

Implementasi Sistem Pakar Pada Distributed Sensor Network Untuk Monitoring Suhu, Keasaman Dan Salinitas Air Pada Budidaya Udang Windu

Nuraeni Umar, Muh. Ahyar

Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

Abstrak

Terdapat banyak besaran di tambak yang menentukan pertumbuhan udang windu diantaranya temperatur air, keasaman dan kadar garam. Petani tambak harus selalu memantau perubahan parameter tersebut secara langsung dan human factor sering menyebabkan terlambatnya pengambilan tindakan peneyelamatan. Pemantauan dan informasi dari sistem pakar dapat mempermudah pekerjaan petani tambak sehingga kerugian akibat perubahan kondisi diluar batas normal dapat dihindari. Sistem monitoring dibangun dari sistem pengukuran yang terdiri atas sensor suhu, keasaman pH dan salinitas air yang terdistribusi pada beberapa titik lokasi tambak. Tiap besaran pengukuran tersebut dikirimkan dari jarak jauh melalui jaringan TCP/IP ke komputer yang akan mengumpulkan dan mengelola semua data suhu, keasaman pH dan salinitas air sebagai data masukan bagi sistem pakar di komputer, yang kemudian memberikan informasi kepada pengelola budidaya udang windu terhadap kondisi aktual yang terjadi ditambak.

Kata kunci : Distributed Sensor Network, embeded ethernet, Mikrokontroller, Sistem Pakar

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri perikanan merupakan salah satu komoditi andalan ekspor Indonesia. Salah satu industri perikanan yang menjadi komoditi ekspor terbesar yang dikembangkan adalah produksi udang windu. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimalisasi baik dalam aspek kualitas maupun produktivitasnya sehingga udang windu yang dihasilkan dapat bersaing di pasar internasional dengan kualitas yang terjamin.

Udang windu merupakan komoditas ekspor yang tinggi bagi Indonesia yang dikembangkan di tambak udang air laut. Masalah yang dihadapi sekarang adalah daya tahan hidup, *Survival Rate* (SR), udang windu selama pertumbuhan sangat kecil. Salah satu penyebabnya adalah kondisi lingkungan tambak yang tidak terkendali seperti pemberian pakan yang berlebih sehingga pakan justru menjadi racun bagi udang windu. Selain itu, berbagai besaran tambak udang seperti suhu, keasaman pH, kadar oksigen dan salinitas air yang tidak terkendali dan berubah-ubah juga dapat menjadi penyebab masalah tersebut.

Faktor yang mengakibatkan terjadinya penurunan produksi udang windu adalah karena rusaknya kesetimbangan lingkungan perairan buatan yang

digunakan untuk membudidayakan udang sehingga mengakibatkan rendahnya nilai *survival rate*. Hal ini berarti bahwa udang yang dikembangbiakan tidak dapat hidup lama dalam lingkungan budidaya. Hal ini dikarenakan pengaturan dan pengendalian pada proses pemeliharaan udang sejak pertama kali udang windu tersebut dibudidayakan sampai masa panen dilakukan secara manual. Dengan kata lain, campur tangan manusia sangat berperan dalam proses tersebut. Contohnya adalah pengukuran suhu, keasaman pH, kadar oksigen dan salinitas air masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, pihak pengelola tambak perlu mengukur dan mengendalikan besaran-besaran tersebut agar diperoleh produksi udang windu yang baik.

Pengendalian temperatur yang dilakukan hanya pada satu lokasi dan waktu tertentu saja (tidak mencakupi seluruh lokasi tambak) akan menimbulkan masalah yaitu jika terjadi perubahan temperatur secara drastis maka tidak dapat dipantau oleh pihak pengelola tambak, kadar pH dan salinitas juga perlu diukur agar dapat ditentukan apakah air laut yang dipakai masih layak atau tidak untuk mendukung kehidupan udang di tambak.

Desain sistem monitoring tambak udang dengan memanfaatkan algoritma sistem pakar yang diterapkan

di komputer dengan tujuan agar tambak udang dapat dipantau secara terus menerus oleh komputer yang telah diisi dengan pengetahuan pakar. Sehingga tiap besaran kondisi tambak lingkungan dapat diukur dan dikirimkan ke komputer, kemudian komputer dapat memberikan informasi kepada pengelola budidaya udang windu atas tiap kondisi yang terjadi ditambak. Sistem monitoring dibangun dari sistem pengukuran yang terdiri atas sensor suhu, keasaman pH dan salinitas air yang terdistribusi pada beberapa titik lokasi tambak. Tiap besaran pengukuran tersebut dikirimkan dari jarak jauh melalui jaringan TCP/IP ke komputer yang akan mengumpulkan dan mengelola semua data suhu, keasaman pH dan salinitas air sebagai data masukan bagi sistem pakar di komputer.

1.2 Batasan Masalah

Pokok Pembahasan dalam penelitian ini sebagai berikut:

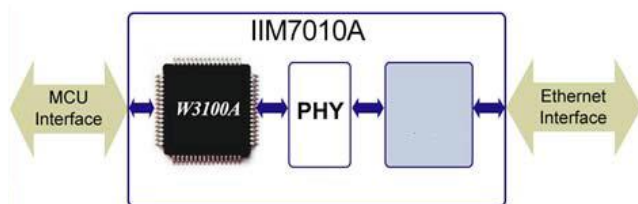
1. Fungsi utama *Embedded Ethernet* dan Mikrokontroler.
2. Pengimplementasian Mikrokontroler Atmega 8535, sensor suhu, pH dan salinitas dan Modul Jaringan W3100 sebagai sistem distributed sensor network
3. Sistem pakar yang dapat memberikan masukan kepada para pengelola budidaya udang windu.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Distributed Sensor Network

Distributed Sensor Network adalah suatu peralatan sistem embedded yang didalamnya terdapat satu atau lebih sensor yang letaknya terdistribusi di berbagai tempat dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi ke jaringan.

Sensor disini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik. Sensor tersebut bekerja bersama-sama dan biasanya digunakan untuk memonitor kondisi lingkungan fisik, antara lain: suhu, gerakan, suara, getaran, perubahan warna, dan lain-lain. Setiap titik/node sensor dilengkapi dengan mikrokontroler, embeded ethernet dan sumber energi. Sensor-sensor ini akan mengubah data analog ke data digital. Data ini selanjutnya dikirim ke suatu node melalui media komunikasi yang digunakannya.



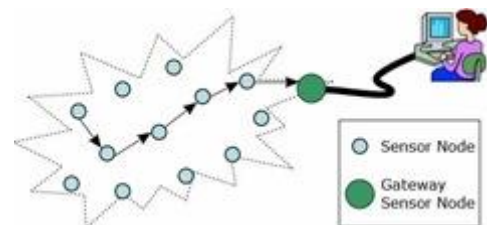
Gambar 2.1 Arsitektur Distributed Sensor Network

2.2 Embedded Ethernet W3100

Embedded Ethernet adalah implementasi standar jaringan dari ethernet pada sebuah single-chip. Secara sederhana, dengan menanamkan ethernet ke sebuah alat, akan memberikan sebuah kemampuan untuk berkomunikasi lewat ethernet tanpa menggunakan sebuah komputer. Embedded ethernet berfungsi sebagai interface antara mikrokontroler ke protokol TCP/IP, sehingga mikrokontroler dapat diakses melalui jaringan.

Kelebihan sistem embedded ethernet adalah protokol TCP/IP terletak di dalam mikrokontroler sebagai perangkat lunak, sehingga penggunaan embedded ethernet ini memiliki keuntungan realisasi sistem menjadi jauh lebih efisien dalam hal instalasi, portabilitas dan pengoperasiannya karena biaya yang murah. Apabila menggunakan Personal Computer (PC) maka kendala yang dihadapi adalah masalah ke-tidak praktisan (tidak portable) dan boros daya dalam hal ini energi listrik karena minimal harus menggunakan sebuah PC untuk menghubungkan alat yang dikendalikan dengan jaringan intranet.

Salah satu modul yang mendukung embeded ethernet adalah NM7010A-LF. NM7010A-LF adalah Ethernet microprocessor system. NM7010A-LF menggabungkan W3100A (TCP / IP hardware chip), Ethernet PHY (RTL8201), MAG-JACK (RJ45 dengan transformator). Mendukung sampai 4 sambungan independen secara bersamaan, dengan alokasi buffer dinamis untuk setiap saluran. W3100A merupakan embedded Ethernet di dalamnya terdapat protocol TCP/IP Stack seperti TCP, IP, UDP, ARP dan ICMP Protokol. W3100A bisa diaplikasikan untuk Web Server dan beberapa peralatan seperti peralatan elektronik non-portable lainnya. Ethernet ini memungkinkan untuk mengendalikan peralatan melalui jaringan. Dengan kata lain W3100 dapat mengirim dan menerima data melalui jaringan.



Gambar 2.2 Skema blok diagram NM7010A

2.3 Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan sebuah sistem berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta dan teknik penalaran yang dimiliki manusia sebagai pakar

yang tersimpan di dalam komputer, dan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang lazimnya memerlukan pakar tertentu (Martin dan Oxman, 1998).

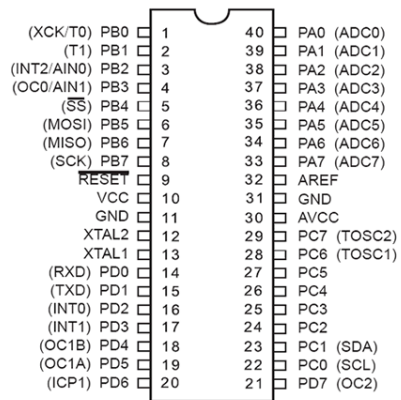
Sistem pakar merupakan suatu sistem berbasis AI (Artificial Intelligence) atau kecerdasan buatan yang didesain untuk membuat komputer mampu berpikir dan bertindak seperti manusia. Tujuan pengembangan sistem pakar bukan untuk menggantikan peran manusia, namun hanya untuk mensubstitusikan pengetahuan manusia saja ke dalam algoritma komputer, sehingga dapat digunakan oleh orang banyak.

Terdapat tiga unsur penting pada pengembangan sistem pakar, yaitu adanya (i) pakar, (ii) pemakai dan (iii) sistem. Pakar adalah orang yang memiliki pengalaman khusus akan suatu masalah. Dalam sistem, pengalaman tersebut disimpan sebagai basis pengetahuan dan basis aturan. Sedangkan pemakai adalah orang yang ingin berkonsultasi dengan pakar lewat sistem. Sistem sendiri menyediakan berbagai fasilitas untuk menghubungkan pakar dan pemakai.

2.4 Mikrokontroler Atmega 8535

Berdasarkan fungsinya, mikrokontroler secara umum digunakan untuk menjalankan program yang bersifat permanen pada sebuah aplikasi yang spesifik (misal aplikasi yang berkaitan dengan pengontrolan dan monitoring). Sedangkan program aplikasi yang dijalankan pada sistem mikroprosesor biasanya bersifat sementara dan berorientasi pada pengolahan data. Perbedaan fungsi kedua sistem diatas secara praktis mengakibatkan kebutuhan minimal yang harus dipenuhi juga akan berbeda (misal ditinjau dari kecepatan detak operasi, jumlah RAM, panjang register, dan lain sebagainya). Untuk sistem mikrokontroler, program yang dijalankan biasanya tidak memerlukan sumber daya sebanyak dan sebesar itu. Untuk aplikasi kontrol sederhana dan tingkat menengah, mikrokontroler yang digunakan cukup berbasis 4 sampai 8 bit. Mikrokontroler dengan ukuran lebih besar (misal 16 dan 32 bit) umumnya hanya digunakan untuk aplikasi-aplikasi khusus pada bidang pengolahan citra atau bidang kontrol yang memerlukan kepresisian tinggi.

Mikrokontroler atau mikroprosesor adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu chip (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: Alamat (address), Data, Pengendali, Memori (RAM atau ROM), dan bagian input-Output.

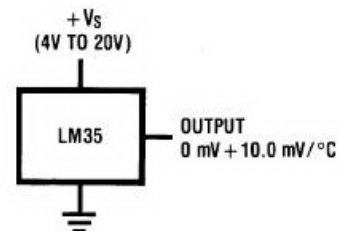


Gambar 2.3 Konfigurasi Pin Atmega 8535

2.5 Sensor Suhu

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk merubah besaran panas menjadi besaran listrik. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya.

Untuk mengukur suhu air, alat yang dapat digunakan adalah IC LM35 dengan pengkondisi sinyal berupa penguat diferensial. Sehingga keluaran dari pengkondisi sinyal dihasilkan besaran listrik berupa tegangan yang merupakan ukuran suhu yang diukur. Rentang kerja yang dikondisikan untuk sensor temperatur adalah 0°C hingga 50°C.



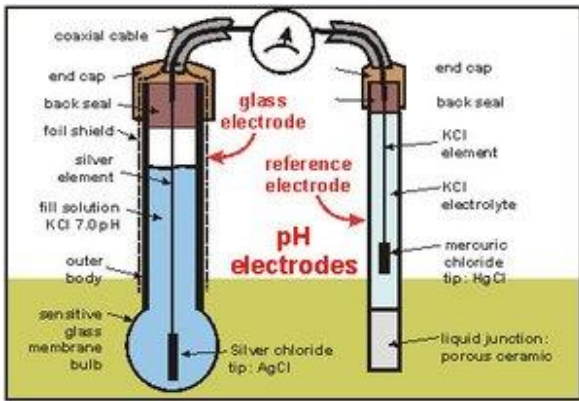
Gambar 2.4 Sensor suhu

2.6 Sensor pH

Sensor pH mendeteksi kadar keasaman yang terdapat pada suatu larutan/cairan. Pada prinsipnya sensor pH terdiri dari elektroda pH yang digunakan untuk mendeteksi banyaknya ion H+ dari suatu cairan. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan elektroda potensiometrik. Elektroda ini memonitor perubahan aktivitas ion hidrogen (H+) dalam larutan.

Elektroda pH yang paling modern terdiri dari kombinasi tunggal elektroda referensi (reference electrode) dan elektroda sensor (sensing electrode). Elektroda kombinasi ini mempunyai fungsi yang sama dengan elektroda pasangan. Keluaran dari pH meter sudah dikalibrasi dalam mV dan kondisi ideal dari

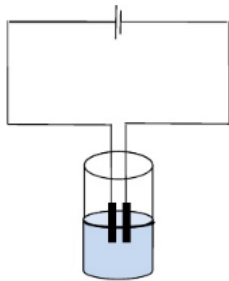
elektroda pH pada suhu 25°C. Dengan memonitor perubahan tegangan yang disebabkan oleh perubahan aktivitas ion hidrogen (H+) dalam larutan maka pH larutan dapat diketahui.



Gambar 2.5 Elektroda pH

2.7 Sensor Salinitas

Untuk mengukur salinitas alat yang dapat digunakan adalah sensor konduktivitas yaitu 2 plat sejajar yang dicelupkan pada air laut dan kemudian dialiri arus listrik. Daya hantar listrik larutan inilah yang kemudian akan diukur dengan menggunakan voltmeter. Semakin besar / baik konduktivitas suatu larutan maka semakin besar pula salinitasnya.



Gambar 2.6 Sensor konduktivitas

Konduktivitas listrik adalah kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Arus listrik bergerak dengan efisien melalui air yang mempunyai kadar garam tinggi (konduktivitas elektrik tinggi), dan bergerak dengan resistansi lebih melalui air murni (konduktivitas rendah). Konduktivitas listrik juga mengindikasikan berapa banyak garam yang terlarut dalam suatu sampel. Konduktivitas listrik dalam logam berkaitan dengan hukum ohm.

$$I = V/R$$

Dengan :

I = Arus (Ampere)

V = Beda potensial (Volt)

R = Hambatan (Ohm)

2.8 Pemrograman Delphi

Delphi telah memanfaatkan suatu teknik pemrograman yang disebut RAD yang telah membuat pemrograman menjadi lebih mudah. Delphi adalah suatu bahasa pemrograman yang telah memanfaatkan metode pemrograman Object Oriented Programming (OOP).

III. PERANCANGAN ALAT

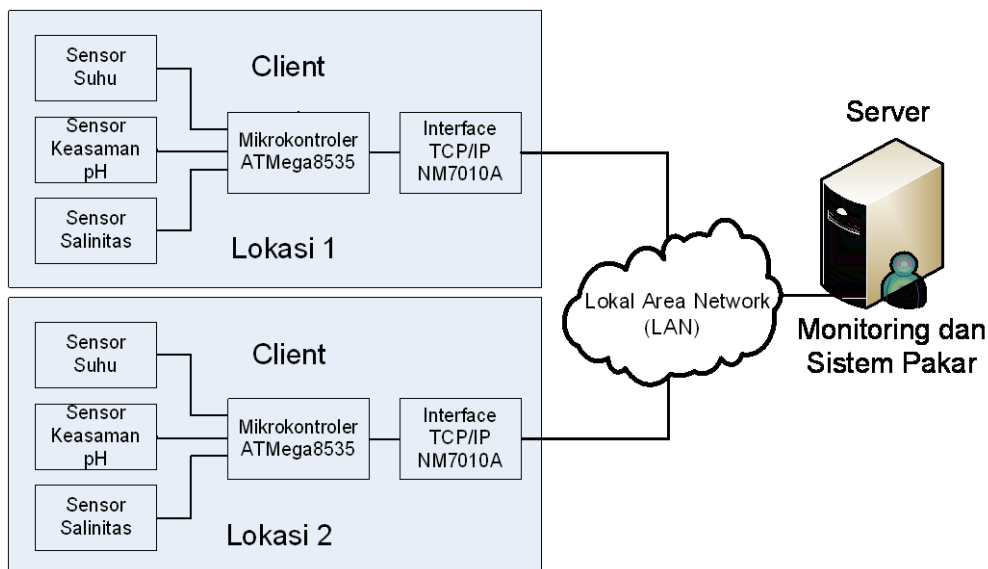
3.1 Blok Diagram Sistem

Blok diagram dari sistem yang dibangun dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1. Adapun fungsi dari masing-masing blok adalah :

1. Sensor suhu
Sensor suhu digunakan untuk mengukur temperatur air tambak.
2. Sensor pH
Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman pH air tambak.
3. Sensor salinitas
Sensor salinitas digunakan untuk mengukur tingkat kadar garam air tambak.
4. Mikrokontroler Atmega 8535
Mikrokontroler bekerja sebagai memproses data masukan dari sensor untuk kemudian dikirim ke jaringan LAN melalui interface NM7010A.
5. Interface NM7010A
NM7010A digunakan sebagai interface mikrokontroler ke jaringan TCP/IP untuk mengirim dan menerima data.
6. Local Area Network (LAN)
Local Area Network sebagai media komunikasi adalah sebuah jaringan yang menghubungkan perangkat yang berbasis TCP/IP
7. Monitoring dan Sistem Pakar
Monitoring dan Sistem pakar merupakan program aplikasi yang dibuat dari delphi, yang berfungsi menerima data yang dikirimkan oleh mikrokontroler melalui jaringan LAN dan kemudian mengolah data tersebut untuk ditampilkan dalam bentuk informasi kepada petani tambak.

3.2 Prinsip Kerja Sistem

Pada intinya sistem dari sistem pakar pada distributed sensor network untuk monitoring suhu, keasaman dan salinitas air pada budidaya udang windu ini terbagi 2 bagian yakni bagian client dan bagian server. Bagian client berfungsi melakukan pengukuran data berupa suhu, keasaman pH dan salinitas air dan kemudian mengirimkannya ke server. Sedangkan server berfungsi menerima data dari client sebagai masukan dari sistem monitoring dan sistem pakar.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Bagian client terdiri dari alat sensor suhu, keasaman pH dan salinitas air, mikrokontroler, dan bagian antar muka jaringan (Interface TCP/IP) yang kesemuanya menjadi satu sistem dan ditempatkan pada beberapa titik lokasi tambak. Sedangkan bagian server adalah sebuah komputer yang didalamnya terdapat program aplikasi sistem monitoring dan sistem pakar.

Pertama kali client akan membangun koneksi ke server dengan cara mikrokontroler melakukan koneksi socket ke sisi server melalui jaringan LAN memanfaatkan interface TCP/IP NM7010A. Interface TCP/IP NM7010A berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan ke jaringan TCP/IP sehingga mikrokontroler dapat mengolah data untuk mengirim data yang diminta ke komputer server melalui jaringan LAN berbasis TCP/IP. Setelah terkoneksi ke server, mikrokontroler akan membaca data masukan dari alat sensor suhu, keasaman pH dan salinitas. Selanjutnya masing-masing besaran suhu, keasaman pH dan salinitas diubah menjadi data digital oleh ADC masuk ke mikrokontroler. Mikrokontroler ATmega 8535 berfungsi sebagai unit pusat kontrol untuk mengirimkan data hasil pengukuran ke komputer monitoring dan sistem pakar .

Data yang dikirimkan oleh client selanjutnya menjadi parameter masukan oleh sistem pakar. Prinsip kerja dari sistem pakar meliputi cara kerja perangkat lunak yang terdiri atas sistem pakar pengkondisi parameter. Pada pengkondisi parameter, sistem pakar akan diarahkan untuk menerima sinyal, gejala, atau fakta dari plant yang nantinya akan dijadikan sebagai masukan yang menstimulasi sistem pakar untuk menganalisis fakta tersebut dan mencocokkannya dengan basis pengetahuan yang ada, kemudian mengeluarkan hasil

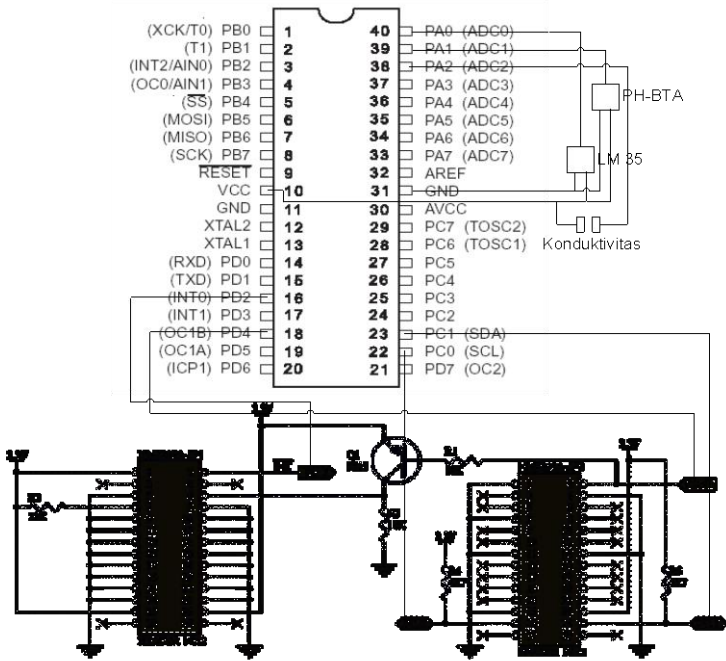
analisisnya dalam bentuk informasi kepada pengelola budidaya udang windu.

Parameter yang dijadikan sebagai fakta untuk masukan adalah temperatur, keasaman (pH) dan salinitas air. Pengkondisian parameter dilakukan dengan cara mengkategorikan nilainya berdasarkan asumsi ideal dan tidaknya nilai tersebut untuk diterapkan di lingkungan tambak.

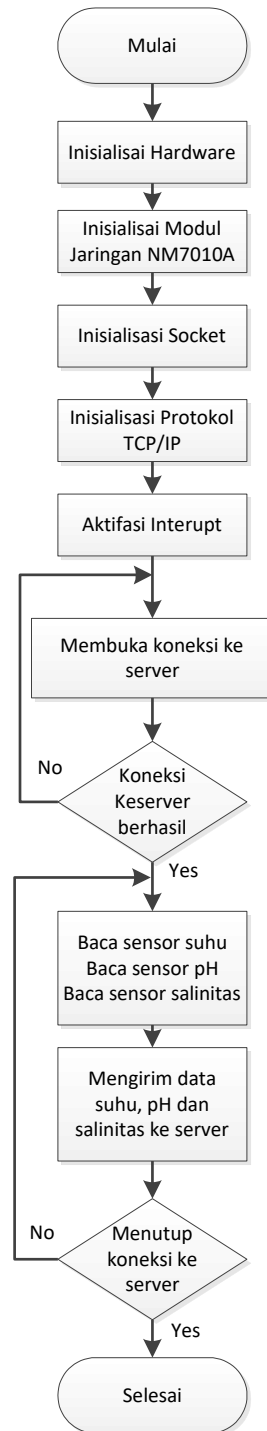
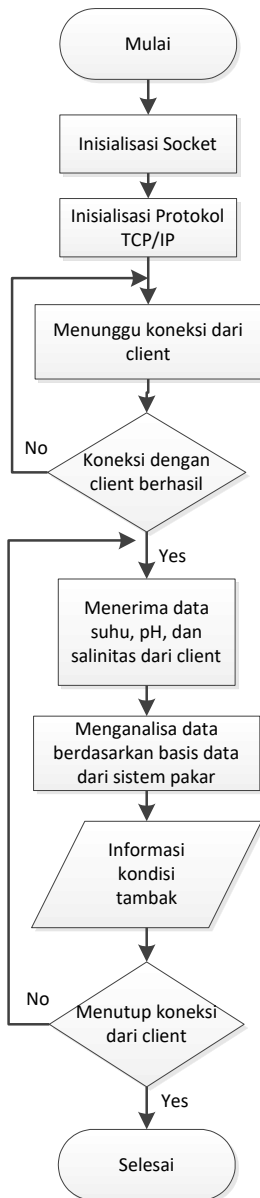
Informasi yang diberikan kepada pengelola budidaya udang windu merupakan fakta kondisi terbaik yang sebelumnya diperoleh dari seorang pakar yang kompeten dalam pemeliharaan udang windu maupun literatur yang sifatnya heuristik dalam bentuk basis pengetahuan yang tersimpan dikomputer.

Tabel 3.1 Pengkondisian parameter tambak

Parameter	Range Data	Kategori Data
Temperatur (°C)	< 29	Tidak ideal
	29 – 30	Ideal
	> 30	Tidak ideal
Derajat Keasaman	< 8,5	Tidak ideal
	8 - 8,5	Ideal
	> 8,5	Tidak ideal
Salinitas (ppt)	< 20	Tidak ideal
	20 – 25	Ideal
	> 25	Tidak ideal



Gambar 3.2 Rangkaian sistem



Gambar 3.3 Flowchart program monitoring dan sistem pakar

IV. PENGUKURAN DAN PENGUJIAN

4.1 Pengujian dan Pengukuran Sistem

Peralatan yang digunakan untuk kegiatan pengukuran dalam penelitian ini adalah alat-alat ukur untuk mengukur sistem dan menguji data-data yang diperlukan. Berikut peralatan-peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini :

- Multimeter: untuk mengukur level tegangan.
- LCD karakter: untuk membaca hasil pengukuran sensor dan mikrokontroller.
- Termometer air: untuk mengukur temperatur air.
- pH meter: untuk mengukur kadar keasaman pH.
- Salinometer: untuk mengukur kadar garam (salinitas).

Langkah-langkah pengukuran yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran sensor suhu

Mengukur rangkaian sensor suhu dilakukan dengan cara mengunduh program dasar sensor suhu ke mikrokontroller dan hasilnya di tampilkan ke LCD. Sebagai bahan perbandingan, dilakukan pengukuran dengan menggunakan termometer air.

2. Pengukuran sensor keasaman pH

Mengukur sensor pH dilakukan dengan cara mengunduh program dasar sensor pH ke mikrokontroller dan hasilnya di tampilkan ke LCD. Sebagai bahan perbandingan, dilakukan pengukuran dengan menggunakan pH meter.

3. Pengukuran sensor salinitas

Mengukur sensor salinitas dilakukan dengan cara mengunduh program dasar sensor salinitas ke mikrokontroller dan hasilnya di tampilkan ke LCD. Sebagai bahan perbandingan, dilakukan pengukuran dengan menggunakan salinometer.

4. Pengujian sistem secara keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengisikan air ke dua buah bak yang kemudian hasilnya dimonitoring melalui komputer yang didalamnya sudah terdapat program sistem pakar.

4.2 Hasil Pengujian dan Pengukuran

1. Pengukuran sensor suhu

Tabel 4.1 Data pengukuran sensor suhu

No	Pengukuran sensor suhu (°C)	Pengukuran suhu dengan termometer air (°C)
1	29,03	29
2	29,10	29
3	30,05	30
4	30,07	30

2. Pengukuran sensor keasaman pH

Tabel 4.2 Data pengukuran sensor pH

No	Pengukuran sensor pH	Pengukuran keasaman dengan pH meter
1	8,0	8,00
2	8,2	8,20
3	8,3	8,29
4	8,5	8,48

3. Pengukuran sensor salinitas

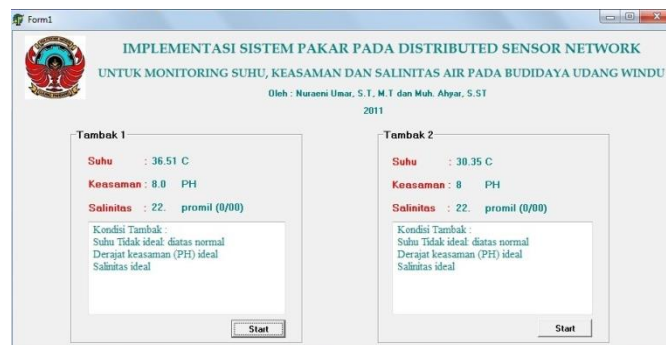
Tabel 4.3 Data pengukuran sensor salinitas

No	Pengukuran sensor salinitas per mil (%)	Pengukuran kadar garam dengan salinometer per mil (%)
1	20	20
2	20	22
3	21	24
4	21	25

4. Pengujian sistem secara keseluruhan

Tabel 4.4 Data hasil pengujian sistem secara keseluruhan

No	Derajat keasaman	Kondisi temperatur (°C)	Salinitas per mil (%)	Hasil monitoring pada sistem pakar
1	< 8	< 29	< 20	Tidak ideal
2	8 – 8,5	29 – 30	20 – 25	Ideal
3	> 8,5	> 30	> 25	Tidak ideal



Gambar 4.1 Tampilan Antarmuka Sistem Pakar menggunakan delphi

4.3 Analisa Hasil Pengujian dan Pengukuran

Dari hasil pengujian seperti tabel 4.1, terlihat temperatur hasil pengujian sensor suhu menunjukkan hasil yang hampir sama dengan temperatur hasil pengukuran dengan termometer air. Begitu pula dengan hasil pengujian sensor keasaman pH menunjukkan hasil yang mendekati hasil pengukuran dari pH meter. Hal ini menunjukkan bahwa sensor suhu dan sensor keasaman pH bekerja dengan baik.

Pada pengujian sensor salinitas untuk mengukur kadar garam terjadi selisih antara hasil pengukuran dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan salinometer, seperti terlihat pada tabel 4.3. Hal ini terjadi karena pada pengukuran salinitas menggunakan metode pengukuran konduktivitas dari 2 plat sejajar yang dicelupkan pada air laut dan kemudian dialiri arus listrik. Daya hantar listrik inilah yang kemudian diukur dengan terlebih dahulu mengkalibrasinya dengan hasil pengukuran salinometer. Perbedaan hasil yang diperoleh dapat disebabkan oleh kualitas bahan dari plat yang digunakan menyebabkan hasil pengukuran menjadi tidak akurat.

Secara keseluruhan sistem bekerja dengan baik. Jika temperatur air tambak melewati batas normal maka pada monitoring sistem pakar akan menampilkan pesan bahwa kondisi tidak ideal, begitupula jika keasaman pH dan salinitas tambak melewati batas normal maka pada monitoring sistem pakar akan menampilkan pesan bahwa kondisi tidak ideal.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dengan memperhatikan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi suhu, pH dan salinitas air tambak dapat dideteksi.
2. Pemantauan kondisi perubahan suhu, pH dan salinitas air tambak menjadi lebih mudah dan efisien.
3. Sistem pakar dapat membantu petani tambak dalam mengenali tiap kondisi yang terjadi ditambak.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan implementasi sistem pakar pada distributed sensor network untuk monitoring suhu, keasaman dan salinitas air pada budidaya udang windu lanjut antara lain:

1. Sistem ini dapat ditambahkan sistem kendali sebagai aksi dari hasil monitoring jika kondisi tambak tidak ideal.

2. Pengukuran salinitas dapat diganti menggunakan sensor khusus untuk mendapatkan hasil yang akurat

DAFTAR PUSTAKA

Amri, Khairul , 2004. **Budidaya Udang Windu secara Intensif**. Cetakan Kedua. Penerbit PT Agromedia Pustaka. Jakarta.

Barney, G.C. 1985. *Intelligent Instrumentation: Microprosesor application in measurement and control*, 2th Edition. Prentice Hall International. UK.

Budiharto, Widodo.2008. **Panduan Praktikum Mikro-kontroler AVR Atmega 8535**. Penerbit PT Elex Media Komputindo, Jakarta

Buwono, I. D., 1993. **Tambak Udang Windu. Sistem Pengolahan Berpola Intensif**. Penerbit Kanisius. Jakarta.

Mackenzie, I. Scott, *The 8051 Microcontroller, 2nd Edition*. Prentice Hall, 1995.

Mcselectronic team, 2006, *BASCOM AVR 1.11.9.0 Manual*,
http://www.mcselec.com/product/bascom_avr/11190.pdf

Soetomo H.A Moch, 1990. **Teknik Budidaya Udang Windu**. Penerbit Sinarbaru. Bandung.

Sutaman Ir, 1993. **Petunjuk Praktis Pembenuhan Udang Windu (Skala Rumah Tangga)**. Penerbit kanius. Yogyakarta.

Sutanto, 2005. **Membangun Jaringan TCP/IP**, Penerbit Andi : Yogyakarta

Suyanto, R&Mujiman, A., 2001. **Budidaya Udang Windu**. Penerbit PT Penebar Swadaya. Jakarta.

Tanenbaum, Andrew S., *Computer Networks, 3rd Edition*, Prentice Hall, 1996.

WizNET Documentation Team, 2006, *NM7010 A Manual version 1.0.5*,
<http://www.iinchip.com/documentation/NM7010A.pdf/>