

Pengaturan Kecepatan Aliran Air dengan Mengatur Kecepatan Putar Motor dengan Metode Kontrol Fasa

Muvy Nurwidi Pramudito (L2F098644)
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Email : nurwidi16@yahoo.com

Abstrak — Seiring dengan perkembangan dunia teknologi maka timbul keinginan untuk menerapkan teknologi tepat guna untuk membudidayakan ikan laut pada perairan darat. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan ikan laut yang lebih banyak tanpa mengabaikan kualitas ikan yang dihasilkan. Agar dapat membudidayakan ikan laut pada perairan darat, perlu diciptakan suatu kondisi yang sesuai dengan habitat ikan laut tersebut. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat fisika dan kimia air laut yang berbeda dengan air biasa. Sifat-sifat itu diantaranya adalah kadar oksigen, kadar asam, kadar garam, temperatur, dan kecepatan aliran air.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan dan pembuatan alat pengatur kecepatan aliran air buatan pada akuarium air laut dengan menggunakan metode pengaturan PI digital dengan mikrokontroler AT89S51 sebagai pengolah data. Alat ini menghasilkan aliran air pada akuarium secara perlahan namun kontinyu yang dihasilkan oleh motor pompa sehingga dihasilkan kondisi aliran air yang menyerupai kondisi pada perairan laut.

Dari hasil pengujian sistem pengaturan kecepatan aliran air yang dirancang, diperoleh respon sistem dengan amplitudo osilasi kurang lebih 3 cm/detik. Besarnya kecepatan aliran air dipengaruhi oleh banyaknya lubang pada piringan sensor, diameter kipas sensor, konstanta pengali pada rangkaian *F to V Converter*, konstanta penguatan tegangan pada Op-Amp, resolusi ADC dan perubahan tegangan referensi pada ADC.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laut banyak memberikan manfaat bagi umat manusia. Salah satunya adalah menghasilkan sumber daya alam, seperti ikan laut, air laut dan masih banyak sumber daya alam yang lainnya. Pada sektor perikanan, selain menyokong kebutuhan protein hewani bagi masyarakat, juga membuka lapangan kerja dan menambah pendapatan masyarakat. Salah satu ikan laut komersil yang sekarang banyak dibudidayakan dan merupakan komoditas ekspor yaitu ikan Kerapu.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perancangan dan pembuatan alat pengatur kecepatan aliran air buatan pada akuarium air laut dengan menggunakan metode pengaturan PI digital dengan mikrokontroler. Alat ini akan menghasilkan aliran arus pada akuarium secara perlahan namun kontinyu sehingga dihasilkan kondisi yang menyerupai kondisi laut. Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur kecepatan motor yang memutar kipas dan menampilkan besarnya kecepatan aliran air laut secara aktual melalui unit display.

1.2 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merancang dan membuat suatu *hardware* untuk mengatur kecepatan putar motor agar dapat menghasilkan kecepatan aliran air sesuai dengan yang diinginkan, dalam hal ini sesuai dengan habitat asli ikan Kerapu.

1.3 Batasan Masalah

- Pembahasan dalam tugas akhir ini dibatasi oleh :
- Pembuatan hardware pengatur kecepatan putar motor untuk menghasilkan kecepatan aliran air
 - Persamaan matematis sistem tidak diketahui sehingga tidak dilakukan identifikasi sistem
 - Motor pompa hanya digunakan sebagai aktuator sehingga tidak dibahas secara mendetail
 - Pengukuran kecepatan aliran air tidak memperhitungkan rugi-rugi yang disebabkan oleh gesekan pada sensor

- Kecepatan aliran air yang terukur oleh sensor adalah kecepatan relatif aliran air pada jarak ± 5 cm dari output motor pompa
- Pengontrolan tegangan AC yang digunakan adalah pengontrolan sudut fase, dan digunakan triac sebagai komponen pengatur tegangan. Pengamatan hanya dilakukan pada bentuk sinyal pemicu dan gelombang keluaran
- Pengujian respon sistem hanya dilakukan pada *plant* yang telah dirancang

II. DASAR TEORI

2.1 Ikan Kerapu

Ikan Kerapu menyenangi air laut berkadar garam 33 – 35 ppt (*part per thousand*). Suhu perairan di Indonesia tidak menjadi masalah karena perubahan suhu, baik harian maupun tahunan sangat kecil (27 – 32 derajat C). Kadar oksigen dari habitat ikan Kerapu sendiri adalah sebesar ± 4 ppm. Untuk kadar keasaman (pH) air laut yang menjadi habitat ikan Kerapu adalah 7,6 – 7,8. Sedangkan besarnya kecepatan arus air yang ideal adalah sekitar 20 sampai 40 cm/detik^{[20],[21]}.

Dengan adanya arus air yang mengalir akan sangat berguna untuk membantu pertukaran air, membersihkan timbunan sisa-sisa metabolisme ikan, dan membawa oksigen terlarut yang sangat dibutuhkan ikan. Namun arus yang berlebihan dapat menyebabkan ikan menjadi stress, energi banyak terbuang dan selera makan berkurang^[20].

2.2 Triac

Triac dapat bersifat konduktif dalam dua arah. Dalam hal ini dapat dianggap sebagai dua buah thyristor tersambung secara antiparalel. Karena triac merupakan komponen bidirectional, terminalnya tidak dapat ditentukan sebagai anode/katode. Koneksi-koneksinya diberi nama *main terminal 1* (MT1), *main terminal 2* (MT2) dan *gate* atau gerbang (G).

2.3 Motor AC

Motor listrik adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (putaran). Energi mekanik diperoleh karena arus listrik yang mengalir melalui penghantar berada pada medan magnet sehingga timbul daya dorong mekanik.

Dalam Tugas Akhir ini digunakan motor universal yang difungsikan sebagai motor pompa. Motor pompa ini dapat mengalirkan air, dengan cara menghisap air melalui lubang di bagian bawah dan mengalirkannya ke samping, sehingga akan dihasilkan suatu aliran air dengan kecepatan tertentu.

2.4 Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 adalah sebuah chip mikrokomputer 8 bit yang mempunyai 4 Kbyte memory program jenis flash atau disebut *Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM)*, RAM 128 byte, 32 jalur input – output (I/O), 2 *Timer/Counter* 16 bit, 5 vektor interupsi, port serial dua arah, rangkaian detak (*clock*) dan osilator internal.). Dengan fasilitas tersebut menjadikan AT89S51 sebagai mikrokomputer yang sangat populer, berdaya guna yang dapat memberikan solusi paling efektif, murah dan sangat fleksibel untuk aplikasi-aplikasi pengendalian.

Mikrokontroler AT89S51 menyediakan 5 sumber interupsi yaitu: interupsi eksternal (*External interupt*) yang berasal dari pin $\overline{INT0}$ dan $\overline{INT1}$, interupsi timer yang berasal dari timer 0 maupun timer 1, dan yang terakhir adalah interupsi port seri yang berasal dari bagian penerima dan pengirim port seri.

Pada AT89S51 terdapat dua buah *timer/counter* 16 Bit yaitu *timer/counter* 0 dan *timer/counter* 1. Besarnya perioda waktu yang dapat dihasilkan oleh timer ditentukan dari persamaan 2-1.

$$\begin{aligned} \text{PeriodaWaktu} &= (FFFFh - TH1TL1) * 1\mu S & (2-1) \\ &= (65535 - TH1TL1) \mu S \end{aligned}$$

2.5 ADC 0804

IC ADC 0804 adalah pengubah analog ke digital CMOS 8 bit. Beberapa karakteristik penting dari ADC 0804 adalah:

- Mempunyai dua masukan analog yaitu : $V_{in}(+)$ dan $V_{in}(-)$
- Mengkonversikan masukan tegangan analog menjadi keluaran digital 8 bit dengan range 0 sampai 5 V.
- Mempunyai rangkaian clock internal, yang dapat menghasilkan frekuensi clock sebesar $f = 1/(1.1RC)$.
- Dengan frekuensi clock 640 KHz waktu konversinya adalah sekitar 100 μ S.
- ADC 0804 didesain untuk mudah dihubungkan dengan bus data suatu sistem mikroprosesor.

2.6 Aksi Kontrol Proporsional plus Integral (PI) ^{[8],[9]}

Aksi kontrol dari kontroler proporsional plus integral didefinisikan dengan persamaan 2-2.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (2-2)$$

sehingga fungsi alih kontroler-nya adalah:

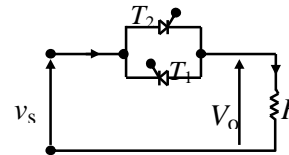
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (2-3)$$

dimana K_p menyatakan kepekaan proporsional atau penguatan, dan T_i menyatakan waktu integral.

Dengan digabungkannya aksi kontrol integral dan aksi kontrol proporsional, maka kesalahan keadaan tunak atau *offset* yang disebabkan oleh aksi kontrol proporsional dapat dihilangkan oleh aksi kontrol integral. Dan memang inilah maksud utama penggunaan 2 aksi kontrol ini, dimana keduanya dapat saling memperbaiki sehingga kelemahan pada salah satu aksi kontrol dapat dihilangkan oleh aksi kontrol yang lain.

2.7 Prinsip Pengendalian Tegangan AC

Jika sebuah saklar thyristor dihubungkan antara sumber AC dan beban, maka aliran energi dapat dikontrol oleh variasi nilai rms dari tegangan AC yang digunakan oleh beban, dan jenis rangkaian energi ini disebut sebagai pengontrol tegangan AC (*AC voltage controller*).



Gambar 2.1 Rangkaian pengontrol gelombang penuh satu fasa ^[11]

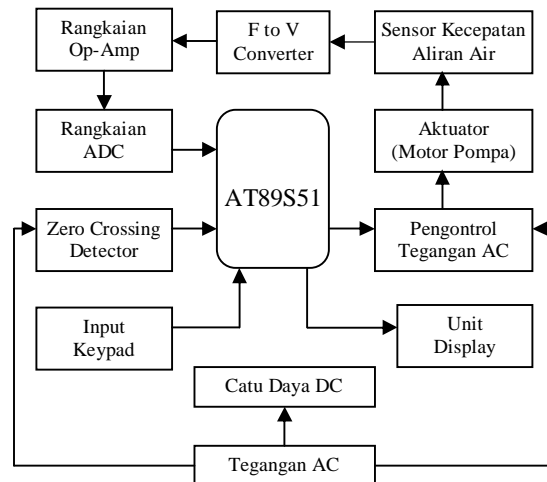
2.7.1 Prinsip Kontrol Sudut Fasa ^[11]

Prinsip dari kontrol sudut fasa untuk gelombang penuh satu fasa dapat dijelaskan berdasarkan rangkaian pada Gambar 2.1. Gambar 2.1 merupakan pengontrol dua arah satu fasa dengan beban resistif. Daya mengalir ke beban dikontrol dengan menunda sudut pemuncian (*firing angle*) thyristor T_1 dan sudut pemuncian thyristor T_2 . Selama tegangan masukan 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°.

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok perancangan perangkat keras secara keseluruhan adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 Perangkat keras dirancang untuk membentuk sistem pengaturan kecepatan aliran air loop tertutup.

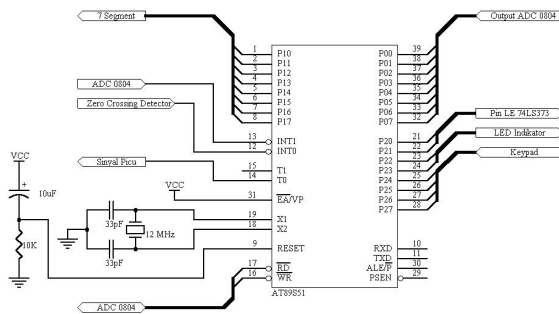


Gambar 3.1 Diagram blok perancangan perangkat keras

3.1.1 Gambaran Plant

Dalam Tugas Akhir ini digunakan akuarium kaca sebagai alat penampung air laut. Akuarium ini mempunyai dimensi, panjang 100 cm, lebar 50 cm dan tinggi 40 cm. Kemudian akuarium diisi air dengan volume sebesar 179,5 liter. Aktuator dalam sistem ini adalah pompa air dimasukkan ke dalam akuarium sedemikian rupa sehingga sirkulasi air berjalan lancar. Kemudian sensor kecepatan aliran air dipasang dengan jarak ±5 cm dari ujung penyemprot pompa air.

3.1.2 Sistem Minimum Mikrokontroler AT89S51



Gambar 3.2 Penggunaan port-port mikrokontroler AT89S51

Dari Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa port 0 digunakan sebagai jalur input 8 bit yang berasal dari ADC 0804. Port 1 digunakan untuk mengirimkan data 7 bit ke 7 segmen. Sebagai penerima sinyal dari input keypad digunakan port 2.4 sampai dengan port 2.7. Sedangkan port 2.0 dan port 2.1 dihubungkan dengan pin LE (*Latch Enable*) pada IC 74LS373. Sedangkan port 2.2 dan port 2.3 digunakan sebagai keluaran untuk mengendalikan LED indicator. Port 3.2 digunakan sebagai input *Interrupt 0 (INT0)* yang berasal dari rangkaian *zero crossing detector*. Port 3.4 digunakan sebagai keluaran untuk sinyal pemucuan *triac* (kontrol phase). Port 3.3, port 3.6 dan port 3.7 dihubungkan ke pin-pin ADC sesuai dengan fungsinya masing-masing.

3.1.3 Input Keypad

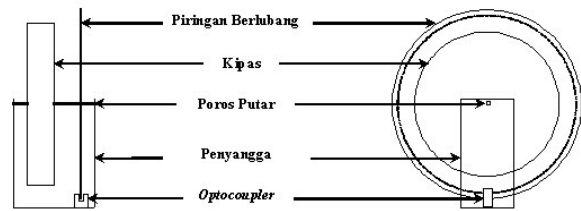
Input keypad dirancang dengan fungsi utama untuk menampilkan besarnya process value (PV), menampilkan besarnya setting value (SV), dan untuk menaikkan atau menurunkan besarnya setting value (Up dan Down). Sebagai unit masukan digunakan tombol push-on.

3.1.4 Zero Crossing Detector

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 pemucuan *triac*.

3.1.5 Sensor Kecepatan Aliran Air

Dari Gambar 3.3, dapat dilihat bahwa sensor ini terdiri dari kipas (*fan*), piringan berlubang dan *optocoupler*. Prinsip kerja dari sensor ini adalah menghitung berapa kali kipas ini berputar. Banyaknya putaran kipas sebanding dengan putaran piringan berlubang yang diukur frekuensinya oleh *optocoupler*.



Gambar 3.3 Konstruksi dasar sensor kecepatan aliran air

Hubungan antara frekuensi dan kecepatan putar dari kipas sensor dapat dilihat pada persamaan 3-1.

$$\text{kecepatan putar} = \frac{\text{Frekuensi}}{n} \text{ (rps)} \quad (3-1)$$

dengan n = banyaknya lubang pada kipas

Dari pengertian awal kecepatan linier, diketahui bahwa kecepatan linier adalah laju (*rate*) perubahan posisi terhadap waktu^[5]. Sehingga kecepatan dirumuskan sesuai persamaan 3-2.

$$v = \frac{\text{perubahan } \Delta s}{\text{selang waktu } \Delta t} \quad (3-2)$$

$$= \frac{\Delta S}{\Delta t} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Ketika suatu benda (dalam kasus ini adalah kipas) berputar dengan kecepatan sekian rps maka benda tersebut telah menempuh jarak S sepanjang busur lingkaran, sedemikian sehingga didapatkan persamaan 3-3.

$$S = \text{banyaknya putaran} \cdot \text{keliling lingkaran} \\ = \text{kecepatan putar (dalam rps)} \cdot \pi \cdot D \quad (3-3)$$

dimana D = diameter lingkaran

Dengan demikian akan dihasilkan hubungan antara kecepatan putar dan kecepatan linier, yaitu :

$$v = \frac{S}{t} \quad (3-4)$$

$$= \frac{\text{kecepatan putar (dalam rps)} \cdot \pi \cdot D}{1} \\ = \frac{\text{frekuensi}}{n} \cdot \pi \cdot D \quad (3-5)$$

Dengan jumlah lubang (n) pada piringan sebanyak 100 buah dan diameter lingkaran kipas sebesar 10 cm, maka berdasarkan persamaan 3-5 akan didapatkan

$$v = \frac{\text{frekuensi}}{100} \cdot \frac{22}{7} \cdot 10 \text{ (cm/detik)} \\ = 0,314 \cdot \text{frekuensi} \text{ (cm/detik)} \quad (3-6)$$

Berdasarkan persamaan 3-6 inilah maka dapat dihasilkan suatu hubungan antara kecepatan linier dan frekuensi yang dihasilkan oleh sensor, untuk mengetahui besarnya kecepatan aliran air yang mengalir.

3.1.6 Rangkaian Frequency to Voltage Converter (F to V Converter)

Sesuai dengan namanya, maka rangkaian ini merupakan rangkaian yang mengubah sinyal input berupa

frekuensi menjadi sinyal tegangan. Komponen utama dari rangkaian *F to V converter* adalah IC LM 2917. LM 2917 merupakan salah satu seri dari IC pengubah frekuensi ke tegangan yang telah dilengkapi dengan dioda zener.

Perbandingan nilai antara frekuensi dan tegangan output dirumuskan dalam persamaan 3-7.

$$V_{out} = F_{in} \times V_{cc} \times R_1 \times C_1 \times K$$

$$\frac{V_{out}}{F_{in}} = V_{cc} \times R_1 \times C_1 \times K \quad (3-7)$$

3.1.7 Penguat Operasional (*Op-Amp*)

Sebelum dijadikan input bagi ADC 0804, keluaran dari rangkaian *F to V converter* perlu dikuatkan terlebih dahulu dengan menggunakan IC penguat operasional LM 351 yang dioperasikan sebagai penguat operasional tak membalik (*non inverting amplifier*).

3.1.8 Rangkaian ADC 0804

Keluaran dari rangkaian *Frequency to Voltage Converter (F to V Converter)* masih berupa sinyal analog yang berupa tegangan. Agar dapat diterima dan diproses sebagai masukan umpan balik bagi mikrokontroler AT89S51, maka sinyal analog dari *F to V converter* harus diubah ke bentuk digital. Sebagai pengubah sinyal analog ke digital digunakan ADC 0804.

ADC 0804 pada system ini diatur agar mempunyai resolusi 20 mV dengan cara menghubungkan buka pin $V_{ref}/2$. Sedangkan keluaran dari ADC masuk ke port 0 pada AT89S51. Masukan analog yang berasal dari output rangkaian *Op-Amp* dihubungkan dengan pin $V_{IN} (+)$, sedangkan $V_{IN} (-)$ dihubungkan dengan ground.

3.1.9 Pengontrol Tegangan AC

Pada rangkaian pengontrol tegangan AC digunakan *optoisolator* jenis *MOC3021*. *MOC3021* akan mengubah sinyal/pulsa dari mikrokontroler (tegangan kecil) menjadi sinyal/pulsa yang bersumber dari tegangan AC. Output dari *optoisolator* ini kemudian dihubungkan ke rangkaian *phase controller* yang didalamnya terdapat komponen *triac*.

Untuk mengatur saat penyalaan *triac* (pemberian arus *gate*) dilakukan oleh mikrokontroler yang disalurkan melalui *optoisolator*. Besarnya waktu tunda penyulutan ini akan mempengaruhi kecepatan putar dari motor pada pompa yang akhirnya juga akan mempengaruhi kecepatan air yang mengalir.

3.1.10 Unit Display

Untuk menampilkan besarnya kecepatan aliran air hasil pengaturan dan beberapa data lainnya, digunakan 2 buah *seven segment common anoda* dan 2 buah LED sebagai indikator. Pada *seven segment common anoda*, *seven segment* akan aktif jika diberi logika *low*. Untuk mengendalikan *seven segment* digunakan IC 74LS373 (*octal transparent D-latch*).

3.1.11 Catu Daya DC

Catu daya yang digunakan adalah catu daya dc +5 volt, +12 volt dan -12 volt. Catu daya 5 volt digunakan untuk rangkaian sistem minimum AT89S51, rangkaian ADC 0804, rangkaian unit display (*seven segment*) rangkaian kontrol fase dan rangkaian *zero crossing detector*. Catu daya 12 volt digunakan untuk mencatu rangkaian *F to V Converter*. Sedangkan catu daya ± 12 volt digunakan untuk mencatu rangkaian *Op-Amp*.

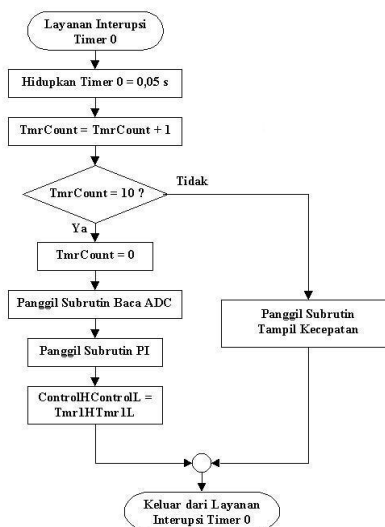
3.2 Perancangan Perangkat Lunak

3.2.1 Layanan Interupsi Eksternal 0

Masukan untuk Port $\overline{INT0}$ adalah berasal dari keluaran rangkaian *zero crossing detector*. Sehingga jika tegangan AC melewati titik tegangan nol akan terjadi interupsi eksternal 0 dan jalannya program akan menuju ke program layanan interupsi Eksternal 0. Interupsi eksternal 0 yang terjadi karena tegangan AC melewati titik nol inilah yang dijadikan sebagai waktu awal bagi pemberian nilai tundaan untuk pemicuan *triac*.

3.2.2 Layanan Interupsi Timer 0

Sub rutin Interupsi Timer 0 adalah sub rutin yang menggunakan Timer 0 sebagai fasilitas untuk menentukan waktu sampling bagi ADC. Dalam sistem ini digunakan waktu sampling sebesar 0,5 detik, sehingga setiap 0,5 detik, mikrokontroler akan membaca hasil konversi dari ADC, yang nantinya akan dijadikan diolah menjadi nilai PV. Nilai inilah yang akan dijadikan input pada proses PI Control. Selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan aksi kontrol PI, sehingga dihasilkan sinyal output untuk mengatur waktu utnda bagi *triac*. Dengan demikian pemberian aksi kontrol ke aktuator juga dilakukan setiap 0,5 detik.



Gambar 3.4 Diagram alir program layanan interupsi timer 0

3.2.3 Layanan Interupsi Timer 1



Gambar 3.5 Diagram alir layanan interupsi timer 1

Sub rutin ini merupakan sub rutin untuk memberikan sinyal pemicuan hasil pengolahan data ke triac, yang berupa logika *low* melalui port 3.4. Logika *low* pada port 3.4 ini dipertahankan selama beberapa mikro detik dengan instruksi *nop*, baru kemudian sinyal pemicuan untuk *triac* dihentikan yaitu dengan mengembalikan keluaran port 3.4 ke logika *High*.

3.2.4 Pemrograman Kontrol PI (*Proportional – Integral*)

3.2.4.1 Inisialisasi

Bagian ini merupakan tempat pemberian beberapa nilai konstanta yang diperlukan dalam proses perhitungan dalam pengendalian PI. Konstanta-konstanta ini ada yang mempunyai nilai yang tetap sepanjang proses pengendalian PI dan ada yang terus berubah seiring dengan perubahan nilai pada saat proses pengendalian berlangsung, karena konstanta yang diberikan hanya merupakan konstanta awal.

3.2.4.2 Perhitungan Kesalahan (*CountError*)

Sub rutin ini merupakan sub rutin untuk menghitung besarnya nilai kesalahan penggerak yang didapatkan dengan mengurangi *setting value* dan proses *value*. Nilai hasil pengurangan ini disimpan dalam akumulator.

3.2.4.3 Kontrol PI

Subrutin ini merupakan program utama dari sistem pengendalian PI. Subrutin ini merupakan gabungan dari 2 aksi kontrol yaitu kontrol proporsional dan aksi kontrol integral. Rumus PI yang digunakan adalah rumus PI digital seperti pada persamaan 3-8.

$$Mt = Mt_1 + K_p(Et - Et_1) + K_i * Et * Ts \quad (3-8)$$

dengan Mt_1 : sinyal kontrol sebelumnya ($M(t-1)$)

K_p : konstanta proporsional

K_i : konstanta integral

T_s : waktu sampling

Et : sinyal kesalahan

Et_1 : sinyal kesalahan sebelumnya ($E(t-1)$)

3.2.4.4 Nilai Tunda

Hasil dari subrutin Kontrol PI berupa nilai M_t , namun nilai ini belum dapat langsung digunakan sebagai sinyal kontrol untuk pemicuan *triac*. Agar dapat digunakan, maka dilakukan proses pada sub rutin *nilaitunda*. Sub rutin *nilaitunda* merupakan sub rutin untuk mengubah hasil perhitungan PI yaitu nilai pada lokasi variabel M_t menjadi nilai untuk waktu tundaan pemicuan *triac* dalam hal ini adalah nilai yang siap diberikan ke *special function register timer 1 (TH1 dan TL1)*.

3.2.4.5 UpdateValue

Subrutin *UpdateValue* merupakan tahap terakhir pada program perhitungan PI. Dari subrutin ini akan dihasilkan nilai Et_1 , $BitSignEt_1$, Mt_1H dan Mt_1L yang baru dari hasil perhitungan sebelumnya. Dengan demikian nilai-nilai tersebut akan selalu berubah tergantung pada proses kontrol sebelumnya.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

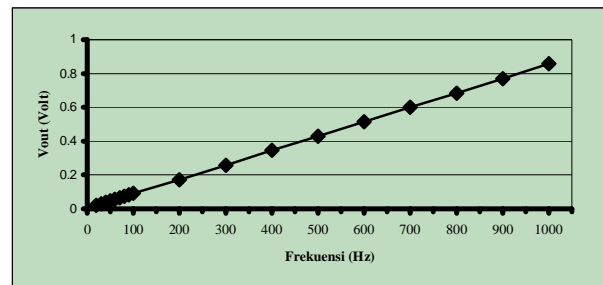
4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras yang telah dirancang

dapat bekerja atau berfungsi dengan baik sebagaimana yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras meliputi beberapa blok rangkaian perangkat keras yang telah dirancang dan juga pengujian terhadap gabungan dari beberapa blok rangkaian.

4.1.1 Pengujian Linieritas Rangkaian *Frequency to Voltage (F to V) Converter*

Untuk pengujian linieritas rangkaian *F to V Converter* dilakukan dengan cara memberikan input kepada rangkaian berupa frekuensi yang sudah diketahui. Untuk itu diperlukan sebuah Generator Frekuensi (AFG) yang menghasilkan frekuensi sesuai yang diinginkan. Hasil pengujian rangkaian *F to V Converter* ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Frekuensi – V_{out}

Dari grafik pada Gambar 4.1 terlihat bahwa hubungan antara frekuensi yang dideteksi dengan tegangan keluaran rangkaian *F to V Converter* adalah linier.

4.1.2 Pengujian Rangkaian ADC

Pada pengujian rangkaian ADC, selain digunakan ADC 0804, diperlukan mikrokontroler untuk mengatur kerja dari ADC dan rangkaian LED aktif *low* untuk menampilkan hasil konversi dari ADC. Dari hasil pengujian didapatkan hasil pengujian ADC seperti terlihat pada Tabel 4.2.

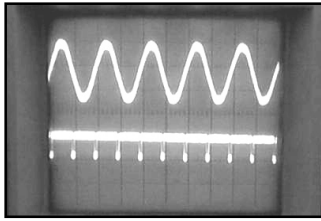
Tabel 4.2 Hasil pengujian rangkaian ADC

| Masukan Analog V _{IN} (+) | Nilai Digital Hasil Konversi | |
|------------------------------------|------------------------------|--------------|
| | Biner | Heksadesimal |
| 0,000 V | 00000000 | 00 |
| 0,316 V | 00010000 | 10 |
| 0,629 V | 00100000 | 20 |
| 0,937 V | 00110000 | 30 |
| 1,247 V | 01000000 | 40 |
| 1,557 V | 01010000 | 50 |
| 1,878 V | 01100000 | 60 |
| 2,186 V | 01110000 | 70 |
| 2,490 V | 10000000 | 80 |
| 2,800 V | 10010000 | 90 |
| 3,119 V | 10100000 | A0 |
| 3,429 V | 10110000 | B0 |
| 3,746 V | 11000000 | C0 |
| 4,058 V | 11010000 | D0 |
| 4,366 V | 11100000 | E0 |
| 4,678 V | 11110000 | F0 |
| 4,990 V | 11111111 | FF |

4.1.3 Pengujian Rangkaian *Zero Crossing Detector*

Pengujian rangkaian *zero crossing detector* dilakukan dengan cara memberikan masukan berupa tegangan AC 220

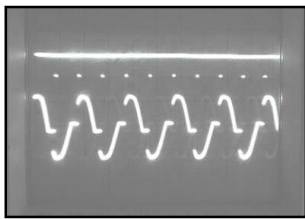
volt ke rangkaian *zero crossing detector*. Kemudian dilakukan pengukuran pada bagian masukan dan keluaran dari rangkaian *zero crossing detector* menggunakan osiloskop. Melalui tampilan pada osiloskop diperoleh bentuk gelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



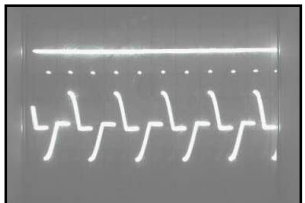
Gambar 4.2 Bentuk gelombang masukan dan keluaran *zero crossing detector*

4.1.4 Pengujian Rangkaian Pengontrol Tegangan AC

Pada pengujian ini, digunakan rangkaian *zero crossing detector*, AT89S51 dan rangkaian Pengontrol Tegangan AC. Dengan mengatur besarnya waktu tunda melalui mikrokontroler, akan didapatkan beberapa variasi bentuk gelombang tegangan pada beban, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3 Sinyal picu dan tegangan beban untuk waktu tunda pemicuan 3000 μ S



Gambar 4.4 Sinyal picu dan tegangan beban untuk waktu tunda pemicuan 5000 μ S

Dari Gambar 4.3 sampai 4.4 dapat dilihat bahwa semakin besar waktu tunda untuk pemicuan triac, maka tegangan pada beban untuk setiap fasenya (fase positif dan fase negatif) akan semakin kecil yang berarti juga bahwa daya listrik yang diberikan ke beban akan semakin kecil.

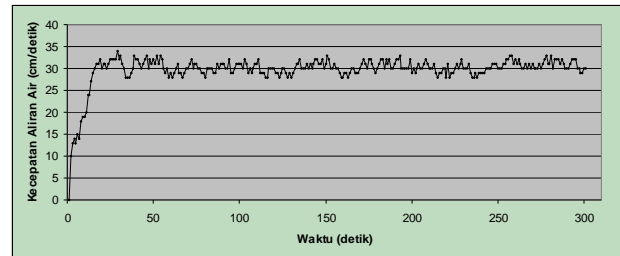
4.2 Pengujian Perangkat Lunak

Untuk pengujian perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan program simulator 8051 IDE. Program 8051 hanya digunakan untuk melakukan pengujian subrutin-subrutin yang tidak menggunakan interupsi-interupsi dari luar (perangkat keras). Sub rutin yang tidak memerlukan masukan dari luar antara lain sub rutin untuk operasi aritmatika 16 bit dan sub rutin kontrol PI.

4.3 Pengujian dan Analisa Respon Sistem

4.3.1 Respon Sistem untuk Setting Value = 30 cm/detik

Untuk mengetahui respon sistem dalam mengatur kecepatan aliran air, maka SV diatur pada nilai 30 cm/detik. Untuk itu digunakan $K_p = 35$ dan $K_i = 20$. Penentuan konstanta K_p dan K_i dilakukan langsung melalui software. Dari hasil pengujian sistem selama 10 menit dihasilkan grafik respon sistem yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

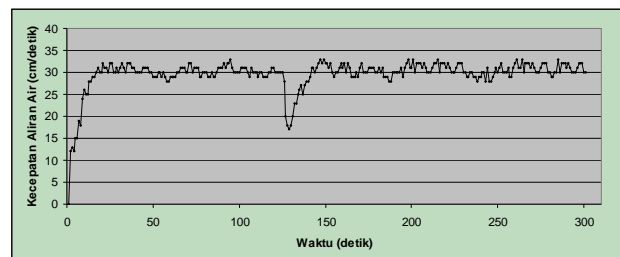


Gambar 4.5 Grafik respon sistem dengan *setting value* = 30 cm/detik

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa respon sistem berosilasi sebesar kurang lebih 3 cm/detik. Osilasi ini terjadi karena nilai PV dihasilkan dari hasil pengukuran sensor kecepatan aliran air yang telah melalui beberapa proses pengolahan data pada beberapa rangkaian. Selain itu, untuk melakukan pengukuran pada benda yang bergerak memang agak sulit untuk menunjukkan suatu nilai yang stabil.

4.3.2 Respon Sistem terhadap Gangguan

Pengujian dilakukan dengan memberikan gangguan berupa aliran air yang dihasilkan oleh motor pompa air yang lain yang diarahkan sedemikian rupa sehingga dapat mengganggu aliran air yang telah dihasilkan oleh sistem. Hasil pengujian yang berupa grafik respon sistem ditunjukkan oleh Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik respon sistem terhadap gangguan

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa mula-mula sistem melakukan aksi kontrol untuk mencapai kestabilan pada nilai SV = 30 cm/detik. Setelah mencapai kestabilan, diberikan gangguan berupa aliran air dengan arah tertentu, sehingga kestabilan sistem terganggu. Selanjutnya sistem akan melakukan aksi kontrol untuk mencapai kestabilan yang diinginkan, yaitu SV = 30 cm/detik.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Dari hasil pengujian sistem pengaturan kecepatan aliran air yang dirancang diperoleh respon sistem dengan amplitudo osilasi kurang lebih 3 cm/detik.
2. Besarnya kecepatan aliran air dipengaruhi oleh banyaknya lubang pada piringan sensor, diameter kipas sensor, konstanta pengali pada rangkaian *F to V Converter*, konstanta penguatan tegangan pada Op-Amp, resolusi ADC dan perubahan tegangan referensi pada ADC.
3. Kesalahan dalam proses pembacaan sensor disebabkan oleh rugi-rugi gesekan pada konstruksi dasar sensor, baik gesekan poros sensor dengan penyangga maupun gesekan kipas dengan air.
4. Dengan melakukan pengaturan kecepatan putar motor pompa dapat dihasilkan aliran air buatan dengan kecepatan tertentu sesuai dengan yang kita inginkan.

5.2 Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk memperoleh respon sistem yang lebih baik lagi, maka dapat dicoba dengan:
 - Menggunakan aksi kontrol yang lain seperti aksi kontrol fuzzy, kontrol adaptif, dll.
 - Menggunakan aksi kontrol gabungan (*hybrid*) sehingga didapatkan respon sistem yang lebih baik.
 - Menambah variabel masukan ke kontroler yaitu berupa besarnya rugi-rugi akibat gesekan pada sensor kecepatan putar.
2. Dapat digunakan metoda pengaturan kecepatan motor yang lain, seperti penggunaan inverter, dll.
3. Dapat dibuat program komputer untuk proses akuisisi data dari plant secara langsung pada tiap periode samplingnya, sehingga respon sistem langsung dapat diamati dalam bentuk grafik dan program untuk mengatur nilai K_p , K_i dan T_s secara langsung dari komputer.

DAFTAR PUSTAKA

1. E. Fitzgerald, Charles Kingsley Jr, *Mesin – Mesin Listrik*, Diterjemahkan Oleh Ir. Djoko Achyanto MSc.EE, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
2. Albert Paul Malvino, Ph.D , *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
3. Albert Paul Malvino, Ph.D , Donald P. Leach, Ph.D, *Prinsip-Prinsip dan Penerapan Digital*, Diterjemahkan Oleh Ir. Irwan Wijaya, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1992.
4. Agfianto Eko Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51 (Teori dan Aplikasi)*, Penerbit Gava Media, Yogyakarta, 2002.
5. David Halliday, Robert Resnick, *Fisika*, Diterjemahkan Oleh Pantur Silaban Ph.D dan Drs. Erwin Sucipto M.Sc, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1992.
6. Edward Danakusumah, *Studi Pendahuluan Budidaya Ikan Kerapu dengan Sistem Air Deras*, Makalah yang dipresentasikan dalam Simposium Perikanan Indonesia II, Ujung Pandang, 1997.
7. Edward Danakusumah, *Teknologi Budidaya Ikan Kerapu*, Makalah yang dipresentasikan dalam Apresiasi

Teknologi Budidaya Ikan Kerapu di Pantai Barat Sumatera Utara, Sibolga, 1997.

8. Katsuhiko Ogata, *Teknik Kontrol Automatik* Jilid 1, Diterjemahkan Oleh Ir. Edi Laksono, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.
9. Katsuhiko Ogata, *Teknik Kontrol Automatik* Jilid 2, Diterjemahkan Oleh Ir. Edi Laksono, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
10. Moh. Ibnu Malik dan Anistardi, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.
11. Muhammad Rashid, *Power Electronics, Circuit, Devices and Applications*, Second Edition, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1988.
12. Nur Ali Amin, *Modul Pengendali Motor DC*, Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2000.
13. P. Hogenboom, *Data Sheet Book 3*, Catatan Aplikasi, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1996.
14. Paulus Andi Nalwan, *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003.
15. Ronald J. Tocci, *Digital Systems : Principle and Applications*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1991.
16. Stuart Bennet, *Real Time Computer Control, An Introduction* , Prentice Hall International, UK, 1994.
17. William David Cooper, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
18. William Hayt H Jr, Kemmerley Jack, *Rangkaian listrik I*, Diterjemahkan Oleh Silaban, Erlangga, Jakarta, 1985.
19. Zuhul, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, PT. Gramedia, Jakarta, 1993.
20. _____, *Pembesaran Kerapu Macan (Epinephelus Fuscoguttatus) dan Kerapu Tikus (Cronileptes Altivelis) di Keramba Jaring Apung*, Juknis Seri No. 7, Departemen Kelautan dan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Balai Budidaya Laut, Lampung, 2001.
21. _____, www.AgribusinesOnline.com/Kerapu/Indeks.htm



MUVY NURWIDI PRAMUDITO
(L2F098644). Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, dengan pilihan konsentrasi Kontrol.

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Agung Warsito, DHET
NIP. 131668485

Sumardi, ST, MT
NIP. 132125670