

# Perancangan Sensor Kecepatan dan Arah Angin untuk *Automatic Weather Station* (AWS)

Dina Angela<sup>#1</sup>, Tunggul Arief Nugroho<sup>#2</sup>, Binsar Gultom<sup>#3</sup>, Yosi Yonata<sup>\*4</sup>

<sup>#</sup>*Departemen Teknologi Informasi, Institut Teknologi Harapan Bangsa  
Jl. Dipatiukur no. 80-84, Bandung, Jawa Barat, Indonesia*

<sup>\*</sup>*Program Studi Sistem Informasi, Institut Teknologi Harapan Bangsa  
Jl. Dipatiukur no. 80-84, Bandung, Jawa Barat, Indonesia*

<sup>1</sup>dina\_angela@ithb.ac.id

<sup>2</sup>tunggul@ithb.ac.id

<sup>3</sup>binsar141@gmail.com

<sup>4</sup>yosi@ithb.ac.id

**Abstract**— *One of the most important things to monitor is the weather, especially in the agricultural sector that is heavily dependent on the weather. Wind speed and direction information should always be known by farmers to predict the weather and the climate. This research designs and realizes a wind speed and direction system device consisting of rotary encoder used to measure wind speed and Hall effect sensor used to know wind direction. Both devices are connected with Atmega328P as its signal processor. The final result of this research is a prototype of system device of wind speed and wind direction that has been calibrated with anemometer and compared with measuring instrument of wind speed and direction of BMKG Bandung.*

**Keywords**— *Atmega 328p, Hall effect, rotary encoder, wind speed measurement, wind direction measurement, anemometer, microcontroller.*

**Abstrak**—Salah satu hal yang paling penting untuk dipantau adalah cuaca, terutama di sektor pertanian yang sangat tergantung kepada cuaca. Informasi kecepatan dan arah angin selalu harus dapat diketahui oleh para petani untuk memprediksi cuaca dan iklim. Penelitian ini merancang dan merealisasikan suatu perangkat sistem pengukur kecepatan dan arah angin yang terdiri atas rotary encoder digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan sensor *Hall effect* digunakan untuk mengetahui arah angin. Kedua alat tersebut dihubungkan dengan Atmega328P sebagai pemroses sinyalnya. Hasil akhir penelitian ini adalah sebuah purwarupa perangkat sistem pengukur kecepatan dan arah angin yang telah dikalibrasi dengan anemometer dan dibandingkan dengan alat ukur kecepatan dan arah angin BMKG Bandung.

**Kata Kunci**— *Atmega 328p, Hall effect, rotary encoder, pengukur kecepatan angin, pengukur arah angin, anemometer, mikrokontroler.*

## I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian dan perkebunan adalah aktivitas manusia yang sangat dipengaruhi cuaca. Dalam teknik pertanian presisi (*precision farming*) cuaca adalah faktor penting untuk mengoptimalkan hasil pertanian. Cuaca merupakan fenomena

alam yang tidak dapat dikendalikan tetapi dapat dipantau dan dianalisis dengan *weather monitoring*. Menurut [3], *weather monitoring* adalah proses memantau dan menganalisis data yang diterima pada jarak yang jauh dari sumbernya. Memantau kondisi cuaca secara manual tidaklah mudah, karena perlu implementasi suatu sistem otomatis yang memantau kondisi cuaca, seperti temperatur, kelembaban, curah hujan, kecepatan angin, radiasi, dan mengirimkan detail tersebut lewat SMS ke sebuah *central station* [3]

Dalam *weather monitoring*, pengumpulan informasi tentang dinamika temporal (*temporal dynamics*) dari perubahan cuaca sangatlah penting. Untuk melakukan pengumpulan informasi tersebut, diperlukan *Automated Weather Station* (AWS), sebuah instrumen yang mengukur dan merekam parameter-parameter meteorologis menggunakan sensor tanpa campur tangan manusia. Parameter-parameter yang diukur dapat disimpan dalam sebuah *built-in data logger* atau dikirimkan ke lokasi yang jauh menggunakan saluran komunikasi. Jika data disimpan dalam sebuah *data logger*, data tersebut harus secara fisik diunduh ke komputer untuk pemrosesan lebih lanjut [4].

Agar sistem *data logger* lebih efektif, efisien, dan jarak jauh, perlu dirancang sistem yang dapat terintegrasi dengan server dan disimpan ke dalam media penyimpanan yang praktis. Sistem *data logger* dilakukan oleh perangkat berbasis mikrokontroler yang mampu membaca data analog dan data digital, merekam dan mengirimkan data rekaman ke server menggunakan jaringan 3G dengan koneksi FTP. Sistem *data logger* ini dapat menyimpan data secara lokal maupun terpusat, sehingga data dapat dilihat atau diakses, diambil dan dianalisis dari jarak jauh melalui web server [9]. Media penyampaian informasi menggunakan jaringan Internet pun dapat menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) atau M2M (*machine-to-machine*). Teknologi M2M direalisasikan dengan membangun sistem komunikasi antarperangkat keras yang bekerja secara otomatis [8]. Kini teknologi IoT sudah diaplikasikan dalam bidang pertanian untuk mengatur irigasi dan pemantauan kondisi tanah serta cuaca di lahan pertanian [7]. Pengembangan model inferensi konteks juga dilakukan

untuk memberikan rekomendasi pengambilan keputusan dalam IoT pertanian. Hal ini biasa disebut sistem pertanian cerdas [11].

*Automatic Wheater Station* (AWS) yang diterapkan dalam pemantau cuaca *remote*, untuk *weather monitoring*, memanfaatkan sistem informasi dan teknologi sebagai suatu sistem pengelolaan pertanian. Penggunaan teknologi informasi dalam pemantau cuaca *remote* ini adalah dengan memanfaatkan sensor yang tersebar di seluruh lahan pertanian yang akan digarap dan data-data cuaca terkumpul di sebuah server. Dalam pertanian presisi, data cuaca tersebut akan diolah seorang ahli pertanian modern untuk dianalisis dalam rangka menentukan pengolahan lahan pertanian secara optimal.

Iklim dan cuaca dapat dianalisis dengan menggunakan satelit cuaca yang didukung oleh Stasiun Pemantau Cuaca atau AWS (*Automatic Weather Station*). Untuk memprediksi cuaca diperlukan stasiun pemantau cuaca yang terletak di lahan pertanian secara tersebar. Indonesia memerlukan AWS dalam jumlah yang banyak untuk memberikan gambaran iklim dan cuaca untuk mendukung sistem pertanian presisi.

Saat ini saja Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah memasang ratusan peralatan AWS, baik yang terpasang secara terintegrasi (AWS wilayah Jabodetabek) maupun yang berdiri sendiri (tidak terintegrasi). Saat ini AWS yang terpasang di stasiun pengamatan BMKG lebih dari 70 peralatan dengan berbagai merk (a.l. Cimel, Vaisala, Jinyang, R. M. Joung, dsb). Kondisi ini mengakibatkan relatif cukup sulit ketika melakukan pemeliharaan karena memerlukan beberapa orang yang menguasai peralatan masing-masing merk. Karena semua produk impor, BMKG tentunya mengalami kesulitan dalam hal perawatan. Upaya untuk melakukan rancang bangun sistem AWS secara lokal tentu saja akan mengurangi ketergantungan dengan produk impor sekaligus akan mempermudah perawatan dan pemeliharaan.

Penelitian ini dilandasi kebutuhan untuk pengembangan dan realisasi AWS dengan menggunakan sebanyak mungkin konten lokal. AWS akan dirancang untuk bekerja secara mandiri, otomatis dan tersebar, dan secara periodik mengirimkan data-data dari sensor cuaca ke *web server* menggunakan jaringan data selular. Data-data tersebut adalah parameter cuaca, seperti suhu, kelembaban, kecepatan dan arah angin, radiasi matahari, tekanan udara, dan curah hujan. Sebagai bagian dari pengembangan AWS, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengukuran kecepatan dan arah angin.

Dalam penelitian ini, perangkat untuk mengukur kecepatan dan arah angin dibangun menggunakan mikrokontroler Atmega328p. Mikrokontroler tersebut dilengkapi dengan sensor *Hall effect* yang berfungsi untuk mengetahui arah angin, serta *rotary encoder* untuk mengetahui kecepatan angin.

Secara ringkas, dapat dikatakan bahwa tujuan penelitian ini adalah merancang dan merealisasikan perangkat pengukur kecepatan dan arah angin dengan menggunakan Atmega328p, sensor *Hall effect*, dan *encoder*.

Hasil dari penelitian ini adalah suatu purwarupa (*prototype*) perangkat keras untuk mengukur kecepatan dan arah angin yang merupakan bagian dari sistem AWS yang bermanfaat bagi pertanian. Dengan informasi yang diperoleh dari perangkat ini, para petani dapat mengetahui informasi waktu yang tepat untuk mulai bercocok tanam dan sekaligus juga dapat mengantisipasi cuaca buruk. Bagi pemerintah, manfaat dari hasil penelitian ini ada dua, yaitu bagi Departemen Pertanian dan BMKG. Bagi Departemen Pertanian, dengan banyaknya AWS yang terpasang, analisa cuaca dan iklim akan semakin akurat dan pada akhirnya produktivitas pertanian bisa ditingkatkan. Bagi BMKG, dengan hadirnya AWS produk lokal yang mempunyai spesifikasi yang sama dengan produk impor, ketergantungan pada produk impor akan berkurang.

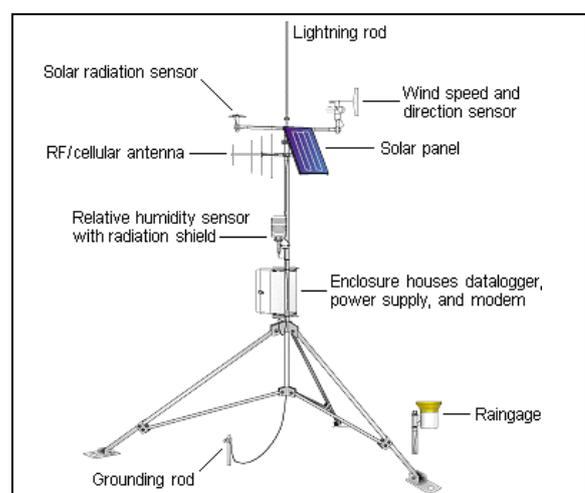
## II. METODOLOGI

### A. Pengukuran Kecepatan dan Arah Angin untuk AWS

*Automatic Weather Station* (AWS), seperti yang ditampilkan pada Gambar 1, merupakan suatu sistem terpadu yang dirancang untuk memantau cuaca serta mengumpulkan dan memproses data yang dihasilkannya secara otomatis. AWS ini dapat dibangun dari perangkat sensor, RTU (*Remote Terminal Unit*), komputer, dan LED *display* [5]. Data hasil pengukuran sistem AWS diproses secara lokal di lokasi AWS itu sendiri atau dikumpulkan pada suatu pusat data akuisisi. Setelah itu, secara otomatis data diteruskan ke pusat pengolahan data untuk diolah sesuai kebutuhan.

AWS dikelompokkan menurut penyajian datanya menjadi:

1. *Real-time AWS*, yaitu sistem yang penyajian datanya dilakukan secara *real-time*. Sistem model ini dapat dilengkapi dengan sistem komunikasi, berupa alarm untuk memberikan peringatan khusus bila terjadi kondisi cuaca yang ekstrim atau berbahaya, seperti badai, hujan lebat, suhu tinggi dan sebagainya.
2. *Off-time AWS*, yaitu sistem yang hanya merekam data serta menyimpannya pada suatu media penyimpanan. Data yang ditampilkan adalah data aktual. Data yang disimpan tersebut dapat diunduh sewaktu-waktu sesuai keperluan.



Gambar 1 Struktur *auto weather system* [2]

Sensor yang dapat digunakan pada AWS, antara lain:

- Termometer sebagai sensor suhu.
- Anemometer sebagai sensor arah dan kecepatan angin.
- Hygrometer sebagai sensor kelembaban.
- Barometer sebagai sensor tekanan udara.
- *Rain gauge* sebagai sensor curah hujan.
- *Pyranometer* sebagai sensor sinar matahari.

Suatu AWS dapat didesain secara terintegrasi dengan beberapa AWS lain sehingga membentuk suatu sistem pengamatan dengan skala yang lebih luas. AWS yang seperti itu dikenal dengan nama *Automated Weather Observing System (AWOS)*.

**B. Perancangan Sistem Pengukur Kecepatan dan Arah Angin dengan ATMEGA 328P**

Atmega328P adalah sebuah komponen jenis mikrokontroler yang dirancang untuk memudahkan pengembangan elektronik dalam berbagai bidang. Gambar 2 memperlihatkan sebuah Atmega328P. Atmega328P adalah prosesor keluarga Atmel AVR yang diprogram dengan bahasa Pemrograman C untuk AVR [1].

Atmega328P juga dilengkapi dengan pin *input-output (I/O)* digital dan analog, serta lubang pin pelengkap lainnya. I/O tersebut berfungsi sebagai masukan dan keluaran, misalnya komponen sensor, dalam bentuk *On-Off* atau *Start-Stop* dan beberapa pin penunjang, seperti *Vcc*, *Gnd*, *ARef*, *Vin*, *IOf*, dan *Reset* [5].

Atmega328P dapat membangkitkan sinyal PWM (*pulse-width modulation*). Modulasi PWM ini dilakukan dengan cara mengubah perbandingan lebar-pulsa-positif terhadap lebar-pulsa-negatif ataupun sebaliknya dalam frekuensi sinyal yang tetap. Atmega328P memiliki 2 cara untuk membangkitkan PWM. Cara pertama, PWM dibangkitkan dari *port input/output* yang difungsikan sebagai *output*. Cara kedua adalah dengan memanfaatkan fasilitas PWM dari fungsi *timer/counter* yang telah disediakan [sinaga].

**C. Arsitektur Sistem**

Sistem pengukur kecepatan dan arah angin yang dibangun dalam penelitian ini terdiri atas sensor kecepatan angin, yaitu *rotary encoder*, sensor arah angin, yaitu sensor *Hall effect*, dan mikrokontroler, yaitu Atmega328P. Gambar 3 menunjukkan diagram blok sistem pengukur kecepatan dan arah angin tersebut.



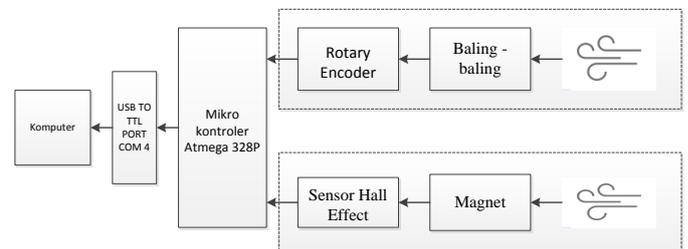
Gambar 2 Sistem pendeteksi sensor *Hall effect* [5]

Proses kerja alat pengukur kecepatan dan arah angin dimulai dari *rotary encoder* yang dipasang mangkok yang dapat berputar searah jarum jam ketika dihembus angin. *Rotary encoder* inilah yang akan menghasilkan data kecepatan angin. Data tersebut akan ditampilkan secara *realtime* kemudian disimpan. Bersamaan dengan proses pada *rotary encoder* tersebut, sensor *Hall effect* membaca dan menghasilkan data arah angin. Data ini juga ditampilkan kemudian disimpan. Jika kedua sensor tersebut tidak berhasil membaca kecepatan dan arah angin, maka proses ini akan diulang dari awal. Gambar 4 menunjukkan arsitektur subsistem pengukuran kecepatan angin oleh sensor *rotary encoder* dan Gambar 5 untuk subsistem pengukur arah angin oleh sensor *Hall effect*.

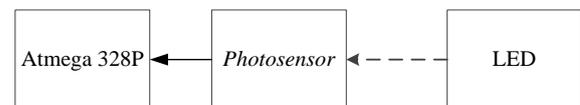
**1) Subsistem Pengukur Kecepatan Angin**

Angin merupakan pergerakan udara secara horizontal yang memiliki besaran fisis kecepatan dan arah angin diakibatkan oleh adanya perbedaan tekanan udara di suatu daerah. Angin yang mempunyai arah dan kecepatan yang diakibatkan oleh rotasi bumi sehingga angin terbentuk sebagai hasil dari daerah tekanan rendah. Hembusan angin menunjukkan dari mana datangnya bukan ke mana angin itu bergerak. Kecepatan dan arah angin dapat diketahui dengan mengukurnya. Anemometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan arah angin yang juga digunakan pada stasiun-stasiun pemantau cuaca.

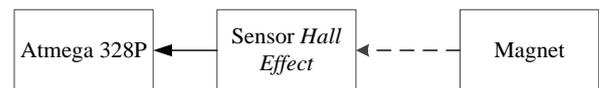
Selain menggunakan anemometer, alat ukur kecepatan dan arah angin juga dapat dibangun dari perangkat sensor yang diintegrasikan dengan suatu mikrokontroler. Jenis sensor yang dapat digunakan adalah *rotary encoder*. *Rotary encoder* adalah peralatan elektro-mekanik yang menggunakan sensor



Gambar 3. Diagram blok sistem pengukur kecepatan dan arah angin



Gambar 4 Diagram blok subsistem pengukur kecepatan angin (sensor *rotary encoder*)



Gambar 5 Diagram blok subsistem pengukur arah angin (sensor *Hall effect*)

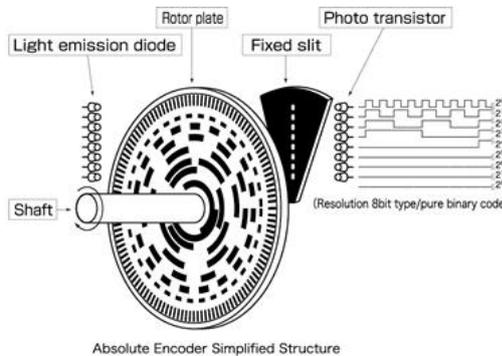
optik yang dapat diubah ke dalam suatu gerakan, posisi, atau arah [5].

Konsep dasar dari subsistem pengukur kecepatan angin oleh *rotary encoder* adalah mengukur nilai sesaat posisi sudut dari sebuah *shaft* yang berotasi dan menghasilkan sinyal pulsa. Sinyal pulsa yang dihasilkan dari putaran tersebut diproses oleh Atmega 328P. Hasil proses ini adalah data berupa angka yang merupakan hasil konversi sinyal pulsa tadi.

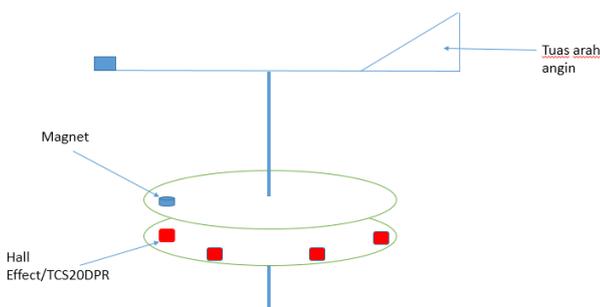
Sebuah contoh rangkaian *optical incremental rotary encoder* ditunjukkan dalam Gambar 6. Pada rangkaian tersebut terdapat sebuah sumber cahaya, biasanya adalah LED, dan sebuah piringan tipis yang digandeng langsung dengan poros yang dapat berputar (*shaft motor*). Pada piringan tipis tersebut terdapat lubang-lubang di sepanjang pinggirannya yang berfungsi menghantarkan cahaya LED ke *phototransistor*. Jika cahaya LED tidak berhasil menembus lubang-lubang tersebut, maka cahaya akan tertahan. Piringan tipis akan berputar sesuai dengan kecepatan putaran motor, sehingga *phototransistor* akan meningkatkan pantulan cahaya LED hingga menembus lubang piringan. Pada saat meningkatnya pantulan, *phototransistor* menghasilkan sinyal-sinyal pulsa dengan rentang +0,5V sampai dengan +5V [6].

## 2) Pengukuran Arah Angin

Pengukuran arah angin dilakukan dengan menggunakan sensor *Hall effect* yang diintegrasikan dengan mikrokontroler. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi arah mata angin. Perubahan pembacaan arah mata angin terjadi setiap 45 derajat. Jika angin mengarah ke utara, maka sensor yang berada di titik utara akan mendekteksi dan memberikan data kepada mikrokontroler untuk diproses.



Gambar 6 Rangkaian *rotary encoder* [12]



Gambar 7 Konstruksi sensor arah angin

Sensor *Hall effect* bekerja melalui sebuah magnet yang letaknya tegak lurus terhadap sepasang konduktor. Magnet tersebut akan menimbulkan tegangan yang sebanding dengan arus dan kuat medan magnet. Tegangan itulah yang disebut sebagai tegangan Hall [6].

Konstruksi sensor arah angin diperlihatkan pada Gambar 7. Tipe sensor *Hall effect* yang digunakan adalah TCS20DPR yang mempunyai *magnetic flux density (B)* pada saat dihidupkan (*on*) adalah sebesar 280 Gauss.

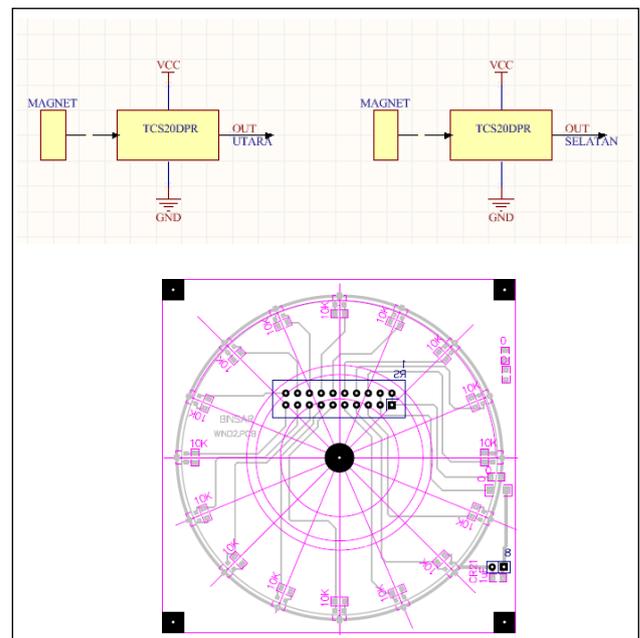
*Output* akan “*on*” jika posisi magnet berada di atas sensor magnet TCS20DPR. Penempatan sensor magnet disesuaikan dengan arah mata angin, utara, barat, timur laut, dan seterusnya. Apabila tuas arah angin pada posisi utara, maka hanya sensor magnet utara saja yang “*on*”. Dengan membaca semua sensor oleh Atmega328P, maka dapat diketahui arah angin saat itu.

Skematik *Hall effect* ditunjukkan pada Gambar 8. Pada gambar tersebut, *Hall effect* sudah ditanam pada PCB dan sudah ditentukan sesuai dengan 16 arah mata angin.

Data yang diperoleh dari kedua sensor, *rotary encoder* dan *Hall effect* dapat ditampilkan dalam monitor secara *realtime* dan dapat disimpan. Data ini nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran yang sama oleh alat ukur kecepatan dan arah angin milik BMKG sebagai kalibrasi.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dijelaskan mengenai implementasi dan pengujian alat ukur kecepatan dan arah angin yang dibangun. Tujuan dari pengujian adalah untuk menjamin perangkat-perangkat dan jaringan yang dibangun memiliki kualitas yang handal. Pengujian juga dilakukan untuk mengidentifikasi cacat atau masalah dalam proses pembangunan sebuah perangkat. Hasil pengujian ini nantinya akan menjelaskan kelayakan dari perangkat ukur kecepatan dan arah angin.



Gambar 8 Skematik dan PCB sensor arah angina yang dirancang

**A. Prosedur Pengujian**

Pengukuran kecepatan dan arah angin dilakukan secara langsung di lingkungan sekitar dengan memperhatikan ketinggian lokasi (minimal 8 meter di atas permukaan laut) dan kecepatan angin pada rentang antara 0–25 m/s.

**1) Pengujian manual**

Pengujian manual ini adalah pengujian terhadap alat ukur kecepatan dan arah angin tanpa adanya angin. Program *rotary encoder* dibuat untuk mengonversikan hasil yang akan ditampilkan, yaitu dari kecepatan dalam rpm (*rotary per minutes*) dikonversi menjadi ms (milisecond). Contoh program yang telah dibuat untuk menampilkan data dari sensor pada pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 9.

**2) Pengujian dengan alat bantu**

Pengujian dengan alat bantu adalah pengujian terhadap alat ukur yang dirancang dalam penelitian ini dengan alat bantu untuk menciptakan angin buatan. Alat bantu ini berupa kipas angin. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika ITHB.

Kedua sensor membaca kecepatan dan arah angin yang berasal dari kipas angin. Contoh program yang telah dibuat untuk menampilkan data dari sensor pada pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 10.

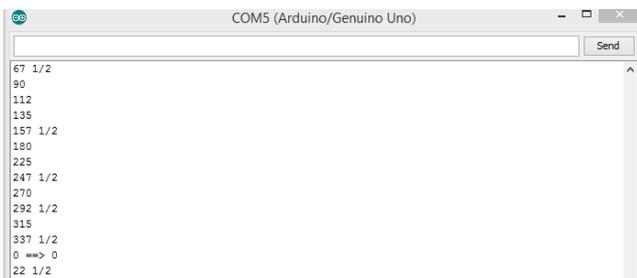
Data yang diterima dari *serial port* akan disimpan di dalam suatu program penyimpanan data yang dibangun dengan menggunakan Visual Pro. Dengan menekan tombol *Save Data*, maka data dalam format *.txt* tersebut akan tersimpan di dalam suatu *folder*. Data disimpan berikut dengan keterangan waktu-

nya. Contoh tampilan penyimpanan data hasil pembacaan alat ukur ditunjukkan pada Gambar 11.

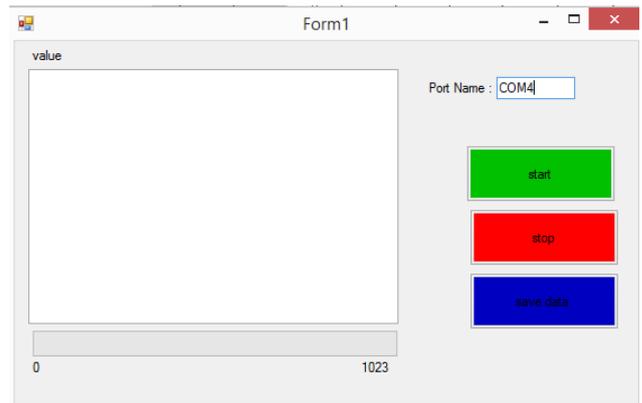
Pengujian dengan kipas angin ini dilakukan kembali, namun ditambah dengan kompas dan anemometer. Kompas untuk menunjuk arah angin dan anemometer untuk mengukur kecepatan angin. Penggunaan kompas dan anemometer ini adalah sebagai pembanding hasil pengukuran. Spesifikasi anemometer dan perbandingannya dengan perangkat yang dirancang dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel I. Kondisi pengujian dapat dilihat pada foto saat pengujian pada Gambar 12.

TABEL I  
SPESIFIKASI ANEMOMETER GM816 DAN PERANGKAT YANG DIRANCANG

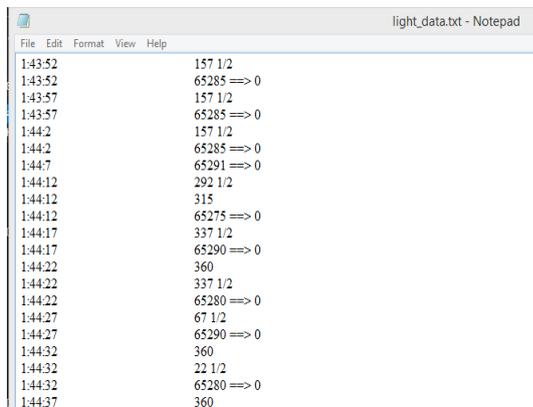
Spesifikasi	Anemometer GM816	Perangkat yang Dirancang
Dimensi	103 (p) x 38 (l) x 11 (D) mm 52g	-
Kisaran kecepatan angin	0 - 30 m/s	400 RPM
Kisaran suhu operasi	0 - 10 - 45 C , 14 - 113f	-
Ketelitian kecepatan angin	+/-5 %	+/-5 %
Ketelitian termometer	± 2°C	-
Daya	1 x 3V baterai	1 x 5V baterai



Gambar 9 Contoh tampilan hasil pengujian manual



Gambar 11 Contoh tampilan penyimpanan data dari sensor



Gambar 10 Contoh tampilan hasil pengujian dengan kipas



Gambar 12 Kondisi pengujian dengan kipas angin, anemometer, dan kompas.

3) Pengujian dengan alat ukur kecepatan dan arah angin BMKG

Pengujian ini dilakukan di kantor BMKG di Jalan Cemara, Bandung. Area pengujian dilakukan di area terbuka. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan alat ukur yang dibangun dalam penelitian ini dengan alat ukur serupa milik BMKG. Sensor ditempatkan di ketinggian 1,5 meter dari permukaan tanah karena memperhitungkan adanya perbedaan ketinggian alat ukur yang diuji dengan alat ukur BMKG sebesar 10 meter. Data ini diperoleh secara *realtime*. Gambar 13 menampilkan kondisi ketika dilakukannya pengujian tersebut.

A. Pengujian Alat Ukur Kecepatan Angin

Pengujian alat ukur kecepatan angin yang dilakukan terhadap alat ukur milik BMKG Bandung menghasilkan data *realtime* dalam rentang waktu kurang lebih 3 jam. Data tersebut dirangkum dalam grafik pada Gambar 14. Dari data tersebut dapat dicari besarnya kesalahan rata-rata untuk pengukuran kecepatan angin. Kesalahan rata-rata ( $S_x$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini [5]:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \tag{1}$$

Dimana  $\bar{x}$  adalah harga pembanding,  $n$  adalah jumlah pengukuran, dan  $S_x$  adalah standar deviasi rata-rata.

Dari hasil pengukuran  $\sum(x - \bar{x})^2$  adalah sebesar 5,917, maka dari Persamaan 1 diperoleh hasil  $S_x$  adalah:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{28852}{3764(3764-1)}}$$

$$S_{\bar{x}} = 0,0451331$$

Nilai kesalahan ( $e$ ) dapat dihitung dengan cara:

$$e = \frac{0,0451331}{177756} \times 100\% = 2,53\%$$

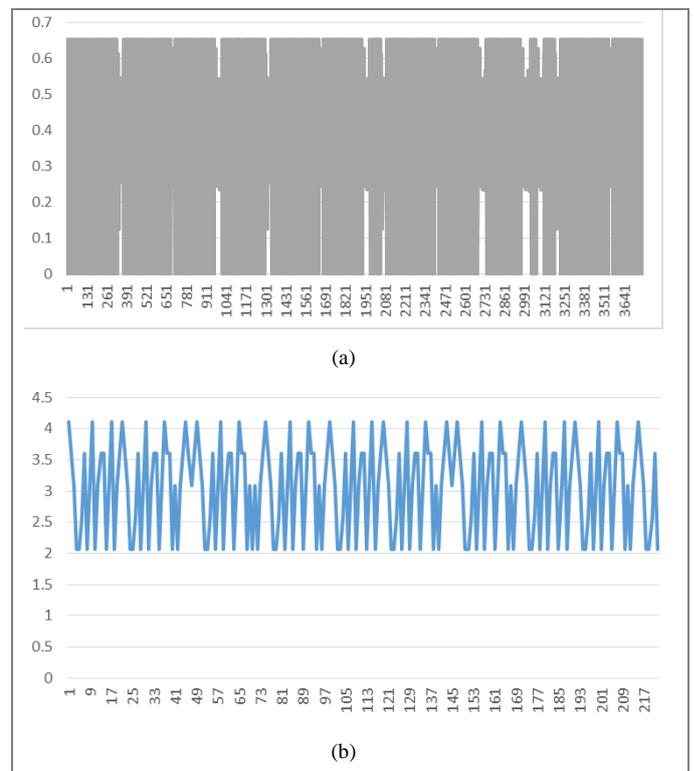
Jadi nilai kesalahan rata-rata total dari pengukuran kecepatan angin adalah sebesar 1,777% dengan toleransi kesalahannya adalah 2,53% dengan selisih:  $100\% - 1,777\% = 98,2\%$ .

Dari pengukuran kecepatan angin yang dilakukan di BMKG Bandung dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara alat ukur kecepatan angin yang dibangun dalam penelitian ini dengan alat ukur kecepatan angin milik BMKG sebagai pembanding. Hal ini disebabkan skala pembacaan alat ukur pembanding adalah analog dengan satuan knot dan intervalnya sebesar 0,5 m/s atau 1,8 km/jam, sedangkan skala pembacaan alat ukur yang diuji adalah digital dengan satuan km/jam dan ketelitian sebesar 0,1 km/jam. Terdapat perbedaan satuan dan ketelitian hasil pembacaan pada kedua alat yang mengakibatkan hasil pengamatan pada waktu pengukuran pun berbeda.

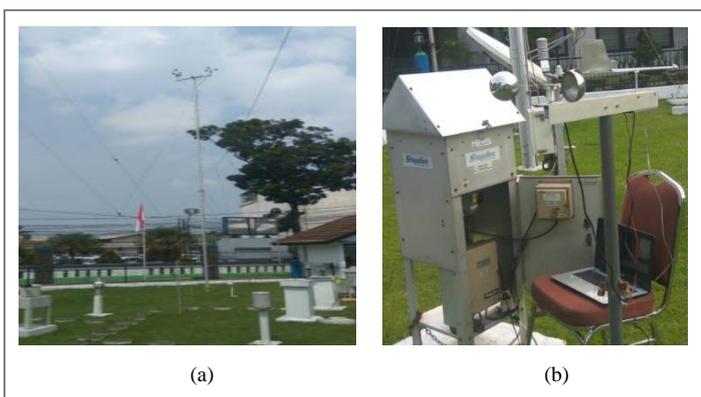
B. Pengujian Alat Penunjuk Arah Angin

Pengujian alat penunjuk arah angin dilakukan untuk mengetahui apakah alat penunjuk arah angin yang dibuat dapat mengukur hingga 360° dalam satu putarannya atau tidak. Pengujian ini juga bertujuan untuk menguji ketelitian alat ukur tersebut dengan membandingkannya dengan alat penunjuk arah angin milik BMKG Bandung.

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengarahkan alat ukur yang diuji dan alat milik BMKG secara mekanik ke arah utara sebagai titik awalnya. Data hasil pengujian ini dirangkum dalam grafik pada Gambar 15. Dari data tersebut dicari besarnya kesalahan rata-rata ( $S_x$ ).



Gambar 14 Hasil pengujian kecepatan angin di BMKG (a) Hasil pengukuran alat ukur yang diuji (b) Hasil pengukuran alat ukur BMKG



Gambar 13 Situasi pengujian alat di kantor BMKG Bandung (a) Alat pengukur kecepatan dan arah angin milik BMKG Bandung (b) Alat ukur penelitian yang diuji dan pengambilan datanya.

Dari hasil pengukuran  $\sum(x-\bar{x})^2$  adalah sebesar 124.354, maka dari Persamaan 1 diperoleh hasil  $S_x$  adalah:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{124354}{3764(3764-1)}}$$

$$S_{\bar{x}} = 0,010255$$

Hasil perhitungan nilai kesalahan ( $e$ ) adalah:

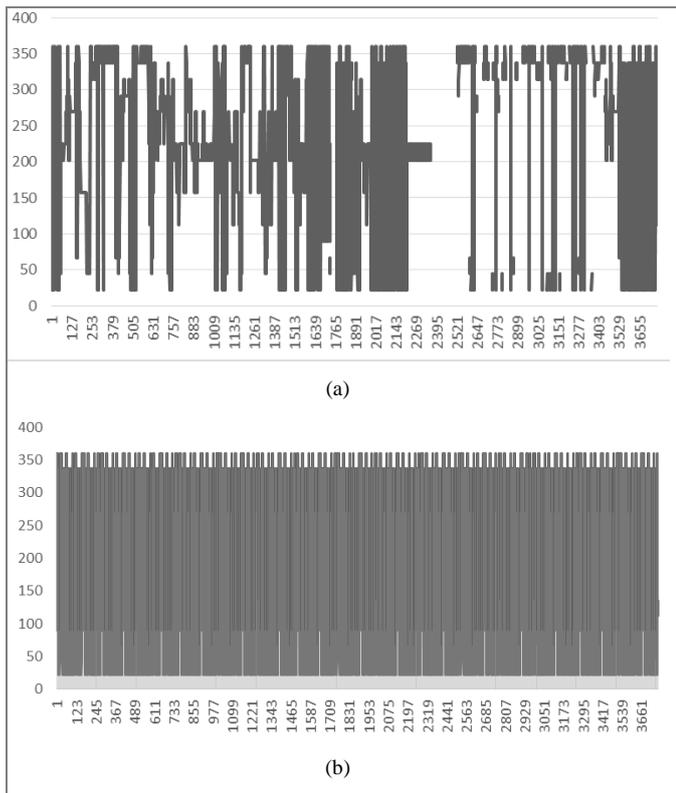
$$e = \frac{0,010255}{177757} \times 100\% = 5,6962\%$$

Jadi nilai kesalahan rata-rata total dari pengukuran kecepatan angin adalah sebesar 1,777% dengan toleransi kesalahannya adalah 5,69% dengan selisih:  $100\% - 1,75\% = 98,25\%$ .

Hasil pengukuran arah angin yang diperoleh dapat dilihat bahwa alat yang dibuat mampu menentukan arah angin hingga  $360^\circ$ . Terdapat perbedaan hasil pengukuran antara alat ukur yang dibangun dalam penelitian ini dengan alat ukur pembanding (milik BMKG), namun perbedaan ini tidak terlalu jauh.

Perbedaan hasil pengujian alat ukur penelitian ini terhadap alat ukur milik BMKG disebabkan oleh beberapa faktor, seperti:

- Angin yang dipantulkan penghalang dapat mempengaruhi pergerakan mekanik dari alat ukur yang diuji, sehingga mengakibatkan mekanik alat ukur tidak selalu tepat menunjukkan nilai yang konstan.



Gambar 15 Hasil pengujian kecepatan angin di BMKG (a) Hasil pengukuran alat ukur yang diuji (b) Hasil pengukuran alat ukur BMKG

- Perubahannya sedikit tetapi dapat mengakibatkan kesalahan dalam pengamatan.
- Terdapat perbedaan skala, yaitu pada alat ukur penelitian ini skalanya sebesar  $0,5^\circ$ , sedangkan pada alat ukur pembanding (milik BMKG) skalanya sebesar  $1^\circ$ . Pada alat ukur pembanding, apabila jarum berada di antara suatu nilai, misal antara  $1^\circ$  dan  $2^\circ$ , maka nilai yang diperoleh adalah salah satu dari kedua nilai tersebut, yaitu  $1^\circ$  atau  $2^\circ$ . Pada alat ukur penelitian ini dapat menunjukkan nilai  $1^\circ$  dan  $1,5^\circ$ , sehingga hasil pengukuran mengakibatkan perbedaan.

C. Pengujian dengan Anemometer

Pengujian alat ukur kecepatan angin dilakukan terhadap sebuah anemometer sebagai pembandingnya. Beberapa data yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel II. Berdasarkan data pada Tabel II tersebut dapat dicari juga besarnya kesalahan rata-rata untuk pengukuran kecepatan angin.

Dari data pada Tabel II dapat diketahui  $\sum(x-\bar{x})^2$  adalah sebesar 14.092. Hasil untuk  $S_x$  dari Persamaan 1 adalah:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{14092}{142(142-1)}}$$

$$S_{\bar{x}} = 0,689$$

Hasil perhitungan nilai kesalahan ( $e$ ) adalah:

$$e = \frac{0,689}{14} \times 100\% = 4,92\%$$

Perhitungan nilai kesalahan pada pengukuran juga dilakukan terhadap kecepatan 14 m/s, 15 m/s, dan 16 m/s. Hasil perhitungannya dirangkum dalam Tabel III dan ditampilkan juga dalam grafik pada Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18.

Hasil pengukuran pada Tabel III dapat dihitung  $\sum(e-\bar{e})^2$  adalah sebesar 2,6144, sehingga dari Persamaan 1 diperoleh hasil  $S_x$  adalah:

TABEL II  
CONTOH HASIL PENGUJIAN ALAT PENGUKUR KECEPATAN ANGIN DENGAN ANEMOMETER

No	Alat Ukur Anemometer	Alat Ukur Penelitian	Simpangan $(x-\bar{x})$	Simpang Kuadrat $(x-\bar{x})^2$
1	14	20	6	36
2	14	28	14	196
3	14	28	14	196
4	14	24	10	100
5	14	24	10	100
140	14	8	-6	36
141	14	13	-1	1
142	14	7	-7	49
	$\bar{x} = 14$			$\sum(x-\bar{x})^2 = 14.092$

$$S_e = \sqrt{\frac{2,6144}{4,56(4,56-1)}}$$

$$S_e = 0,435$$

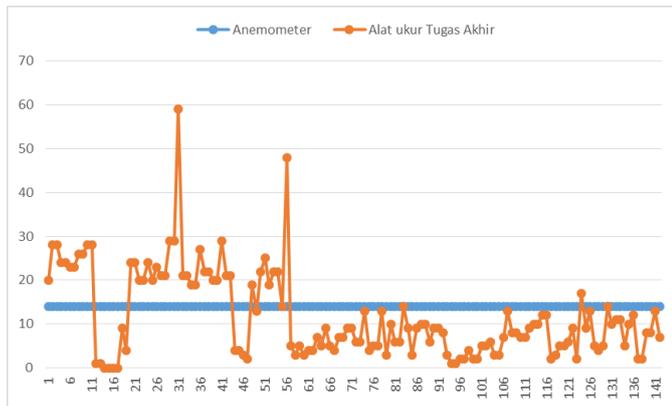
Hasil perhitungan nilai kesalahan ( $e$ ) adalah:

$$e = \frac{0,435}{4,56} \times 100\% = 9,55\%$$

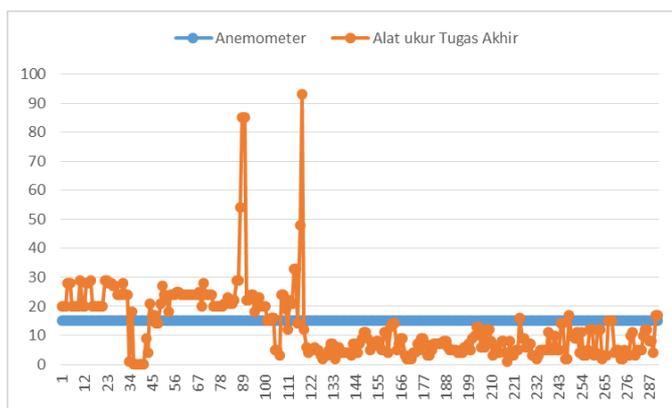
Jadi nilai kesalahan rata-rata total dari pengukuran kecepatan angin adalah sebesar 4,56 dengan toleransi kesalahannya adalah 9,55% dan dengan selisih:  $100\% - 9,55\% = 90,4444\%$ .

TABEL III  
HASIL PERHITUNGAN KESALAHAN PADA KECEPATAN RATA-RATA ANGIN 14 M/S, 15 M/S, DAN 16 M/S

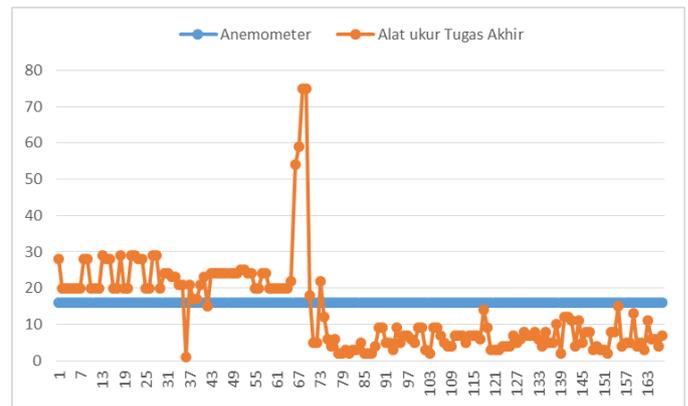
No	Kecepatan angin (m/s)	Kesalahan (%)	Simpang ( $e - \bar{e}$ )	Simpang Kuadrat ( $(e - \bar{e})^2$ )	Jumlah data yang diambil (n)
1	14	4,92	0,36	0,1296	142
2	15	3,28	-1,28	1,6384	291
3	16	5,48	0,92	0,8464	169
	$\bar{e} = 4,56$		$\sum (e - \bar{e}) = 2,6144$		



Gambar 16 Hasil pengukuran kecepatan angin rata-rata 14 m/s



Gambar 17 Hasil pengukuran kecepatan angin rata-rata 15 m/s



Gambar 18 Hasil pengukuran kecepatan angin rata-rata 16 m/s

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pengukur kecepatan dan arah angin yang dibangun dalam penelitian ini telah mampu menampilkan dan menyimpan data yang diterimanya menjadi informasi yang dapat dibaca dan dimengerti oleh penggunanya sebagai informasi kecepatan dan arah angin.

Sistem dilengkapi dengan memori *microSD* agar dapat menyimpan data secara langsung sistem harus dilengkapi dengan sumber daya agar sensor dapat berjalan dengan lancar pendekatan terhadap unsur estetika sehingga ada daya tarik tersendiri bagi pengguna untuk mengakses data sensor sistem dapat merekam data secara otomatis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dalam program hibah Penelitian Produk Terapan Tahun Anggaran 2017 untuk bidang riset Teknologi Informasi oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Koordinator Perguruan Tinggi Swasta Wilayah IV Jawa Barat-Banten.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Arduino. "Arduino UNO & Genuino UNO." Internet: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno/> [Nov 2<sup>nd</sup>, 2016].
- [2] Campbell Scientific. Internet: <https://www.campbellsci.com/automated-weather-stations> [Sep 24<sup>th</sup>, 2017]
- [3] P. A. Bhosale and Prof. Dixit, V. V., 2012. "Water Saving-Irrigation Automatic Agricultural Controller", *International Journal of Scientific and Technology Research (IJSTR)*, vol. 1, issue 11, pp. 118-123, December 2012.
- [4] P. Susmitha and Sowmyabala, G., 2014. "Design and Implementation of Weather Monitoring and Controlling System", *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, vol. 97, No.3, pp. 19-22, July 2014.
- [5] R. Banodin, Adian Fatchur Rochim, dan Trias Andromeda. "Alat Penunjuk Arah Angin dan Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler AT89C51." *Disertasi*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip, 2011.
- [6] R. Sinaga. "Pengendali Kecepatan Motor DC Menggunakan Sensor Hall Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535." *Saintia Fisika*, vol. 1, no. 1, September 2013.

- [7] S. Suakanto, T. A. Nugroho, S. H. Supangkat, and Suhardi, "Smart sensor untuk pertanian," in *Prosiding Konferensi e-Indonesia Initiatives (eII) Forum 2013*, Insitut Teknologi Bandung, 2013.
- [8] T. A. Nugroho, Sinung Suakanto, Bernad Robinson H, dan Dina Angela, "Implementasi *Machine-to-Machine* untuk Sistem Pemantau Kualitas Udara dan Sungai," *Jurnal Telematika ITHB*, vol. 9, no.1, pp. 4-7, Agustus 2014.
- [9] T. A. Nugroho, Sinung Suakanto, dan Simon Filippus A. "Sistem Logging Data Menggunakan FTP Berbasis Jaringan 3G," *Jurnal Telematika*, volume 10 no.1, pp. 13-19, Agustus 2015.
- [10] T. Hardianto, et al. "Design of Real Time Anemometer Based on Wind Speed-Direction and Temperature." *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)* 8.2, Palembang, Indonesia, 19 -20 August 2015.
- [11] V. J. L. Engel dan Sinung Suakanto. "Model Inferensi Konteks Internet of Things pada Sistem Pertanian Cerdas," *Jurnal Telematika ITHB*, vol. 11, no.2, pp. 49-54, Desember 2016.
- [12] Y. Ardi Nugroho. "Penerapan Sensor Optocoupler Pada Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega8535." *Disertasi*. Universitas Negeri Semarang, 2011.

**Dina Angela**, menyelesaikan S1 Jurusan Teknik Elektro bidang Telekomunikasi di Universitas Kristen Maranatha pada 1999 dan S2

Jurusan Teknik Elektro bidang Telekomunikasi di Institut Teknologi Bandung pada 2003. Bidang penelitian: antena dan propagasi dan sistem komunikasi.

**Tunggul Arief Nugroho**, memperoleh Sarjana Teknik bidang Teknik Elektro diperoleh di ITB pada Oktober 1991 dan Magister Teknik bidang yang sama dengan subbidang Sistem Informasi Telekomunikasi pada Oktober 2001. Minat penelitian pada teknologi *wireless communication* dan aplikasi jaringan sensor nirkabel.

**Binsar Tonggo Parulian Gultom**, menyelesaikan S1 Jurusan Teknologi Informasi bidang *Mobile Technology* di Institut Teknologi Harapan Bangsa pada 2017. Bidang penelitian: sistem telekomunikasi seluler dan jaringan komputer.

**Yosi Yonata**, menerima gelar Sarjana Teknik dari ITB jurusan Teknik Elektro bidang Teknik Komputer pada Tahun 2000 dan gelar Magister Teknik dari ITB jurusan Teknik Elektro bidang Teknologi Informasi pada tahun 2002.