

Implementasi *Intelligent* Sensor untuk Monitoring Kualitas Air berbasis Komunikasi Teknologi Jaringan *Nirkabel Zigbee*

Aminuddin Debataraja

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy

Kampus Baru Universitas Indonesia Depok, 16425

Jawa Barat, Indonesia

e-mail : adebataraja@yahoo.com

Benny

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy

Kampus Baru Universitas Indonesia Depok, 16425,

Jawa Barat, Indonesia

e-mail: bennypnj@yahoo.co.id

Abstrak – Dalam Artikel ini dirancang system instrumentasi untuk monitoring kualitas air (temperature, kelembaban, konduktansi, serta tingkat keasaman). Perancangan system ini menggunakan sensor-sensor yang terdiri dari LM35 sebagai sensor suhu, CDPB-03 sebagai sensor konduktansi dan PE-03 lutron sebagai elektroda sensor pH. Penggunaan data sensor tersebut menggunakan mikrokontroler ATMega16. Pengiriman data yang dilakukan dari mikrokontroler ke Zigbee Transmitter. Kemudian data tersebut dikirim secara nirkabel yang masuk ke Zigbee receiver dan masuk ke PC yang kemudian dibaca menggunakan *Software LabView 2009* berbentuk angka maupun Grafik. Pengujian sensor memperlihatkan hasil data sesuai dengan kegunaan dari sensor-sensor tersebut, pengujian pada mikrokontroler memperlihatkan hasil pembacaan dari sensor-sensor yang kemudian dikonversi sebagai nilai ADC, pengujian pada *ZigBee* mampu mengirim data pembacaan sensor dengan jangkauan komunikasi mencapai ± 35 m pada transmitter berada dalam ruangan, sedangkan jika berada lurus tanpa halangan (*Line of Sight*) berjarak ± 75 m, data untuk pengujian pada *LabView* dapat menampilkan hasil data dari sensor-sensor tersebut.

Keyword- Sensor, Mikrokontroler, Zigbee, LabView

I. PENDAHULUAN

Saat ini, pencemaran yang terjadi di Indonesia sudah sampai pada tingkat yang mengkhawatirkan. Menurut laporan dari Asian Environmental tahun 1999, pencemaran udara dari kendaraan bermotor berkontribusi sebesar 100% dari tembaga, 42% dari debu, 89% dari hidrokarbon, 64% dari oksida nitrogen, dan semua karbon monoksida dari seluruh polusi udara di kota Jakarta. Khusus untuk karbon monoksida, gas ini merupakan salah satu unsur polutan udara yang sangat membahayakan kesehatan manusia. Gambaran yang sama juga bisa dilihat pada pencemaran akibat cairan (limbah industri) yang mengotori perairan (sungai-sungai) di Indonesia. Sementara itu, kebutuhan dalam negeri dan ketergantungan terhadap produk luar negeri akan alat pendeteksi pencemaran (sensor sistem) masih sangat tinggi. Umumnya, alat-alat sistem sensor yang ada dipasaran masih banyak yang diproduksi dengan teknologi yang konvensional. Dengan perkembangan teknologi mikroelektronika atau *nanotechnology* saat ini, telah membuka peluang melakukan

inovasi teknologi dalam pembuatan sistem sensor yang lebih *compact*, kecil, terintegrasi dan pintar (*intelligent*) dengan akurasi dan performance yang lebih baik.

Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun *intelligent sensor array* untuk aplikasi monitoring kualitas air yang terdiri dari sensor temperatur, pH, *conductivity*. Lingkup kegiatan penelitian sistem sensor ini adalah disain sensor, rangkaian *signal conditioning* atau *preprocessor*, akuisisi data (*unit processing*) dan *software*. Untuk mengetahui *performance* sensor diuji di laboratorium/di lapangan terbuka.

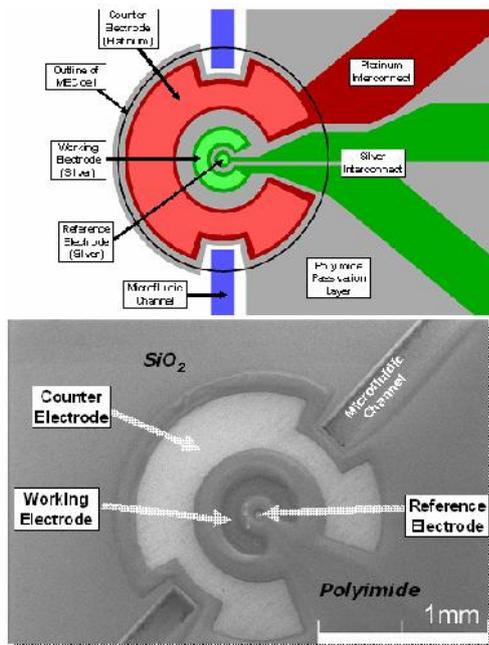
II. TINJAUAN PUSTAKA

Mengingat pentingnya peranan suatu sistem deteksi kualitas air, dari studi literatur diketahui berbagai kegiatan penelitian telah dilakukan untuk membuat sistem sensor kualitas air yang akurat dan mampu mengatasi permasalahan dalam pendeteksian seperti yang dijelaskan di atas, yaitu:

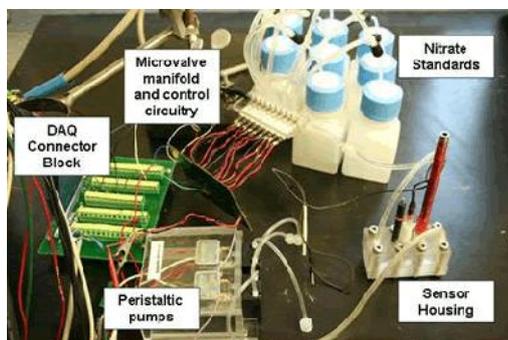
Dohyun Kim, Ira B. Goldberg dan Jack W. Judy dari CENS (*Center for Embedded Networked Sensing*) – UCLA, melakukan kegiatan penelitian berjudul “*Micromachined Amperometric Nitrat Sensor*”. Dalam penelitian ini dilakukan rancang bangun sensor dengan metoda *amperometrik* berbasis *micromachined (silicone based)*. Sensor dilengkapi dengan *micro fluidic channel*, dan konfigurasi tiga elektroda digunakan dalam struktur sensor ini. Dalam penelitian ini, prototipe sensor dengan teknologi *advanced* telah dilakukan serta sensitifitas dan keakuratan sensor dapat lebih baik. Dari segi pembiayaan, teknologi *micro machined* cukup mahal dengan didukung peralatan yang canggih serta memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi dalam proses fabrikasi. Hasil prototipe sensor terlihat pada gambar berikut, Sensor ini diintegrasikan dengan sistem *flow injection analysis (FIA)*. Dengan sistem ini maka penggunaan sampel dan reagent bisa dihemat serta hasil analisa *sample* diperoleh lebih cepat [Tymecki L, Glab S., 2006].

a. Sensor yang dibuat ini menggunakan metoda potentiometri dengan tembaga sebagai elektroda konduktor dan jenis *membrane* yang digunakan adalah *polymer* yang dibuat dengan proses kimiawi. Pada penelitian ini prototip sensor yang dihasilkan masih berukuran sangat besar dan elektroda referensi belum

terintegrasi ke dalam satu sistem. Elektroda sensor ini difabrikasi di atas epoxy PCB melalui proses *wet etching* [Artigas J, Jimenez C, 2002].



Gambar 1. Micro machined Amperometric Nitrate Sensor



Gambar 2. Pengujian sensor dengan FIA

- b. Bendikov dan Harmon [Bendikov, T.A, Harmon, T.C., 2004] telah mengembangkan proses pembuatan *ion selective electrode* untuk deteksi ion nitrat menggunakan elektroda glassy carbon yang diperoleh dari isi pensil. Metoda pengukuran yang digunakan adalah potensiometri. Membran sensitif ion yang digunakan berbahan polimer konduktif pirol dengan metoda pembentukan membran menggunakan teknik elektropolimerisasi. Dimensi dari elektroda yang digunakan masih cukup besar dan elektroda pembanding yang digunakan belum terintegrasi dan masih menggunakan elektroda pembanding komersial. Sedangkan Li dkk [Li, G, Wang, Y, Xu, H, 2007] mengembangkan sensor amperometrik hidrogen peroksida dengan menggunakan pirol sebagai lapisan membran melalui proses elektropolimerisasi. Sensitif area

yang digunakan menggunakan enzim HRP yang di *doping* di atas permukaan film polimer konduktif. Fabrikasi elektroda yang dilakukan menggunakan teknologi film tebal. Respon sensor yang dihasilkan cukup baik dengan sensitifitas 1 mM.

- c. Suman Singh dkk pada tahun 2004 telah melakukan penelitian sensor untuk deteksi kolesterol dengan menggunakan immobilisasi enzim kolesterol esterase dan kolesterol oksidase pada conducting polypyrrole films. Prinsip pengukuran Amperometric digunakan adapun range pengukuran yang berhasil dibuat adalah 1-8 mM [Shyam Aravamudhan et al., 2007].
- d. Pada tahun 2007 Suman Singh dkk kembali melakukan penelitian biosensor untuk deteksi kolesterol dengan menggunakan immobilisasi enzim kolesterol esterase dan kolesterol oksidase pada sol-gel films. Dengan menggunakan pengukuran photometric dihasilkan limit deteksi 12 mg dL⁻¹ dan sensitivitas sebesar 5.4×10⁻⁵ Abs. mg⁻¹ dL⁻¹ [Suman Singh et al., 2004].
- e. Mikrofabrikasi dengan teknologi micro electro mechanical system (MEMS) digunakan oleh Shyam Aravamudhan et al (2007) untuk membuat biosensor yang sensitif (1-6mM) untuk mengukur total kolesterol dalam darah menggunakan nanowires Au berbasis micro-fluidic [Suman Singh et al., 2007].

III. METODE PENELITIAN

Kegiatan tahapan-tahapan selama penelitian seperti di bawah ini,

- Pemilihan dan perancangan sistem sensor array. Rancang bangun divais sensor array yang terdiri dari sensor pH, temperatur dan konduktivitas. Diharapkan semua sensor tersebut dapat di integrasikan dan diminiaturisasi.
- Pembuatan sistem signal processing yang terdiri atas rancang bangun rangkaian *signal conditioning*, *filtering*, A/D converter serta sistem kontrol baik menggunakan PC maupun mikrocontroller. Pengujian karakterisasi dari sistem sensor Array yang ada.
- Perancangan dan pembuatan *software* serta uji kelayakan terhadap sistem signal processing yang telah dibuat. Kemudian pada tahap ini juga dilakukan pengintegrasian antara sistem sensor array dengan sistem *signal processing*.
- Penyempurnaan dari setiap sensor dan *unit processing*. pembuatan software untuk data akuisisi (*data logger*), interface ke kompu.
- Pengiriman data melalui Perangkat XBee ZNet 2.5 merupakan modul RF (*Radio Frequency*) yang didesain dengan standar protokol *IEEE 802.15.4* dan sesuai dengan kebutuhan yang sederhana untuk jaringan sensor tanpa kawat. Kelebihan utama yang menjadikan Xbee sebagai komunikasi serial nirkabel karena Xbee memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu hanya 3,3V. Disamping itu Xbee juga memiliki dimensi fisik yang kecil, sehingga praktis dalam penempatan. X-Bee beroperasi pada rentang frekuensi 2.4 GHz.

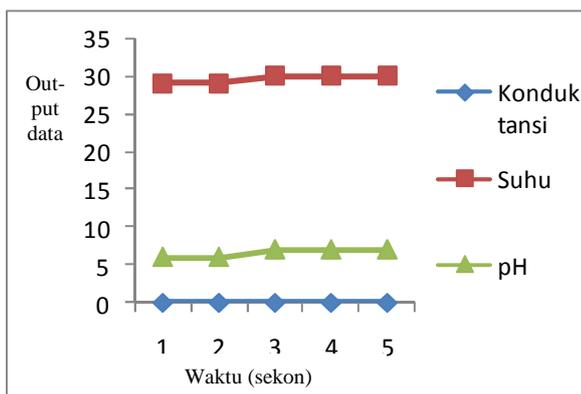
f. Data ditampilkan *LabVIEW* adalah suatu program instrumentasi yang ditampilkan secara visual yang menggunakan berbagai macam icon sebagai pengganti *text* dalam pemrogramannya sehingga dapat melakukan simulasi-simulasi secara visual.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar alat *farming precision*. berfungsi dalam menyampaikan data (suhu, kelembaban, konduktansi dan PH) yang didapatkan oleh sensor ke komputer melalui media perantara *wireless*.

Tabel 1. Data hasil pengukuran larutan air tanah dengan menggunakan sensor konduktansi, sensor suhu dan sensor pH.

No	Konduktansi (siemens)	Temperatur e (Celcius)	pH
1	0.00292	29	6
2	0.00292	29	6
3	0.00292	30	7
4	0.00292	30	7
5	0.00292	30	7



Gambar 2. Grafik hasil pengukuran

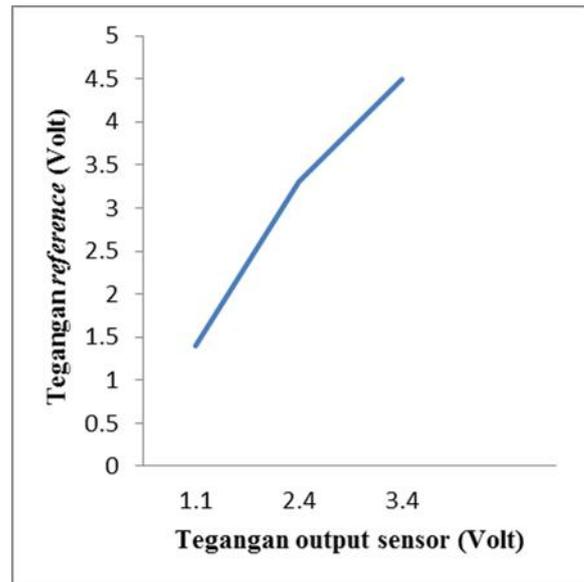
Hasil pengujian nilai *out-put* pada sensor menunjukkan bahwa semakin kecil nilai konduktansi yang dideteksi oleh sensor maka *out-put* tegangan yang dihasilkan akan semakin besar. Sebaliknya jika nilai konduktansinya besar maka output tegangan yang dihasilkan sensor konduktansi semakin kecil.

Hasil pengujian nilai terhadap suhu yang dibaca menunjukkan nilai suhu 29°C berarti tegangan sensor berubah menjadi 0,29 V. Setelah itu, pengkonversian data analog sensor suhu menjadi data digital ADC mikrokontroler ATmega16 dapat mensensor suhu dengan baik sesuai dengan pembacaan pada thermometer yang telah ada.

Pada pengujian sensor pH menggunakan larutan Air biasa terlihat nilai digit ADC yang keluar adalah nilainya 61 - 65 dengan tegangan output dari sensor ini bernilai 292 mV - 312 mV. Hal ini berarti sesuai dengan nilai yang sudah diprogram bahwa nilai pH 7 berada pada kisaran digit ADC 60 - 70.

Tabel 2. Data Pengujian Sensor Moisture (SKU:SEN0114)

Parameter sensor (SKU:SEN0114)	DataSheet Output tegangan sensor (V)	Tegangan Vs sensor (V) pada LabView
Kering	1.4	1.1
Basah	4.5	3.4
Lembab	3.3	2.4



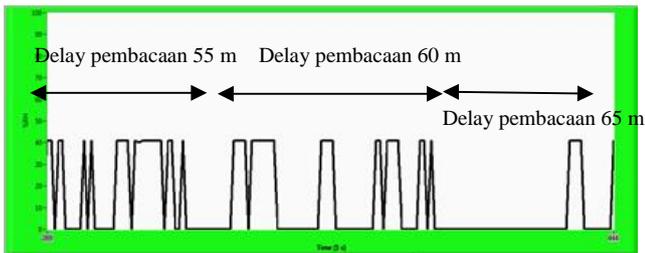
Gambar 3. Grafik antara tegangan *reference* dengan tegangan output sensor *moisture*

Untuk hasil pengujian dari *moisture* Sensor nilai output tegangan pada Vs terhadap kelembaban (tekstur tanah) yang dibaca menunjukkan nilai yang sesuai dengan teori yang ada. Pada tampilan dilaptop menunjukkan nilai pembacaan adc yang terbaca pada software XCTU menampilkan output tegangan 1,1 volt pada keluaran sensor. Oleh karena itu, pengkonversian data analog *moisture* Sensor menjadi data digital ADC mikrokontroler ATmega16 dapat mensensor kelembaban (tekstur tanah) dengan baik yang merupakan jenis dari tanah tersebut yaitu tanah kering, lembab ataupun basah.

Tabel 3. Hasil Pengujian Modul X-Bee pada kondisi LoS

No	Jarak (meter)	Status
1	10	Terkirim
2	20	Terkirim
3	30	Terkirim
4	40	Terkirim dengan delay
5	50	Terkirim dengan delay
6	55	Terkirim dengan delay
7	60	Terkirim dengan delay

Berikut gambar tampilan grafik pada saat jarak antara *Transmitter* dan *Receiver* 55m, 60m, dan 65m yang ditunjukkan pada gambar 4.



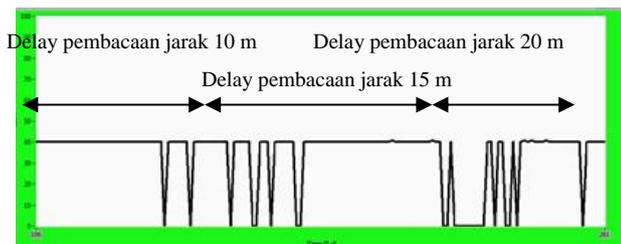
Gambar 4. Tampilan grafik pada pengujian jarak tanpa halangan

Modul *Transmitter* berada di dalam ruangan sedangkan modul *Receiver* berada di luar ruangan dengan jarak yang bervariasi. Pada percobaan ini pengujian dilakukan di Gedung AA Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Tabel 4. Hasil Pengujian Modul X-Bee di dalam Ruangan

Posisi <i>Receiver</i>	Posisi <i>Transmitter</i>	Status
Kostan daerah Beji	Kostan daerah Beji (Jarak 10m)	Terkirim
Kostan daerah Beji	Kostan daerah Beji (Jarak 15m)	Terkirim dengan delay
Kostan daerah Beji	Kostan daerah Beji (Jarak 20m)	Terkirim dengan delay
Kostan daerah Beji	Kostan daerah Beji (Jarak 25m)	Terkirim dengan delay
Kostan daerah Beji	Kostan daerah Beji (Jarak 30m)	Terkirim dengan delay

Berikut gambar tampilan grafik pada saat jarak antara *Transmitter* dan *Receiver* 10m, 15m, dan 20m yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Tampilan grafik pada pengujian jarak dengan halangan

Berdasarkan pengujian transmisi X-Bee yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa X-Bee dapat mengirim karakter dengan baik tanpa ada *loss* dan *delay* ketika berada di area terbuka dan pada keadaan *line of sight*. Hal itu dikarenakan pada ruangan terbuka, sinyal input dapat diterima secara langsung tanpa mengalami defleksi/pemantulan maupun pembelokan sinyal sehingga dapat diterima secara langsung oleh *Receiver* modul RF X-Bee. Sedangkan pengujian yang berada di area dalam ruangan, pada jarak tertentu komunikasi antara *Transmitter* dan *Receiver* terputus atau mengalami *delay* sesaat. Hal tersebut dipengaruhi adanya defleksi sinyal *input* selain itu karena adanya faktor kontur atau relief yang mempengaruhi kinerja transmisi data pada

sistem ini. Posisi antara *Transmitter* dan *Receiver* juga mempengaruhi pengiriman data. Data lebih sering terganggu jika proses pengiriman data dilakukan secara vertikal atau diantara *Transmitter* dan *Receiver* memiliki perbedaan ketinggian, daripada dilakukan secara horizontal.



Gambar 6. Tampilan pembacaan nilai parameter suhu pada LabView

Pada program Labview 2009 yang sudah di-*setting* telah dapat berkomunikasi secara baik dengan menampilkan pembacaan nilai parameter suhu berupa angka, grafik, dan tabel. Berikut pembagian *range* data suhu sebagai indikator status pembacaan suhu: Suhu 0°C - 30°C = dingin; Suhu 30°C; 37°C = normal; Suhu <37°C = panas. Berikut pembagian *range* data kelembaban (tekstur tanah) sebagai indikator status pembacaan sensor: Nilai ADC 0 - 300 = tanah kering; Nilai ADC 300 - 700 = tanah lembab; Nilai ADC 700 - 950 = tanah basah. Berikut pembagian *range* data pH sebagai indikator status pembacaan pH: pH 0 - 3= Asam Kuat; pH 3 - 6= Asam Lemah; pH 7 = Netral.

V. KESIMPULAN

Sistem Monitoring Kualitas Air berbasis jaringan nirkabel Zigbee telah dirancang bangun disimpulkan sebagai berikut:

1. Pembacaan ADC pada mikrokontroller menggunakan fitur ADC yang di mikrokontroller ATMega8535 sehingga nilai ADC sama dengan hasil tegangan sensor yang dihasilkan. Penggunaan mikrokontroller ATMega16 sama dengan menggunakan mikrokontroller ATMega8535
2. Pengiriman data kelembaban tanpa halangan (*line of sight*) dapat bekerja dengan baik pada jarak kurang dari 30 m diindikasikan adanya sedikit noise pada grafik kelembaban , namun pada jarak antara 40 m hingga 70 m pengiriman data terganggu akibat indikasi delay, begitu juga pada pengiriman data kelembaban pada saat kondisi tempat yang ada halangan, pengiriman dapat bekerja dengan baik pada jarak kurang dari 10 m, namun pada jarak antara 15 m hingga 35 m pengiriman data terganggu akibat indikasi delay.
3. Penggunaan software Labview 2009 yang berfungsi untuk mengolah data sensor kelembaban secara visual dalam bentuk angka, tabel, dan grafik telah bekerja dengan baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada DP2M DIKTI yang telah memberikan dana Penelitian Hibah Bersaing 2013 sehingga penelitian berjalan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tymecki L, Glab S., Miniaturized, Planar Ion-selective Electrodes Fabricated by Means of Thick-film Technology. *Sensors*, ISSN 1424-8220, 2006, <http://www.mdpi.org/sensors>
- [2]. Artigas J, Jimenez C, Development of a screen-printed thick film nitrat sensor based on a graphite-epoxy composite for agriculture applications. *Sensor and Actuators*, 2002.
- [3]. Li, G, Wang, Y, Xu, H., A hydrogen peroxide sensor prepared by electropolymerization of pyrrole based on screen printed carbon paste electrodes, *Sensors*, 7, ISSN: 1424-8220, 239-250 p., 2007.
- [4]. Shyam Aravamudhan et al., "Sensitive estimation of total cholesterol in blood using Au nanowires based micro-fluidic platform", *Biosensors and Bioelectronics*, doi:10.1016/j.bios.2006.11.027, 2007
- [5]. Suman Singh et al., "Immobilization of cholesterol esterase and cholesterol oxidase onto sol-gel films for application to cholesterol biosensor", *Analytica Chimica Acta* 582, pp. 335-343., 2007.
- [6]. Suman Singh et al., "Amperometric cholesterol biosensor based on immobilized cholesterol esterase and cholesterol oxidase on conducting polypyrrole films", *Analytica Chimica Acta*, 502, pp. 229-234., 2004.
- [7]. Skoog, D., Principles of Instrumental Analysis 5th Edition, McGraw Hill., 1992.
- [8]. Debataraaja, Aminuddin, Rancang Bangun Rangkaian Pengkondisi Sinyal Untuk Sensor Deteksi Kandungan Nitrat., April 2011. <http://journal.ui.ac.id/v2/index.php/technology/article/view/855/814> [2].
- [9]. Digi International Inc. *XBee®/XBee-PRO® RF Modules.*, 2013, <http://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBeeDatasheet.pdf> [20].
- [10]. Alhamdi, Muhammad Faisal Afif, Teknologi Zigbee. [*Teknologi Zigbee High or Low.html*.9], Maret 2013.
- [11]. Andrianto, Heri, Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA16 menggunakan bahasa C (CodeVision AVR). Bandung: Informatika, 2008.
- [12]. Riska., *ZigBee: Komunikasi Wireless Berdaya Rendah.*, 19 Juni 2013, <http://journal.uin.ac.id/index.php/Snati/article/view/1389/1169>.
- [13]. IEEE Standard, *Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)*, 21 Juni 2013. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2003.pdf>,
- [14]. National Semiconductor., 2013, *Datasheet LM35 Precision Centigrade Temperature-Sensors.*, 15 April 2013. [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/MoistureSensor\(SKU:SEN0114\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/MoistureSensor(SKU:SEN0114))
- [15]. Andreas H., Oliver B., Christoph H., Henry B., "Microfabrication Techniques for Chemical/Biosensors", *Proceeding of The IEEE*, Vol. 91, No. 6, June 2003. pp. 839-863.
- [16]. C. C. Liu, P. J. Hesketh, and G. W. Hunter, "Chemical Microsensors", *The Electrochemical Society Interface* Summer 2004, pp. 22-27.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan