



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk mengubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino Mega 2560

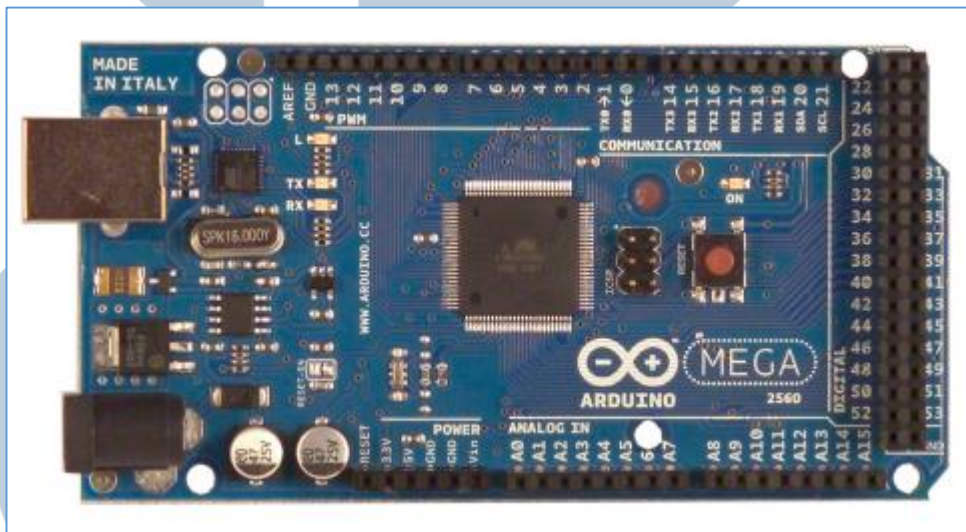
2.2.1 Pengertian Arduino

Arduino adalah pengendali berbasis mikrokontroler yang bersifat sumber terbuka (*open source*) yang di dalamnya terdapat prosesor Atmel AVR sebagai komponen utamanya. Mikrokontroler merupakan IC (*integrated circuit*) yang dapat deprogram menggunakan komputer. Mikrokontroler deprogram agar rangkaian elektronik di dalamnya dapat melakukan membaca input, lalu memproses data yang diberikan dan kemudian mengeluarkan output sesuai dengan perintah. Mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang bertugas untuk mengendalikan proses input dan output dari sebuah proses elektronik.

Arduino Mega 2560 merupakan pengembangan board arduino yang menggunakan chip ATmega2560. Board ini terdiri dari 54 pin digital Input/Output (termasuk 15 pin PWM output), 16 pin analog input, 4 pin UART. Lalu Arduino jenis ini juga dilengkapi dengan sebuah kristal osillator dengan *clock speed* 16 MHz, *port* USB untuk memudahkan program menggunakan komputer, *power jack* DC, *ICSP header* dan sebuah tombol reset. Penjelasan lebih lengkap mengenai spesifikasi dan pin dari Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.1-2.4.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega2560

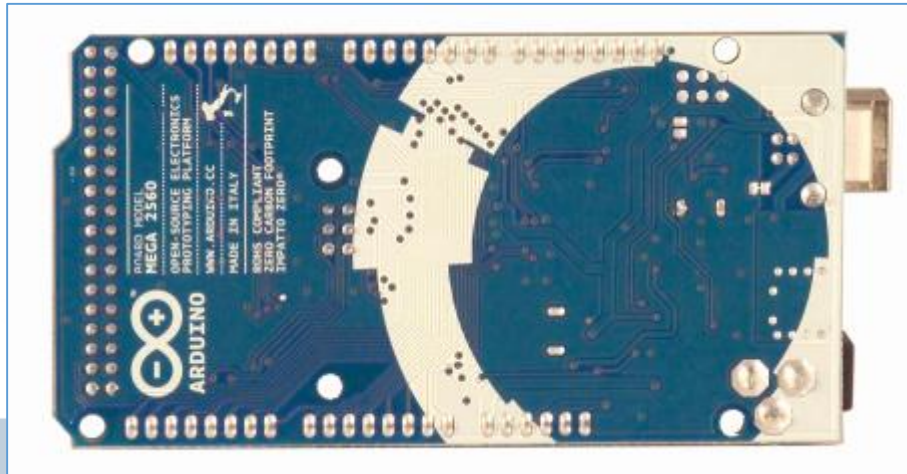
Microcontroller	Atmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEROM	4 KB
Clock Speed	16 MHZ
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g



Gambar 2.1 Arduino Mega2560 (Tampak depan)

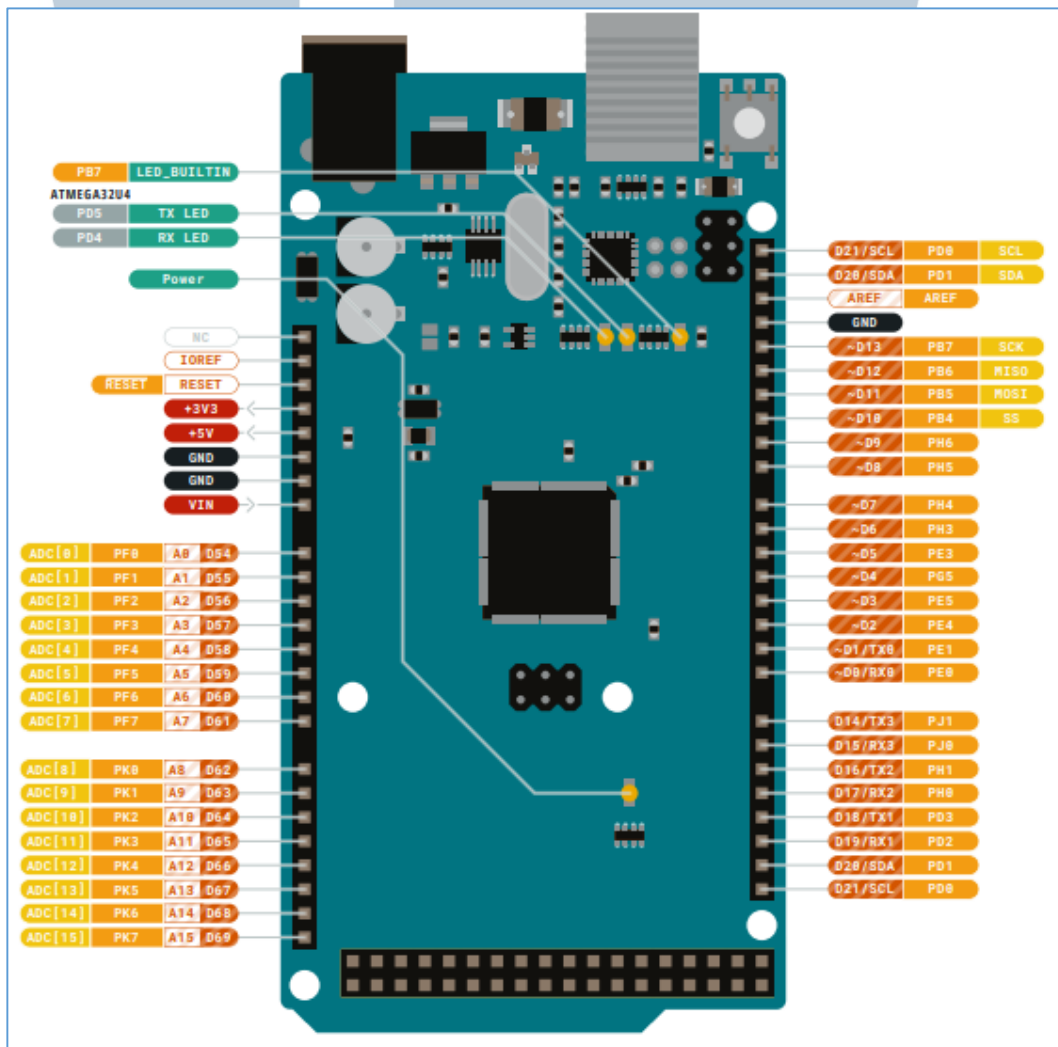
Sumber: <https://arduino.cc/>

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



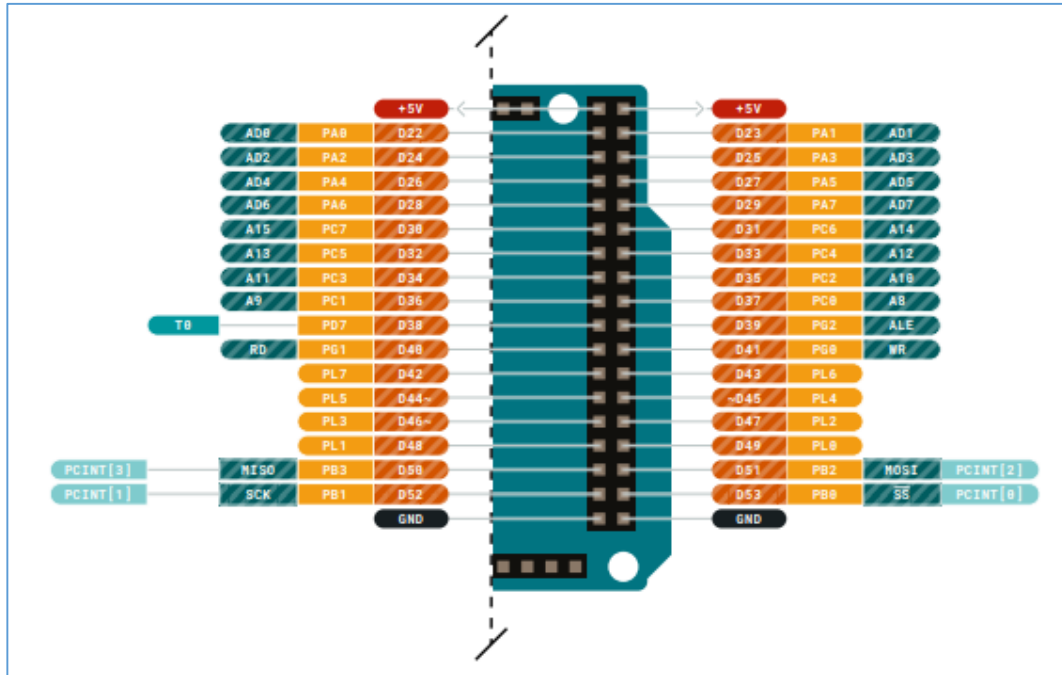
Gambar 2.2 Arduino Mega2560 (Tampak belakang)

Sumber: <https://arduino.cc/>



Gambar 2.3 Pin out Arduino Mega2560

Sumber: <https://arduino.cc/>



Gambar 2.4 Digital pin D22-D53 Arduino Mega2560
 Sumber: <https://arduino.cc/>

2.2.2 Power

Arduino Mega2560 dapat diaktifkan melalui *port* USB atau menggunakan catu daya eksternal. Catu daya eksternal dapat berasal dari adaptor AC/DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menghubungkannya ke *port power jack*. Arduino jenis ini dapat beroperasi pada pasokan daya 6-20 volt. Jika diberikan kurang dari 7 volt, maka pin 5V akan memberikan tegangan kurang dari 5 volt dan Arduino dapat menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 volt maka regulator tegangan bisa menjadi panas dan dapat merusak Arduino itu sendiri. Tegangan yang direkomendasikan adalah pada rentang 7-12 volt. Arduino Mega2560 memiliki *power* pin sebagai berikut:

- VIN = Merupakan jalur masuk catu daya eksternal.
- 5V = Mengeluarkan tegangan sebesar 5V.
- 3V3 = Mengeluarkan tegangan sebesar 3.3V dengan arus maksimum 50 mA.
- GND = Pin Ground.

2.2.3 Memori

ATmega2560 memiliki 256 KB flash memory untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (dapat di baca dan dituliskan melalui EEPROM library).

2.2.4 Input dan Output

Tiap-tiap dari 54 pin digital Arduino Mega2560 dapat digunakan sebagai input ataupun output (menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), digitalRead()). Pin-pin ini beroperasi pada tegangan 5 volt, dapat mengeluarkan ataupun menerima arus sampai 20 mA dan juga memiliki internal pull-up resistor sebesar 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin ini juga memiliki fungsi khusus sebagai berikut:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan data serial TTL (TX).
- External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), dan 21 (interrupt 2).

- PWM: 0 to 13. Memberikan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite()`.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI library.
- LED: 13. Merupakan pin dengan LED yang tertanam didalamnya. Ketika pin ini bernilai HIGH maka LED akan menyala, ketika pin ini bernilai LOW maka LED akan mati.
- I2C: 20 (SDA) and 21 (SCL). Mendukung komunikasi I2C (TWI) menggunakan wire library.
- 16 Analog Input: Tiap pin terdiri dari 10 bit resolusi (1024 nilai berbeda). Secara default pin ini memiliki range tegangan dari 0-5 volt.

2.2.5 Komunikasi

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, ataupun mikrokontroler lainnya. ATmega2560 menyediakan empat UART hardware untuk komunikasi serial TTL (5V). ATmega8U2 menyediakan *port virtual com* untuk software pada komputer. SoftwareSerial library memungkinkan untuk komunikasi secara serial pada tiap-tiap pin digital Arduino Mega2560.

Arduino ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI.

2.2.6 Pemrograman

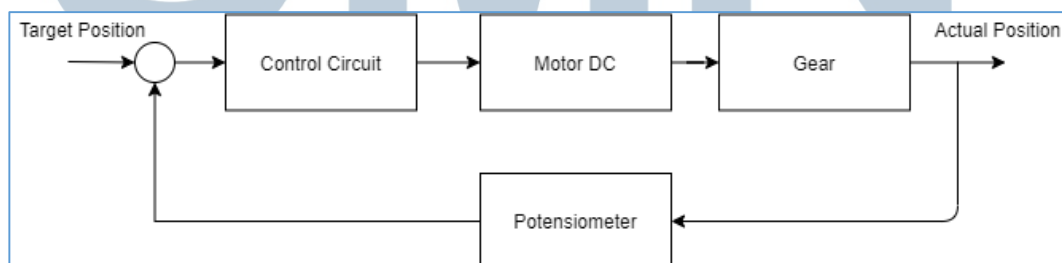
Arduino Mega dapat diprogram menggunakan software Arduino. Arduino Mega2560 dilengkapi dengan bootloader yang memungkinkan

untuk mengupload kode baru tanpa menggunakan perangkat keras tambahan. Menggunakan komunikasi protocol STK500. [5]

2.2 Motor Servo (MG996R)

Motor servo merupakan sebuah motor dengan *closed loop feedback system* yang dimana posisi motor selalu dikonfirmasi kembali pada *controller* yang terdapat pada rangkaian motor servo. Poros pada motor terintegrasi dengan *controller*, sehingga apabila putaran poros belum sesuai pada posisi yang sudah diperintahkan maka *controller* akan mengoreksi posisi poros hingga mencapai posisi yang sudah ditentukan sebelumnya. Motor servo sering digunakan pada perangkat *R/C (remote control)* seperti pesawat, mobil, kapal, tank dan lain-lain. [6]

Motor servo terdiri dari berbagai tipe dan memiliki fitur utama berupa kemampuannya yang secara tepat dan presisi untuk mengontrol posisi dari motor tersebut. Pada motor servo tipe industri, sensor yang digunakan sebagai *feedback* adalah *high precision encoder*. Sedangkan untuk servo tipe *R/C* seperti MG996R menggunakan potensiometer sebagai sensor *feedback*-nya. Diagram blok mengenai *closed loop feedback* motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Closed Loop Feedback Motor Servo

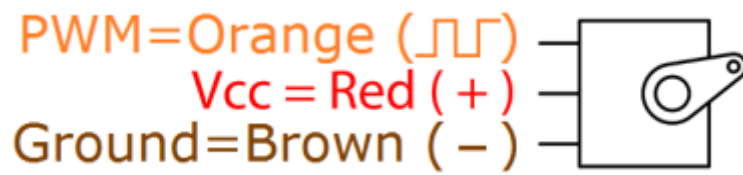
MG996R merupakan motor servo yang diproduksi oleh Tower Pro dilengkapi oleh *gear* berbahan metal yang membuat servo ini memiliki torsi yang sangat tinggi yaitu 10 kgf.cm. Motor servo ini dapat memiliki sudut rotasi sebesar 120 derajat (dengan masing-masing 60 derajat ditiap arahnya). Spesifikasi mengenai MG996R dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Gambar 2.6 [7]

Tabel 2.2 Spesifikasi Motor Servo MG996R

Weight	55 g
Dimension	40.7 x 19.7 x 42.9 mm (approx.)
Stall torque	9.4 kgf.cm (4.8 V), 11 kgf.cm (6 V)
Operating speed	0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)
Operating voltage	4.8 V – 7.2 V
Running Current	500 mA – 900 mA (6 V)
Stall Current	2.5 A (6 V)
Dead band width	5 μ s
Temperature range	0 °C – 55 °C



Gambar 2.6 Motor Servo MG996R
Sumber: Datasheet MG996R



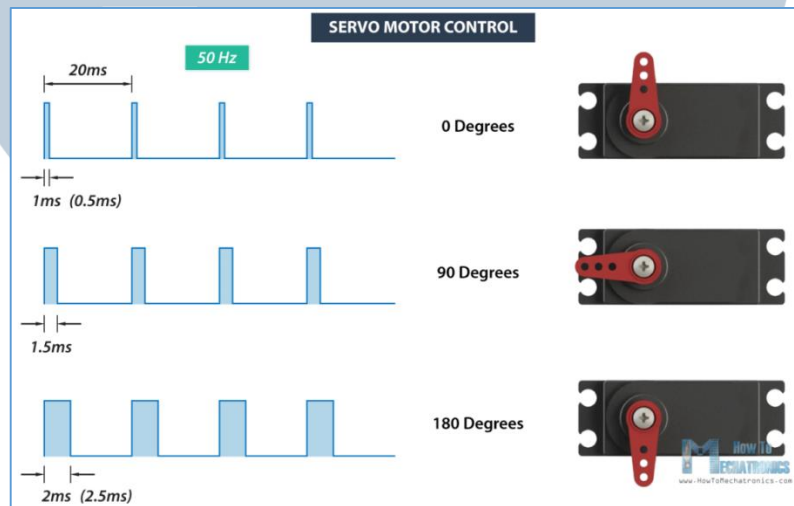
Gambar 2.7 Pinout Motor Servo MG996R
Sumber: Datasheet MG996R

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.8, di dalam motor servo terdapat empat komponen utama yang terdiri dari motor DC, potensiometer, *gearbox* dan *control unit*. Motor DC yang digunakan memiliki kecepatan yang tinggi dan torsi yang rendah, tetapi *gearbox* membuat kecepatan motor menjadi sekitar 60 RPM sekaligus menaikkan torsi dari motor tersebut. Potensio meter tersambung langsung dengan poros keluaran, sehingga ketika motor berotasi maka potensio akan berotasi juga sehingga nilai tegangan akan berubah-ubah tergantung dari posisi potensio. Pada *control circuit* tegangan potensio akan dibandingkan dengan tegangan pada pin sinyal untuk mengontrol posisi dari poros. Motor servo dikendalikan dengan cara mengirimkan serangkaian pulsa melalui pin sinyal. Besar frekuensi dari sinyal control harus sebesar 50 Hz, atau periode pulsa sebesar 20 ms. Lebar dari pulsa (*duty cycle*) dapat menentukan posisi dari poros. Umumnya lebar pulsa dengan durasi 1 ms (0.5 ms) bernilai 0 derajat, 1.5 ms bernilai 90 derajat dan 2 ms (2.5 ms) bernilai 180 derajat. Ilustrasi mengenai hubungan lebar pulsa dan posisi poros dapat dilihat pada Gambar 2.9. [8]

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 2.8 Komponen Utama Servo
 Sumber: <http://www.kiesrd.com/servo-motor-tk-10/>

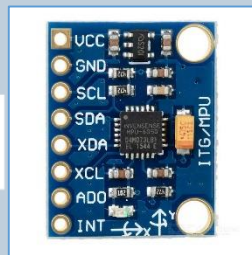


Gambar 2.9 Hubungan Pulsa dengan Posisi Poros
 Sumber: <https://howtomechatronics.com/>

2.3 MPU6050 Accelerometer and Gyroscope

MPU6050 (Gambar 2.10) disebut juga sebagai 6 DoF (*six Degrees of Freedom*) device karena alat ini merupakan chip IC *inverse* yang di dalamnya terdiri dari sensor 3-axis *accelerometer* dan 3-axis *gyroscope* yang terintegrasi satu sama lain. Sensor *accelerometer* adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur nilai dari percepatan, percepatan gravitasi dan juga percepatan gerakan. Sedangkan sensor *gyroscope* merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan

rotasi atau laju perubahan sudut dari waktu ke waktu pada sumbu X, Y dan Z. Dengan mengombinasikan kedua sensor tersebut, maka akan didapatkan informasi yang sangat akurat mengenai sudut orientasi dari sensor tersebut. Hal tersebut dikarenakan sensor *accelerometer* akan memberikan pengukuran sudut pada saat sensor dalam keadaan diam. Sedangkan dalam keadaan rotasi, sensor *gyroscope* akan membaca nilai kecepatan sudut yang dinamis. Dengan kombinasi dari dua sensor tersebut maka akan dihasilkan tiga sumbu rotasi X, Y, Z dan tiga sumbu linier (atas-bawah, depan-belakang, kanan-kiri). Penjelasan mengenai spesifikasi *pinout* dari sensor MPU6050 dapat dilihat pada Tabel 2.3. [9]



Gambar 2.10 MPU6050

Simber: <https://howtomechatronics.com/>

Tabel 2.3 Pinout MPU6050

VCC	+3 V to +5 V
GND	Ground
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
XDA	Auxiliary Serial Data
XCL	Auxiliary Serial Clock

AD0	I2C address select (0X68 for LOW and 0X69 for HIGH)
INT	Interrupt

2.4 Kontroler PID

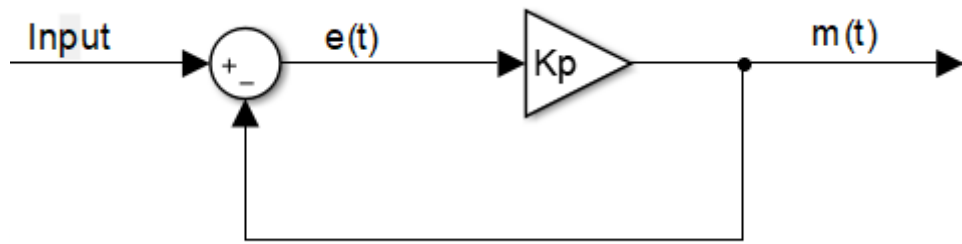
PID merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan memanfaatkan karakteristik umpan balik pada setiap sistem. Komponen PID terdiri dari proporsional, integral dan derifatif. Tergantung dari respon yang kita inginkan, ketiga hal tersebut dapat digunakan secara terpisah maupun bersamaan.

1.4.1 Kontrol Propotional

Merupakan kontroler yang dapat mengurangi waktu naik, meningkatkan *overshoot* dan mengurangi kesalahan keadaan tunak. Hubungan antara *output* kontroler dan sinyal *error* ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$m(t) = K_p e(t) \quad (1)$$

Di mana $m(t)$ merupakan keluaran/*output* dari kontroler, $e(t)$ merupakan sinyal *error* dan K_p merupakan kepekaan proporsional atau penguatan.



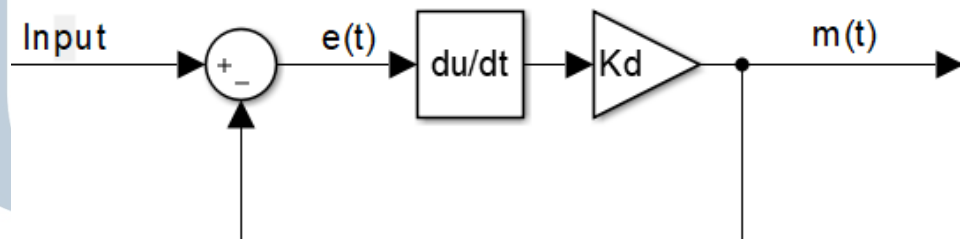
Gambar 2.11 Diagram Blok Kontroler Proporsional

1.4.2 Kontrol Derifatif

Merupakan kontroler yang dapat memberikan efek redaman pada sistem yang berosilasi yang mengakibatkan besarnya pemberian nilai K_p . Kontroler ini juga dapat memperbaiki nilai respon transien dengan memberikan aksi saat ada perubahan *error*. Hubungan antara *output* kontroler dan sinyal *error* ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$m(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Di mana $m(t)$ merupakan keluaran/*output* dari kontroler, $e(t)$ merupakan sinyal *error* dan K_d merupakan penguatan differensial.



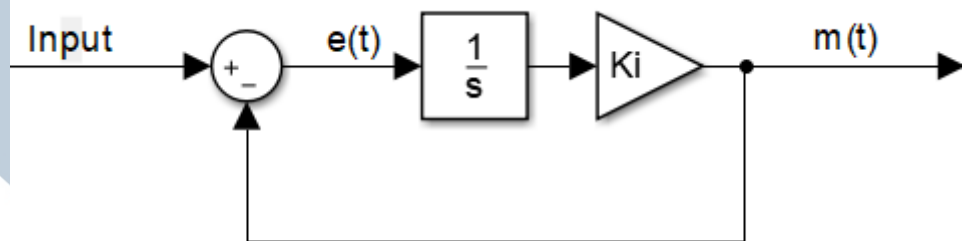
Gambar 2.12 Diagram Blok Kontroler Derifatif

1.4.3 Kontrol Integral

Merupakan kontroler yang dapat mengurangi nilai *offset* yang ditinggalkan oleh kontroler proporsional dan dapat menghilangkan nilai *Error Steady State*. Hubungan antara *output* kontroler dan sinyal *error* ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$m(t) = K_i \int e(t) dt \quad (3)$$

Di mana $m(t)$ merupakan keluaran/*output* dari kontroler, $e(t)$ merupakan sinyal *error* dan K_i merupakan penguatan integral.



Gambar 2.13 Diagram Blok Kontroler Integrator

1.4.4 Kontrol PID

Merupakan kontroler gabungan dari proporsional, derivatif dan integral. Persamaan output dari pengendali ini adalah sebagai berikut:

$$u(t) = K_p (e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}) \quad (4)$$

dimana,

$e(t)$: Sinyal galat (*derajat, m*)

$u(t)$: Sinyal output (*V*)

T_i : Waktu integral (*s, menit*)

T_d : Waktu derivatif (*s, menit*)

K_p : Konstanta proporsional

Persamaan PID biasanya juga dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

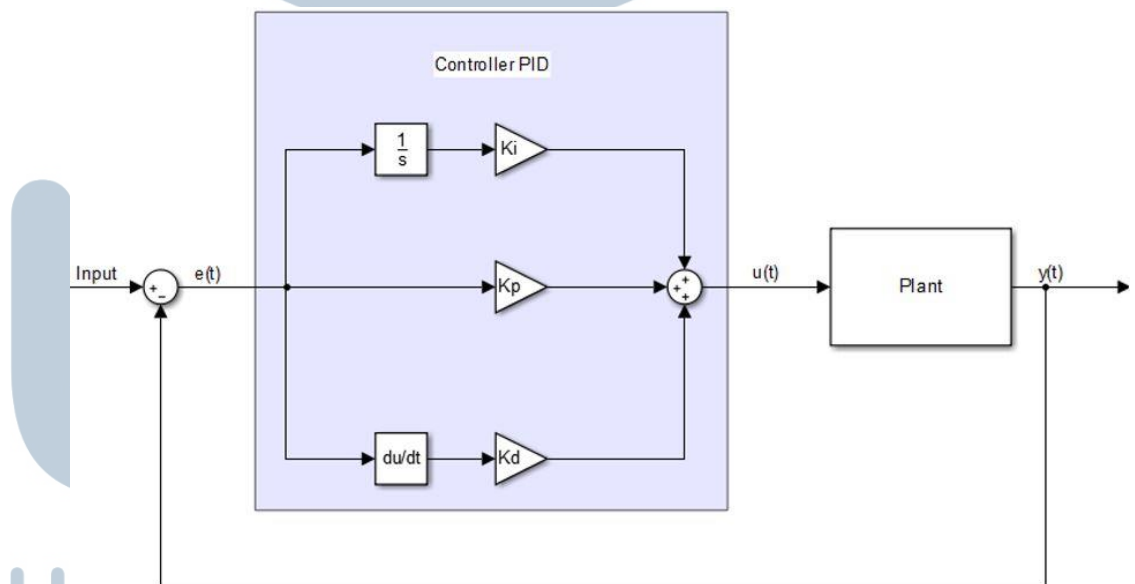
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (5)$$

dengan,

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad K_d = K_p T_d$$

Di mana K_i adalah konstanta Integral dan K_d adalah konstanta Derivatif.

[10]



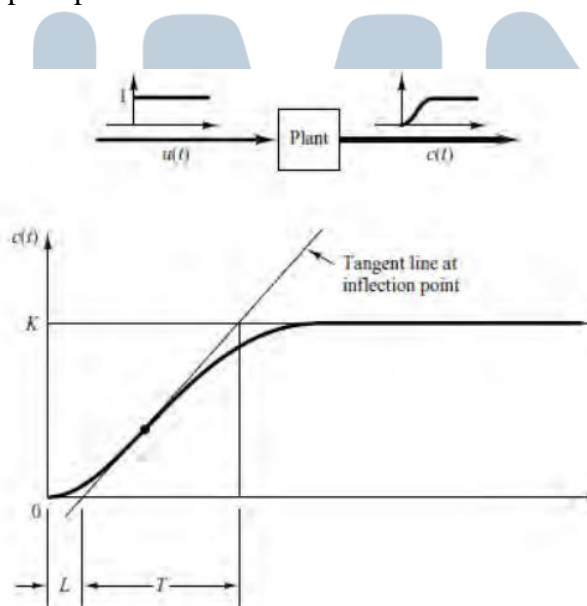
Gambar 2.14 Diagram Blok Kontroler PID

2.5 Metode Ziegler Nichols

Ziegler Nichols merupakan sebuah metode *tuning* kontrol PID yang umum digunakan. Ziegler Nichols digunakan untuk menentukan nilai dari *proportional gain* (K_p), *derivative time* (T_d) dan *integral time* (T_i) berdasarkan karakteristik respon transien yang didapatkan dari sistem. Terdapat dua metode Ziegler Nichols yang dapat digunakan untuk *tuning* berdasarkan grafik respon transien sistem.

2.5.1 Metode ke-1 Ziegler Nichols

Cara pertama dapat digunakan apabila grafik dari respon awal sistem membentuk menyerupai huruf S. Langkah pertama yang harus dilakukan ialah menentukan nilai *time constant* (T) dan *delay time* (L). Kedua nilai tersebut didapatkan dengan menggambar garis *tangent* pada *inflection point* (titik infleksi) pada kurva berbentuk S tersebut dan menentukan perpotongan antara garis *tangent* dengan garis *output* K dan garis sumbu waktu seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Respond unit step dari plant & kurva respond bentuk S

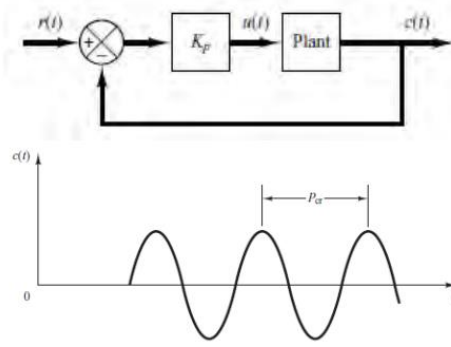
Setelah nilai T dan L didapatkan, maka nilai Kp, Td dan Ti bisa didapatkan dengan menggunakan tabel Ziegler Nichols seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ziegler Nichols Tipe 1

Jenis pengendali	Kp	Ti	Td
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{T}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0.5 L

2.5.2 Metode ke-2 Ziegler Nichols

Cara kedua dapat digunakan apabila grafik dari respon awal sistem membentuk sinusoidal. Untuk melakukan cara ini maka nilai *gain* pada Ki dan Kd harus diatur terlebih dahulu menjadi 0. Lalu nilai Kp dinaikan dari 0 secara bertahap hingga mencapai nilai kritis hingga *output* menunjukkan bentuk osilasi yang berkelanjutan seperti Gambar 2.16. Nilai dari Kp disebut juga sebagai Ku (*Ultimate gain*). Lalu dari grafik yang berbentuk osilasi tersebut bisa didapatkan nilai Tu (*Ultimate periode*). Nilai Ku dan Tu digunakan untuk menentukan nilai dari PID dengan menggunakan tabel Ziegler Nichols seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.



Gambar 2.16 Sistem closed loop dengan gain dari plant & kurva output berbentuk osilasi

Tabel 2.5 Ziegler Nichols Tipe 2

Jenis pengendali	K_p	T_i	T_d	K_i	K_d
P	$0.5K_u$	-	-	-	-
PI	$0.45K_u$	$T_u/1.2$	-	$0.54K_u/T_u$	-
PD	$0.8K_u$	-	$T_u/8$	-	$K_u T_u/10$
Classic PID	$0.6K_u$	$T_u/2$	$T_u/8$	$1.2K_u/T_u$	$3K_u T_u/40$
Pessen Integral Rule	$7K_u/10$	$2T_u/5$	$3T_u/20$	$1.75K_u/T_u$	$21K_u T_u/200$
Some Overshoot	$K_u/3$	$T_u/2$	$T_u/3$	$0.667K_u/T_u$	$K_u T_u/9$
No Overshoot	$K_u/5$	$T_u/2$	$T_u/3$	$(2/5)K_u/T_u$	$K_u T_u/15$

Nilai K_i bisa juga didapatkan dengan membagi nilai K_p dengan T_i , dan nilai K_d bisa didapatkand dengan mengalikan nilai K_p dengan T_d . [11]

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA