BAB II
DASAR TEORI

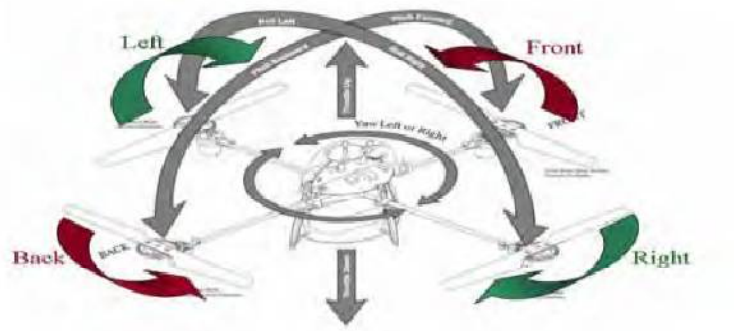
Bab ini akan membahas tentang dasar teori dari perancangan *flying robot quadrotor*. Pada perancangan dasar teori ini dibagi menjadi dua bagian penting, yaitu:

1. Tinjuan Perangkat Lunak
2. Tinjuan Perangkat Keras

2.1 Tinjuan Perangkat lunak

2.1.1. Quadrotor

Quadrotor adalah helikopter yang tersusun atas empat buah rotor yang diletakkan simetris pada tepi-tepi ujungnya.



Gambar 2.1 Skema dan cara kerja quadrotor

Tiap rotor pada *quadrotor* bertanggung jawab dalam pergerakan dan energi putarannya, begitu juga dengan gaya tarikan yang berlawanan dari arah terbang *quadrotor*. Baling-baling pada *quadrotor* tidak sepenuhnya sama dalam pergerakannya. Pada prosesnya, baling-baling ini dibagi menjadi 2 pasang, 2 baling-baling pendorong dan 2 baling-baling penarik yang bergerak dalam putaran yang berlawanan. Sebagai konsekuensinya, hasil putaran menjadi penyeimbang jika semua baling-baling berputar dengan kecepatan sama, sehingga membuat kendaraan terbang dapat terbang stabil di satu tempat.[5]

Untuk menentukan orientasi dari kendaraan terbang *(attitude)* pada titik berat tengahnya, *aerospace engineer* biasanya menentukan tiga parameter dinamik, sudut penyimpangan, kestabilan,dan goncangan. Hal ini sangat berguna dikarenakan gaya yang digunakan untuk pengendalian beraksi di titik tengah beratnya, menyebabkannya menjadi stabil, tergoncang. Perubahan pada sudut keseimbangan dihasilkan dari variasi kecepatan baling-baling 1 dan 3 yang berlawanan, menghasilkan gerak translasi maju atau mundur. Jika kita melakukan hal yang sama pada baling-baling 2 dan 4, kita dapat menghasilkan perubahan pada sudut roll dan kita dapat mendapatkan gerak translasi lateral. Jadi dengan mengganti ketiga ketiga sudut tersebut, kita dapat membuat *quadrotor* melakukan manuver ke segala arah.[5]

2.1.2. Sistem Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID)

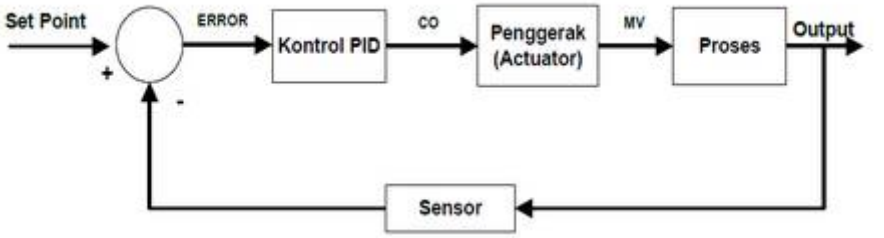
Dalam suatu sistem kontrol kita mengenal adanya beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol proporsional, aksi kontrol integral dan aksi kontrol *derivative*. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksinya adalah sebagai berikut:

1. Aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan *risetime* yang cepat,
2. Aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error*, dan
3. Aksi kontrol *derivative* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam *overshot/undershot*.

Karakteristik umum yang digunakan dalam pengontrolan suatu sistem antara lain meliputi stabilitas, akurasi, kecepatan respon dan sensitivitas. Dalam aksi kendali proporsional, output dari sistem kontrol selalu sebanding dengan inputnya. Sinyal output merupakan penguatan dari sinyal kesalahan dengan faktor tertentu, faktor penguatan ini merupakan konstanta proporsional dari sistem, yang dinyatakan dengan Kp, dimana Kp ini mempunyai respon yang tinggi atau cepat. Dalam aksi kendali integral, output dari kontroler ini selalu berubah selama terjadi penyimpangan, dan kecepatan perubahan output tersebut sebanding dengan

penyimpangannya, konstantanya dinyatakan dengan Ki, dimana Ki ini mempunyai sensitivitas yang tinggi, yaitu dengan cara mereduksi *error* yang dihasilkan dari sinyal *feedback*. Makin besar nilai Ki maka sensitivitasnya akan semakin tinggi, tetapi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kestabilan lebih cepat, demikian pula sebaliknya. Sedangkan aksi kendali *derivative* (turunan) bekerja berdasarkan laju perubahan simpangan, sehingga jenis kontroler ini selalu digunakan bersama-sama dengan kontroler proporsional dan integral, konstantanya dinyatakan dengan Kd, dimana Kd ini mempengaruhi kestabilan dari sistem, karena aksi kendali ini dapat mereduksi *error*.[3]

Di bawah ini gambar blok diagram pengontrol PID dengan *close loop* yang diperlihatkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pengontrolan PID dengan close loop

Agar *set point* tercapai maka perancangan *quadrotor* ini menggunakan pengontrolan *Proporsional, Integral dan Derivative* (PID). Secara umum, pengontrolan PID menggunakan *close loop* atau umpan balik, yaitu program diolah pada mikrokontroler, lalu menjalankan *actuator,* setelah itu mengeluarkan *output*. Hasil *output* akan diperiksa oleh sensor agar dapat mencapai *set point* atau keluaran yang diinginkan.

Berikut persamaan pengontrol PID dengan parameter-parameter alat kontrol persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$G_G(G) = G_G + \frac{G_G}{G} + G_G G \text{ [3]}$$

Keterangan :

G_G : *Penguatan Proporsional*

G_G : *penguatan integral*

G_G : *penguatan derivatif*

2.2 Tinjauan Perangkat Keras

2.2.1. Mikrokontroler (Basic Stamp 2P40)

Basic stamp adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Parallax Inc* yang diprogram menggunakan *format* bahasa pemrograman *basic*. Program yang telah dibuat akan diunduh melalui *port* serial. Mikrokontroler *basic stamp* membutuhkan *power supply* saat mengunduh program dan program yang sudah diunduh tidak akan hilang meskipun baterai atau *power supply* dilepas.

Kode pemograman *basic* disimpan di dalam EEPROM serial pada *board basic stamp*. EEPROM menyediakan penyimpanan yang sulit diubah dan menjaga memori saat kehilangan *power*. EEPROM digunakan dalam *basic stamp* yang dijamin menyimpan data selama 40 tahun ke depan dan mampu ditulisi ulang 10.000.000 kali per lokasi memori.

Mikrokontroler *basic stamp* memiliki versi yang berbeda-beda. *Basic stamp* memiliki versi, yaitu *basic stamp* 1, *basic stamp* 2, *basic stamp* 1e, *basic stamp* 2P, *basic stamp* 2Pe dan *basic stamp* 2sx. Pada modul *basic stamp* terdapat IC *regulator* LM7805 dengan *output* 5 *volt* yang mengubah input 6 hingga 15 *volt* (pada pin V_{IN}) turun menjadi 5 *volt* yang dibutuhkan komponen. *Basic stamp* yang dipakai adalah *basic stamp* 2P40 yang mempunyai 32 pin I/O. Berikut ini adalah tampilan *basic stamp* 2P40.[2]

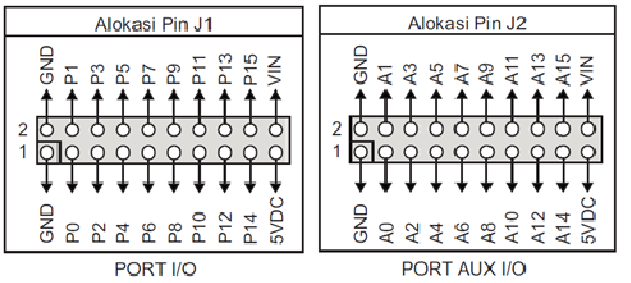


Gambar 2.3 Modul basic stamp (BS2P40)

Basic stamp ini mempunyai spesifikasi *hardware* sebagai berikut:

1. Mikrokontroler *basic stamp* 2P40 *Interpreter Chip* (PBASIC48W/P40).
2. 8 x 2Kbyte EEPROM yang mampu menampung hingga 4000 instruksi.
3. Kecepatan prosesor 20MHz Turbo dengan kecepatan eksekusi program hingga 12000 instruksi per detik.
4. RAM sebesar 38*byte* (12 I/O, 26 variabel) dengan *Scratch Pad* sebesar 128 *byte*.
5. Jalur *input*/*output* sebanyak 32 pin.
6. Tersedia jalur komunikasi serial UART RS-232 dengan konektor DB9.
7. Tegangan input 9 – 12 V_{DC} dengan tegangan output 5 V_{DC}.

Berikut ini adalah alokasi pin yang terdapat pada mikrokontroler *basic stamp* BS2P40.



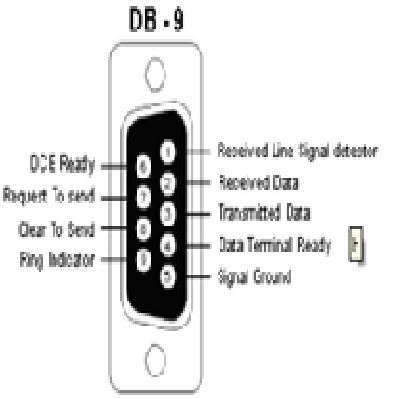
Gambar 2.4. Alokasi pin basic stamp

2.2.2. Konektor DB-9 Port Serial Komputer

Pada prinsipnya, serial ialah pengiriman data dilakukan per bit, sehingga lebih lambat dibandingkan parallel seperti pada port printer yang mampu mengirim 8 bit sekaligus dalam sekali detak. Beberapa contoh serial ialah mouse, scanner dan system akuisisi data yang terhubung ke port COM1/COM2. *Device* pada serial port dibagi menjadi 2 (dua) kelompok yaitu *Data Communication Equipment* (DCE) dan *Data Terminal Equipmen*t (DTE). Contoh dari DCE ialah modem, plotter, scanner, dan lain lain, sedangkan contoh dari DTE ialah terminal

di komputer. Spesifikasi elektronika dari serial port merujuk pada *Electronic Industry Association* (EiA).[7]

Komunikasi serial membutuhkan port sebagai saluran data. Berikut tampilan port serial DB9 yang umum digunakan sebagai port serial.



Nomor Pin	Nama Sinyal	Fungsi	Keterangan
1	DCD	Input	Data Carrier Detect/Received Line Signal Detect
2	RxD	Input	Receive Data
3	TxD	Output	Transmite Data
4	DTR	Output	Data Terminal Ready
5	GND	-	*Ground*
6	DSR	Input	Data Set Ready
7	RTS	Output	Request to Send
8	CTS	Input	Clear to Send
9	RI	Input	Ring Indicator

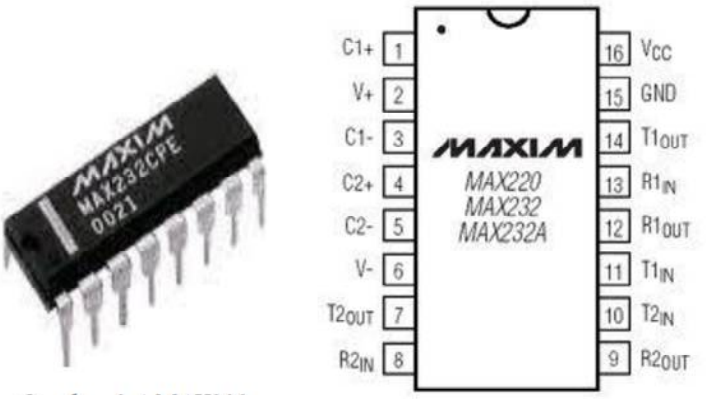
Gambar 2.5 DB-9 dan konfigurasi pin DB-9

Keterangan mengenai saluran RS232 pada konektor DB-9 sebagai berikut :

1. *Received Line Signal Detect*, dengan saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa pada terminal masukan ada data masuk.
2. *Receive Data*, digunakan DTE menerima data dari DCE.
3. *Transmite Data*, digunakan DTE mengirimkan data ke DCE.
4. *Data Terminal Ready*, pada saluran ini DTE memberitahukan kesiapan sinyalnya.
5. *Signal Ground*, saluran *Ground*.
6. *Ring Indicator*, pada saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa sebuah stasiun menghendaki hubungan dengannya.
7. *Clear to Send*, dengan saluran ini DCE memberitahukan bahwa DTE boleh mulai mengirimkan data.

2.2.3. Pengubah Level Digital ke RS232 (MAX232)

Standar sinyal komunikasi serial yang banyak digunakan adalah standar RS232 yang dikembangkan oleh *Electrical Industry Association and The Telecommunication Industry Association* (EIA/TIA) yang pertama kali dipublikasikan pada tahun 1962. ini jauh sebelum IC TTL *popular* sehingga sinyal ini tidak ada hubungan sama sekali dengan level tegangan IC TTL. Standar ini hanya menyangkut komunikasi data antara komputer (*Data Terminal Equipment – DTE)* dengan alat-alat pelengkap komputer (*Data Circuit Terminal Equipment – DCE)*. Standar RS232 inilah yang biasa digunakan pada *port* serial IBM PC kompatibel.[2]



Gambar 2.6 MAX 232 dan Konfigurasi Pin

Saluran RS232 hanya dipakai untuk menghubungkan DTE dengan DCE dalam jarak pendek. RS232 mencakup ketentuan tentang karakteristik sinyal, macam-macam sinyal dan konektor yang dipakai, serta konfigurasi sinyal pada kaki-kaki di konektor dan juga penentuan tata cara pertukaran informasi antara komputer dan alat-alat pelengkapnya. Standar RS232 sama sekali tidak membicarakan protokol (tata cara) transmisi data.

2.2.4. Sensor Accelerometer Memsic 2125 (MX2125)

MX2125 merupakan sensor *accelerometer dual axis* yang dapat mendeteksi akselerasi. MX2125 ini mampu mengukur *dynamic acceleration* (*vibration*) dan *static acceleration* (*gravity*) dengan kisaran ± 3g.[4]

Beberapa fitur yang dapat dilakukan oleh *accelerometer* ini adalah sebagai berikut:

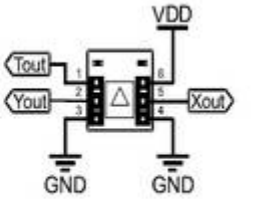
1. Mengukur 0 sampai ± 3g di setiap axisnya; memiliki resolusi kurang dari 1g.
2. Memiliki kisaran kompensasi *temperature* 0º - 70º C.
3. Memiliki digital output/pulsa pada dual axisnya.
4. Analog output untuk mengukur temperaturnya (TOUT pin).
5. Low current operational kurang dari 4 mA pada tegangan 5V.

Secara internal MX2125 memiliki pemanas kecil. Pemanas ini berguna untuk memanaskan "bubble" yang melayang dalam device sensor tersebut. Ketika ada gaya gravitasi yang mempengaruhinya, maka "bubble" tersebut bergerak. Gerakan "bubble" ini di sensing oleh *sensitive thermopiles* (temperature sensor) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik *relative* terhadap gaya gravitasi. Dengan membandingkan sensor suhu, baik percepatan statis (gaya gravitasi dan kemiringan) dan percepatan dinamis (dalam kendaraan) dapat dideteksi. Pulsa yang dihasilkan di set memiliki duty cycle 50% pada saat 0g.[4]



Gambar 2.7 MEMSIC 2125 Dual-Axis Accelerometer

Pin	Name	Function
1	Tout	Temperature Out
2	Yout	Y-axis PWM output
3	GND	Ground -> 0 V
4	GND	Ground -> 0 V
5	Xout	X-axis PWM output
6	VDD	Input voltage: +3.3 to +5 VDC



Gambar 2.8 Rangkaian Memsic 2125 dan Definisi Pin

2.2.5. Aktuator

Aktuator merupakan perangkat elektromekanik yang menghasilkan daya gerakan. Dapat dibuat dari sistem motor listrik, sistem *pneumatic* atau perangkat hidrolik. Aktuator yang digunakan pada *quadrotor* sebagai penghasil gerakan yaitu salah satunya *brushlles motor.*

2.2.5.1. Brushless Motor

Brushless motor merupakan Motor yang mempunyai permanen magnet pada bagian "rotor" sedangkan elektro-magnet pada bagian "stator"-nya. Secara umum, kecepatan putaran *brushless* motor yang keluar dari ESC diatur oleh pulsa dari mikrokontroler, sehingga berbeda dengan *brushed*.



Gambar 2.9 Brushless motor

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 *electromagnets* di bagian *stator*, maka pendinginan motor menjadi lebih mudah.
5. Jumlah *electromagnets* di *stator* dapat sebanyak mungkin untuk mendapatkan kontrol yang lebih akurat.

2.2.5.2. Electronic Speed Controller (ESC)

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



Gambar 2.10 Elektronic Speed Control (ESC)

2.2.5.3. Propeller

Baling-baling atau *propeller* merupakan jenis kipas yang menghasilkan tenaga dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi daya dorong untuk menggerakkan sebuah benda. Bilah-bilah dari *propeller* berperan sebagai sayap yang berputar menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang bilah tersebut.



Gambar 2.11 Propeller

2.2.6. Catu Daya

Catu daya merupakan bagian penting dalam perancangan *quadrotor*. Sehingga, tanpa bagian catu daya tidak akan berfungsi. Dalam pemilihan catu daya harus diperhatikan karena jika salah dalam pemilihan maka *quadrotor* tidak berfungsi maksimal.

Untuk itu catu daya yang digunakan adalah Baterai berjenis *lithium polymer* (LiPo). Baterai ini dapat diisi ulang (*rechargeable*). Baterai yang digunakan memiliki tegangan 11,1 Volt dan arus sebesar 2200 mAh dengan 3 *cell* didalamnya. *Cell* merupakan teknologi konversi energi elektrokimia yang mampu mengubah senyawa hidrogen dan oksigen menjadi air, dan dalam prosesnya menghasilkan listrik. Berikut ini adalah contoh sebuah baterai *lithium polymer*.



Gambar 2.12 Baterai lithium polymer

Pemakaian baterai jenis ini harus dihentikan atau dilepas jika tegangan baterai turun mendekati batas tegangan 11,1 Volt, sehingga harus diisi ulang agar melebihi tegangan 11,1 Volt.