BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Kamera

Kamera merupakan sebuah alat yang digunakan keperluan untuk mengabadikan suatu objek yang akan dijadikan sebuah gambar dalam keadaan diam ataupun bergerak karena hasil proyeksi pada sistem lensa.

Kamera sendiri sangat berguna bagi kalangan fotografi. Asal mula nama kamera itu dari kata "camera obscura", bahasa latin untuk ruang gelap. Kamera aadalah suatu piranti untuk membentuk suatu objek dan merekam suatu bayangan ke dalam lembaran film

Suatu kalangan yang dimana terdapat organisai atau kelompok yang dimana kelompok itu suka dengan dunia perfotografian atau perfilman, kamera yang digunakan suatu organisasi itu berbeda-beda. Mulai dari kamera digital hingga kamera yang profesional tentunya mahal. Kebanyakan orang memilih kamera yang terjangkau hasilnya bagus tentunya juga murah. Terlebih lagi di jaman modern sekarang, kamera beralih ke kamera digital dimana hasil potret bisa disimpan file-nya secara digital ke PC atau memory card [2].

1.1.1 Jenis – Jenis Kamera

Jenis-jenis kamera snagatlah beragam dari harga murah sampai harga selangit, karena banyak pengembang kamera yang sangat populer atau terkenal, sesuai dengan beragam kebutuhan kita antara lain :

1. Compact Digital / Pocket Camera

Kamera jenis ini adalah kamera yang simple karena ukuranya yang tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar cocok untuk di saku, menjadikan kamera ini daya tarik tersendiri karena kamera ini simple dan kamera ini cuman dibekali foto saja.

Dengan fitur biasa-biasa saja kurang lebih standart. Kamera ini cocok untuk siapa saja yang suka berfoto tanpa ribet atau dengan pengaturan manual kamera, karena kamera ini mudah digunakan oleh siapa saja. Tak terkecuali anak kecil

yang awam dalam kamera. Sehingga fitur yang terdapat dikamera sudah otomatis bawaan dari perusahannya namanya saja kamera point and shoot, anda tinggal membidik objek foto lalu klik tombol dan selesai.

Gambar 2.1 Kamera Digital/Pocket

Kamera pada gambar 2.1 kamera digital/pocket ini cocok untuk digunakan pada orang yang bekerja dilapangan indoor maupun outdoor karena hanya dibuat dokumentasi saja, dan tidk perlu ribet. Kelebihan dan kekurangan kamera ini antara lain :

a. Kelebihan
   1. Untuk kualitas sensornya sederhana dan sonsornya juga kecil.
   2. Ukuran yang kecil dan mudah dibawa kemana-mana.
   3. Harga yang terjangkau.
   4. Berat Approx. 126g termasuk baterai dan memory card.

b. Kekurangan
   1. Auto focusnya lambat.
   2. Kualitas gambarnya biasa .
   3. Kualitas rentang dinamis kurang baik.
   4. Kalau di zoom gambarnya pecah

2. Mirrorles Kamera

Kamera mirrorless ini sangat diminati dikalangan anak muda yang suka floger atau adventure karena ukuran kamera ini lebih kecil dibandingkan kamera

DSLR dan ringan juga serta lensanya bisa diganti-ganti. Kamera ini tidak kalah kualitasnya dengan kamera DSLR tapi dikamera ini tidak dilengkapi cermin jendela bidik optic (viewfinder) namun kulaitas gambarnya bagus karena memiliki sensor image yang besar.

Kamera mirrorless sejatinya adalah kamera DSLR yang dihilangkan bagian pemantul cahayanya (mirrorbox).

Gambar 2.2 Kamera Mirrorless

Kelebihan dan kekurangan kamera mirrorless antara lain :

a. Kelebihan
   1. Auto fokus yang cepat.
   2. Lensa yang bisa digonta – ganti.
   3. Kamera lebih cepat mengambil gambar daripada kamera DSLR.
   4. Kualitas gambar baik tidak jauh daripada DSLR.
   5. Beratnya ringan tanpa Lensa.

b. Kekurangan
   1. Tidak ada pengaman di area sensor utama karena kamera ini optiknya langsung menerima cahaya matahari berbeda dengan kamera DSLR
   2. Gambar jendela bidik dibalik secara horizontal akan mengakibatkan pembingkain foto yang sulit bagi pemula.

3. Kamera Prosumer

Kamera Prosumer ini mengadopsi dari kamera DSLR sama kamera poket, jadi jenis kamera ini pada bentuknya seperti kamera DSLR tapi lebih kecil. Kata Prosummer daiambil dari kata “Profesional dan Consumer”. Sayangnya lensa kamera ini tidak bisa diganti.

Kamera yang berjenis “point and shoot” ini memiliki fitur yang lebih lengkap dari kamera saku, antara lain kamera saku tidak bisa adapengaturan manual di kameranya seperti mengatur iso, exposure, dan shutter speed. Kamera ini cocok dibuat oleh pemula yang belajar di dunia fotografi karena lebih praktis dan fungsional daripada kamera DSLR

Gambar 2.3 Kamera Prosumer

Kelebihan dan kekurangan kamera prosumer :

a. Kelebihan
    1. Kemampuan untuk zoom hebat.
    2. Ukuran dan berat lebih kecil daripada kamera DSLR.
    3. Bentuknya mirip kamera DSLR dan fiturnya hampir mirip.
    4. Cocok untuk digunakan *macro photography*.

b. Kekurangan
    1. Memiliki sensor yang lebih kecil daripada kamera DSLR.
    2. Kualitas gambar biasa saja tidak seperti kamera DSLR.
    3. Kecepatan auto focus lambat.
    4. Lensa tidak bisa digonta-ganti

4. Kamera DLSR

DSLR adalah singkatan dari Digital Single Lens Reflex. Kamera ini mempunyai sensor optik lebih besar karena bisa menyerap cahaya dengan baik dan juga besa mengatur redup terangnya cahaya yang masuk dan kamera ini dilengkapi dengan viewfinder (jendela bidik). Viewfinder (jendela bidik) adalah lubang kecil dibelakang kamera tempat kita mengintip objek foto.

Jenis kamera ini biasanya digunakan oleh fotografer handal atau profesional. Namun kamera ini sangat populer banyak yang menyukai dari pemula sampai profesional yang suka didunia fotografi. Mereka memilih kamera ini karena memliki fitur yang banyak atau komplit dan juga menghasilkan kualitas gambar yang sangat memuaskan serta kamera jenis ini memiliki lensa yang bisa digonta-ganti tergantung dari pemakai dibuat foto seperti apa.

Gambar 2.4 Kamera DSLR

Kelebihan dan kekurangan kamera DSLR :

a. Kelebihan
    1. Penggunaanya lebih fleksibel tergantung pemekaian.
    2. Hasil dari gambar kamera ini sangat memuaskan.
    3. Fitur fotografi lebih memadai.
    4. Mudah untuk di upgrade.
    5. Kinerja sangat mumpuni untuk fotografi.
b. Kekurangan
    1. Harga relatif lebih mahal.
    2. Ukuran dan beratnya lebih besar dari kamera lain.

5. Action Kamera

Kamera Action adalah jenis kamera yang kini diminati banyak anak muda sekarang. Zaman sekarang, Anak muda kebanyakan suka dengan olahraga ekstrim atau bagi para floger alias video blogger. Kamera ini kebanyakan dibuat video daripada dibuat foto. Dengan bentuknya yang simple, dan ukuranya lebih kecil, ringan dan mudah dipasang dimana termasuk diatas kendaraan atau diatas helm karena kamera ini sangat fleksibel.

Kamera dengan kualitasnya sudah sangat mumpuni. Kualitas kameranya untuk video dengan resolusi HD dan Full HD dengan bitrate 30/s untuk 1080p dan untuk video 720p dengan bitrate 60/s. Kualitas gambar dan video dikamera ini sudah mumpuni atau sudah masuk dalam kategori High Defenition yang tajam.

Gambar 2.5 Action Kamera

Kelebihan dan kekurangan *action* kamera :

a. Kelebihan
    1. Bisa dipakai didalam air.
    2. Desain yang simpel dengan keguanaan yang komplek.
    3. Foto dan video berkualitas tinggi.
    4. Berat sangat ringan.
b. Kekurangan
    1. Baterai kurng tahan lama.
    2. *Overheat* atau cepat panas.

6. *Smartphone* Kamera

Kebanyakan orang mempunyai hp dan smartphone, karena smartphone sekarang bukan lagi sebuah barang mewah. Banyak orang mulai dari kalangan bawah sampai paling atas mempunyai smartphone. Hingga smartphone sekarang sudah memliki kamera berfariasi karena smartphone setiap tahun semakin canggih dan ada beberapa yang menyamai bahkan mengalahan kualitas kamera digital dengan resolusi tinggi.

Karena kepraktisan dan simpelnya itulah smartphone menjadi serbuan orang,selain dibuat foto smartphone juga bisa komunikasi dan membuat sebagian orang merasa “cukup” memiliki kamera smartphone tanpa harus membeli kamera digital.

Gambar 2.6 *Smartphone* Kamera

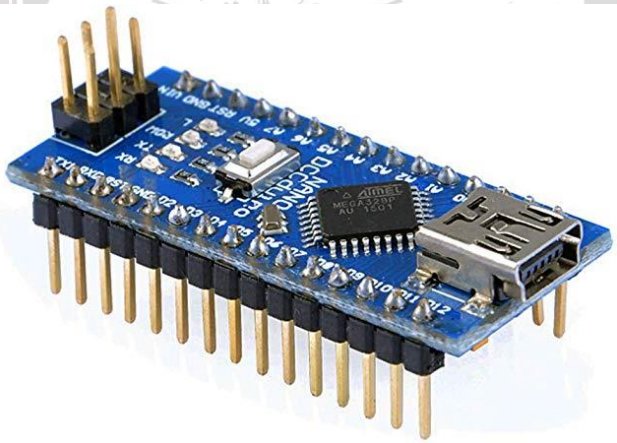
Kelebihan dan kekurangan smartphone :

a. Kelebihan
    1. Menghasilkan kulitas gambar dan video HD sampai Full HD.
    2. Modelnya yang mewah, ringan dan portable.
    3. Harga terjangkau.
    4. Memiliki fitur dan spesifikasi yang tinggi.
    5. Mempunyai beragam aksesoris tambahan.
b. Kekurangan
    1. Kualitas foto masih kurang daripada kualitas kamera DSLR.
    2. Fitur dan pengaturan foto dan video terbatas.

1.2 Arduino Nano

Arduino adalah sebuah alat platform dari physical computing yang bersifat open source. Arduino nano adalah salah satu papan pengembang mikrocontroler dengan menggunakan bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory microcontroller. Arduino nano adalah mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2.x)[3].

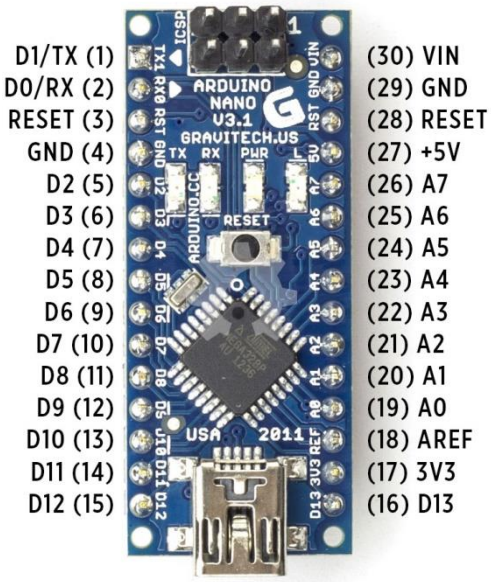
Untuk penggunaanya arduino nano sama dengan penggunannya dengan arduino-arduino lainya yang membedakan airduino nano adalah ukurnaya yang kecil jadi lebih ringkas. Ardunio nano juga tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.



Gambar 2.7 Arduino Nano

1.2.1 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Konfigurasi pin Arduino Nano ini memiliki 30 Pin. Berikut ini Konfigurasi pin dari arduino nano :



Gambar 2.8 Konfigurasi pin arduino nano

1. VCC merupakan pin yang digunakan untuk masukan daya
2. GND atau Ground
3. AREF merupakan Referensi tegangan untuk input analog.
4. RESET merupakan jalur low ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler.
5. Serial RX (0) merupakan pin sebagai penerima TTL data serial.
6. Serial TX (1) merupakan pin sebagai pengirim TT data serial.
7. External Interrupt (Interupsi Eksternal)
8. Output PWM 8 Bit merupakan pin yang berfungsi untuk data analogWrite.
9. SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai pendukung komunikasi.
10. LED
11. Input Analog (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagi pin yang dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi analogReference.

Tabel 2.1 Pin Arduino Nano

Nomer Pin Arduino Nano	Nama Pin Arduino Nano
1	Digital pin TX
2	Digital pin RX
3 & 28	Reset
4 & 29	Ground
5	Digital pin 2
6	Digital pin 3 (PWM)
7	Digital pin 4
8	Digital pin 5 (PWM)
9	Digital pin 6 (PWM)
10	Digital pin 7
11	Digital pin 8
12	Digital pin 9 (PWM)
13	Digital pin 10 (PWM-SS)
14	Digital pin 11 (PWM-MOSI)
15	Digital pin 12 (MISO)
16	Digital pin 13 (SCK)
17	Output 3V
18	AREF
19	Analog input 0
20	Analog input 1
21	Analog input 2
22	Analog input 3
23	Analog input 4
24	Analog input 5
25	Analog input 6
26	Analog input 7
27	VCC/Input 5V
30	VIN

1.2.2 Spesifikasi Arduino Nano

Berikut ini adalah spesifikasi yang dimiliki oleh Arduino Nano:

1. Chip Mikrokontroller menggunakan ATmega328p atau Atmega168.
2. Tegangan minimal sebesar 5volt.
3. Tegangan input (yang disarankan) sebesar 7volt – 12 volt.
4. Terdapat pin digital I/O 14 buah dan 6 diantaranya sebagai output PWM.
5. 8 Pin Input Analog.
6. 40 Ma Arus DC per pin I/O.
7. Flash Memory16KB (Atmega168) atau 32KB (Atmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader.
8. 1 KbyteSRAM (Atmega168) atau 2 Kbyte 32KB (Atmega328).
9. 512 Byte EEPROM (Atmega168) atau 1 Kbyte (Atmega328).
10. 16MHz Clock Speed. 11. Ukuran 1.85cm x 4.3cm.

1.2.3 Sumber Daya Arduino Nano

Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yangdihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternaldengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akansecara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. Chip FTDIFT232L pada Arduino Nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB,ketika Arduino Nano diberikan daya dari luar (Non-USB) maka Chip FTDI tidakaktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan), sedangkanLED TX dan RX pun berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada posisi HIGH.

1.2.4 Memori Arduino Nano

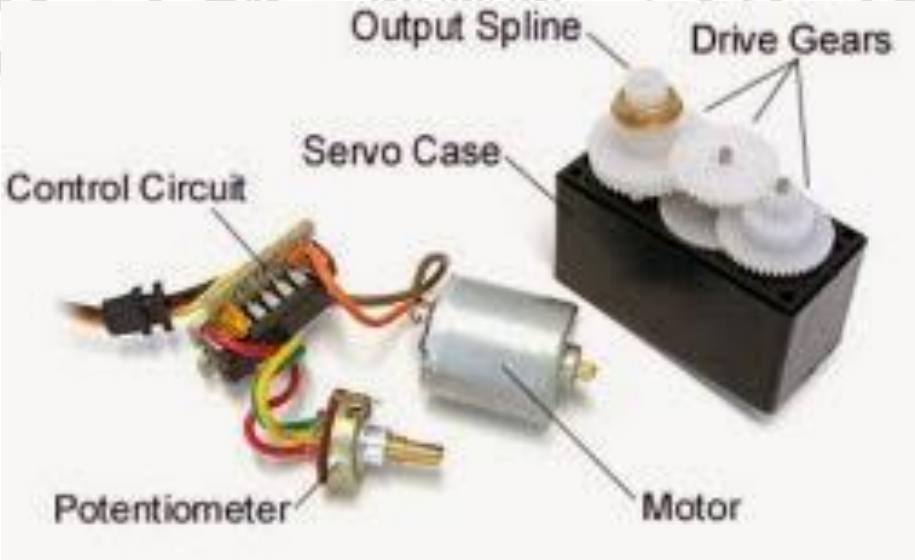
Arduino nano menggunnakan mikrokontroler Atmega 328 yang dilengkapi dengan flash memori sebesar 32 kbyte yang dapat digunakan untuk menyimpan kode program utama. Atmega328 ini dilengkapi dengan flash memori sebesar 32 kbyte dan dikurangi sebesar 2 kbyte untuk boatloader.

Selain dilengkapi dengan flash memori, mikrokontroller ATmega168 dan ATmega328 juga dilengkapi dengan SRAM dan EEPROM. SRAM dan EEPROM dapat digunakan untuk menyimpan data selama program utama bekerja. Besar SRAM untuk ATmega328 adalah 2 kb sedangkan besar EEPROM yang terdapat di ATmega328 adalah 1 kb.

1.3 Motor Servo

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah Clock Wise (searah jarum jam) dan Counter Clock Wise (berlawanan arah jarum jam) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan duty cycle sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya dengan bentuk fisik terlihat pada Gambar 2.9. Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup (closed feedback) dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo [11].

Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol terlihat pada Gambar 2.9. 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 2.9 Motor Servo

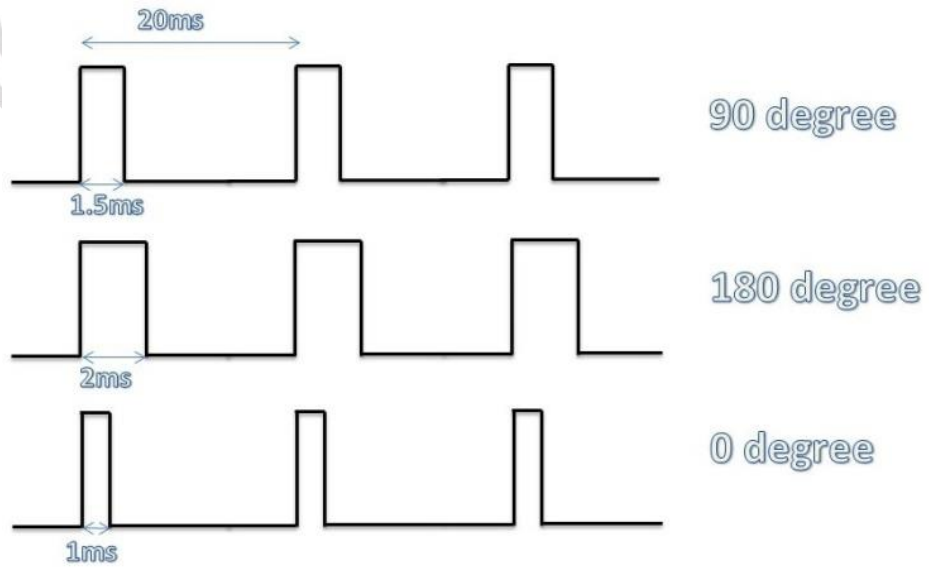
Motor servo adalah motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena internal gearnya [7]. Sebuah motor servo memiliki :

1. jalur kabel : power, ground, dan kontrol
2. Sinyal kontrol yang mengendalikan posisi
3. Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum.

Konstruksi didalamnya meliputi internal gear, potensiometer, dan feedback control.

1.3.1 Pengaturan Motor Servo

Pengendalian gerakan batang motor servo dapat dilakukan dengan menggunakan metode PWM (Pulse Width Modulation). Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengemudikan putaran motor. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor**.**



Gambar 2.10 Pulsa Kendali Motor Servo

Untuk menjalankan atau mengendalikan motor servo berbeda dengan motor DC. Karena untuk mengedalikan motor servo perlu diberikan sumber

tegangan dan sinyal kontrol. Besarnya sumber tegangan tergantyung dari spesifikasi motor servo yang digunakan. Sedangkan untuk mengendalikan putaran motor servo dilakukan dengan mengirimkan pulsa kontrol dengan frekuensi 5o Hz dengan periode 20ms dan duty cycle yang berbeda. Dimana untuk menggerakan motor servo sebesar 90o diperlukan pulsa dengan ton duty cycle pulsa posistif 1,5ms dan unjtuk bergerak sebesar 180o diperlukan lebar pulsa 2ms. Berikut bentuk pulsa kontrol motor servo dimaksud.

1.3.2 Karakteristik Motor Servo Digi High Torque MG 996R

Pada perancangan kali ini motor yang digunakan yaitu *Digi High Torque MG 996R*. Fitur motor servo *Digi High Torque MG 996R* yaitu :

a. Tegangan Pengoperasian 5V
b. Arus: 2.5A (6V)
c. Torsi : 9,4 kg / cm (pada 4,8V)
d. Torsi Maksimum : 11 kg-cm (6V)
e. Kecepatan operasi adalah 0,17 s / 60 °
f. Rotasi: 0 ° -180 °
g. Berat motor: 55gr

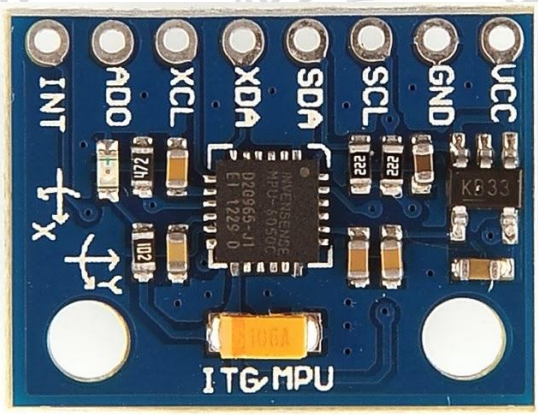
Gambar 2.11 Motor Servo MG 996R

MG996R adalah motor servo gear logam dengan torsi stall maksimum 11 kg-cm. Seperti servos RC lainnya, motor berputar dari 0 hingga 180 derajat berdasarkan siklus duty dari gelombang PWM yang disuplai ke pin sinyalnya[13].

1.4 IMU Sensor

Inerial Measurenment Unit (IMU) merupakan suatu sensor yang digunakan untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselarasi dari gerakan motor dengan system pengukuran gyroskope dan akselerometer. “Komponen penyusun IMU yang pertama adalah sensor accelerometer, sensor ini digunakan untuk mengukur percepatan dari suatu benda dengan cara melakukan integral percepatan benda tersebut terhadap waktu. Komponen selanjutnya yang menyusun sensor IMU adalah sensor gyro, cara kerja sensor ini mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna. Gyroscope memiliki keluaran berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yaitu: sumbu x / sudut phi (kanan dan kiri) dari sumbu y / sudut theta (atas dan bawah), dan sumbu z / sudut psi (depan dan belakang). Sensor MPU 6050 merupakan salah satu sensor yang menggunakan prinsip dasar IMU Sensor[5].

MPU6050 adalah chip IC invense yang di dalamnya terdapat sensor accelerometer dan Gyroscope yang sudah terintegrasi. Sensor ini harganya murah dan terjangkau, serta sensor ini sudah terintegrasi.



Gambar 2.25 Modul MPU6050

Berikut adalah spesifikasi dari modul MPU-6050 ini[15] :

1. Berbasis Chip MPU-6050
2. Supply tegangan berkisar 3-5V
3. Gyroscope range + 250 500 1000 2000 ° / s
4. Acceleration range: ± 2 ± 4 ± 8 ± 16 g
5. Communication standard I2C

6. Chip built-in 16 bit AD converter, 16 bits data output
7. Jarak antar pin header 2.54 mm
8. Dimensi modul 20.3mm x 15.6mm

1.5 PID Controller

Kontroler PID (*Proportional–Integral–Derivative*) merupakan kontroler mekanismekumpan balik yang biasanyakdipakai pada sistem kontrol industri. Sebuahbkontroler PID secara kontinyu menghitung nilai kesalahan sebagai beda antara setpoint yang diinginkanudan variabel proses terukur. Kontroler PID juga mencoba untuk meminimalkannnilai kesalahan setiap waktu dengan penyetelan variabel kontrol, seperti posisi keran kontrol, damper, atau daya pada elemen pemanas, ke nilai baru yang ditentukan oleh jumlahan menurut[6].

$$u(t)=Kpe(t)+ Ki\int_0^t e(t)dt+Kd\ \frac{de(t)}{dt} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana :

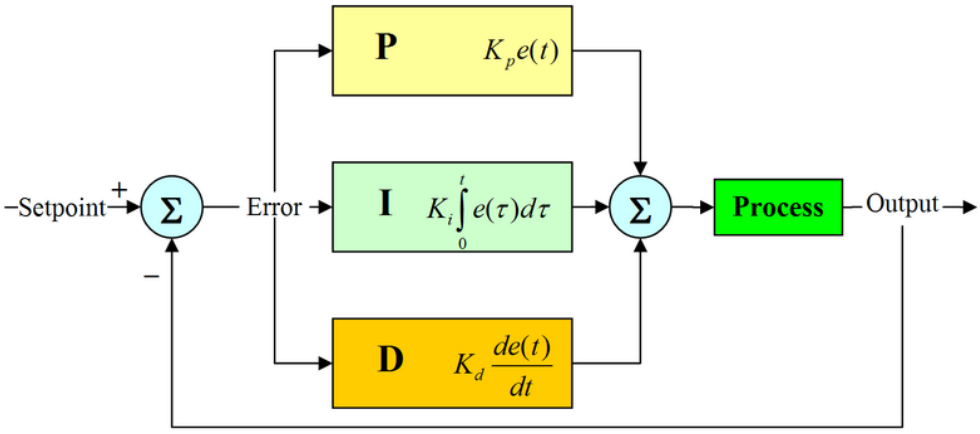
Kp = Konstanta penguatan *proportional*
Ki = Konstanta penguatan *integral*
Kd = Konstanta penguatan *derevative*

dengan K_p, K_i, dan, K_d semuanya positif, menandakan koefisien untuk term proporsional, integral, dan derivatif, secara berurutan (atau *P, I,* dan *D*). Pada model ini,

a. P bertanggung jawab untuk nilai kesalahan saat ini. Contohnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kontrol juga besar dan positif.
b. I bertanggung jawab untuk nilai kesalahan sebelumnya. Contoh, jika keluaran saat ini kurang besar, maka kesalahan akan terakumulasi terus menerus, dan kontroler akan merespon dengan keluaran lebih tinggi.
c. D bertanggung jawab untuk kemungkinan nilai kesalahan mendatang, berdasarkan pada rate perubahan tiap waktu.

Ada 3 macam kontrol PID yaitu kontrol PI, PD, dan PID. PI yaitu kontrol yang menggunakan komponen *Proportional* dan *Integral*, PD yaitu kontrol yang

menggunakan komponen *Proportional* dan *Derivative*, dan PID yaitu kontrol yang menggunakan *Proportional*, *Integral,* dan *Derivative.*



Gambar 2.26 Blok Diagram PID *Controller*

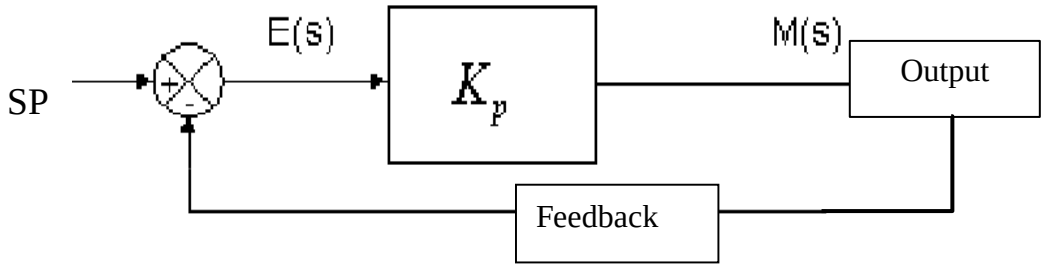
Karakteristik kontroller PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I, dan D. Parameter kontroller PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*Plant*). Kontroller bekerja sebagai penggerak *plant* dan mengontrol sifat *plant*. Yang dikontrol oleh sistem PID adalah output sistem. Agar diperoleh output yang sesuai maka sistem PID akan memanipulasi nilai input. Nilai yang dimanipulasi merupakan hasil komputasi dari nilai input, *feedback* dan sinyal *error*. Sinyal *error* ini dihasilkan oleh output yang dibawa dalam komponen feedback untuk dikirim ke kontroler PID sehingga dapat dijadikan pengukuran error output. Dari nilai manipulasi inilah, diperoleh output yang sesuai dengan *error* yang minimum.

1.5.1 Kontrol Proportional (P)

Kontroller merupakan sebuah penguat input sehingga hasil pada output tidak semakin menjadi kecil pada sebuah sistem .Output propotional adalah perkalian antara konstanta proposional dengan nilai errornya menurut[7].

Perubahan yang terjadi pada sinyal input akan menyebabkan sistem secara langsung mengubah outputnya sebesar konstanta pengalinya.

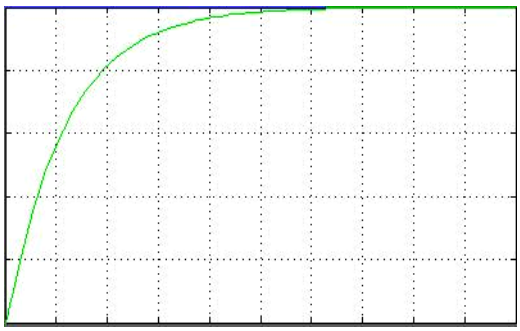
P*out* = Kp e(t).....(2.2)



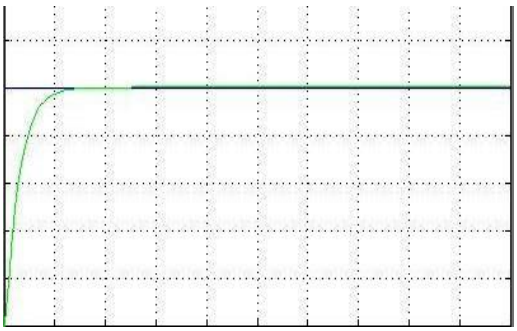
Gambar 2.27 Blok Diagram Kontrol Proportional

Efek kontroler proposional pada suatu system adalah sebagai berikut:

a. Jika nilai Kp kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
b. Jika nilai Kp besar, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan yang stabil tetapi juga memungkikan motor beputar di atas set point. Pengaruh komponen proporsional terhadap kecepatan motor dijelaskan sebagai berikut. Error positif, yang dihasilkan ketika kecepatan motor kurang dari set point, diperkuat oleh kontroler dengan nilai penguatan tertentu (umumnya dinotasikan Kp) untuk menghasilkan sinyal kontrol yang lebih besar, sehingga kecepatan motor bertambah. Ketika kecepatan motor bertambah maka sinyal error akan bertambah kecil yang berarti sinyal kontrol juga bertambah kecil. Jika penguatan kontroler sangat tinggi maka kemungkinan terjadi osilasi yang mengakibatkan motor berputar di atas set point, yang artinya dihasilkan sinyal error negatif.. Komponen proporsional memiliki kegunaan terbatas sebab tidak dapat membuat motor untuk berputar tepat (mendekati) set point, namun mampu menghasilkan respon yang cepat terhadap sinyal error.



Gambar 2.28 Grafik Tanpa Controller (Respon Lambat)

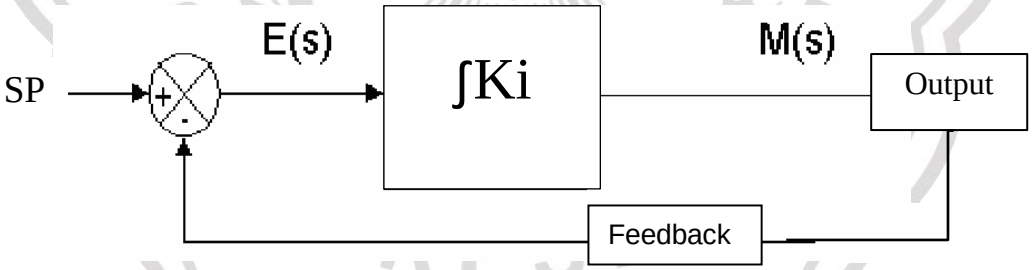


Gambar 2.29 Grafik Menggunakan Controller Kp (Respon Cepat)

1.5.2 Kontrol Integral

Kontroller proposional tidak akan mampu menjamin output dari sistem akan menuju ke keadaan yang diinginkan kalau sebuah plant tidak memiliki unsur integrator. Pada kontroller integral, respon kepada sistem akan meningkat secara kontinu terus-menerus kecuali error-nya adalah sama dengan nol. Nilai input pada kontroler dikalikan dengan nilai error yang diintegralkan dengan batasan atas t dan batasan bawah adalah nol.

$$I_{out} = Ki \int_0^t e(t)dt \quad \text{.....(2.3)}$$

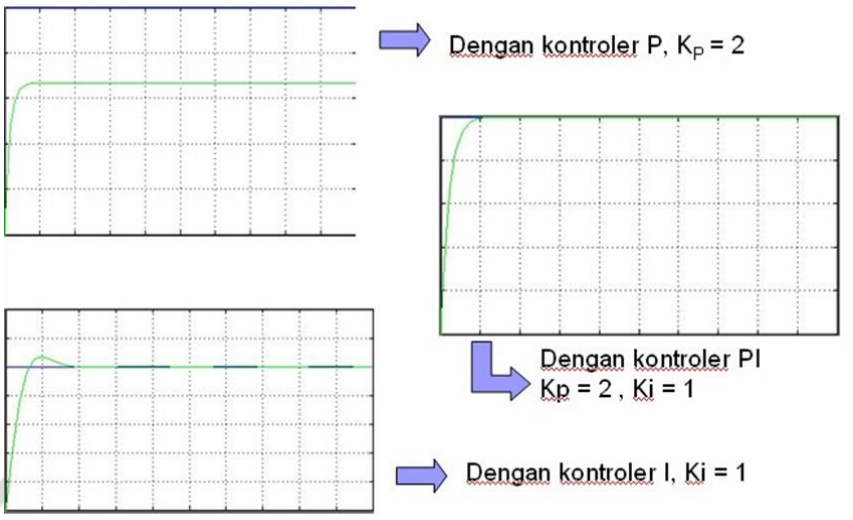


Gambar 2.30 Blok Diagram Kontrol Integral

pada diagram blok kontroler integral menunjukkan hubungan antara nilai error dengan output, kontroler integral membantu menaikkan respon sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

Efek kontroler integral pada suatu system adalah karena output kontroler membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga kontroler integral cenderung memperlambat respon. Jika nilai K_i besar akan mempercepat hilangnya offset.

Tetapi semakin besar nilai konstanta K_i akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran kontroller.

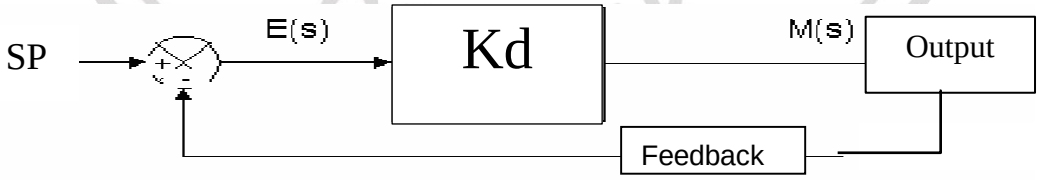


Gambar 2.31 Grafik menggunakan Kontrol Kp Ki

1.5.3 Kontrol Derevative

Output dari kontroller diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi *derivative* yang cenderung meredam respon untuk menuju ke keadaan yang diinginkan. Output kontroller *diferensial* adalah perkalian antara nilai error yang di-*diferensialkan* dengan konstanta *diferensial*.

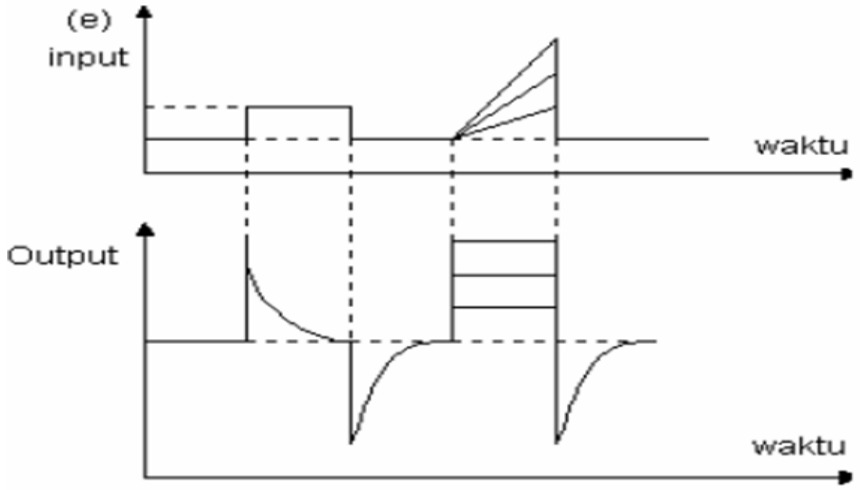
$$Dout = Kd \frac{de(t)}{dt} \quad \text{.....(2.4)}$$



Gambar 2.32 Blok Diagram Kontrol Derevative

Ketika input tidak mengalami perubahan, kontroller output juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal input berubah mendadak dan menjadi naik (fungsi step), output menghasilkan sinyal yang berbentuk impuls. Jika sinyal input menjadi naik tetapi secara perlahan (fungsi ramp), output justru

merupakan fungsi step yang besar magnitudenya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi ramp.



Gambar 2.33 Kurva Waktu Hubungan

Karakteristik kontroler diferensial adalah sebagai berikut:

a. Kontroller ini tidak dapat menghasilkan output bila tidak ada perubahan pada masukannya (berupa sinyal error).
b. Kontroller diferensial mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga kontroller ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi kontroler diferensial dapat mengantisipasi pembangkit kesalahan, memberikan aksi yang bersifat korektif, dan cenderung meningkatkan stabilitas system.

Kerja *Differensial Contro*ller hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu *Differensial Controller* tidak pernah digunakan tanpa ada *controler* lain dalam sistem.