

PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC TIGA FASA UNTUK MENGATUR KECEPATAN ALIRAN AIR PADA IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK(WSN) SEBAGAI PENDETEKSI SUMBER POLUTAN YANG POTENSIAL (PERANGKAT LUNAK)

Nur Sa'adah¹⁾, Ir. Anang Tjahjono, MT²⁾

Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

Email : mamezo_chan@ymail.com¹⁾

anang_tj@eepis-its.edu²⁾

Abstrak

Untuk membuat suatu aliran air dengan kecepatan yang konstan, dibutuhkan sistem pengaturan kecepatan motor AC tiga fasa. Pengaturan kecepatan motor AC tiga fasa dilakukan menggunakan inverter 3 fasa dengan tegangan keluaran 220 Vac dan dikontrol melalui mikrokontroler ATMEGA128 menggunakan PID digital. Dengan nilai $K_p=9,8$ $K_i=0,04$ $K_d=6$ $SV=500$, didapatkan Rise Time=323 detik, Peak time=350 detik, Settling time=502 detik, dan steady=526 detik.

Keyword: Inverter 3 fasa, PID Kontroler

1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya perindustrian di Indonesia, semakin meningkat pencemaran air yang terjadi. Karena itu perlu dibuat suatu pendeteksi sumber polutan yang potensial. Untuk membuat pendeteksi sumber polutan yang potensial dibutuhkan simulasi air sungai dengan kecepatan aliran air yang konstan. Oleh karena itu dibuatlah pengaturan motor AC tiga fasa untuk mengatur kecepatan aliran air agar dapat dihasilkan simulasi air sungai yang memiliki kecepatan aliran air yang selalu konstan.

Dari bak penampung air, air akan dipompa oleh motor untuk dialirkan ke dalam tanki air. Level ketinggian air dalam tanki akan dideteksi oleh sensor ultrasonic. Dari dalam tanki, air akan dialirkan ke bak pengalir melalui valve dengan pembukaan konstan. Diasumsikan ketika air dalam tanki memiliki level yang stabil, maka kecepatan aliran air yang keluar dari tanki air juga akan stabil.

Sebagai pengontrol dari sistem pengaturan motor AC tiga fasa, digunakan PID kontroler dengan umpan balik hasil pembacaan sensor ultrasonic. PID kontroler akan mengendalikan level ketinggian air dalam tanki dengan mengatur kecepatan motor pompa agar debit air yang dialirkan oleh motor sesuai dengan debit air yang

dibutuhkan untuk mencapai set poin yang diinginkan. Sensor ultrasonic memberikan masukan berupa data ketinggian air dalam tanki yang kemudian akan dibandingkan dengan set poin. Dari hasil perbandingan antara prevent value dan set poin didapatkan nilai kesalahan (error). Sehingga dari nilai kesalahan tersebut kontroler mengeluarkan sinyal kendali untuk mengurangi perbedaan antara sifat sistem yang diinginkan dengan sistem yang sebenarnya.

Nilai dari parameter-parameter PID kontroler dan set poin dapat diatur melalui keypad sebagai masukan nilai kontroler. Data hasil pengontrolan berupa nilai set poin, prevent value, error, dan frekuensi motor ditampilkan pada LCD sehingga sistem dapat terus dipantau.

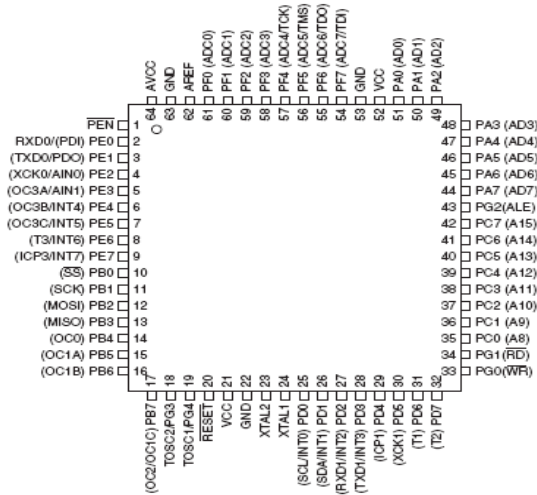
2. PERENCANAAN SISTEM

Perencanaan sistem yang telah dilakukan meliputi perencanaan mikrokontroler ATMEGA 128, Inverter tiga fasa, Sensor Ultrasonik yang digunakan sebagai umpan balik kontroler, dan PID digital.

2.1 Mikrokontroler ATMEGA 128

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer) yang ditingkatkan. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, dual serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

Pin-pin pada Atmega 128 dengan kemasan 64-pin QFP dan MLF ditunjukkan oleh gambar 2.1 yang diambil berdasarkan datasheet dari ATMEL [3].



Gambar 2.1 Konstruksi pin mikrokontroler ATMEGA128

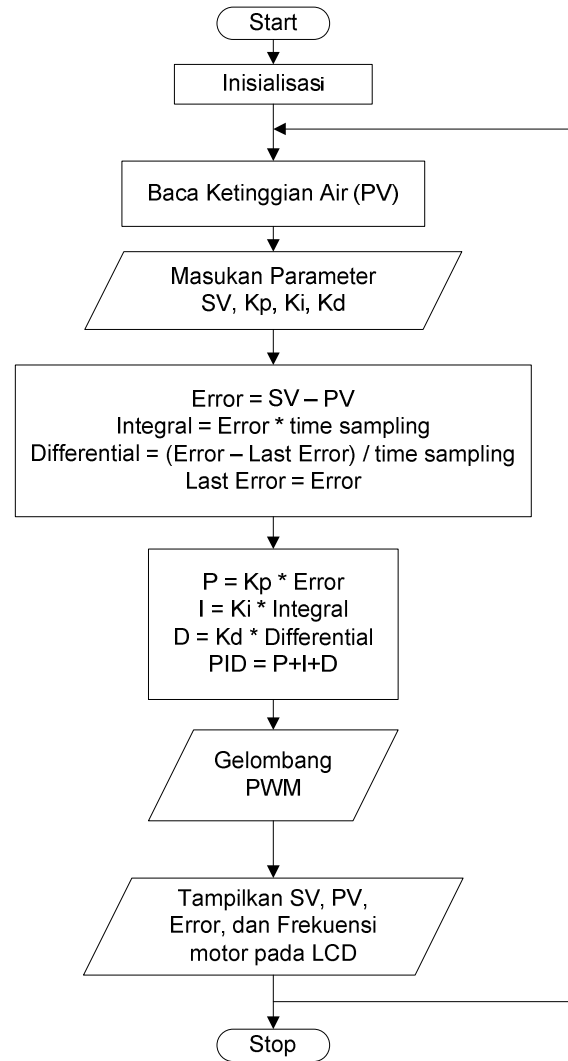
2.1.1 Input-Output Mikrokontroler

Tabel 2.1 Perencanaan input-output

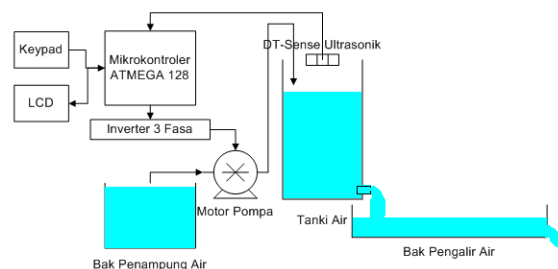
PERALATAN	PORT
Keypad	Port D
I2C Sensor Ultrasonic	SDA = Port B.0, SCL = Port B.1 Ready = Port B.3
Inverter	U = PORTC.3 V = PORTC.4 W = PORTC.5 Timer = PORTC.6 Enable = PORTC.2
LCD	Port A

Pada sistem ini terdiri dari sensor ultrasonik sebagai pendeteksi level ketinggian air, Inverter tiga fasa, motor AC tiga fasa yang dikopel dengan pompa air, tanki air sebagai penampung air yang mengalir dari motor pompa, bak penampung air sebelum dialirkan ke tanki, bak pengalir air yang keluar dari tanki air, keypad untuk memasukkan parameter kontroler, dan LCD untuk menampilkan hasil pengontrolan sistem. Sensor ultrasonic memberikan informasi sebagai umpan balik kontroler. Sehingga kontroler dapat memberikan respon sistem yang sesuai. Masukan dari sensor berupa data digital yang dikonversi menjadi data jarak dengan satuan milimeter. Output mikrokontroler berupa gelombang penyulutan inverter. Frekuensi motor hasil pengontrolan antara 15-50 Hz.

Berikut ini adalah flowchart program secara keseluruhan :



Gambar 2.2 Flowchart Keseluruhan Sistem



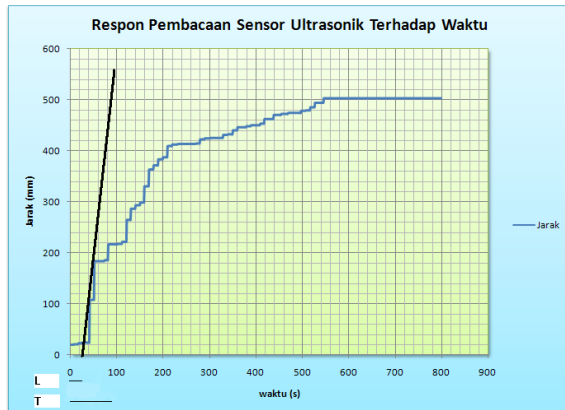
Gambar 2.3 Blok diagram sistem

2.2 PID KONTROLER

Menentukan nilai Kp, Ki dan Kd yang digunakan pada kontrol PID dengan metode try and error. Proses pada program PID digital bermula dari perhitungan error dari nilai setting dan prevent value. Dari data error tersebut selanjutnya akan diproses pada perhitungan PID.

2.2.1 Perhitungan nilai PID dengan Metode Ziegler-Nichols

Perhitungan untuk mencari nilai parameter K_p , K_i , K_d dilakukan dengan mengamati kinerja sistem dari data pembacaan sensor ultrasonic ketika tanki air diisi oleh motor pompa dengan frekuensi konstan 50 Hz dan set poin ketinggian air 500mm.



Gambar 2.4 Grafik Pembacaan Sensor Ultrasonik

Perhitungan:

$$K_p = 1,2 T/L$$

$$T_i = 2L$$

$$T_d = 0,5L$$

Diketahui :

$$L = 25$$

$$T = 98$$

$$K_p = 1,2 * 98 / 25 = 4,7$$

$$T_i = 2 * 25 = 50$$

$$T_d = 0,5 * 25 = 12,5$$

$$K_i = 1/T_i = 1/50 = 0,02$$

$$K_d = T_d = 12,5$$

Dari proses pencarian nilai parameter K_p , K_i , K_d dengan metode *tuning*, didapatkan nilai K_p , K_i , K_d sebagai berikut:

$$K_p = 9,8$$

$$K_i = 0.04$$

$$K_d = 6$$

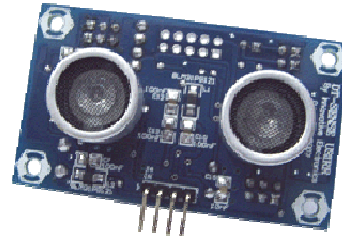
Dengan nilai setting point = 500mm

Proses pada program PID setelah ditemukan nilai errornya, maka akan didapatkan perhitungan nilai PIDnya yang kemudian akan dikonversi sebagai keluaran pulsa antara 0 – 50 Hz.

2.3 SENSOR ULTRASONIK DAN MODUL DT-SENSE ULTRASONIC RANGER

DT-SENSE ULTRASONIC-INFRARED RANGER merupakan modul pengukur jarak non-kontak yang sangat mudah dihubungkan dengan berbagai sistem berbasis mikrokontroler. Untuk

memicu dan membaca data pengukuran dengan DT-SENSE ULTRASONIC AND INFRARED RANGER hanya memerlukan 1 buah pin mikrokontroler. Selain itu disediakan antarmuka komunikasi I2C sehingga beberapa modul DT-SENSE ULTRASONIC AND INFRARED RANGER serta peralatan lain yang mendukung protocol komunikasi I2C dapat digunakan bersama cukup dengan 2 buah pin mikrokontroler.



Gambar 2.5 Modul DT-Sense Ultrasonik Ranger

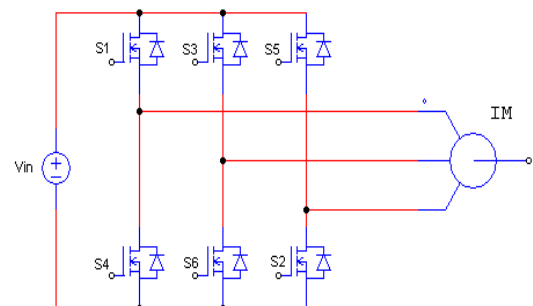
Tabel 2.2 Pin-Pin Antarmuka DT-Sense Ultrasonik

Mikrokontroler	Nama	DT-Sense US	Nama
PORTB PIN1	GND	J4 PIN1	GND
PORTB PIN2	VCC	J4 PIN2	VCC
PORTB PIN3	PB.0	J1 PIN1	SDA
PORTB PIN4	PB.1	J1 PIN2	SCL
PORTB PIN6	PB.3	J4 PIN4	Ready

Sensor ultrasonik sebagai sensor pendeteksi level air digunakan dengan modul DT-Sense yang mengirimkan data dari ultrasonik ke mikrokontroler menggunakan antarmuka I2C sebagai umpan balik kontroler.

2.4 INVERTER TIGA FASA

Rangkaian Inverter 3 phase pada proyek ini digunakan untuk pengaturan kecepatan putaran motor AC 3 fasa. Gambar rangkaian inverter 3 fasa terlihat seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Rangkaian Inverter 3 Fasa

Untuk mendesain rangkaian inverter 3 fasa yang baik diperlukan perhitungan nilai komponen-komponen yang tepat. Karena nilai komponen yang tidak tepat, dapat menyebabkan hasil output yang

kurang baik, seperti keluarnya ripple tegangan dan arus yang terlalu besar.

Untuk mendesain rangkaian inverter 3 fasa, perlu ditetapkan terlebih dahulu beberapa variable, yaitu:

1. Frekuensi inverter : 50Hz
2. Tegangan output : 220 V
3. Tegangan input : 310,77V

Perhitungan Rangkaian Inverter

1. Daya motor : 373 Watt (1/2 HP)
2. Daya Inverte : Daya motor
3. Tegangan motor : 220 Volt (dihubungkan Delta)
4. V_{L-L} Inverter :

$$V_{L-L}(rms) \approx 0,78 \times V_{dc} \approx 0,78 \times 310,77 \approx 242,4V$$

Pengaturan frekuensi pada inverter dilakukan dengan mengatur perubahan frekuensi pada sinyal PWM 3 phase. Amplitudo PWM pada makalah ini sebesar 15 V, dipilih besar tegangan 15V karena MOSFET IRFP460 bekerja pada 15 V. Untuk mengamankan rangkaian switching dan beban dari arus lebih dan gangguan lainnya maka digunakan IC driver IR2130. Driver ini juga menyediakan *dead time*, sehingga tidak memerlukan lagi *dead time* pada pembangkitan PWM 3 phase.

3. PENGUJIAN

Pengujian sistem dilakukan untuk melihat kinerja sistem yang telah dirancang.

3.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor level ketinggian air ini dilakukan dengan memberikan level ketinggian pada tempat penampungan air dengan step 5 cm, sehingga setiap perubahan ketinggian akan mendapat respon yang berbeda-beda dari sensor ultrasonik dan akan didapatkan pula jumlah volume pada saat level ketinggian dideteksi oleh sensor ultrasonik yang kemudian akan mengubah frekuensi rangkaian inverter untuk menyesuaikan kecepatan putaran motor dalam melakukan pengisian tempat penampungan air.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No.	Jarak (Cm)	Pembacaan Sensor Ultrasonik (cm)	Frekuensi Inverter (Hz)	Volume Air (L)
1	0	0	50,0	0
2	5	6	50,0	9.6
3	10	10,8	46,5	17.28
4	15	14,8	45,5	23.68
5	20	20	43,07	32
6	25	23,6	40,45	37.76
7	30	28	38,59	44.8
8	35	32,8	30,55	52.48
9	40	38	25,6	60.8
No.	Jarak	Pembacaan	Frekuensi	Volume

	(cm)	Sensor Ultrasonik (cm)	Inverter (Hz)	Air (L)
10	45	42,8	22,94	68.48
11	50	46,8	20,5	74.88
12	55	52,6	15,33	84.16

3.2 Pengujian Inverter Tiga Fasa

Pengujian rangkaian inverter 3 phase pada makalah ini dilakukan dengan mengatur frekuensi PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler ATMEGA 128 dan melakukan pengukuran tegangan keluaran rangkaian inverter 3 phase dengan menggunakan beban motor induksi 3 phase. Tegangan masukan rangkaian inverter 3 phase berasal dari rangkaian penyearah gelombang penuh jembatan 1 phase.

Tabel 3.2 Hasil pengujian rangkaian inverter 3 fasa tanpa beban

dc (V)	Vout L-L (Volt)				
	Frekuensi (Hz)				
	10	20	30	40	50
50	39,15	39,3	38,17	37,85	37,78
100	77,33	76,3	76,1	75,6	74,8
150	116,4	114,7	113,7	113,1	112,7
200	155,1	152,2	151,3	150,9	150,5
250	194,2	190,1	188,8	188,4	188,3
300	232,5	228,5	225,8	225,8	224,5

Tabel 3.3 Hasil pengujian rangkaian inverter 3 fasa menggunakan beban motor induksi 3 fasa

Frek. (Hz)	Vin Rectifier (Vac)	Vout Rectifier (Vac)	Vin Inverter (Vdc)	Iout Inverter (A)
10	220	258,7	258,7	4,95
20	220	269,2	269,2	4,3
30	220	272,2	272,2	3,6
40	220	285	285	2,3
50	220	298,5	289,5	1,3

Frek. (Hz)	Vout L-L (Volt)			RPM
	V_{R-S}	V_{R-T}	V_{S-T}	
10	190,2	190,5	190,4	379
20	198,8	198,7	198,4	578
30	204,4	204,1	204,3	909
40	213,8	213,1	213,7	1194
50	231,2	230	231,1	1459

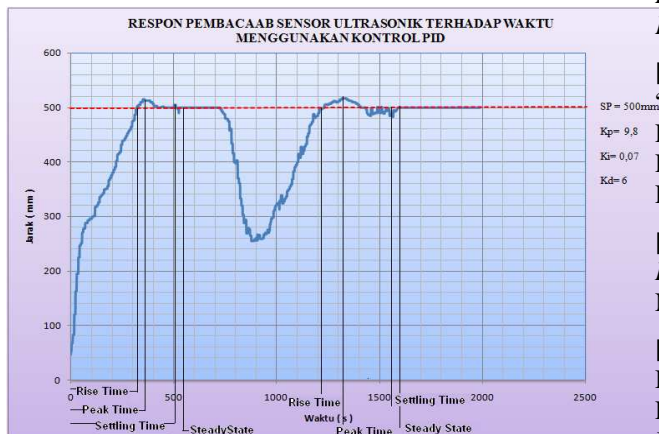
3.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah melakukan pengujian tiap bagian dari sistem, selanjutnya dilakukan sistem ketika diintegrasikan. Motor pompa akan menarik air dari bak penampung air dan mengalirkan air ke dalam tanki air. Air dalam tanki akan dialirkan dari dalam tanki ke bak pengalir air. Selanjutnya ketinggian air

akan dibaca oleh sensor ultrasonic dan mengirimkan data pembacaan ke mikrokontroler ATMEGA128. Data pembacaan diolah oleh kontroler yang mendapat masukan parameter-parameter melalui keypad. Respon keluaran kontroler berupa gelombang PWM inverter akan dikeluarkan oleh mikrokontroler ke inverter tiga fasa sehingga motor pompa bekerja sesuai dengan kecepatan yang sesuai. Hasil pengontrolan akan ditampilkan pada LCD untuk memantau kinerja sistem.

Sistem bekerja untuk mencapai set poin yang diinginkan kemudian sistem diberi gangguan dengan mengurangi debit air dalam tanki, sehingga sistem akan bekerja untuk membuat ketinggian air kembali sesuai dengan set poin.

Berikut adalah gambar grafik ketinggian air saat pengujian:



Gambar 3.1 Grafik Pembacaan Sensor Ultrasonik

4. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan:

1. Dengan nilai $K_p=9,8$, $K_i=0,04$, $K_d=6$ dan $SV=500$, didapatkan nilai Rise time (T_r) = 323 detik, Peak time (T_p) = 350 detik, Settling time (T_s) = 502 detik, dan steady state dicapai dalam 526 detik
2. Ketika sistem diberi gangguan dengan membuka valve lebih lebar dari sebelumnya, ketinggian air turun hingga 255mm. Lalu air mulai bertambah setelah 12 detik. Setelah mendapat gangguan, hasil yang didapatkan dari respon sistem yaitu Rise Time (T_r) = 351 detik, Peak time (T_p) = 440 detik, Settling time (T_s) = 683 detik, dan steady state dicapai kembali dalam 712 detik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ir. Abdul Wahid, MT., "Algoritma PID", Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok-2007

[2] Bambang Widodo, "Simulasi Pengendali P. I. D. Fuzzy pada Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah", *Jurnal Sains dan Teknologi EMAS*, Vol. 18, No.3. 2008

[3] DatasheetAtMega128. Diakses 01 Februari 2010.

http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf

[4] Elektro Indonesia: Pengenalan Metode Ziegler-Nichols pada Perancangan Kontroler pada PID edisi ke dua belas.1998

[5] Felix Pasila, "Sistem Kendali Hybrid PID - Logika Fuzzy pada Pengaturan Kecepatan Motor DC" Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen UK Petra. Surabaya-2000

[6] Gunterus, Frans: Falsafah Dasar, 1994, *Sistem Pengendalian*

Proses, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

[7] Hudan Guntur Anggono, Proyek Akhir "Pengaturan Motor Induksi 1 Fasa Sebagai Penggerak Mobil Listrik Menggunakan Kontroler PID dan Fuzzy Logic Controller, Sub Judul : PID", PENS-ITS. Surabaya-2008

[8] Johnson, Curtis,1998, *Process Control Instrumentation Technology*, Englewood Cliffs, New Jersey.

[9] R.B.Moch. Gozali, "Desain Kontrol PID Dengan Metoda *Tuning Direct Synthesis* untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC", Universitas Jember. Jember-2005

[10] Mohammad Abikusno:"Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa Dengan Menggunakan Kontrol PI Untuk Beban Pembersih Kecambah (Kontrol PI)", *Proyek akhir PENS-ITS*.2007

[11] Ogata, Katsuhiko: Teknik Kontrol Automatik – terjemahan: Ir. Edi Laksono, Erlangga, Jakarta, 1991

[12] Suntari, Proyek Akhir "Rancang Bangun Modul Praktikum PID Water Level Control", PENS-ITS. Surabaya-2007