

Aplikasi mikrokontroler AT89S51 sebagai kontroler Proporsional pada pengaturan PH

Muhammad Lazuardi (L2F098642)

e-mail : m_lazuardi@yahoo.com

Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

Abstrak – Ikan Kerapu banyak dikembangbiakkan pada karamba jaring apung yang berada di perairan di lepas pantai. Banyak kendala yang dialami oleh para peternak ikan Kerapu di kajapung. Sehingga diusahakan sebuah alternatif pengembangan ikan Kerapu yang berada di darat, dengan cara membuat habitat air laut tiruan pada sebuah akuarium dengan parameter-parameter (suhu, kadar garam, kadar oksigen, PH dan kecepatan arus air) yang dikontrol sesuai dengan karakteristik habitat aslinya.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan dan pembuatan pengatur PH pada plant model akuarium. Digunakan aksi kontrol proporsional berbasis mikrokontroler ATMEL AT89S51 sebagai. Menghasilkan aksi kontrol yang direspon oleh aktuator Asam-Basa dengan menginjeksi larutan Asam-Basa ke dalam plant model akuarium.

Alat pengatur PH yang dibuat mampu mempertahankan PH pada plant model akuarium tetap berada pada kisaran PH yang diinginkan, yaitu PH 7,6 – 8,3.

Kata kunci – PH, mikrokontroler ATMEL AT89S51, aksi kontrol Proporsional.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode budidaya karamba jaring apung yang berada di lepas pantai memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya adalah adanya resiko gangguan alam (badai, gelombang besar), hewan predator (burung elang, hewan buas laut), dan kemungkinan adanya pencemaran air laut.^[1] Hal ini dapat diatasi dengan cara mengusahakan tempat budidaya dan pengembangan ikan Kerapu di darat. Sehingga dengan pemanfaatan teknologi yang tepat guna hal tersebut dapat diwujudkan dengan cara mempertahankan kondisi ikan Kerapu sesuai dengan habitat aslinya yaitu habitat air laut. Beberapa parameter penting habitat air laut adalah kadar garam (salinitas), kadar oksigen, suhu, PH dan kecepatan arus air.

Dalam tugas akhir ini dibuat sebuah alat pengontrol yang berfungsi mempertahankan PH pada *plant* model akuarium. Stabilitas PH dipertahankan pada nilai 8.0 dengan cara menginjeksi larutan Asam-Basa pada setiap perubahan PH yang terjadi. Digunakan aksi kontrol proporsional sebagai penentu besarnya volume larutan Asam-Basa yang diinjeksikan.

1.2 Tujuan Tugas Akhir

Merancang dan membuat *hardware* untuk mengatur PH pada *plant* model akuarium sesuai dengan habitat asli ikan Kerapu.

1.3 Batasan Masalah

Hal-hal yang dibuat dan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Perangkat keras yang dirancang berfungsi untuk mempertahankan PH pada *plant* model akuarium sesuai dengan habitat air laut.
- *Plant* model adalah sebuah reaktor berupa akuarium berukuran 40x20x30cm³, berisi air dengan volume 5 liter.
- Metode pengontrolan yang digunakan adalah aksi kontrol Proporsional yang diimplementasikan secara digital.
- Menggunakan sensor ketinggian berupa tembaga ukuran kecil untuk menjaga volume air tetap konstan.
- Sensor yang digunakan adalah dua buah elektroda logam.
- Instrumen pengatur berupa sistem minimum berbasis AT89S51.
- Persamaan matematis sistem tidak diketahui, sehingga tidak dilakukan identifikasi sistem.
- Pengujian respon sistem hanya dilakukan pada *plant* model akuarium yang telah dirancang.

II. DASAR TEORI

2.1 Ikan Kerapu^{[1],[20]}

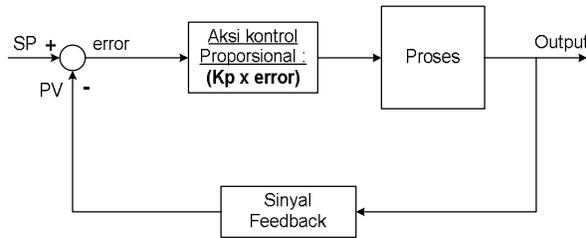
Ikan Kerapu menyukai air laut berkadar garam 33 – 35 ppt (*part per thousand*). Perubahan suhu perairan di Indonesia baik harian maupun tahunan sangat kecil (27 – 32°C). Kadar oksigen dari habitat ikan Kerapu sendiri adalah sebesar ± 4 ppm. Untuk kadar keasaman (pH) air laut yang menjadi habitat ikan Kerapu adalah 7,6 – 8,3. Sedangkan besarnya kecepatan arus air yang ideal adalah sekitar 20 – 40 cm/detik.

2.2 Kontroler Proporsional^[6]

Pada Tugas Akhir ini, aksi kontrol yang digunakan adalah aksi kontrol Proporsional yang diimplementasikan secara digital. Diagram blok dari kontroler Proporsional ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Pada aksi kontrol proporsional, hubungan antara keluaran kontroler $U(t)$ dan sinyal kesalahan $e(t)$ sebagai masukan kontroler adalah:

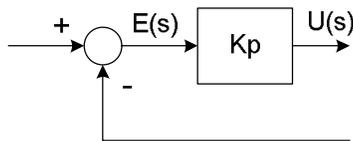
$$U(t) = K_p \cdot e(t) \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 Blok diagram sistem kontrol Proporsional

Atau dalam transformasi Laplace:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Diagram blok kontroler proporsional

Dalam sistem diskrit:

$$U(k) = K_p \cdot e(k) \quad (2.3)$$

dimana K_p adalah penguatan proporsional.

2.1 Mikrokontroler ATMELE AT89S51^{[3],[8],[15],[18]}

Mikrokontroler AT89S51 adalah sebuah *chip* mikrokontroler 8 bit yang mempunyai 4 Kbyte *In-System Programmable Flash PEROM (Programable and Erasable Read Only Memory)*, 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.

Mikrokontroler AT89S51 menyediakan 5 sumber interupsi yaitu: interupsi eksternal (*External interrupt*) 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 serial yang berasal dari bagian penerima dan pengirim Port serial.

2.2 Analog to Digital Converter ADC0804^[17]

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 ke digital (8 bit) dengan *range* 0 sampai 5 V.
- Mempunyai rangkaian *clock internal*, yang menghasilkan frekuensi *clock* $f = (1,1.R.C)^{-1}$.
- Dengan frekuensi *clock* 640 KHz waktu konversinya adalah sekitar 100 μ S.
- ADC0804 didesain untuk mudah dihubungkan dengan jalur data suatu sistem mikrokontroler.

2.3 LCD M1632^[19]

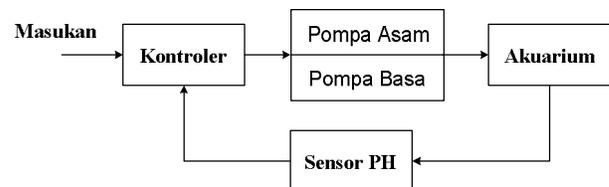
Modul LCD (*liquid crystal display*) adalah salah satu alat yang digunakan sebagai tampilan. Pada umumnya LCD dibuat sudah menjadi satu dengan penghasil karakter (*character generator*) dan sistem pengaturannya (*system controller*).

Pengaturan LCD dapat dilakukan dengan menggunakan 4 atau 8 jalur data. Modul LCD yang dipakai pada tugas akhir ini adalah modul LCD tipe M1632 buatan dari Seiko Instrument, memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Terdapat 16 x 2 karakter yang bisa ditampilkan.
- Setiap huruf terdiri dari 5x7 dot matrix + cursor.
- Terdapat 192 macam karakter.
- Terdapat 80 x 8 bit display RAM (max 80 karakter).
- Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.
- Dibangun dengan osilator lokal.
- Satu sumber tegangan 5 Volt.
- Otomatis reset saat tegangan dihidupkan.
- Bekerja pada suhu 0⁰ sampai 55⁰ C.

III. PERANCANGAN ALAT

Secara umum blok diagram perancangan alat ditunjukkan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok diagram rancangan alat

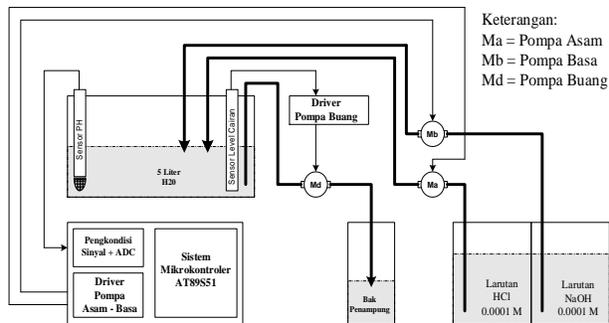
Variabel keluaran *plant* model akuarium berupa nilai PH yang diukur oleh sensor PH. Sinyal ini menjadi umpan balik bagi kontroler. Kemudian

oleh kontroler, sinyal umpanbalik dari sensor PH ini akan dibandingkan dengan nilai *setting point* (nilai PH yang diinginkan) dan mengolahnya berdasar aksi kontrol Proporsional.

Keluaran aksi kontrol berupa waktu tundaan penyalaan pompa Asam-Basa yang menentukan besar volume larutan Asam-Basa yang harus diinjeksikan ke dalam *plant* model akuarium. Kontroler akan terus mengolah sinyal masukan dalam satu periode sampling dan menghasilkan sinyal keluaran sehingga terbentuk sebuah sistem pengaturan *loop* tertutup. Dengan demikian maka pengaturan PH pada *plant* model akuarium dapat dilakukan.

3.1 Perancangan Perangkat Keras

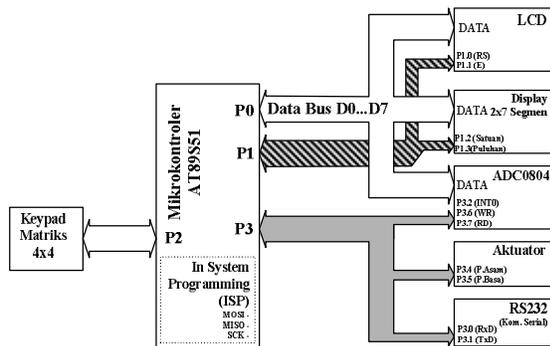
Blok diagram perangkat keras secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok diagram rancangan perangkat keras

3.1.1 Sistem Minimum Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 berfungsi sebagai pengolah data masukan (dari ADC0804) dengan metode kendali Proporsional dan menghasilkan keluaran (sebagai *input* aktuator, pompa Asam-Basa).



Gambar 3.3 Interaksi AT89S51 dengan komponen I/O

Gambar 3.3 menunjukkan rancangan sistem mikrokontroler AT89S51 dan hubungannya dengan berbagai peralatan I/O (*Input/Output*) yaitu; Display, ADC0804, Aktuator (Pompa Asam-Basa), Komunikasi Serial RS232.

Untuk melaksanakan fungsinya maka dilakukan pembagian penggunaan port-port mikrokontroler AT89S51:

- Jalur data (*Port 0, P0.0 - P0.7*) digunakan sebagai penerima sinyal dari unit masukan ADC0804, pengirim sinyal ke unit keluaran display LCD dan display *seven segmen*.
- *Port 1* digunakan sebagai jalur pengendali unit keluaran LCD (P1.0 dan P1.1 sebagai LCD RS dan LCD *Enable*), dan *Seven Segmen* (P1.2 dan P1.3 sebagai *latch* Satuan dan *latch* Puluhan).
- *Port 2 (P2.0 - P2.7)* digunakan sebagai unit input Keypad Matriks 4 x 4.
- *Port 3* digunakan sebagai pengendali ADC0804 (P3.2, P3.6 dan P3.7 sebagai *INTR*, *WR* dan *RD*) sedangkan untuk unit komunikasi serial via RS232 (P3.0 dan P3.1 sebagai RxD dan TxD), serta pengendali unit keluaran (P3.4 dan P3.5 sebagai pengendali Pompa Asam dan Pompa Basa).

3.1.2 Rangkaian ADC0804

Keluaran dari sensor PH masih merupakan sinyal analog. Agar dapat diterima dan diproses sebagai masukan umpan balik bagi mikrokontroler, maka sinyal analog dari sensor PH harus diubah ke bentuk digital. Sebagai pengubah sinyal analog ke digital digunakan IC ADC0804.

Dalam perancangan diinginkan resolusi ADC adalah 10 mV sehingga masukan analog maksimalnya adalah $10 \text{ mV} \times 2^8 = 2,56 \text{ volt}$ dan range masukan analognya adalah 0 volt sampai 2,56 volt. Dengan demikian, maka besarnya tegangan yang harus diberikan untuk masukan pin $V_{REF}/2$ adalah sebesar $2,56 \text{ volt}/2 = 1,28 \text{ volt}$.

3.1.3 Sensor PH dan Pengkondisi Sinyal

Pada tugas akhir ini digunakan sensor PH yang biasa digunakan pada pengukuran PH tanah. Probe sensor PH ini terdiri dari dua buah elektroda logam yang dipisahkan oleh sebuah cincin yang terbuat dari bahan Teflon, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Probe sensor PH

Bila probe sensor PH dimasukkan ke dalam larutan, maka kedua buah elektroda logam akan berinteraksi dengan ion H^+ dan menghasilkan beda potensial yang kemudian dikonversi oleh rangkaian

pengkondisi sinyal dan ADC0804 menjadi sebuah nilai PH yang ditampilkan pada unit display.

3.1.4 Driver Pompa Asam – Basa

Pompa yang digunakan menggunakan sumber tegangan DC 12V. Untuk keperluan *driver* digunakan Relay DC dengan sebuah transistor PNP sebagai saklar.

3.1.5 Sensor Level dan Driver Pompa Buang

Untuk menjaga agar volume cairan pada *plant* model akuarium 5 Liter, maka digunakan sebuah pengatur level cairan. Pengatur level cairan yang digunakan menggunakan dua tingkat keadaan, cairan melebihi 5 Liter (*high level*) dan cairan kurang dari 5 Liter (*low level*). Untuk mengetahui cairan berada pada level atas (*high level*) atau bawah (*low level*) digunakan tiga batang tembaga sebagai konduktor. Satu batang konduktor tembaga sebagai sumber acuan Ground, dan dua lainnya sebagai sensor *High Level* dan *Low Level*.

3.1.6 Display 2 x 7 Segmen

Untuk menampilkan nilai PH hasil pengaturan, digunakan 2 buah *seven segmen common anoda*. Data tampilan PH berupa 2 digit angka (puluhan dan satuan). Sehingga untuk mengoperasikan rangkaian display, diperlukan dua kali akses oleh mikrokontroler. Akses yang pertama memasukkan nilai satuan dan akses yang kedua memasukkan nilai puluhan.

3.1.7 Display LCD MI632

Liquid Crystal Display (LCD) berupa modul tampilan kristal cair matrik titik. Pada tugas akhir ini, LCD digunakan untuk menampilkan besarnya nilai *Setting Point*, nilai aktual PH (*Present Value*), parameter kontrol KP dan nilai keluaran kontroler. Mode yang digunakan untuk mengoperasikan LCD adalah mode antarmuka 8 bit.

3.1.8 Keypad Matriks 4 x 4

Keypad matriks 4 x 4 berfungsi sebagai unit input parameter Proporsional (KP) serta *Set Point*. Keypad dihubungkan dengan Port 2 mikrokontroler AT89S51.

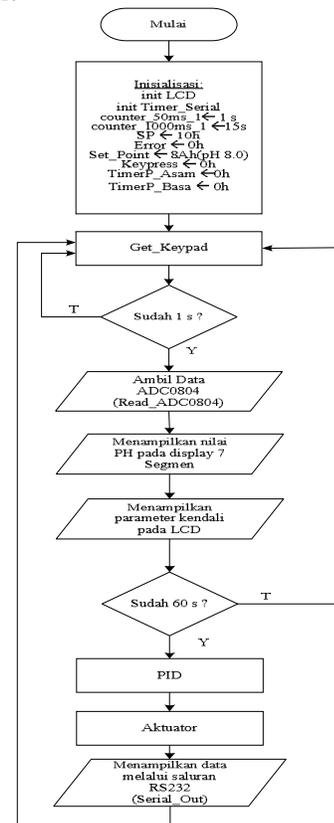
3.1.9 Catu Daya DC

Catu daya yang digunakan adalah catu daya DC +5 volt, yaitu untuk semua blok rangkaian perangkat keras. Namun khusus untuk rangkaian yang menggunakan IC Penguat Operasional digunakan catu daya simetris +12 volt dan -12 volt yang dibangun dari IC 7812 dan 7912. Dan untuk beberapa

rangkainan ditambahkan penguat arus dengan transistor TIP 31A dan TIP 32A.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk mengatur kerja sistem dengan tujuan utama melakukan proses pengaturan secara digital menggunakan logika kendali Proporsional untuk menghasilkan keluaran berupa pewaktuan penyalan pompa Asam atau pompa Basa yang diinjeksikan ke dalam reaktor.



Gambar 3.5 Diagram alir program utama

Dari Gambar 3.5 terlihat bahwa proses yang pertama kali dilakukan adalah menginisialisasi sistem. Inisialisasi sistem meliputi persiapan untuk tampilan LCD, inisialisasi penggunaan layanan interupsi timer dan pendeklarasian beberapa konstanta dan variabel, serta inisialisasi register dan beberapa komponen pendukung sistem.

3.2.1 Layanan interupsi Timer 0

Layanan interupsi timer 0 difungsikan untuk mengatur pewaktuan pengambilan data dari ADC0804, proses penampilan pada display *seven segmen* dan LCD, sampling data untuk perhitungan aksi kontrol proporsional, aksi aktuator. Sedangkan

Timer 1 digunakan untuk membangkitkan *baud rate* pada 9600 bps untuk komunikasi serial via RS232.

Interupsi timer 0 terjadi setiap 50 milidetik. Dengan faktor pengali yang dimasukkan ke dalam dua buah variabel *counter*, bisa didapatkan dua buah pewaktuan. Pewaktuan pertama, setiap satu detik melakukan pengambilan data ADC0804 dan menampilkan ke *seven segmen* dan LCD. Pewaktuan kedua, setiap 60 detik melakukan perhitungan aksi kontrol proporsional dan keluaran pada aktuatur.

3.2.2 Perhitungan Kontrol Proporsional

Dari persamaan (2.3) dapat dirumuskan persamaan kontroler proporsional dalam sistem diskrit seperti pada persamaan (3.1).

$$M(k) = (K_p * E(k)) + \text{bias} \quad (3.1)$$

Nilai yang diambil untuk perhitungan adalah nilai *set point* dan nilai PH aktual. Dari perbandingan kedua nilai ini dihasilkan error yang kemudian dikalikan dengan konstanta Proporsional (KP). Hasil perkalian error dan KP dijumlahkan dengan #080h sebagai nilai bias. Nilai bias #080h adalah nilai aktuatur sesuai dengan PH 7.0, dimana bila aktuatur menghasilkan nilai 7.0 maka tidak terjadi penambahan larutan Asam atau larutan Basa (titik netral). Dengan kata lain, bila error = 0 maka tidak terjadi aksi penambahan larutan Asam atau larutan Basa oleh aktuatur.

3.2.3 Respon Aktuatur

Pada sub rutin aktuatur ini terjadi pengkonversian nilai keluaran aktuatur menjadi pemilihan penginjeksian dan penentuan interval waktu penyalaan pompa untuk penginjeksian. Pemilihan penginjeksian larutan terdiri dari dua keadaan penginjeksian, yaitu: penambahan larutan Asam (HCl 0,0001 M) atau larutan Basa (NaOH 0,0001 M).

IV. ANALISA DAN PENGUJIAN

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.

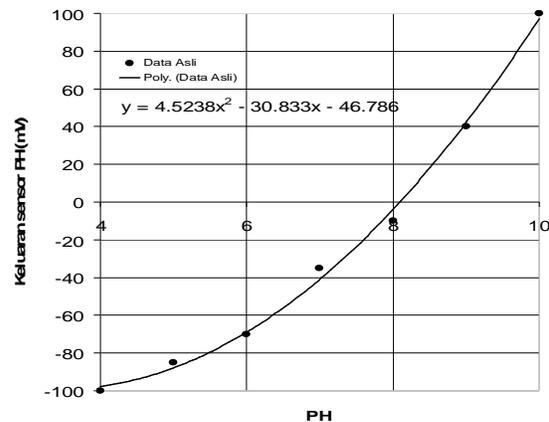
4.1.1 Pengujian Sensor PH

Untuk pengujian sensor PH digunakan kertas PH. Pengujian dilakukan dengan memasukkan Probe sensor PH ke dalam cairan bersama dengan kertas PH dan tegangan keluaran sensor PH diukur dengan voltmeter digital. Hasil pengujian sensor PH ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian sensor PH

Perub. warna kertas PH (PH)	Teg. keluaran sensor PH (mV)
4	-100
5	-85
6	-70
7	-35
8	-10
9	40
10	100

Berdasarkan data pada Tabel 4.1 maka dapat dibuat grafik hubungan antara nilai PH (hasil pengukuran dengan kertas PH) dengan tegangan keluaran sensor PH seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik pengujian sensor PH dan pendekatannya

Dari grafik dan tabel hasil pengujian sensor PH pada Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa keluaran sensor PH tidak linear. Sehingga nilai pendekatan terhadap data hasil pengujian sensor PH ini berguna untuk menyusun *look up table* pada mikrokontroler. *Look up table* ini berfungsi untuk menghasilkan pengukuran nilai PH secara digital yang mendekati nilai PH sebenarnya.

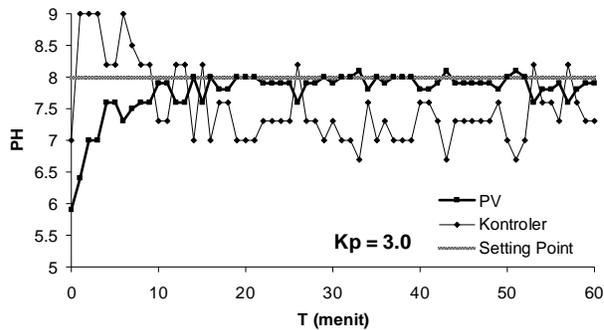
4.3 Pengujian dan Analisa Respon Sistem

Pada tugas akhir ini digunakan *plant model* berupa akuarium berisi air dengan volume 5 liter dan dijaga agar tetap konstan oleh sensor level ketinggian cairan dan pompa buang.

4.2.1 Respon Sistem Terhadap Setting Point 8,0 dengan KP 3,0

Dari hasil pengujian sistem selama 60 menit dengan *setting point* PH 8,0 dan KP 3,0 didapatkan hasil respon sistem seperti pada Gambar 4.2.

Dari grafik respon sistem dengan KP 3,0 pada Gambar 4.2 terlihat bahwa PH *plant model* bergerak mendekati nilai *setting point*, yaitu PH 8.0.



Gambar 4.2 Grafik respon sistem dengan setting Point PH 8.0 dan KP = 3.0

Tidak terjadi *overshoot* maupun *offset* namun terjadi osilasi di sekitar nilai Setting Point. Hal ini dapat terjadi karena:

- Ketidakakuratan aktuator, yaitu pompa Asam dan pompa Basa dalam menginjeksi larutan ke dalam *plant* model akuarium.
- Keterlambatan dan ketidakakuratan sensor PH dalam merespon perubahan PH yang terjadi. Hal ini mengakibatkan sistem kontrol proporsional memberikan aksi kontrol yang kurang tepat.
- Respon *plant* model yang cukup lama dan cenderung tidak konstan. Hal ini terjadi karena terbentuknya suatu proses reaksi kimia pada *plant* model dalam jumlah yang tidak dapat diketahui secara tepat.

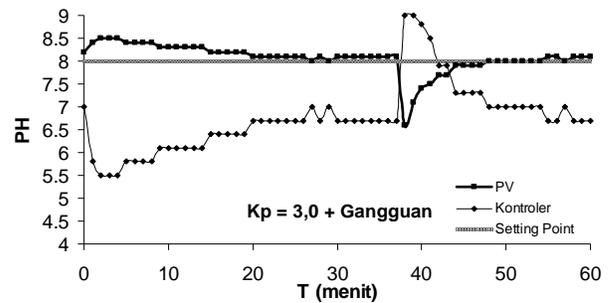
Pada pengambilan data ini PH pada *plant* model akuarium mula-mula 5,8 dan setelah alat pengatur PH otomatis dinyalakan PH mulai bergerak naik menuju PH 8,0. Waktu yang dibutuhkan pengatur PH otomatis untuk dapat membuat PH pada *plant* masuk dalam kisaran PH yang diinginkan sekitar 10 menit.

4.2.1 Respon Sistem Terhadap adanya Gangguan

Gangguan berupa injeksi beberapa tetes larutan NaOH (Basa Kuat) ke dalam *plant* model akuarium. Setelah PH di dalam *plant* cukup stabil kemudian diberi gangguan kembali dengan menginjeksi beberapa tetes larutan HCl (Asam Kuat) ke dalam *plant*. Nilai *setting point* diatur pada PH 8,0 dan hasil pengujian ditunjukkan berupa grafik respon seperti pada Gambar 4.3.

Berdasarkan grafik pengujian pada Gambar 4.3, gangguan pertama diberikan pada menit awal. Gangguan berupa injeksi 5 tetes larutan NaOH pekat ke dalam *plant* model akuarium. Hal ini dapat diketahui dengan adanya perubahan PH pada *plant* model hingga mencapai nilai PH 8,5. Kenaikan PH ini direspon oleh aktuator dengan menginjeksi larutan

Asam (HCl 0,0001 M) melalui pompa Asam ke dalam *plant* model.



Gambar 4.3 Grafik respon sistem terhadap gangguan

Pada menit ke-38 dilakukan gangguan kedua berupa penginjeksian 5 tetes HCl pekat ke dalam *plant* akuarium. Gangguan direspon oleh *plant* dengan terjadinya penurunan PH pada *plant* model hingga 6,6. Penurunan PH ini segera direspon oleh aktuator dengan menginjeksi larutan Basa (NaOH 0,0001 M) melalui pompa Basa ke dalam *plant* model. Setelah beberapa menit aksi aktuator, dapat diamati bahwa PH di dalam *plant* model kembali naik menuju nilai PH 8,0.

Secara keseluruhan, alat pengatur PH otomatis dapat merespon perubahan PH di dalam *plant* model ketika keluar dari kisaran PH yang diinginkan dengan aksi kontroler pada aktuatornya. Ketika diuji dengan gangguan berupa injeksi larutan Basa (NaOH) pekat, sistem kontrol mampu mengembalikan nilai PH di dalam *plant* model akuarium ke dalam kisaran PH yang diinginkan dalam waktu 15 menit. Sedangkan ketika diuji dengan gangguan berupa injeksi larutan Asam (HCl) pekat, sistem kontrol mampu mengubah nilai PH pada *plant* model kembali pada kisaran PH yang diinginkan dalam waktu 4 menit.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Sistem pengaturan PH secara otomatis yang dibuat mampu mempertahankan PH di dalam *plant* model sesuai dengan kisaran PH 7,6 hingga 8,3.
2. Untuk menghasilkan pengukuran nilai PH, dibuat sebuah *look up table* pada mikrokontroler yang didapat dari hasil pendekatan dari karakteristik sensor PH yang tidak linear.

3. Hasil pengujian yang diperoleh selama 60 menit dengan setting point PH 8,0 dan KP 3.0 adalah:
- Tanpa adanya gangguan, PH di dalam *plant* model berubah dari PH 5,8 ke kisaran PH yang diinginkan dalam waktu 10 menit.
 - Dengan adanya gangguan, ketika diberi gangguan injeksi larutan Basa (NaOH) pekat, PH di dalam *plant* model mampu berubah ke kisaran PH yang diinginkan dalam waktu 15 menit. Sedangkan ketika diberi gangguan injeksi larutan Asam (HCl) pekat, PH di dalam *plant* model mampu berubah ke kisaran PH yang diinginkan dalam waktu 4 menit.

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 sensor yang memiliki keakuratan dan stabilitas yang cukup baik.
 - Menggunakan Valve pada penginjeksian larutan Asam – Basa ke dalam *plant* model akuarium.
 - Menggunakan aksi kontrol yang lain seperti aksi kontrol fuzzy, fuzzy adaptif.
2. Perlu dilakukannya analisa perubahan suhu terhadap nilai hasil pengukuran PH, sehingga dapat dirancang sebuah rangkaian untuk mengkompensasi perubahan suhu.
3. Dapat dibuat program komputer untuk proses akuisisi data dari *plant* secara langsung pada tiap pengambilan data, sehingga respon sistem langsung dapat diamati dalam bentuk grafik dan program untuk mengatur nilai K_p dan *Setting Point* secara langsung dari komputer.
4. Dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan dari beberapa sistem pengaturan lain seperti kadar garam, suhu, kadar oksigen (DO) dan kecepatan aliran arus air.

REFERENSI

1. Atkins, P.W. *Kimia Fisika Jilid 1*, diterjemahkan oleh Dra. Irma I. Kartodiharjo, Erlangga, Jakarta, 1999.
2. Link, Wolfgang. *Pengukuran, Pengendalian, dan Pengaturan dengan PC : Praktek Otomasi dengan Pengaturan Numerik*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1993.
3. Malik, Moh. Ibnu, ST. *Belajar Mikrokontroler ATMEL 89S8252*. Gava Media, Yogyakarta, 2003.
4. Malvino, Albert Paul, Ph.D. *Prinsip-prinsip Elektronik*. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.

5. Nalwan, Paulus Andi. *Panduan Praktis Teknik Antar Muka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*. Elex Media Komputindo Gramedia. Jakarta, 2003.
6. Ogata, Katsuhiko. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta, diterjemahkan oleh Edi Leksono 1994.
7. Ogata, Katsuhiko. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
8. Putra, Agfianto Eko. *Belajar Mikrokontroler AT89C51 /52 /55 : Teori dan Aplikasi*. Gava Media, Yogyakarta, 2002.
9. Sheingold, Daniel H. *Transducer Interfacing Handbook : A Guide to Analog Signal Conditioning*. Analog Devices, Inc. USA, 1980.
10. Shinkey, F.G. *Process Control Systems : Application, Design, and Tuning - 3rd Edition*. McGraw-Hill Book Co. Singapore, 1988.
11. Sunyoto, Pramu. *Pembesaran Kerapu dengan Karamba Jaring Apung*. Penebar Swadaya. 2000.
12. Tocci, Ronald J. *Digital Systems: Principle and Applications*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1991.
13. Vogel. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, direvisi oleh G. Svehla, Ph.D., D.Sc., F.R.S.I.C., diterjemahkan oleh Ir. L. Setiono, Dr. A. Hadyana Pudjaatmaka, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta, 1990.
14. Wasito S. *Vademekum Elektronika*. PT Gramedia, Jakarta, 1985.
15. Yeralan, Sencer. Ahluwalia, Ashutosh. *Programming And Interfacing The 8051 Microcontroller*. Addison-Wesley Publishing Company. USA, 1995.
16. _____. *150 Rangkaian*. Yayasan Pembina Pendidikan dan Hobi Elektronika "Binatronika". Bandung, 1985.
17. _____. *AT89S51 Preliminary : 8 bit Microcontroller with 4K Bytes In-System Programmable Flash*, Atmel Corp.
18. _____. *Liquid Crystal Display Module M1632: User Manual*. Seiko Instrument Inc., Japan, 1987.
19. _____. *Pembesaran Kerapu Macan (Epinephelus Fuscoguttatus) dan Kerapu Tikus (Cronileptes Altivelis) di Karamba Jaring Apung*, Juknis Seri No. 7, Departemen Kelautan dan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Balai Budidaya Laut, Lampung, 2001.
20. _____. *Pembesaran Kerapu Macan (Epinephelus Fuscoguttatus) dan Kerapu Tikus (Cronileptes Altivelis) di Karamba Jaring Apung*, Juknis Seri No. 7, Departemen Kelautan dan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Balai Budidaya Laut, Lampung, 2001.
21. <http://www.atmel.com/8051/at89s51>
22. http://suharjawanasureia.tripod.com/budi_daya_dan_pengembangan_kerapu.htm
23. <http://www.wgmarshall.freemove.co.uk/8051Math.asm>
24. <http://www.wgmarshall.freemove.co.uk/PIDfrag.asm>



MUHAMMAD LAZUARDI

(L2F098642)

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. 131 668 485

Sumardi, ST, MT
NIP. 132 125 670

