

PERANCANGAN SISTEM PENGIRIMAN DATA SENSOR ALTITUDE YANG TERPASANG PADA MIKROKONTROLER ARDUINO MENGGUNAKAN PROTOKOL XBEE

Michael Anthony⁽¹⁾, Soeharwinto⁽²⁾

Konsentrasi Teknik Komputer, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: darkngard@gmail.com

Abstrak

Ketinggian atau *altitude* merupakan posisi vertikal suatu objek dari titik tertentu yang berada pada suatu daerah. Pengukuran ketinggian objek yang diam ataupun bergerak akan lebih efisien jika menggunakan sebuah sistem. Sebuah alat yang terpasang pada objek akan mengukur ketinggian objek berdasarkan tekanan dan mengirimkannya secara jarak jauh ke sisi penerima tanpa harus mengikuti objek. Penerima menerima data ketinggian objek secara periodik dalam bentuk grafik pada sebuah laptop. Dalam tulisan ini membahas bagaimana cara merancang sistem pengiriman data sensor *altitude* dengan protokol xbee. Sistem dirancang menggunakan kit mikrokontroler Arduino, xbee, dan perangkat lunak scilab. Sistem yang dirancang dapat mengukur objek yang berada pada jarak 17 meter ke arah vertikal permukaan bumi secara *Line Of Sight* (LOS). Namun, pengukuran ketinggian secara tidak LOS tidak dapat dilakukan pada jarak yang jauh.

Kata Kunci : *altitude*, *Line Of Sight*, Arduino, Xbee, Scilab

1. Pendahuluan

Suatu Ketinggian atau *altitude* adalah posisi vertikal suatu objek dari titik tertentu yang berada pada suatu daerah. Titik referensi yang biasa digunakan adalah permukaan laut. Ketinggian suatu tempat dapat diukur oleh manusia menggunakan alat secara manual. Objek yang berada pada suatu daerah yang tinggi juga dapat diukur oleh manusia. Namun, ketinggian objek yang bergerak akan membuat manusia kewalahan untuk mengukurnya sehingga tidak efisien bagi si pengukur untuk mengikutinya. Apalagi, ketinggian objek yang melayang, akan sangat sulit bagi manusia untuk mengukur secara manual.

Seiring berjalannya waktu, teknologi semakin berkembang. Ketinggian objek yang bergerak ataupun melayang dapat diukur dengan mudah. Dengan merancang sebuah sistem, kita dapat menerima data pengukuran ketinggian secara jarak jauh. Sebuah alat yang terpasang pada objek akan mengirimkan data ketinggian objek secara jarak jauh ke penerima (manusia) tanpa harus mengikuti objek. Hasil pengukuran ketinggian objek dapat dilihat oleh penerima melalui sebuah laptop dan ditampilkan secara periodik dalam bentuk

grafik. Sehingga dengan sistem ini, kita dapat mengukur ketinggian objek yang masih dalam jangkauan sistem.sebenarnya.

2. Studi Pustaka

1.1 Pengukuran Ketinggian

Ketinggian merupakan posisi vertikal suatu objek dari titik tertentu yang berada pada suatu daerah. Ketinggian suatu daerah dipengaruhi oleh suhu dan tekanan udara. Tekanan udara disebabkan oleh gravitasi, dimana udara yang bermassa ditarik untuk berada sedekat mungkin dengan tanah. Sedangkan perubahan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu, dimana semakin tinggi suhu udara maka semakin tinggi pula tekanan udara pada daerah tersebut. Maka semakin tinggi suatu daerah, semakin rendah suhu udara yang menyebabkan tekanan udara menjadi rendah. Dengan menggunakan sebuah sensor, ketinggian suatu objek dapat diukur dengan menggunakan data tekanan dan temperatur [1].

Ketinggian dalam satuan meter dapat dihitung dengan rumus barometrik internasional, yaitu [2]:

$$p = p_0 * (1 - \frac{L*h}{T_0})^{\frac{g*M}{R*L}} \tag{1}$$

Keterangan :

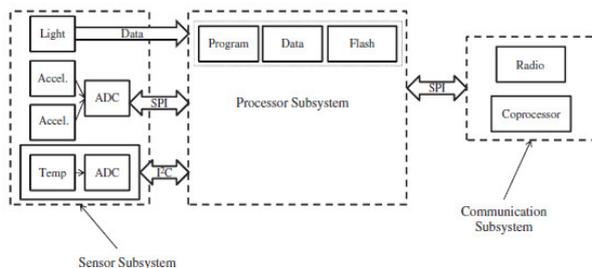
- p = tekanan udara pada ketinggian h (hPa)
- p₀ = tekanan permukaan air laut (1013,25 hPa)
- L = gradien suhu (0,0065 Kelvin/meter)
- h = ketinggian (meter)
- T₀ = suhu standar (15 oC = 288,15 K)
- g = gaya gravitasi bumi (9,80665 m/s²)
- M = massa molar (0,0289644 kg/mol)
- R = konstanta gas universal (8,31447 J/mol.K)

Sehingga dengan mensubstitusikan nilai konstanta yang ada, maka diperoleh nilai h (meter):

$$h = 44330 * (1 - \frac{p}{p_0})^{\frac{1}{5,255}} \tag{2}$$

1.2 Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) adalah suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari kumpulan simpul sensor yang tersebar di suatu area tertentu (*sensor field*). Setiap simpul sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan berkomunikasi dengan simpul sensor lainnya [3].



Gambar 1. Arsitektur *Wireless Sensor Node* [4]

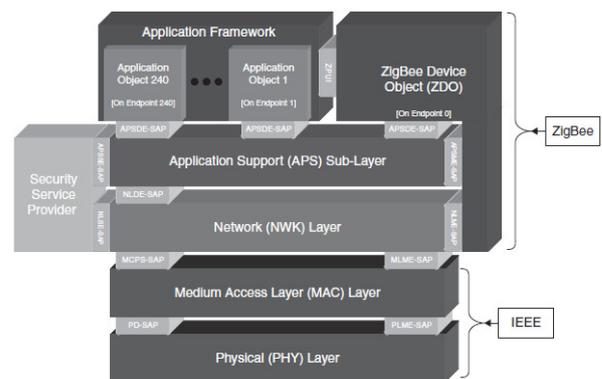
Wireless sensor node merupakan elemen utama dalam sebuah *wireless sensor network*. Simpul tersebut terdiri atas pendeteksian, pemrosesan, sumber daya, dan komunikasi. Arsitektur dari sebuah simpul dapat dilihat pada Gambar 1. Sistem prosesor adalah elemen utama dalam sebuah simpul dan ada beberapa pilihan prosesor, salah satunya adalah mikrokontroler. Beberapa sensor mempunyai *built-in Analog-to-Digital Converter* (ADC) sendiri yang dapat dihubungkan secara langsung ke prosesor melalui protokol *chip-to-chip*. Hubungan sistem komunikasi ke sistem prosesor dapat digunakan *Serial Peripheral*

Interface (SPI) serial bus. Beberapa *transceiver* mempunyai prosesor sendiri untuk melakukan proses sinyal tingkat rendah yang berhubungan dengan *physical layer* dan *data link layer* [4].

1.3 ZigBee

ZigBee mempunyai elemen yang sama dengan *Open System Interconnection* (OSI) *layer* yaitu *physical*, MAC, dan *network* (NWK) *layer*. Sedangkan untuk *transport*, *session*, *presentation*, dan *application layer* diatur di dalam *Application Support* (APS) *layer* dan *ZigBee Device Object* (ZDO) *layer*. Seperti spesifikasi IEEE 802.15.4, ZigBee menggunakan dua *Service Access Point* (SAP) setiap lapisan, dimana satu untuk data dan satu untuk pengaturan. Sebagai contoh, semua komunikasi data dari dan ke jaringan melewati *Network Layer Data Entity Service Access Point* (NLDE-SAP) [5].

IEEE 802.15.4 mendefinisikan dua lapisan paling bawah, yaitu *Medium Access Control* (MAC) *layer* dan *physical layer*. *Physical layer* menerjemahkan paket menjadi gelombang elektromagnetik dan sebaliknya. MAC *layer* menyediakan konsep dari jaringan, termasuk *Personal Area Network Identity* (PAN ID), dan beberapa perintah untuk menghubungkan dan membentuk jaringan. Arsitektur ZigBee dapat dilihat pada Gambar 2 [5].



Gambar 2. ZigBee dan IEEE 802.15.4 [5]

NWK *layer* bertanggung jawab atas jaringan *mesh* dimana mencakup pengiriman paket ke jaringan, menentukan jalur untuk pengiriman paket ke satu tujuan, dan memastikan paket terkirim dari simpul ke yang lain. APS *layer* bertanggung jawab atas menyaring dan membuang paket untuk *endpoint* (sebuah jalur maya yang menghubungkan simpul, satu simpul

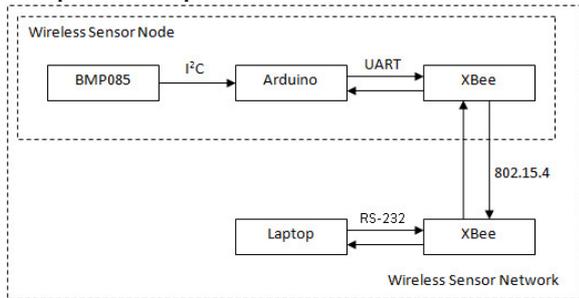
mempunyai 240 *endpoint*) yang tidak ada di simpul, paket yang tidak sesuai dengan identitas, serta paket duplikat. ZDO *layer* bertanggung jawab atas pengaturan jaringan lokal dan nirkabel, pencarian simpul lain dan layanan dalam jaringan, serta bertanggung jawab atas status dari simpul itu sendiri di jaringan [5].

2. Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian adalah perencanaan, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, dan pengujian sistem.

2.1 Model Sistem

Alat yang terpasang pada objek mengirim data ketinggian objek secara jarak jauh ke laptop. Blok diagram sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Pengguna mengirim perintah untuk meminta data melalui scilab. Perintah akan dikirim melalui RS-232 ke xbee. Xbee yang terhubung ke laptop akan mengirim perintah ke xbee yang terhubung ke mikrokontroler Arduino secara nirkabel. Melalui UART, perintah masuk dan diolah oleh Arduino. Arduino akan mengirim perintah sensor BMP085 melakukan pengukuran. BMP085 mengukur nilai tekanan yang akan digunakan untuk menghitung ketinggian. Perhitungan ini dilakukan oleh BMP085 berdasarkan persamaan 2. Setelah perhitungan, data dikirim ke Arduino melalui I²C dan Arduino mengirim data tersebut ke xbee melalui UART. Data akan dikirim dari xbee di sisi Arduino secara nirkabel ke xbee di sisi laptop. Data masuk ke laptop dari xbee melalui RS-232. Data akan ditampilkan secara periodik pada grafik di scilab.

2.2 Perancangan Perangkat Keras

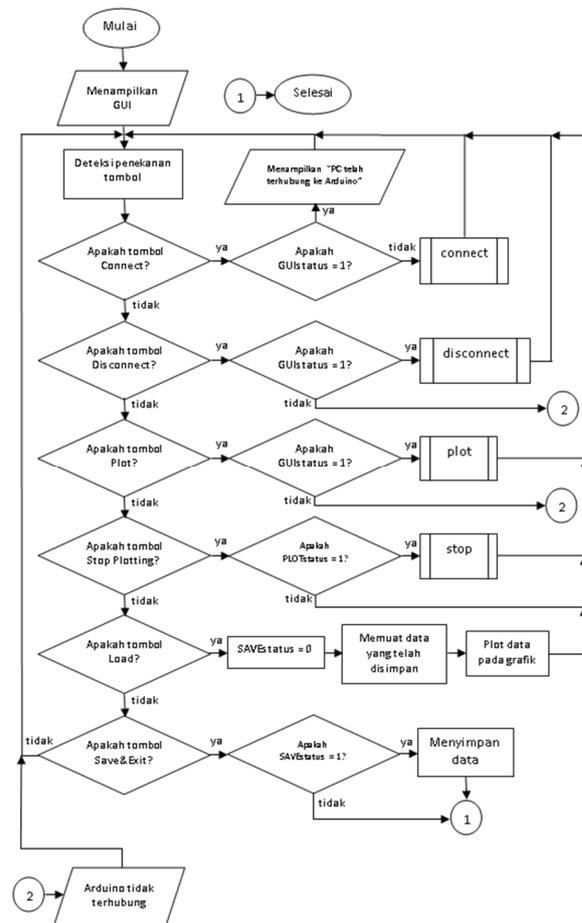
Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menggunakan kit mikrokontroler

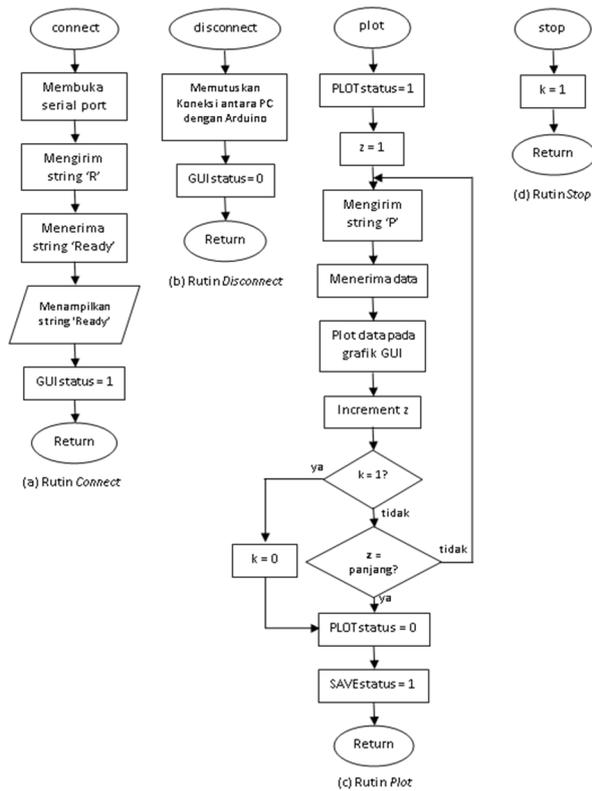
Arduino, dua buah xbee, sensor BMP085, dan laptop.

D_{in} xbee terhubung pada pin digital 1 (T_x) dan D_{out} pada pin digital 0 (R_x) pada Arduino. Arduino UNO berkomunikasi dengan BMP085 menggunakan bus I²C. Komunikasi I²C ini diatur oleh *library* wire.h. Pin SDA BMP085 terhubung pada pin A4 dan SCL pada pin A5 pada Arduino. Catu daya untuk alat pengukur ketinggian menggunakan baterai 9 Volt dan dihubungkan ke Arduino UNO melalui colokan 2.1mm jack.

Pada sisi penerima, terdapat xbee yang terpasang pada Xbee USB Adapter dan dihubungkan pada laptop dengan menggunakan kabel mini USB.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak





Gambar 4. Diagram Alir Sistem

Perangkat lunak dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman untuk Arduino. Diagram alir perangkat lunak yang dirancang untuk sistem pengukuran ketinggian dapat dilihat pada Gambar 4. Ketika alat ini diberi catu daya, Arduino UNO akan menginisialisasi variabel yang akan digunakan dalam program dan menunggu perintah dari pengguna yang dikirim melalui xbee.

Jika terdapat perintah yang diterima oleh Arduino UNO, maka Arduino akan meminta data dari BMP085 dan mengirimnya ke sisi pengguna. Data akan berhenti dikirim jika terdapat perintah dari pengguna atau setelah 10 detik.

Library yang digunakan untuk perangkat Arduino dalam sistem pengukuran ketinggian adalah *Wire.h* dan *Adafruit_BMP085.h*. Objek sensor BMP085 berupa “tinggi” dan variabel “input” berupa char dideklarasikan pada inisialisasi program.

Pada fungsi setup, program akan menginisialisasi pengaturan serial dimulai untuk output dengan *baud rate* 9600, *Wire.begin()* untuk memulai komunikasi I²C, dan *tinggi.begin()* untuk memulai objek sensor BMP085.

Pada fungsi loop, program akan menunggu masukan berupa input yang dikirim dari user (scilab). Jika terdapat masukan berupa “R”, Arduino UNO akan mengirim string “Ready” dan ditampilkan di scilab. Jika masukannya berupa “P”, Arduino UNO akan menyuruh sensor BMP085 untuk melakukan pengukuran dan data tersebut akan dikirim dan ditampilkan di scilab secara *real-time*.

Konfigurasi kedua xbee dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak XCTU yang dikembangkan oleh *Digi International*. Parameter yang dikonfigurasi antara lain :

- Personal Area Network Identity* (PAN ID) yaitu identitas dimana xbee harus terhubung. Hanya modul-modul dengan PAN ID yang sama yang dapat saling berkomunikasi.
- Scan Channels* (SC) yaitu mengatur dan membaca daftar kanal.
- Destination Address High* (DH) yaitu mengatur dan membaca 32 bit atas dari 64 bit alamat modul tujuan.
- Destination Address Low* (DL) yaitu mengatur dan membaca 32 bit bawah dari 64 bit alamat modul tujuan. Parameter ini diisi dengan alamat modul tujuan. DH dan DL disatukan untuk mendefinisikan alamat tujuan yang digunakan untuk transmisi.

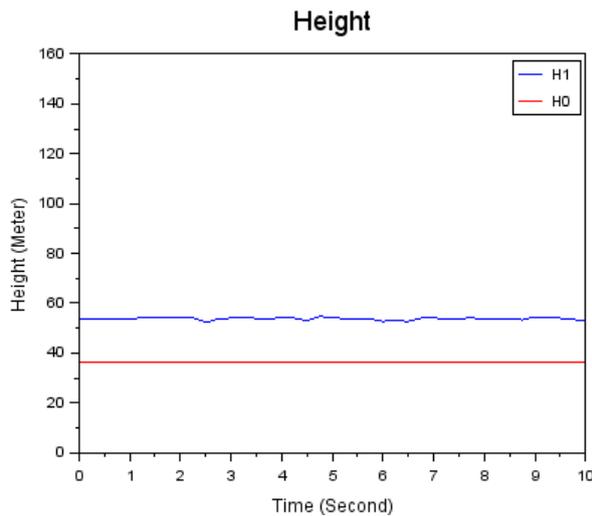
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian *Line Of Sight*

Pengujian sistem secara *Line Of Sight* (LOS) dilakukan di perumahan lantai 5 Jalan Sutomo Ujung No. 67B Medan dengan ketinggian referensi yaitu 17 meter. Hasil pengukuran ketinggian dapat dilihat pada Tabel1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Ketinggian di Perumahan Lantai 5

Detik ke-	H ₁ (meter)	H ₀ (meter)	ΔH (meter)	%Ralat
1	53,42	36,281	17,139	0,817
2	54,17	36,281	17,889	5,229
3	53,67	36,281	17,389	2,288
4	53,84	36,281	17,559	3,288
5	54,68	36,281	18,399	8,229
6	53,76	36,281	17,479	2,817
7	54,09	36,281	17,809	4,758
8	54,17	36,281	17,889	5,229
9	53,34	36,281	17,059	0,347
10	53,42	36,281	17,139	0,817
Rata-rata	53,856	36,281	17,575	3,382



Gambar 5. Tampilan Data Perumahan Lantai 5 pada Grafik

Percobaan untuk pengujian sistem secara LOS dilakukan pada lantai 5 dan penerima berada di daerah terbuka pada lantai 1. Ketinggian rata-rata yang diperoleh adalah 17,575 meter sedangkan perkiraan ketinggian yang seharusnya diperoleh adalah 17 meter, sehingga diperoleh persen ralat pengukuran sistem adalah :

$$\%Ralat = \left| \frac{17 - 17,575}{17} \right| \times 100\%$$

$$\%Ralat = 3,382 \%$$

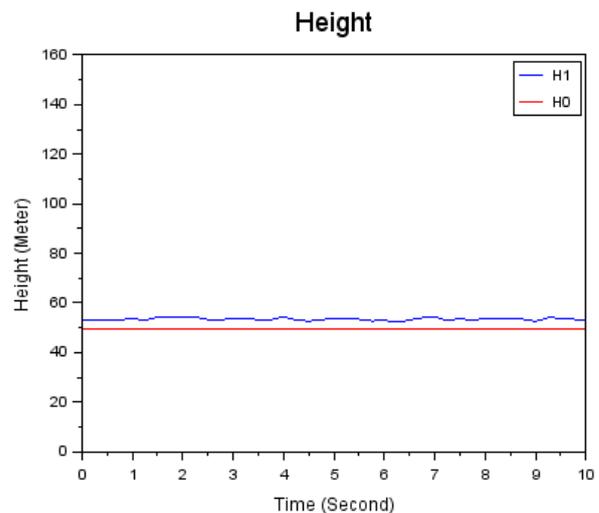
Tampilan grafik untuk pengujian sistem secara LOS yang dilakukan pada lantai 5 dapat dilihat pada Gambar 5.

3.2 Pengujian Tidak LOS

Pengujian sistem secara tidak LOS dilakukan di perumahan lantai 2 Jalan Pukat VI No. 79 Medan dengan ketinggian referensi yaitu 4 meter. Hasil pengukuran ketinggian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Ketinggian di Perumahan Lantai 2 (Tidak LOS)

Detik ke-	H ₁ (meter)	H ₀ (meter)	ΔH (meter)	%Ralat
1	53,17	49,341	3,829	4,275
2	54,01	49,341	4,669	16,725
3	53,09	49,341	3,749	6,275
4	53,26	49,341	3,919	2,025
5	53,17	49,341	3,829	4,275
6	52,75	49,341	3,409	14,775
7	54,01	49,341	4,669	16,725
8	53,09	49,341	3,749	6,275
9	53,42	49,341	4,079	1,975
10	53,42	49,341	4,079	1,975
Rata-rata	53,339	49,341	3,998	7,53



Gambar 6. Tampilan Data Perumahan Lantai 2 pada Grafik (Tidak LOS)

Percobaan untuk pengujian sistem secara tidak LOS dilakukan pada lantai 2 dan penerima berada di dalam ruangan tertutup pada lantai 1. Ketinggian rata-rata yang diperoleh adalah 3,998 meter sedangkan perkiraan ketinggian yang seharusnya diperoleh adalah 4 meter, sehingga diperoleh persen ralat pengukuran sistem adalah :

$$\%Ralat = \left| \frac{4 - 3,998}{4} \right| \times 100\%$$

$$\%Ralat = 0,05 \%$$

Tampilan grafik untuk pengujian sistem secara tidak LOS yang dilakukan pada lantai 2 dapat dilihat pada Gambar 6.

Percobaan kedua untuk pengujian secara LOS dilakukan pada lantai 3 dan penerima berada di dalam ruangan tertutup pada lantai 1. Xbee pada sisi penerima tidak dapat menjangkau xbee pada sisi pengirim yang dapat

dilihat dari tidak ditampilkannya “Ready” pada kotak status di GUI scilab.

4. Kesimpulan

Dari hasil yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Arus yang dibutuhkan modul xbee pada saat penerimaan dan pengiriman data adalah 54 – 59 mA dan arus yang dibutuhkan alat pengukur ketinggian pada saat penerimaan dan pengiriman data adalah 104 – 108 mA.
2. Pengukuran ketinggian dapat dilakukan dengan baik, yaitu dengan persen ralat < 4 %.
3. Sistem yang dirancang dapat mengukur objek yang berada pada jarak 17 meter ke arah vertikal permukaan bumi secara LOS.
4. Hasil pengukuran ketinggian untuk pengujian LOS dan tidak LOS dengan ketinggian referensi 4 meter hampir sama. Pengukuran ketinggian secara tidak LOS tidak dapat dilakukan pada jarak yang jauh.

5. Referensi

- [1] *Indonesian Wikipedia*. (2014, Agustus 6). (Wikimedia Foundation, Inc.) Retrieved November 11, 2014, from <http://id.wikipedia.org/wiki/Tekanan>
- [2] *English Wikipedia*. (2014, November 8). (Wikimedia Foundation, Inc.) Retrieved November 11, 2014, from http://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_pressure
- [3] Sohraby, K., Minoli, D., & Znati, T. (2007). *Wireless Sensor Networks : Technology, Protocols, and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Dargie, W., & Poellabauer, C. (2010). *Fundamentals of Wireless Sensor Networks : Theory and Practice*. United Kingdom: John Wiley and Sons, Ltd.
- [5] Gislason, D. (2008). *ZigBee Wireless Networking*. USA: Newnes.
- [6] *English Wikipedia*. (2015, March 2). (Wikimedia Foundation, Inc.) Retrieved April 3, 2015, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Fading>