)

Pada aplikasinya dalam AHRS, akselerometer digunakan sebagai sensor pendeteksi arah percepatan gravitasi yang nantinya akan diolah menjadi sudut kemiringan pesawat terhadap bidang horisontal permukaan bumi.

2.4.1.1 Konsep Akselerometer

Akselerometer dapat dianalogikan sebagai sebuah sistem massa-pegas (*mass spring system*) yang bekerja berdasarkan Hukum Newton dan Hukum Hooke. Prinsip kerja dari sensor ini akan dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.8 Sistem masa pegas sebagai akselerometer;

- a. sistem dalam keadaan normal
- b. pegas meregang karena akselerasi a

Hukum Newton II menyatakan jika massa m dan mengalami percepatan sebesar a , maka ada gaya yang bekerja pada massa tersebut sesuai dengan persamaan :

$$F = ma$$

(http://id.wikipedia.org/wiki/Hukum_gerak_Newton)

Hukum Hooke menyatakan jika pegas dengan konstanta pegas k diregangkan sehingga berubah panjangnya sebesar Δx , maka ada gaya F yang bekerja pada pegas tersebut dinyatakan dalam persamaan :

$$F = -k\Delta X$$

(http://id.wikipedia.org/wiki/Hukum_Hooke)

Pada Gambar 2.8, diilustrasikan sebuah sistem dengan massa m_1 yang bebas bergerak secara horisontal pada sebuah bidang ber dinding m_2 . Massa m_1 dihubungkan ke dinding bidang m_2 oleh sebuah pegas. Awalnya bidang m_2 diam (Gambar 2.8a) dan pegas dalam kondisi tidak merenggang. Pada Gambar 2.8b, ada percepatan horisontal a yang bekerja pada sistem ini yang menyebabkan pegas merenggang sebesar Δx . Renggangnya pegas ini dikarenakan adanya gaya yang bekerja pada m_1 akibat percepatan a . Dengan menggabungkan Hukum Newton dan Hukum Hooke didapatkan:

$$ma = k\Delta X$$

(http://id.wikipedia.org/wiki/Hukum_Hooke)

dimana : $k =$ konstanta pegas (N/m)

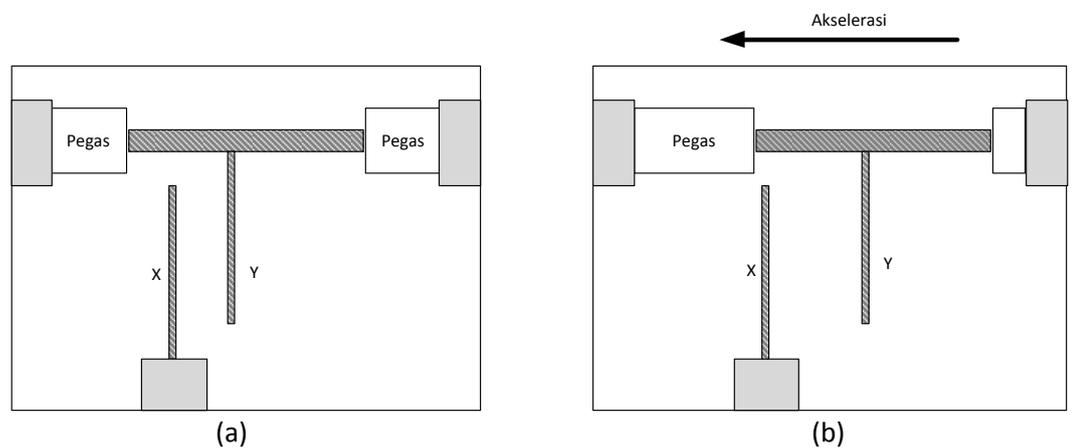
$\Delta X =$ peregangan pegas (m)

$a =$ akselerasi sistem (m/s^2)

2.4.1.2 Sensor Akselerometer Elektronik dengan Teknologi MEMS

Sensor akselerometer elektronik adalah sensor akselerometer yang hasil pengukuran akselerasinya dinyatakan dalam tegangan atau data digital. Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa akselerometer dapat dibangun dengan massa yang dikaitkan dengan pegas, akselerometer elektronik memiliki prinsip yang sama dalam mengukur percepatan. Hanya saja tidak mungkin untuk membuat sensor dengan ukuran yang relatif besar seperti Gambar 2.9. Hingga pada akhir abad 20 dikembangkan teknologi MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*), yang mampu menerapkan prinsip akselerometer massa-pegas ke dalam sebuah *chip*.

Akselerometer dengan teknologi MEMS memanfaatkan perubahan kapasitansi dua buah plat terhadap perubahan jarak antar plat tersebut karena pengaruh akselerasi dari luar. Prinsip kerja dari akselerometer kapasitif ini dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.9 Struktur Akselerometer Elektronik ;

a. Posisi normal tanpa percepatan

b. Jarak X-Y merenggang karena akselerasi

Pada Gambar 2.9, terdapat plat yang tetap (Y) dan plat yang dapat bergerak secara elastis (X). Saat sistem mendapatkan

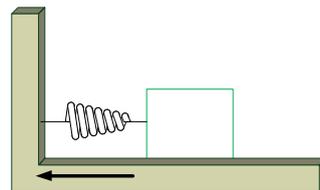
akselerasi (Gambar 2.9b), jarak antara kedua plat ini akan berubah dan menyebabkan kapasitansi kedua plat juga berubah. Selanjutnya dengan rangkaian elektronik perubahan kapasitansi ini diubah menjadi tegangan yang proporsional dengan akselerasi eksternal yang dirasakan oleh sistem.

2.4.1.3 Percepatan Statis dan Dinamis pada Akselerometer

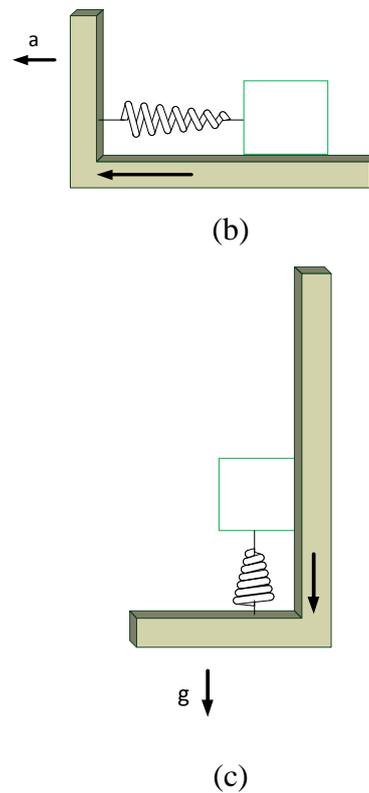
Ada dua jenis percepatan yang dapat dideteksi oleh akselerometer, yaitu percepatan statis dan percepatan dinamis. Percepatan dinamis adalah percepatan yang dialami oleh benda bergerak, sedangkan percepatan statis adalah percepatan yang dialami oleh benda diam.

Setiap benda dalam medan gravitasi bumi mendapatkan gaya tarik ke pusat bumi atau disebut gaya berat. Sebagai contoh, meskipun batu pada permukaan tanah kelihatan diam, tetapi ada percepatan statis yang bekerja pada batu tersebut karena pengaruh gaya tarik bumi.

Dalam mengukur percepatan dengan akselerometer, perlu ditilik apakah percepatan statis atau dinamis yang bekerja pada sensor ini, karena hasil pengukuran akselerometer merupakan gabungan antara kedua percepatan ini. Misalnya benda yang mula-mula diam dan bergerak mendatar terhadap permukaan bumi. Benda tersebut mendapatkan dua percepatan, yaitu percepatan gerak (dinamis) dan percepatan gravitasi yang arahnya ke bawah (statis).



(a)



Gambar 2.10 Percepatan statis dan dinamis pada akselerometer ;
 a. massa pegas keadaan normal
 b. pegas merenggang karena percepatan dinamis (a)
 c. pegas mengerut karena percepatan statis (g)

Pada Gambar 2.10 diperlihatkan akselerometer massa pegas untuk menjelaskan fenomena ini. Jika akselerometer massa pegas ini digerakkan searah tanda panah pada akselerometer (Gambar 2.10b) maka pegas akan merenggang karena ada pengaruh gaya yang menimbulkan percepatan. Dengan asumsi bahwa ada gaya gravitasi yang bekerja menuju pusat bumi, jika akselerometer kita arahkan ke tanah (arah panah pada sensor menunjuk pusat bumi, Gambar 2.10c) pegas tidak akan merenggang tetapi mengerut. Respon pegas terhadap percepatan statis (gaya berat) berlawanan dengan respon pegas terhadap

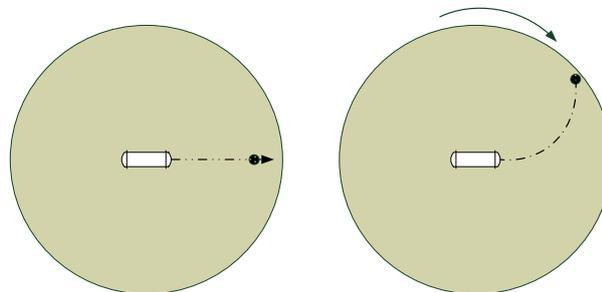
percepatan dinamis meskipun kedua percepatan memiliki arah yang sama.

2.4.2 Giroskop Elektronik

Sensor giroskop adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. Giroskop sering digunakan pada robot atau heli dan alat-alat canggih lainnya. Sensor ini sering digunakan pada sistem navigasi pesawat untuk menentukan arah hadap. Sensor gyro dapat mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna dari segala arah.

Ada banyak metode untuk mendeteksi kecepatan sudut, antara lain *vibrating ring gyroscope*, *tuning fork gyroscope*, *macro laser ring gyroscope* dan *piezo electric plate gyroscope*. Metode yang paling banyak digunakan dan diproduksi sampai sekarang adalah giroskop garpu tala Draper (*Draper tuning fork*).

Giroskop garpu tala dibuat dengan memanfaatkan resonansi dari dua buah resonantor yang bergetar yang disebabkan oleh efek Coriolis. Efek Coriolis adalah defleksi yang timbul pada kerangka acuan rotasi yang besarnya berbanding lurus dengan kecepatan rotasi. Fenomena ini dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.11 Meriam pada piring besar yang berputar

Misal ada sebuah meriam pada pusat sebuah piring besar yang dapat berputar seperti pada Gambar 2.11. Saat piring besar tersebut tidak berputar dan peluru ditembakkan dari pusat piring, pada umumnya peluru tersebut bergerak lurus dari pusat piring. Tetapi ketika piring besar tersebut berputar dan meriam menembakkan sebuah peluru, maka peluru tersebut tidak memiliki lintasan lurus (seperti saat piring besar tidak berputar) tetapi berbelok. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh rotasi piring terhadap gerak dari peluru. Semakin cepat piring berputar, semakin besar pula pembelokan peluru yang terjadi. Fenomena inilah yang disebut dengan efek Coriolis.

2.5 Tinjauan Perangkat Lunak (*Software*)

Selain menggunakan perangkat keras (*hardware*) yang telah disebutkan diatas, *quadcopter* juga didukung dengan beberapa perangkat lunak (*software*) yang berfungsi dalam pemrograman *flight controller* dan pengukuran sensor. Perangkat-perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.5.1 *Arduino*

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *opensource* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel (<http://www.arduino.cc/>). Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. (Andi Nalwan, Paulus, *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler 89C51*, Elex Media Komputindo, 2003).

Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai 'otak' yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

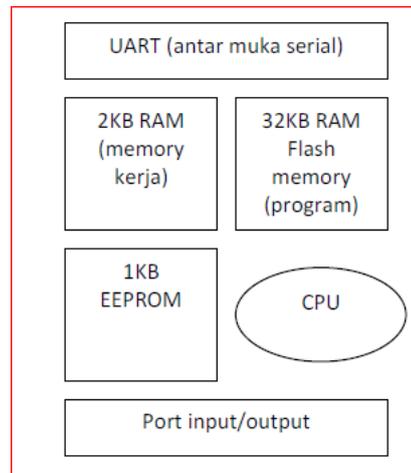
Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di sekeliling kita. Misalnya handphone, MP3 player, DVD, televisi, AC, dan lain-lain. Mikrokontroler juga dipakai untuk keperluan mengendalikan robot. Baik robot mainan, maupun robot industri. Karena komponen utama *Arduino* adalah mikrokontroler, maka *Arduino* pun dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan kita. *Arduino* memiliki beberapa kelebihan antara lain :

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

2.5.1.1 Komponen pada *Arduino*

Komponen utama di dalam papan *Arduino* adalah sebuah *microcontroller* 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan *Atmel Corporation*. Berbagai papan *Arduino* menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh *Arduino Uno* menggunakan ATmega328 sedangkan *Arduino Mega 2560* yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.

Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah *microcontroller*, pada gambar berikut ini diperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari *microcontroller* ATmega328 (dipakai pada *Arduino Uno*).



Gambar 2.12 Diagram blok *arduino*

Blok-blok di atas dijelaskan sebagai berikut:

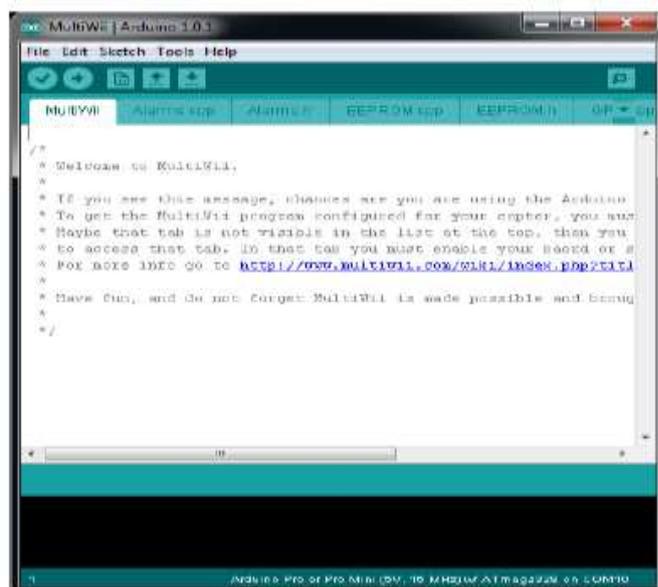
- a. *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)* adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.
- b. 2KB RAM pada *memory* kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variabel-variabel di dalam program.
- c. 32KB RAM *flash memory* bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, *flash memory* juga menyimpan *bootloader*. *Bootloader* adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.
- d. 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino.
- e. *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari *microcontroller* untuk menjalankan setiap instruksi dari program.

- f. Port input/output, pin-pin untuk menerima data (input) digital atau analog, dan mengeluarkan data (output) digital atau analog.

2.5.1.2 Software Arduino

Software Arduino yang digunakan dalam pemrograman ini adalah *Arduio IDE (Integrated Development Environment)*. IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

- Editor* program, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
- Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
- Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori dalam papan *Arduino*.



Gambar 2.13 Arduino IDE Software

2.4.2 MultiWiiWinGUI

MultiWii Graphical Interface adalah perangkat lunak (*software*) komputer yang digunakan sebagai konfigurasi pengaturan pada perangkat *quadcopter*. Terdapat banyak fitur yang dapat digunakan pada *Interface* ini.



Gambar 2.14 Multiwii GUI