

Sistem Sensor Keasaman Air (pH) untuk Aplikasi Pengontrolan Kondisi Air Tambak Udang

Endah S. Ningrum, Paulus Susetyo W., Tommi Adi Putra
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Telp. 031-5947280, Fax 031-5946114

Abstrak

Hasil tambak udang merupakan komoditi ekspor yang sangat menguntungkan bagi Indonesia. Banyak faktor yang berpengaruh pada hasil tambak udang, baik dari segi kualitas maupun kuantitas, misalnya kondisi air, jenis udang, iklim atau cuaca. Salah satu unsur penting yang harus dijaga pada pengelolaan air tambak udang adalah pengontrolan tingkat keasaman air (pH). Selama ini para petani tambak masih menggunakan cara konvensional untuk memantaunya, misalnya mengukur pH air tambak dengan menggunakan indikator pH meter digital atau kertas lakmus. Dengan cara tersebut, sangat sulit untuk melakukan pengukuran dalam jangka waktu yang lama dan terus-menerus. Masalah lain yang timbul adalah: pengukuran pH sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu cairan itu sendiri, oleh karena itu pada penelitian ini dibuat sistem sensor keasaman air (pH) yang dapat diinterfacekan atau dipakai sebagai masukan oleh sebuah prosesor sebagai otak pengontrol dan pengolah data. Pada prinsipnya sistem sensor yang dibuat terdiri dari elektroda pH yang digunakan untuk mendeteksi banyaknya ion H^+ dari suatu cairan, sensor suhu sebagai parameter pengukuran pH, sebuah mikrokontroler sebagai pengolah data, dan sebuah alat peraga (tampilan). Untuk mereduksi pengaruh suhu pada pengukuran pH, digunakan suatu metode persamaan garis parsial yang diimplementasikan dalam perangkat lunak pada mikrokontroler. Metode tersebut mampu mereduksi error pembacaan keasaman air (pH) hingga 0,57%. Sistem sensor pH ini diharapkan menjadi salah satu bagian (sistem masukan) dari sebuah sistem pengontrol adaptif untuk pengelolaan air tambak kualitas air tambak udang secara otomatis.

Kata kunci : keasaman air (pH), persamaan garis parsial

1. Pendahuluan

Pada pembudidayaan udang diperlukan perhatian yang khusus pada kondisi air, mengingat perkembangbiakannya udang berpengaruh sekali terhadap produktifitas hasil tambak. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil dari sebuah tambak udang, baik dari segi kualitas maupun

kuantitas, misalnya kondisi air, jenis udang, iklim atau cuaca. Diantara faktor-faktor tersebut kondisi air memegang peranan sangat penting. Beberapa parameter seperti salinitas, pH, dan temperatur harus dikontrol kondisinya setiap saat, hal ini disebabkan tingkat kebutuhan udang berbeda-beda baik menurut jenis maupun umurnya. Sayangnya, selama ini para petani tambak masih menggunakan cara konvensional dalam pengontrolannya, misalnya mengukur pH menggunakan indikator pH meter digital atau kertas lakmus, kemudian menambahkan cairan yang lebih asam atau lebih basa sebanyak yang diperlukan dan mengukurnya lagi dengan indikator apakah air sudah benar-benar netral atau belum. Pengaturan kondisi air tambak udang yang baik adalah bagaimana menjaga salinitas, pH, dan temperatur sesuai dengan kriteria yang ditentukan pada kondisi idealnya yaitu salinitas 5-25 ppt, pH 7.8-8.4 dan temperatur 28 °C-32 °C secara terus menerus [1]. Kriteria ini diambil karena pada kondisi tersebut udang dapat berkembang biak dengan baik. Karena tidak mungkin melakukan pengamatan secara manual dalam jangka waktu yang lama, maka diperlukan suatu sistem sensor yang dapat memberikan informasi tanpa harus disertai kehadiran petani tambak sebagai pengamat. Variabel kualitas air yang dimaksud adalah kadar keasaman (pH), yang dalam pengukurannya sangat dipengaruhi oleh temperatur air tambak [3].

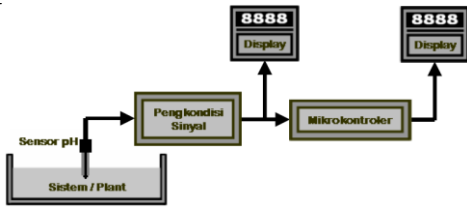
Tabel 1. Pengaruh suhu pada pH beberapa larutan ^[3]

pH 4		pH 7		pH 10	
°C	pH	°C	pH	°C	pH
0	4,01	0	7,12	0	10,33
15	4,00	15	7,04	15	10,11
30	4,01	30	6,99	30	9,95
45	4,04	45	6,97	45	9,85
60	4,09	60	6,98	60	9,77
80	4,16	80	7,00	80	9,69

2. Perancangan Sistem Keseluruhan

Secara umum, perancangan sistem sensor keasaman air (pH) untuk aplikasi pengontrolan kondisi air tambak udang terdiri dari beberapa bagian penting yaitu elektroda keasaman air (pH), rangkaian instrumentasi, rangkaian pengkondisi suhu, rangkaian *low pass filter*, rangkaian

differensial, rangkaian penguat sinyal, multimeter digital, LCD karakter 16x2, mikrokontroler ATmega16 dan power supply. Perancangan sistem sensor keasaman air (pH) mempunyai blok diagram seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem perancangan sensor keasaman air (pH).

Alat ini mempunyai cara kerja sebagai berikut : Setelah catu daya dinyalakan, elektroda keasaman air (pH) akan mengubah besaran kimia dalam suatu larutan menjadi besaran listrik. Sinyal keluaran elektroda yang memiliki impedansi tinggi akan diolah ke dalam rangkaian instrumentasi yang berfungsi sebagai *buffer*. IC yang digunakan untuk mem-*buffer* sinyal adalah LMC 6001 yang memiliki impedansi lebih dari $10^{14} \Omega$. Kemudian *low pass filter* akan mereduksi *noise* dari hasil pem-*buffer*-an sinyal tersebut karena karakteristik elektroda keasaman air (pH) adalah adanya *noise* yang besar. Rangkaian differensial dan penguat berfungsi sebagai pembalik fasa, pemberi offset dan menguatkan sinyal sehingga sinyal keluarannya merupakan sinyal yang dikehendaki, dalam hal ini disesuaikan dengan masukan untuk logika fuzzy yaitu 0-5 V. Hasil keluaran ini akan divisualisasikan langsung dalam bentuk tegangan pada multimeter digital yang diletakkan sebelum pengolahan data pada mikrokontroler. Sesudah pembuatan rangkaian pengkondisian sinyal selesai, maka akan dilakukan kalibrasi menggunakan larutan *buffer*. Larutan *buffer* yang digunakan adalah larutan *buffer* dengan pH 5, 6, 7, dan 8. Larutan ini digunakan sebagai referensi terhadap hasil pengukuran. Apabila hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan atau terjadi *error* maka langkah selanjutnya adalah merencanakan kompensasi *error* tersebut dengan menggunakan persamaan matematis, dalam hal ini metode penyelesaiannya menggunakan persamaan garis lurus secara parsial. Setelah menemukan persamaan, maka koreksi *error* hasil perhitungan diimplementasikan secara *software* pada mikrokontroler. Hasil dari pengolahan mikrokontroler akan ditampilkan pada LCD karakter 16x2 dalam bentuk nilai pH yang sebenarnya. Perancangan sistem sensor ini direncanakan mampu mengenali perubahan nilai keasaman air (pH) akibat perubahan suhu dalam sistem. Besarnya kemampuan alat ini akan tergantung dari kemampuan elektroda dan pengolahan sinyal yang bersangkutan. Alat ini dirancang untuk mengenali perubahan pH sebesar 0,01 satuan dan perubahan suhu sebesar 0,1 °C.

3. Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Perancangan perangkat lunak dalam pembuatan sensor keasaman air (pH) menggunakan persamaan garis lurus (linier). Persamaan linier adalah persamaan matematika yang memuat variabel berpangkat 1. Grafiknya berupa lintasan garis lurus. Bentuk persamaannya dapat dituliskan :

- Secara eksplisit : $y = ax+b$ atau $y = mx+c$ dengan $m =$ gradien
- Secara implisit : $ax+by+c = 0$ dengan $m = -a/b$

Setelah menemukan persamaan, maka hasil perhitungan diimplementasikan secara *software* pada mikrokontroler. Metode persamaan garis lurus secara parsial merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai keasaman air (pH) yang sebenarnya. Gambar 2. menunjukkan *flowchart* perancangan sistem sensor keasaman air (pH).



Gambar 2. *Flowchart* perancangan sistem sensor keasaman (pH)

Algoritma :

Setelah port I/O pada mikrokontroler terinisialisasi dengan baik maka langkah pertama yang dilakukan sistem

sensor keasaman air (pH) untuk menentukan tingkat keasaman (pH) dalam suatu larutan adalah membaca keluaran dari sensor suhu yang dimasukkan ke dalam port ADC.0. Pengukuran keasaman air (pH) dilakukan pada temperatur 15 °C-45 °C. Dalam hal ini ada tujuh persamaan garis suhu *non-linear* yang dijadikan acuan dalam pengukuran yaitu 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C, dan 45 °C. Misal : jika pembacaan sensor suhu saat ini adalah 28 °C maka titik-titik yang berfungsi untuk mencari nilai gradien suatu persamaan garis yaitu K1, K2, K3, dan K4 (Lihat gambar 4.11) berada di antara *range* persamaan garis suhu 25 °C-30 °C.

Langkah kedua adalah membaca keluaran sistem sensor keasaman air (pH) yang dimasukkan ke dalam port ADC.1. Keluaran sensor ini berfungsi untuk memilih titik-titik mana yang akan digunakan untuk mencari gradien suatu persamaan garis. Misal : jika keluaran sensor keasaman air (pH) berada di antara *range* 4 V (nilai Y1 maks pada *buffer* 5 di suhu 30 °C) dan 3,26 V (nilai Y2 min pada *buffer* 6 di suhu 25 °C) maka titik-titik yang digunakan untuk mencari nilai gradien adalah K1 dan K2 yaitu :

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{K_2 - K_1}{6 - 5}, \text{ dimana :} \quad (3.1)^{[10]}$$

$$K_1 = \frac{t - 25^\circ}{30^\circ - 25^\circ} (Y1_{maks} - Y1_{min}) + Y1_{min} \quad (3.3)$$

$$K_2 = \frac{t - 25^\circ}{30^\circ - 25^\circ} (Y2_{maks} - Y2_{min}) + Y2_{min} \quad (3.4)$$

Sesudah menemukan nilai gradien, selanjutnya mencari nilai konstanta yaitu :

$$y = mx + c \quad (3.5)^{[10]}$$

$$c = y - mx$$

Untuk mencari nilai pH yang sebenarnya persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$x = \frac{y - c}{m} \quad (3.6)^{[10]}$$

Keterangan :

t = Keluaran sensor suhu

y = Keluaran sistem sensor keasaman air (pH)

m = Gradien

c = Konstanta

x = pH aktual

Karena dalam satu persamaan garis suhu *non-linear* terdapat empat titik yang digunakan untuk mencari nilai gradien maka ada tiga persamaan garis lurus yang digunakan untuk menentukan nilai pH aktual, dan sebab

itulah dinamakan persamaan garis lurus secara parsial.

4. Hasil Pengujian dan Analisa

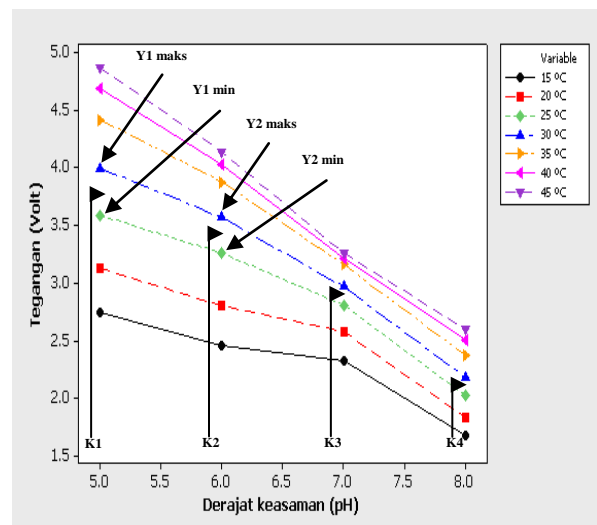
• Pengujian Sistem Sensor Keasaman air (pH) Terhadap Perubahan Suhu

Pengukuran kadar keasaman air (pH) dilakukan pada empat jenis larutan *buffer* yang berbeda tingkat keasamannya. Larutan ini adalah larutan standar yang dijadikan acuan dalam pengukuran yaitu larutan *buffer* pH 5, 6, 7, dan 8. Pengukuran ini dilakukan pada suhu 15 °C-45 °C. Pengkondisian pada suhu rendah dibantu dengan memberikan balok es yang diletakkan di sekitar larutan *buffer* sedangkan pengkondisian suhu tinggi dilakukan dengan memberikan air hangat yang dituangkan di sekitar larutan *buffer*. Pengaruh suhu pada beberapa *buffer* pH ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh suhu pada beberapa *buffer* pH

Suhu (°C)	Keluaran sensor pH (V)			
	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
15 °C	2.75	2.46	2.32	1.68
20 °C	3.13	2.80	2.58	1.83
25 °C	3.59	3.26	2.81	2.02
30 °C	4.00	3.57	2.97	2.18
35 °C	4.42	3.88	3.16	2.37
40 °C	4.69	4.03	3.21	2.50
45 °C	4.87	4.14	3.26	2.60

Dari data pengukuran di atas, semakin besar suhu yang diukur pada larutan *buffer* pH tertentu maka tegangan keluaran (*output*) elektroda *blueLine 24 pH* semakin besar, dan sebaliknya semakin besar larutan *buffer* pH yang diukur pada suhu tertentu maka tegangan keluaran (*output*) elektroda semakin kecil. Grafik pengaruh suhu pada beberapa *buffer* pH ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh suhu pada beberapa *buffer* pH

Dari grafik di atas terlihat bahwa pengukuran keasaman air (pH) tidak linier sehingga salah satu pendekatan yang bisa dipakai untuk menampilkan pembacaan pH adalah menggunakan persamaan garis lurus secara parsial. Banyaknya persamaan garis yang digunakan akan diimplementasikan secara *software* pada mikrokontroler.

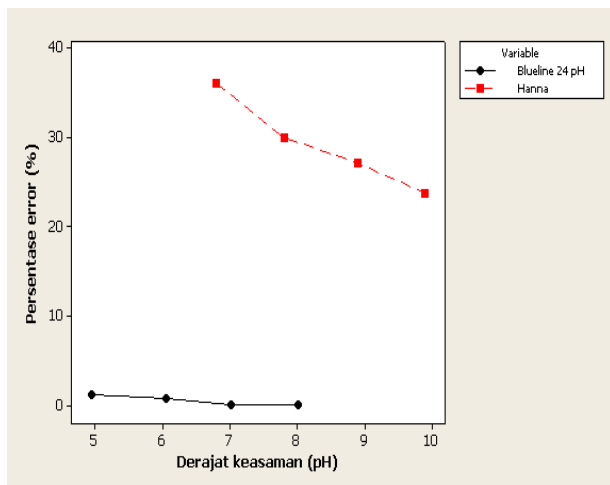
• **Perbandingan Kinerja Sensor Keasaman Air (pH) Blueline 24 pH dengan pH Meter di Pasaran**

Pembacaan keasaman air (pH) pada larutan *buffer* dilakukan pada suhu 25 °C. Sistem sensor keasaman air (pH) yang dibuat menggunakan elektroda *blueline 24 pH* yang memiliki spesifikasi khusus untuk air kolam sedangkan pH meter yang ada di pasaran dan digunakan untuk perbandingan hasil adalah pH meter *Hanna*. Persentase *error* dari hasil rata-rata 10 kali pengukuran perbandingan pembacaan alat ukur pH ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan pembacaan alat ukur pH

pH	Elektroda <i>blueline 24 pH</i>	pH meter <i>Hanna</i>	Error (%)	
			Elektroda <i>blueline 24 pH</i>	pH meter <i>Hanna</i>
5	4.94	6.8	1.2	36
6	6.05	7.8	0.83	30
7	7.01	8.9	0.14	27.14
8	8.01	9.9	0.12	23.75
Rata-rata error (%)			0.57	29.22

Dari data pengukuran di atas, rata-rata persentase *error* sistem sensor keasaman air (pH) yang dibuat dengan menggunakan elektroda *blueline 24 pH* yaitu 0,57% sedangkan pH meter *Hanna*, rata-rata persentase *error*-nya yaitu 29,22%. Grafik perbandingan pembacaan kedua alat ukur keasaman air (pH) ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan pembacaan alat ukur keasaman air (pH)

Dari grafik pembacaan kedua alat ukur pH di atas dapat diketahui bahwa semakin besar *buffer* pH yang diukur maka persentase *error* kedua alat ukur semakin kecil. Ketidaktepatan pengukuran pada sistem sensor keasaman air (pH) yang dibuat disebabkan karena pembacaan ADC pada mikrokontroler tidak stabil.

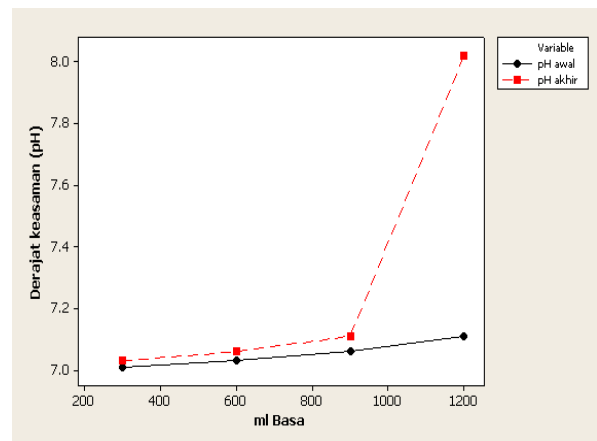
• **Pengujian Sistem Secara Keseluruhan**

Elektroda keasaman air (pH) *blueline 24 pH* diletakkan pada kolam pengkondisi yang berisi 126 liter air. Algoritma logika fuzzy yang diterapkan memasukkan nilai setting pH sesuai dengan kondisi ideal tambak udang yang sebenarnya yaitu air berada dalam kondisi aman atau udang dapat berkembang biak dengan baik apabila memiliki tingkat keasaman air (pH) antara 7.8-8.4. Pertama kali sensor dimasukkan ke dalam kolam pengkondisi air, pembacaan pH menunjukkan 7.01. Karena berada diluar *range* aman maka aksi pada plan tambak udang adalah membuka kran elektronik (*valve*) 24 V_{DC} yang berfungsi sebagai aktuator pada penampungan air kapur secara otomatis. Sebelum dialirkan, air kapur tersebut dikondisikan terlebih dahulu hingga memiliki nilai pH 10 agar kondisi air pada kolam pengkondisi menjadi bersifat basa dan beransur-angsur mendekati kondisi ideal. Proses ini dikenal dengan titrasi larutan. Pembacaan sistem sensor keasaman air (pH) pada proses titrasi ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Pembacaan sensor pH pada proses titrasi

Volume titrasi	pH awal	pH akhir
300 ml	7.01	7.03
600 ml	7.03	7.06
900 ml	7.06	7.11
1200 ml	7.11	8.02

Grafik pembacaan sensor keasaman air (pH) pada proses titrasi ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pembacaan sensor (pH) pada proses titrasi

Pembacaan sistem sensor keasaman air (pH) yang dibuat dapat diperbaiki lagi dengan cara memperkecil *range* tegangan yang dijadikan acuan dalam menentukan nilai keasaman air (pH) dalam suatu larutan yang terukur agar pembacaannya menjadi lebih halus atau *smooth* untuk setiap kenaikan atau penurunannya.

Kesimpulan dan Saran

• Kesimpulan

1. Metode persamaan garis secara parsial yang diimplementasikan secara *software* pada mikrokontroler mampu mereduksi *error* pembacaan keasaman air (pH) hingga 0,57%.
2. Penambahan rangkaian pengkondisi suhu sebagai kompensator hasil pengukuran dapat memperbaiki pembacaan sistem sensor keasaman air (pH) karena perubahan suhu mempengaruhi kinerja elektroda.
3. Sistem sensor keasaman air (pH) dapat mengenali perubahan pH sebesar 0,01 satuan dan perubahan suhu 0,1 °C serta dapat berinteraksi sebagai masukan pada sistem pengontrolan kualitas air tambak udang berbasis logika fuzzy.

• Saran

1. Kalibrasi sensor suhu harus dilakukan seoptimal mungkin agar diperoleh pembacaan pH yang sesuai.
2. Pengukuran pengkondisi pH harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang lebih baik lagi karena pembuatan perangkat lunak (*software*) tergantung dari hasil pengukuran.
3. Sensitifitas pembacaan tingkat keasaman air (pH) dapat diperbaiki dengan menggunakan perangkat ADC yang lebih stabil dan memperkecil *range* tegangan yang diimplementasikan secara *software* pada mikrokontroler.
4. Perlu dilakukan miniaturisasi alat ukur agar alat terlihat kompak dan praktis.

Daftar Pustaka

- [1] Adiwijaya, Darmawan, 2004, *Kunci sukses budidaya sistem tertutup secara berkelanjutan*, BPPBAP Jepara Jawa Tengah.
- [2] Alasiry, Ali Husein., Widodo, Rusminto Tjatur., Susetyo, Paulus., Suryawati Ningrum, Endah., 2007, *Perencanaan dan Pembuatan Sistem Pengontrolan Terbenam Berbasis Fuzzy Logic Pada Pengkondisian Air Tambak*, Proposal Hibah Bersaing, PENS, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [3] Suryawati Ningrum, Endah, 1998, *Sistem Akuisisi Data dan Kontrol pH Dengan Teknologi Fuzzy Logic*

NLX220 Pada Pabrik Gula, Tugas Akhir, Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

- [4] Djamal, Mitra.¹, Raka, I.G.N.², 1999, *Desain dan Pembuatan pH Meter Digital*, Fisika, FMIPA, ¹Institut Teknologi Bandung, ²Universitas Indonesia.
- [5] Purba, Michael, 1995, *Ilmu Kimia*, Jakarta, Erlangga.
- [6] Liliasari, 1995, *Kimia 3*, Jakarta, Direktur Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [7] Coughlin, Robert F., Driscoll, Frederick F., 1994, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Jakarta, Erlangga.
- [8] Eko Putra, Agfianto., 2002, *Penapis Aktif Elektronika*, Yogyakarta, C.V. Gava Media.
- [9] Bejo, agus, 2008, *C&AVR*, Yogyakarta, Graha Ilmu.
- [10] Kuntarti, Sulistiyono, Kurnianingsih, Sri., 2004, *Matematika SMA*, Jakarta, Erlangga.
- [11] <http://www.schottinstruments.com> diakses tanggal 6 Januari 2008.
- [12] <http://www.suwargana.multiply.com> diakses tanggal 28 Mei 2008.