

## RANCANG BANGUN STAND-ALONE AUTOMATIC RAIN GAUGE (ARG) BERBASIS PANEL SURYA

Zaenal Arifin\*, Helmy Rahadian

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro

\*Corresponding author, e-mail : [xzaenal@dsn.dinus.ac.id](mailto:xzaenal@dsn.dinus.ac.id)

**Abstrak**— *Automatic Rain Gauge* (ARG) digunakan untuk memonitor curah hujan di suatu wilayah. ARG bekerja dengan menggunakan mikrokontroler sebagai prosesor unit dan merupakan sebuah *embedded* sistem (sistem yang berdiri sendiri). ARG tidak hanya diletakkan pada stasiun pemantauan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), namun ARG juga diletakkan di daerah terpencil yang jauh dari jaringan listrik. Hal tersebut menjadi masalah karena ARG membutuhkan sumber energi listrik untuk dapat bekerja. Berdasarkan spesifikasinya, ARG membutuhkan mikrokontroler yang rendah dalam penggunaan daya serta memiliki cukup *memory* sebagai tempat penyimpanan data sementara. Salah satu jenis mikrokontroler yang memenuhi spesifikasi tersebut adalah MSP430FR5969. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil konsumsi daya rata – rata yang dibutuhkan oleh ARG sebesar 0.23 watt. Dengan memanfaatkan panel surya sebesar 20 watt yang dilengkapi dengan *maximum power point tracking* (MPPT) sebagai sumber energi listrik, dapat menghasilkan daya 5,5 watt hingga 7,2 watt. Dengan perbandingan data konsumsi energi dan data yang dihasilkan dari solar panel panel, maka ARG memiliki sumber listrik mandiri untuk memenuhi kebutuhannya.

**Kata Kunci** : *Automatic Rain Gauge (ARG), MSP430FR5969, Panel Surya, Maximum Power Point Tracking (MPPT)*.

**Abstract**— *Automatic Rain Gauge (ARG)* used to monitoring rainfall in a region. ARG used a microcontroller as a process unit and embedded system (stand-alone system). ARG is not only placed on the BMKG station, but ARG is also located in remote areas far from the electricity grid. This is became a problem because ARG requires electricity to work. Based on the specification, ARG requires a low power microcontroller and have enough memory as a temporary data storage. One type of microcontroller these specifications is MSP430FR5969. Based on the research, the average power consumption the ARG is 0.23 watt. Applying a 20 watt solar panel with a maximum power point tracking (MPPT) as a source power could generate power 5.5 watt until 7.2 watt. Comparison of power consumption and power generate from solar panels, ARG has an independent power source to meet its needs.

**Keywords** : *Automatic Rain Gauge (ARG), MSP430FR5969, Solar Cell, Maximum Power Point Tracking (MPPT)*.

*Copyright © 2017 JNTE. All rights reserved*

### 1. PENDAHULUAN

Curah hujan mulai diukur pada abad 17 di Eropa. Pada saat itu pengukuran curah hujan dilakukan secara manual dengan menggunakan gelas ukur yang diletakkan di suatu area kemudian jumlah air yang tertampung pada gelas ukur tersebut dicatat sebagai data pengukuran curah hujan. Data pengukuran curah hujan digunakan sebagai acuan dalam penelitian mengenai kondisi cuaca di suatu wilayah. Seiring dengan berkembangnya teknologi, curah hujan saat ini dapat diukur secara otomatis dengan peralatan yang disebut dengan *Automatic Rain Gauge* (ARG) [1].

ARG terdiri dari beberapa bagian, yaitu *tipping-bucket* sebagai sensor penghitung jumlah curah hujan. Bagian berikutnya adalah mikrokontroler yang difungsikan sebagai *logger* dan juga sebagai *pen-trigger* modul komunikasi. Modul komunikasi berfungsi untuk mengirimkan data ke *server* yang telah ditentukan. Bagian terakhir dari ARG adalah *catu daya (power supply)* [2]. Beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai ARG diantaranya tingkat akurasi data pengukuran, ketahanan dan efisiensi. Tingkat akurasi suatu ARG ditentukan oleh sensor penangkap curah hujan yang digunakan. ARG harus tahan terhadap berbagai cuaca, baik dingin maupun panas karena

nantinya ARG akan diletakan di luar ruangan atau *outdoor*. ARG harus dapat bekerja secara efisien terutama mengenai konsumsi daya. Karena ARG nantinya akan diletakan di tempat terpencil, ARG harus memiliki sumber energi secara mandiri untuk memenuhi kebutuhannya [3]. Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik adalah energi sinar matahari. Sinar matahari dapat diubah menjadi listrik dengan memanfaatkan *solar panel* atau sel surya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tipping-Bucket

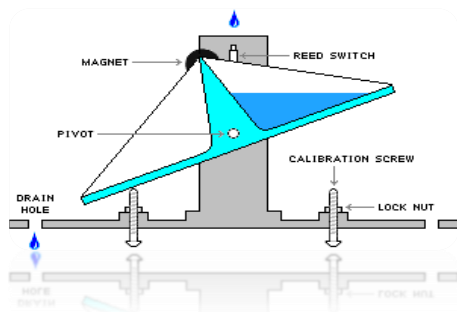
Curah hujan memiliki satuan ukuran yaitu mm/h (millimeter per hour) untuk tiap meter persegi (m<sup>2</sup>). Artinya data yang diambil adalah jumlah air yang tertampung pada luasan 1 m<sup>2</sup> untuk setiap jam nya [4].

$$I_t = \frac{R_t}{t} \quad (1)$$

$I_t$  = Rain Intensity (mm/h).

R = Rain.

t = Time.



Gambar 1. Tipping-bucket.

*Tipping-bucket* merupakan alat ukur otomatis untuk pengukuran curah hujan. Seperti ditunjukkan pada gambar 1, di dalam *tipping-bucket*, terdapat sensor *reed switch* yang membaca pergerakan jumlah air yang tertampung di dalam *tipping-bucket* tersebut. Sebagai contoh jika di suatu area yang data seluas 1 m<sup>2</sup> tertampung air setinggi 10 mm sama dengan tertampung air sejumlah 1 liter [5]. Sehingga tinggi permukaan air tersebut digunakan sebagai acuan dalam pengukuran curah hujan. *Tipping-bucket* yang digunakan oleh BMKG memiliki luasan 100 cm<sup>2</sup> yang

berbentuk corong. Pada Gambar 1, Air akan mengalir dari corong menuju bucket yang nantinya akan menampung sejumlah air sementara dan setelah penuh akan bergerak naik dan turun sesuai jumlah tampungan air tersebut. Setiap pergerakan *bucket* memiliki kapasitas air sejumlah 20 ml [6]. *Tipping-bucket* merupakan input dalam sistem ARG.

### 2.2. MSP430FR5969

MSP430FR5969 merupakan varian mikrokontroler dari *Texas Instruments* (TI) yang masuk kedalam kategori *ultra-low-power FRAM* yaitu merupakan kombinasi dari arsitektur *FRAM* dan *ultra-low-power* sistem.

Spesifikasi MSP430FR5969

Arsitektur	: 16-bit RISC
Tegangan kerja	: 1.8 V to 3.6 V
GPIO Pins	: 40
<i>Non-Volatile Memory</i>	: 64 KB
SRAM/ EEPROM	: 2 KB
Kecepatan Clock	: 16 MHz



Gambar 2. LaunchPad MSP430FR5969.

Seperti terlihat pada Gambar 2, *LaunchPad* MSP430FR5969 dilengkapi dengan modul LCD SHARP 96 [7]. Sensor *reed switch* dari *tipping-bucket* dihubungkan ke MSP430FR5969 sebagai input data curah hujan. Selain membaca input dari sensor *reed switch*, MSP430FR5969 juga berfungsi sebagai *logger* (penyimpan data sementara) dan juga pen-trigger komunikasi modul yang nantinya akan mengirimkan data yang telah diolah ke *server*.

### 2.3. SIM900 (komunikasi modul)

Sim900 merupakan modul komunikasi yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan memanfaatkan teknologi *Global System for Mobile* (GSM) SIM900 dapat digunakan sebagai komunikasi data melalui fasilitas yang ada pada GSM. Pada penelitian ini pengiriman data

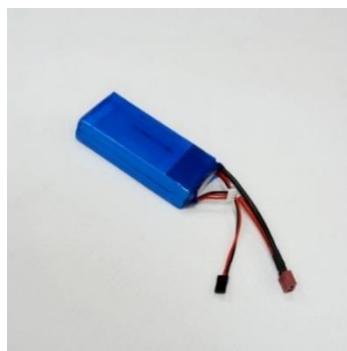
dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas *Short Message Service* (SMS) sebagai metode pengiriman data ke *server* [8].



Gambar. 3 Modul SIM900.

Pengiriman data berbasis SMS dipilih karena jaringan tersebut sudah tersedia di hampir seluruh wilayah Indonesia. Jaringan untuk GSM khususnya untuk SMS juga relatif stabil dibandingkan dengan jaringan lain seperti EDGE, 3G dan 4G [9]. Modul SIM900 ditunjukkan pada Gambar 3.

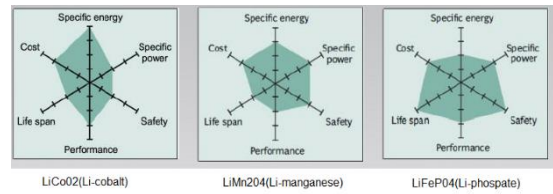
2.4. Power Supply



Gambar 4. LiFePO4.

*Power supply* yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu *baterai* sebagai penyimpanan energi listrik, sel surya sebagai sumber energi listrik, dan *Maximum Power Point Tracking* untuk memaksimalkan sel surya. Pada penelitian ini menggunakan *baterai lithium polymer* (LiFePO4) dengan spesifikasi 4200mAh 6.6 yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Baterai LiFePO4 dipilih karena memiliki ketahanan yang baik dalam sistem *charge* dan *discharge* (*Cycle Life*) serta aman dalam penggunaannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 [10].



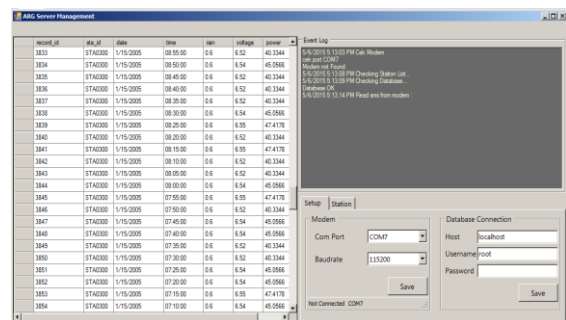
Gambar 5. Grafik Spesifikasi Baterai LiFePO4 dibandingkan dengan Baterai dari bahan lainnya.



Gambar 6. Bq24650 EVM-639 board.

Untuk pengisian baterai, *power supply* juga dilengkapi dengan sel surya. Sel surya yang digunakan berjenis *Polycrystalline* dengan spesifikasi *output* maksimal 20 watt. Karena tingkat efisiensi dari daya yang dihasilkan oleh sel surya sangat rendah, maka perlu ditambahkan *maximum power point tracking* (MPPT) [11][12]. MPPT yang digunakan adalah BQ24659. Pada MPPT telah dilakukan pengaturan batas minimum tegangan pengisian baterai yaitu sebesar 7 V serta batas maksimum pengisian baterai berhenti pada 7.4 V [13][14]. Pada Gambar 6 merupakan modul MPPT BQ24659.

2.5. Server



Gambar 7. Tampilan pada server ARG.

*Server* merupakan bagian untuk menyimpan data. *Server* mendapatkan data dari

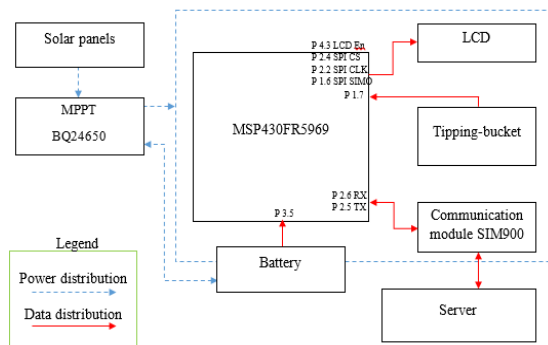
berbagai ARG yang diletakan di berbagai tempat. *Server* juga mampu mengidentifikasi serta melakukan remote ARG untuk mendapatkan data sesuai dengan apa yang diinginkan. Di dalam penelitian ini, data yang diambil oleh *server* yaitu, nomor data, id ARG, tanggal/ jam, intensitas hujan serta kapasitas baterai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

### 3. METODOLOGI

Penelitian ini fokus pada perancangan ARG berbasis panel surya untuk memenuhi kebutuhan dayanya secara mandiri. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu:

1. Membuat purwarupa ARG dengan konsumsi daya yang rendah.
2. Melakukan pengukuran konsumsi daya ARG.
3. Melakukan pengukuran daya yang dihasilkan oleh solar panel yang dilengkapi dengan MPPT.

#### 3.1. Desain Sistem

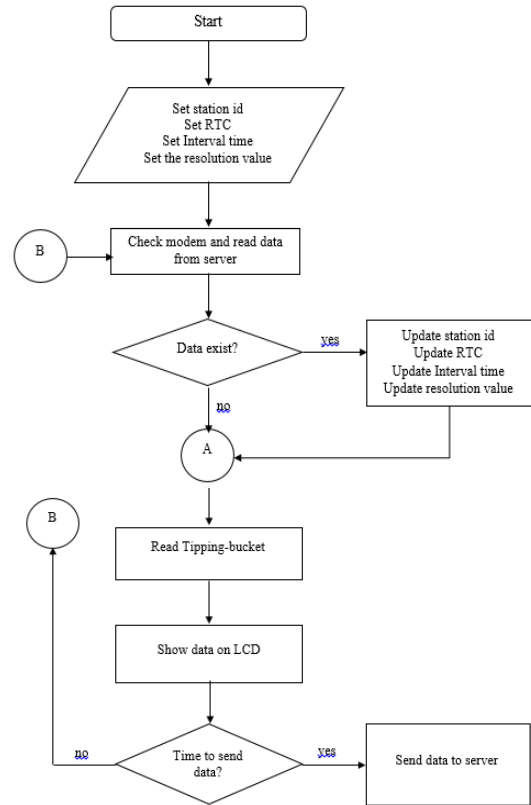


Gambar 8. Diagram Block Sistem ARG.

Pada Gambar 8 dapat dilihat bagian – bagian dari ARG serta keterangan mengenai distribusi daya serta distribusi data. LCD dan komunikasi modul (SIM900) terhubung dengan *protocol serial* terhadap mikrokontroller, *tipping-bucket* yang merupakan input terhubung dengan *protocol digital* (membaca 1/0). Selain itu terdapat sensor pengukur tegangan serta arus untuk mengetahui kapasitas baterai yang terhubung dengan pin *analog* yang ada pada mikrokontroller.

#### 3.2. Flow Chart

Untuk *design software*, memiliki alur atau *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Flowchart algoritma program pada mikrokontroller.

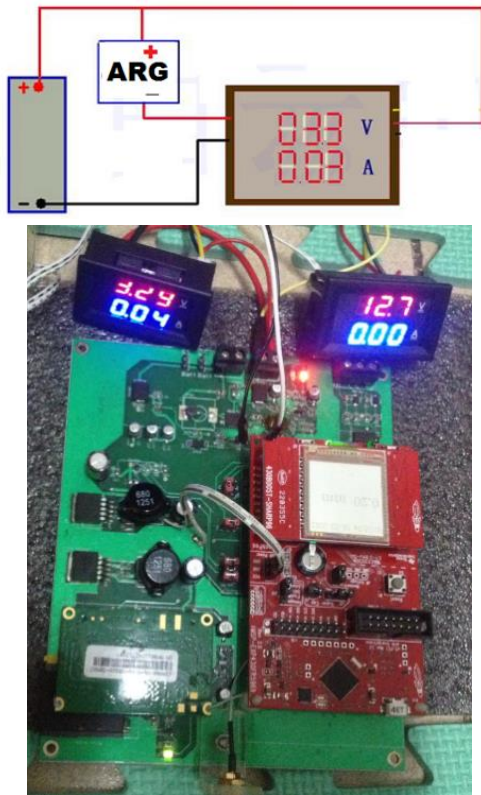
Pada tahap awal, dilakukan penge-set-an (setting) id station (nama station ARG), set data waktu, interval pengiriman data serta tingkat resolusi dari sensor yang ada pada ARG. Setting awal pada ARG adalah sesuai dengan interval waktu pengiriman data pada ARG yang ada pada stasiun BMKG yaitu selama 60 menit (1 jam) untuk tiap datanya. Setting data dapat dilakukan dengan mengirimkan pesan ke ARG yang akan dituju dengan format yang telah ditentukan. Langkah berikutnya adalah membaca data pesan dari server. Jika terdapat pesan masuk (command) maka ARG akan merespon dengan mengirimkan informasi yang telah diperintahkan ke server. Selama sistem berjalan, ARG juga melakukan penghitungan jumlah curah hujan yang ditangkap oleh *tipping-bucket*. Data curah hujan juga ditampilkan pada LCD. Apabila durasi waktu pengiriman data sudah terpenuhi, maka ARG akan mengirimkan data mengenai nomor data, id ARG, tanggal/ jam, intensitas hujan serta kapasitas baterai. Program tersebut akan berjalan secara berulang – ulang hingga sistem dimatikan.



**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Hasil Pengujian**

Pengujian awal dilakukan untuk mencari tingkat konsumsi daya pada ARG. pengujian dilakukan dengan alat ukur voltmeter dan ampere meter yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran konsumsi daya pada ARG.

Dari hasil pengukuran awal, daya yang dikonsumsi oleh ARG adalah 3.29 V tegangan serta 0.04 A Arus. Namun arus akan naik apabila proses pengiriman data sedang berlangsung. Hal tersebut diakibatkan oleh modul SIM900 yang menyerap daya lebih tinggi ketika akan melakukan proses pengiriman data melalui jaringan SMS.

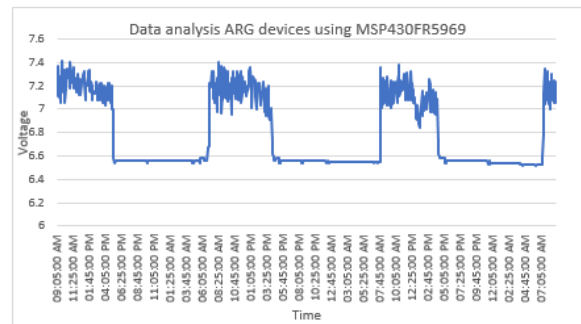
Pada pengukuran awal daya yang dihasilkan oleh panel surya 20 watt tanpa dilengkapi dengan MPPT dengan kondisi cuaca yang cerah (terik), mampu menghasilkan daya 3-4 watt pada tegangan 22 V – 18 V (kisaran Arus sebesar 0,18 A – 0,24 A). Dengan menambahkan MPPT Bq24650 dengan penguturan tegangan konstan pada titik 17,8 V, dapat meningkatkan produksi daya dari solar panel hingga 80% dari

daya yang dihasilkan tanpa MPPT yaitu sebesar 5,4-7,2 watt.



Gambar 11. ARG diletakan diatas gedung untuk dilakukan uji coba.

Gambar 11 menunjukkan pengambilan data dengan menggunakan panel surya dilakukan selama tiga hari. Dari hasil pengamatan selama 3 hari, data tegangan ditunjukkan pada Gambar 12 :



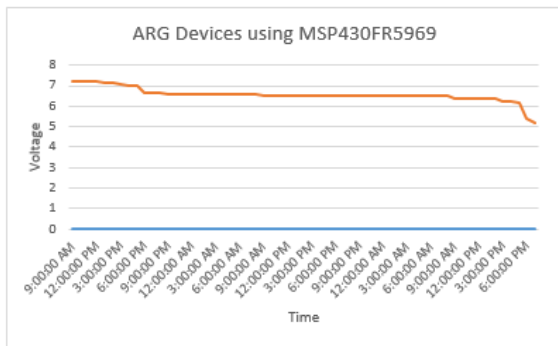
Gambar 12. Data hasil pengukuran selama 3 hari.

Data tersebut diambil dari database server yang menerima pengiriman data tegangan baterai setiap 60 menit. Dari data tersebut dapat diketahui proses awal pengisian baterai dari solar panel adalah pukul 8:00 dan berakhir pada pukul 15:50. Selama waktu tersebut baterai terisi kembali 100% pada cuaca cerah. Pada hari ketiga terjadi hujan sehingga pengisian proses pengisian baterai terhenti pada pukul 12:00. Namun kembali melakukan pengisian ulang setelah hujan selesai berhenti.

Pada saat proses pengisian baterai berhenti, tegangan baterai kembali normal pada teganga kerjanya sebesar 6.6 V. pada saat malam hari,

tegangan baterai tetap stabil di kisaran 6.6 V hingga 6.4 V. Sesuai dengan data sheet yang ada pada baterai, tegangan ketika baterai habis adalah 5.5V.

Dari data tersebut dapat disimpulkan ARG menggunakan 20 watt solar panel yang dilengkapi dengan MPPT mampu memenuhi kebutuhan dayanya secara mandiri.



Gambar 13. Pengujian ARG dengan baterai 4200mAh tanpa panel surya.

Data pengukuran dengan baterai dengan kapasitas 4200mAh tanpa dilengkapi dengan solar panel ditunjukkan pada gambar 13, menunjukkan ARG dapat bekerja selama 59 jam. Dengan tegangan kerja sebesar 3.3 V, maka dapat diperoleh konsumsi daya rata – rata ARG yaitu kapasitas baterai dibagi dengan lamanya ARG berjalan dikalikan dengan tegangan kerjanya, sehingga :

$$P = \frac{C}{T} \times V \tag{2}$$

$$\frac{4,2 A}{59 \text{ hour}} \times 3.3 V = 0,23 \text{ watt/hour}$$

- P = Daya/hour (watt/hour)
- C = Kapasitas baterai (ampere/hour)
- T = Lamanya ARG berjalan (hour)
- V = Tegangan Kerja (V)

**5. KESIMPULAN**

Dari data yang telah diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Rancangan ARG dengan menggunakan MSP430FR5969 sebagai mikrokontroler, SIM900 sebagai modul komunikasi dengan

memanfaatkan jaringan GSM melalui media pengiriman data via SMS dapat bekerja dengan baik.

2. Konsumsi rata – rata daya ARG adalah 0.23 watt.
3. Dengan menggunakan panel surya sebesar 20 watt yang dilengkapi dengan MPPT Bq 24650 mampu menghasilkan daya sebesar 5,4 watt hingga 7,2 watt.
4. Dari hasil yang didapat selama 3 hari pengujian serta data perbandingan konsumsi daya rata – rata ARG dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 20 watt yang dilengkapi dengan MPPT, ARG mampu memenuhi kebutuhan energi listrik secara mandiri.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya diantaranya:

1. ARG dapat dikembangkan menjadi AWS (*Automatic Weather System*) dengan menambahkan sensor yang dibutuhkan untuk pemantauan cuaca karena pada MSP430FR5969 masih tersedia banyak PIN input yang dapat digunakan.
2. ARG dapat dilengkapi dengan GPS agar posisi dari ARG dapat dipantau dari server.
3. Kapasitas baterai dapat ditambahkan agar ARG dapat bertahan lebih lama apabila kondisi cuaca tidak memungkinkan terjadinya proses pengisian daya pada baterai.
4. Apabila dengan penambahan sensor pada ARG menimbulkan peningkatan daya, maka perlu adanya penggunaan panel surya dengan kapasitas yang lebih tinggi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] “A history of rain gauges”. Ian Strangeways, TerraData, Wallingford, Oxfordshire Volume 65, Issue 5, Wiley Online Library Article first published online: 28 APR 2010.
- [2] R. A. Hodgkinson, T. J. Pepper and D. W. Wilson. “Environment Agency Evaluation of Tipping-bucket Rain Gauge Performance and Data Quality”. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol, BS32 4UD United Kingdom. 2004. ISBN: 1 844 323 242.
- [3] Yuwono T, Ruzaldi, Ismail M. “Rain Gauge Development Employing

- Bluetooth and RF Modem". International Conference on Space Science and Communication (IconSpace). Penang Malaysia 12-13 July 2011. *International Conference on Consumer Electronics*, 2008, pp. 1-2.
- [4] Yu Ying, Zhou Lei, Min Hao. "Design and VLSI Implementation of an asynchronous low-power microcontroller". ASIC & Syst. State-Key, Fudan University. Shanghai, China. 23-25 Oct 2001. ISBN: 0-7803-6677-8.
- [5] "Measurement of Precipitation". [http://www.jma.go.jp/jma/jmaeng/jmacenter/ric/material/1\\_Lecture\\_Notes/P6-Precipitation.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/jmaeng/jmacenter/ric/material/1_Lecture_Notes/P6-Precipitation.pdf) (Access at 2 may 2015).
- [6] Arnost and MULLER. "ANALYZING RADAR-MEASURED RAINFALL VS. RAIN GAUGES". Department of Mapping and Cartography, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University. Praha, Czech. 2011
- [7] (MSP-EXP430FR5969 LaunchPad™ Development Kit. <http://www.ti.com/lit/ug/slau535a/slau535a.pdf> (Access at 2 may 2015).
- [8] "Optimized Power Scheme for High-Efficiency, Low-power Dissipation and Best RF Performance". MICREL.
- [9] Shahidi, S. Gaffar, A, Salim K. M. "Design and Implementation of digital energy meter with data sending capability using GSM network". Advances in Electrical Engineering (ICAEE) International Conference. Dhaka Bangladesh 2013.
- [10] Ario W, S. "Analysis Energy Consumption Using Based on Speed of Electrical Vehicle". Dept. Machine Engineering Faculty of Engineering University of Indonesia Jakarta. July 2012
- [11] Weranga K. S. K. "Smart metering for next generation energy efficiency & conservation". Innovative Smart Grid Technologies – Asia (ISGT Asia), IEEE Tianjin China. 21-24 May 2012.
- [12] Hazlif Nazif, Muh. Imran Hamid, Pemodelan Dan Simulasi PV-Inverter Terintegrasi Ke Grid Dengan Kontrol Arus "Ramp Comparison Of Current Control". Jurnal Nasional Teknik Elektro (National Journal Of Electrical Engineering. Universitas Andalas, Padang 2015.
- [13] Jeff F, Application Report: Using the bq24650 to Charge LiFePO4 Baterai. PMP-Portable Power (SLUA565), Texas Instruments. August 2010.
- [14] Dallago E, Libarele A, Miotti D, Venchi G. "Direct MPPT algorithm for PV sources with only voltage measurements". Power Electronic Laboratory, Dept. of Electrical Computer and Biomedical Engineering University of Pavia. Italia. 6 January 2015. ISSN: 0885-8993.

#### *Biodata Penulis*

**Zaenal Arifin**, staff pengajar di Universitas Dian Nuswantoro Semarang. Menempuh pendidikan S1 Teknik Elektro di Universitas Dian Nuswantoro Semarang dan menempuh pendidikan S2 Electrical dan Computer Engineering di South China University of Technology (SCUT).

**Helmy Rahadian**, staff pengajar di Universitas Dian Nuswantoro Semarang. Menempuh pendidikan S1 Elektronika dan Instrumentasi di Universitas Gajah Mada dan menempuh pendidikan S2 Teknik Instrumentasi di Universitas Gajah Mada.