

PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN DEBIT ALIRAN MASUKAN PADA TANDON AIR DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 8535

Wahyudi, Bakhtiar Indra K, dan Iwan Setiawan.

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
Jln. Prof. Soedarto, SH Tembalang Semarang 50275 Tlp./Fax. (024)7460057
e-mail : wahyuditinom@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah membawa banyak pengaruh dalam berbagai aspek kehidupan terutama dibidang industri. Di dalam industri, sangat dibutuhkan sistem kendali yang baik agar dapat menunjang dan meningkatkan efisiensi dalam proses produksi. Sebagai contoh, otomatisasi baik dalam segi proses maupun peralatan yang digunakan dibidang industri seperti dalam proses pengisian dan pembuangan cairan dalam tangki penampungan. Masalah yang muncul ketika level ketinggian cairan dalam tangki penampung tidak diketahui, sehingga dimungkinkan terjadi keadaan tangki yang meluap atau kosong dikarenakan kurangnya pengawasan terhadap tangki penampung. Pada industri kimia terdapat proses pemisahan cairan (destilasi) yang membutuhkan pengaturan level ketinggian cairan, apabila ada perubahan (deviasi) laju aliran masukan yang disebabkan perubahan tekanan aliran masukan atau juga disebabkan timbulnya gaya gesek pada pipa saluran, maka akan mengakibatkan perubahan debit masukan yang membuat level cairan berubah-ubah. Pada makalah ini disampaikan perancangan sistem pengendalian debit aliran masukan suatu tandon air untuk mengatur ketinggian level cairan. Perancangan dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Atmega 8535 sebagai pusat kendali, sensor PING untuk sensor ketinggian level cairan, dan rangkaian pengontrol tegangan AC sebagai suplay tegangan pada pompa air untuk mengatur debit aliran air. Pengujian terhadap sistem yang dibuat dapat berjalan sebagaimana yang dikehendaki. Sistem dapat digunakan untuk mengatur tinggi level cairan antara 5 cm sampai dengan 40 cm. Pengujian terhadap sensor PING mempunyai kesalahan pengukuran antara 0,1 sampai dengan 0,2 cm. Tegangan sinyal picu rangkaian pengontrol tegangan AC dari mikrokontroler sebanding dengan tegangan yang digunakan untuk menggerakkan pompa. Tegangan pompa berkisar antara 140 V sampai dengan 225 V, yaitu dari pemberian sinyal picu minimum sampai dengan sinyal picu maksimum.

Kata kunci : Mikrokontroler ATmega 8535, level cairan, sensor ketinggian, debit aliran.

PENDAHULUAN

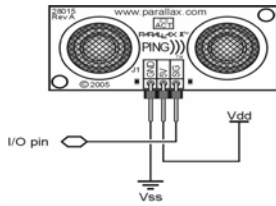
Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah membawa banyak pengaruh dalam berbagai aspek kehidupan terutama dibidang industri. Di dalam industri, sangat dibutuhkan sistem kendali yang baik agar dapat menunjang dan meningkatkan efisiensi dalam proses produksi. Sebagai contoh, otomatisasi baik dalam segi proses maupun peralatan yang digunakan dibidang industri seperti dalam proses pengisian dan pembuangan cairan dalam tangki penampungan.

Masalah yang muncul ketika level ketinggian cairan dalam tangki penampung tidak diketahui, sehingga dimungkinkan terjadi keadaan tangki yang meluap atau kosong dikarenakan kurangnya pengawasan terhadap tangki penampung. Pada industri kimia terdapat proses pemisahan cairan (destilasi) yang membutuhkan

pengaturan level ketinggian cairan, apabila ada perubahan (deviasi) laju aliran masukan yang disebabkan perubahan tekanan aliran inlet atau juga disebabkan timbulnya gaya gesek pada pipa saluran, maka akan mengakibatkan perubahan debit masukan yang membuat level cairan berubah-ubah.

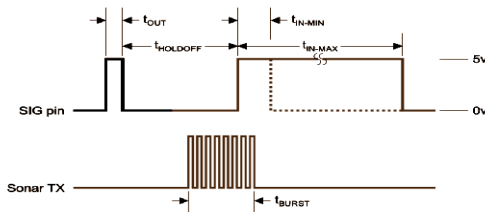
DASAR TEORI

Sensor "PING"™ *Ultrasonic Range Finder*, digunakan untuk mengukur level ketinggian cairan. Sensor jarak ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Sensor PING Ultrasonik *Range Finder*.

Sensor jarak PING)))™ memiliki 3 buah terminal, yaitu terminal tegangan catu 5 volt, terminal pentanahan, dan terminal sinyal yang dapat berfungsi sebagai masukan dan keluaran. Sensor jarak ini hanya memerlukan 1 buah pin pada mikrokontroler untuk dapat mengatur proses pengukuran jarak. Diagram pewaktuan sensor ditunjukkan pada Gambar 2.

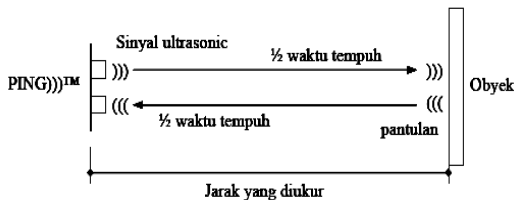


Gambar 2 Diagram pewaktuan sensor PING)))™.

Pengukuran dilakukan dengan memberi sinyal picu berupa sinyal *high* selama t_{OUT} , kemudian menunggu selama $t_{HOLDOFF}$ baru sensor memancarkan sinyal ultrasonik dan siap untuk menerima kembali sinyal pantulan. Sensor memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Waktu picu keluaran (t_{OUT}) : 2 μ detik (minimum), 5 μ detik.
- Waktu tunggu ($t_{HOLDOFF}$) : 750 μ detik.
- Waktu transmit sinyal (t_{BURST}) : 200 μ detik.
- Waktu masukan minimal (t_{IN-MIN}) : 115 μ detik.
- Waktu masukan maksimal (t_{IN-MAX}) : 18,5 milidetik.

Agar sensor ini dapat digunakan untuk mengukur jarak dibutuhkan sebuah mikrokontroler untuk mengukur waktu tempuh sinyal ultrasonik dari sensor, memantul pada benda yang akan diukur, dan diterima kembali oleh sensor. Ilustrasi cara kerja sensor ditunjukkan pada Gambar 3.^[9]



Gambar 3 Ilustrasi cara kerja Ping)))™.

Besarnya jarak yang diukur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1)$$

Dengan :

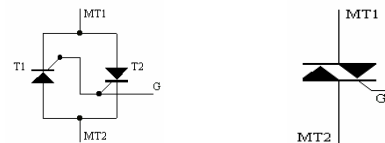
- s = jarak yang diukur (meter)
- v = kecepatan suara (344 m/detik)
- t = waktu tempuh (detik)

Mikrokontroler AVR ATmega 8535 telah didukung penuh dengan program dan sarana pengembangan seperti: kompilerv-kompilerv C, simulator program, emulator dalam rangkaian, dan *kit* evaluasi. Konfigurasi pin-pin ATmega 8535 ditunjukkan pada Gambar 4. Mikrokontroler AVR ATmega 8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program terpisah. Memori program yang terletak dalam *Flash PEROM* tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit. Selain itu, mikrokontroler ini memiliki *4KByteX16-bit Flash PEROM* dan memiliki 12-bit *Program Counter (PC)* sehingga mampu mengamati isi *Flash*.

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 4 Konfigurasi pin-pin ATmega 8535.

Pada pengendalian tegangan AC, digunakan *bidirectional triode thyristor* atau yang biasa dikenal sebagai *triac*. *Triac* dianggap sebagai dua buah *thyristor* tersambung secara antiparalel dengan koneksi gerbang seperti ditunjukkan pada Gambar 5^[3].

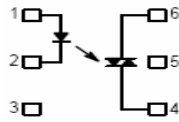


(a) Rangkaian ekuivalen *Triac*. (b) Simbol *Triac*.

Gambar 5 Komponen *triac*.

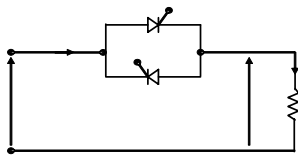
Optokopler adalah suatu alat yang mengkombinasikan suatu diode pemancar cahaya inframerah (ILED) pada sisi masukan dan komponen yang peka cahaya pada sisi keluaran. MOC 3021 merupakan jenis optokopler dengan sisi keluaran berupa *triac* yang diaktifkan oleh

cahaya pada sisi masukan. MOC3021 dapat diaktifkan dengan arus diatas 15 mA pada sisi masukan. Susunan rangkaian MOC 3021 seperti Gambar 6.

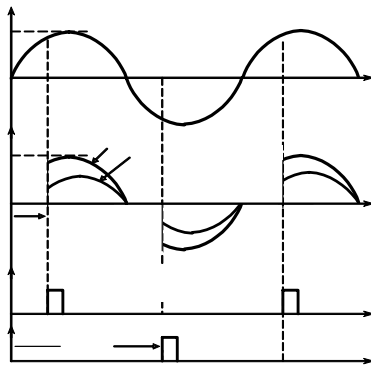


Gambar 6 Skematik MOC 3021.

Prinsip dari pengontrol tegangan AC untuk gelombang penuh satu fasa dapat dijelaskan berdasarkan rangkaian pada Gambar 7. Energi mengalir ke beban dikontrol dengan menunda sudut pemucuan (*firing angle*) thyristor T_1 dan sudut setengah siklus positif, daya yang mengalir dikontrol oleh beberapa sudut tunda dari thyristor T_1 , dan thyristor T_2 mengontrol daya selama tegangan masukan setengah siklus negatif. Pulsa-pulsa yang dihasilkan pada T_1 dan T_2 terpisah 180° . Bentuk gelombang untuk tegangan masukan, tegangan keluaran, dan sinyal gerbang untuk T_1 dan T_2 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7 Rangkaian pengontrol gelombang penuh satu fasa



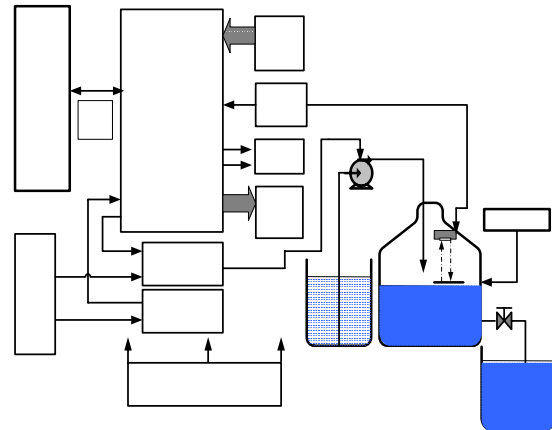
Gambar 8 Bentuk gelombang pengontrol gelombang penuh satu fasa

PERANCANGAN

Blok rancangan perangkat keras sistem pengendali level ketinggian cairan dapat dilihat pada Gambar 9. Perancangan perangkat keras meliputi mikrokontroler pengendali, perancangan tanki penampung, pengontrol tegangan AC sebagai pengaturan debit pompa, pompa sebagai penggerak, keypad, LCD, dan sensor level.

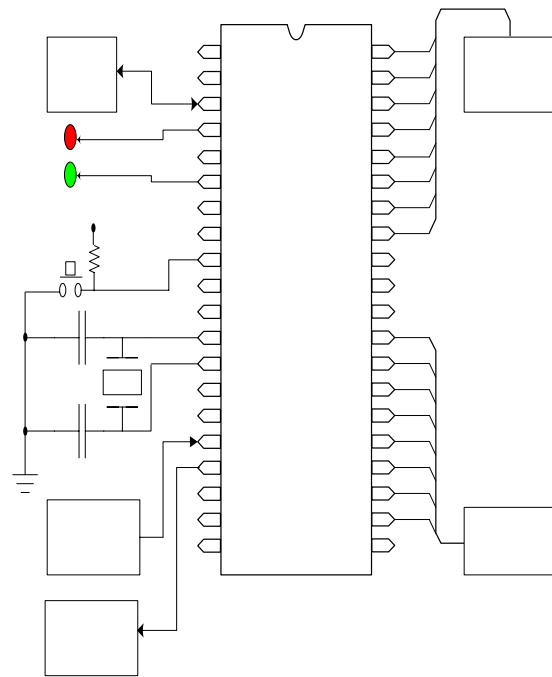
I_S

v_S



Gambar 9 Diagram blok perancangan perangkat keras.

Sistem mikrokontroler digunakan sebagai unit kendali utama. Secara umum, alokasi penggunaan port pada rangkaian ATmega 8535 dapat dilihat pada Gambar 10.



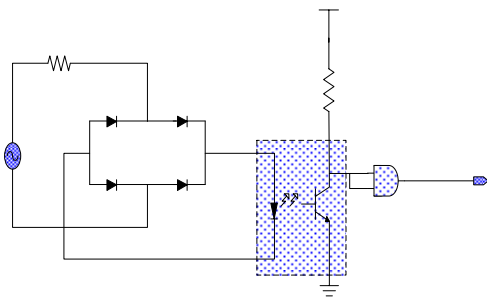
Gambar 10 Alokasi port Mikrokontroler Atmeg 8535.

Port A.0 - Port A.7 mikrokontroler digunakan sebagai masukan keypad 4x4. Port B.2 dihubungkan dengan data serial sensor PING™, data ini yang nantinya digunakan sebagai pentransferan data level dari sensor ke mikrokontroler. Port B.3 digunakan untuk menyalakan lampu indikator berwarna merah, menunjukkan bahwa pengendalian yang sedang berjalan adalah manual. Port B.5 digunakan untuk

menyalakan lampu indikator bewarna hijau, menunjukkan bahwa pengendalian yang sedang berjalan adalah otomatis.

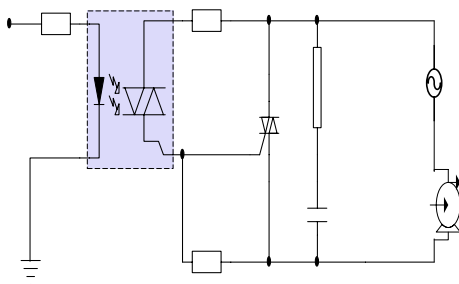
Port C dihubungkan untuk tampilan LCD, mode antarmuka LCD yang digunakan adalah mode 4 bit. Port D.2 adalah input dari rangkaian Zero Crossing Detector yang akan mengaktifkan interupsi external 0. Port D.3 pada mikrokontroler berfungsi sebagai PWM untuk mengatur besarnya pulsa yang masuk ke driver MOC3021, yang kemudian digunakan sebagai sinyal pemicuan untuk mengontrol tegangan AC sebagai tegangan input pompa.

Zero crossing detector adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan triac. Rangkaian zero crossing detector ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Rangkaian zero crossing detector.

Rangkaian pengontrol tegangan AC yang dirancang adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Rangkaian pengontrol Tegangan AC.

Rangkaian tersebut merupakan rangkaian untuk pengontrol tegangan AC gelombang penuh satu fasa. Sebagai komponen utama pada rangkaian ini adalah triac BT 139. Triac berhubungan langsung dengan beban yaitu pompa yang berhubungan langsung dengan tegangan jala-jala listrik 220 volt. Triac BT 139 mempunyai nilai arus rms maksimal sebesar 16 A dan tegangan maksimal sebesar 800 VAC.

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian terhadap sensor PING™ sebagai sensor level dilakukan dengan meletakkan sensor tegak lurus dengan pelampung dari dasar tangki berjarak 45,5 cm. Pembacaan sensor dibatasi pada jarak 5 cm – 40 cm, besarnya level pada plant model yang diperoleh dari hasil pembacaan PING™ berupa jarak sensor dari dasar tangki, dikurangi perubahan jarak pelampung dari sensor. Data hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil perbandingan level terukur dengan pembacaan sensor PING™.

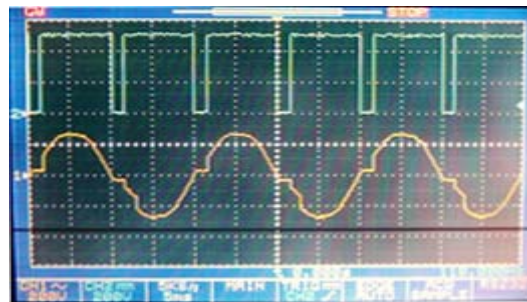
No	Level terukur (cm)	Sensor PING
1	5	5,1
2	10	10,1
3	15	15,1
4	20	20
5	25	24,9
6	30	29,8
7	35	34,8
8	40	39,9

Dari Tabel 1 terlihat bahwa hasil pengujian terdapat sedikit selisih error sebesar 0,1-0,2 cm, hal tersebut dianggap sebagai toleransi pengukuran.

Pengamatan dilakukan dengan osiloskop terhadap gelombang picu dari mikrokontroler dan keluaran pengendali tegangan AC yang diberikan ke beban berdasarkan pengaturan sinyal kontrol. Hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 13.



a. untuk Co = 0%



b. untuk Co = 80%

IN4002

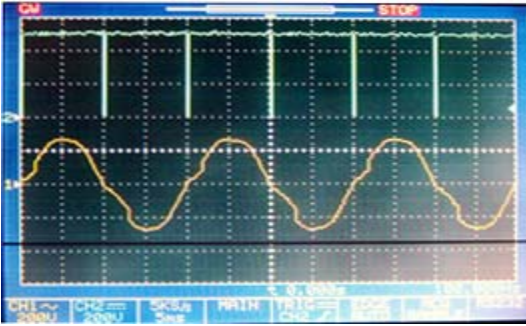
IN4002

4N35

AC
220 V

IN4002

IN4002



c. untuk Co= 100%

Gambar 13 Sinyal picu dan tegangan beban.

Dari ketiga bentuk gelombang tegangan pada beban yang diuji, dapat diketahui bahwa semakin besar sinyal kontrol yang diberikan ke pemucuan (TCNT0), maka bagian dari tegangan AC yang diberikan ke beban untuk tiap fasanya (fasa positif dan fasa negatif) akan semakin besar, yang berarti bahwa tegangan listrik yang diberikan ke beban akan semakin besar. Pengujian juga dilakukan dengan cara mengukur tegangan sinyal picu dari mikrokontroler Port D.3 (TCNT0) dan tegangan keluaran dari rangkaian pengendali tegangan AC dengan variasi berdasarkan sinyal kontrol yang diberikan ke pemucuan. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data pengujian pengontrol tegangan AC.

No	Nilai kontrol (%)	Nilai TCNT0	Tegangan ke beban (Volt)
1	0	148 (94h)	140
2	10	159 (9Fh)	155
3	20	169 (A9h)	180
4	30	180 (B4h)	195
5	40	191 (BFh)	200
6	50	201 (C9h)	204
7	60	212 (D4h)	205
8	70	223 (DFh)	206
9	80	234 (Eah)	210
10	90	244 (F4h)	215
11	100	255 (FFh)	225

KESIMPULAN

1. Pengujian terhadap sistem yang dibuat dapat berjalan sebagaimana yang dikehendaki. Sistem dapat digunakan untuk mengatur tinggi level cairan antara 5 cm sampai dengan 40 cm.

2. Pengujian terhadap sensor PING mempunyai kesalahan pengukuran antara 0,1 sampai dengan 0,2 cm.
3. Tegangan sinyal picu rangkaian pengontrol tegangan AC dari mikrokontroler sebanding dengan tegangan yang digunakan untuk menggerakkan pompa.
4. Tegangan pompa berkisar antara 140 V sampai dengan 225 V, yaitu dari pemberian sinyal picu minimum sampai dengan sinyal picu maksimum

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astrom, John and Bjorn Wittenmark, *Adaptive Control Second Edition*, Addison-Wesley Publishing Company Inc, 1995.
- [2] Budiharto Widodo, *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR ATmega16*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2008.
- [3] Malvino. "Prinsip – Prinsip Elektronika". Jakarta : Erlangga, 1996.
- [4] Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [5] Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [6] Wardhana L, *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.
- [7] -----, *ATmega 8535 Data Sheet*,
- [8] <http://www.atmel.com>.
- [9] -----, *Liquid Crystal Display Module M1632 : User Manual*, Seiko Instrument Inc., Japan, 1987.
- [10] -----, (PING)))™ Ultrasonic Distance Sensor *Data Sheet*, <http://www.parallax.com>.