

# Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Dan Pengamatan Kondisi Baterai Pada Sistem Pembangkit Listrik Berbasis *Microcontroller*

Tri B. O. Simanjuntak, Glanny M. Ch. Mangindaan, Marthinus Pakiding  
Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115,

Email: tri\_simanjuntak@yahoo.com, glanny\_m@unsrat.com, marthinus\_p@yahoo.com

**Abstract**— *The need and consumption of electric power from year to year continues to grow. This condition makes the power plant should continue to maintain the reliability to provide electricity when needed. In the power plant system there is also a DC system that has an important role. DC systems using batteries currently in maintenance still rely on dispatchers who have high human error rates. To help with this problem, a microcontroller based control and observation system is designed which will provide information in the form of current, voltage, temperature and indicator if one of the batteries is discharged.*

**Keywords:** *Automatic Control, DC System, Direct Current, Microcontroller, Monitoring, Observation Control, Power Plant, System Battery, Temperature, Voltage.*

**Abstrak**— *Kebutuhan maupun konsumsi daya listrik dari tahun ke tahun terus bertambah. Kondisi ini membuat pusat pembangkit tenaga listrik harus terus menjaga keandalan untuk menyediakan listrik saat dibutuhkan. Didalam sistem pembangkit listrik terdapat juga sistem DC yang mempunyai peran penting. Sistem DC menggunakan baterai saat ini dalam pemeliharaannya masih mengandalkan petugas operator yang punya tingkat kesalahan manusia yang tinggi. Untuk membantu permasalahan ini maka dirancanglah sistem kontrol dan pengamatan baterai berbasis *microcontroller* yang akan memberikan informasi berupa arus, tegangan, suhu dan indikator jika salah satu baterai terlepas.*

**Kata kunci:** *Arus Searah, Kontrol Otomatis, Microcontroller, Monitoring, Pembangkit Listrik, Pengamatan Baterai, Sistem DC, Sistem Kontrol, Suhu, Tegangan.*

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan maupun konsumsi daya listrik dari tahun ke tahun terus bertambah. Kondisi ini membuat pusat pembangkit tenaga listrik harus terus menjaga keandalan untuk memastikan kapasitas total pembangkit untuk menyediakan listrik saat dibutuhkan.

Menjaga keandalan pusat pembangkit tenaga listrik berarti melihat setiap unsur sarana dan prasarana fisik utama seperti generator, turbin, engine, transformator, dan sistem DC harus terus memiliki kinerja yang

maksimal. Sistem DC pada pembangkit sangat diperlukan. Sistem DC memiliki fungsi utama sebagai penyedia arus searah. Dan sistem DC sangat bergantung pada baterai yang ada pada pembangkit.

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang efisiensinya tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia adalah proses pengubah kimia menjadi tenaga listrik. Baterai berfungsi untuk penyimpanan daya listrik sementara dan mengalirkan arus searah atau *direct current*. Baterai yang digunakan dalam hal ini bukanlah baterai-baterai berukuran kecil melainkan *accumulator* atau baterai aki.

Pada pusat pembangkit listrik, sumber arus searah atau baterai digunakan terutama untuk melayani peralatan komputer kontrol, melayani keperluan alat-alat telekomunikasi, keperluan instalasi penerangan darurat, ataupun untuk peralatan motor listrik untuk pelumasan, untuk ratchet turbin dan lain sebagainya.

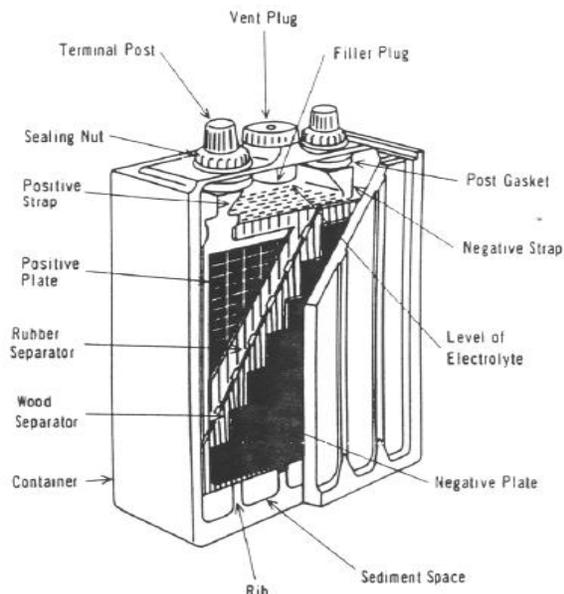
Pusat pembangkit tenaga listrik dalam menjaga mutu dan kualitas baterai terus diadakan pemeliharaan ataupun pengecekan pada sistem kelistrikan baterai untuk melihat kondisi baterai. Pemeliharaan ini masih dilakukan secara manual oleh petugas yang bertanggung jawab. Begitu juga dalam pengalihan sumber arus searah dari pembangkit ke sumber arus searah dari baterai. Kinerja secara manual oleh petugas sebenarnya bisa dipermudah jika adanya sebuah monitoring kontrol yang khusus dibuat untuk sistem DC khususnya baterai pada pusat pembangkit. Hal ini bisa ditanggulangi dengan penggunaan *microcontroller* karena keterkaitannya dengan tegangan yang rendah dan arus searah. Penggunaannya bisa dilakukan secara langsung dan akan mudah jika nantinya diperlukan pengamatan jarak jauh karena bisa juga ditampilkan pada layar komputer.

Perlunya sistem rancang bangun simulasi elektronik kontrol yang punya fungsi sebagai monitoring yang bisa membantu kinerja petugas dalam melihat kondisi baterai ataupun untuk pengalihan sumber arus searah secara otomatis. Diharapkan dengan adanya sistem kontrol ini, akan dapat menghasilkan kinerja pemeliharaan dan menjaga keandalan pembangkit.

### A. Sistem DC (Direct Current) pada Pembangkit

DC Power adalah alat bantu utama yang sangat diperlukan sebagai suplai arus searah (*direct current*) yang digunakan untuk peralatan-peralatan kontrol, peralatan proteksi dan peralatan lainnya yang menggunakan sumber arus DC, baik untuk unit pembangkit dalam keadaan normal maupun dalam keadaan darurat (*emergency*). Pada beberapa unit pembangkit kecil, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) maupun Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan kapasitas daya terpasang kecil, sumber DC Power digunakan sebagai start-up unit. Dalam instalasi sumber tegangan/ arus searah (direct current, DC) meliputi panel-panel kontrol, instalasi / pengawatan listrik, meter-meter, indikator dan perlengkapan lainnya seperti : charger, baterai dan inverter. Sumber Instalasi DC Power dipasang oleh *rectifier* atau *charger* baik dari sumber 3 phase maupun 1 phase yang dihubungkan dengan baterai dengan kapasitas tertentu sesuai kebutuhan dan tingkat kepentingannya. Kapasitas baterai biasanya disesuaikan dengan kebutuhan yang ada pada unit pembangkit itu sendiri baik sebagai *back up power* ataupun *start up* unit.

Bagian utama baterai seperti diperlihatkan pada gambar 1 tersusun dari berbagai komponen elektronika bahkan kimia. Baterai ini dibuat sedemikian rupa sehingga bisa mengalirkan arus searah dengan baik. Pada pusat pembangkit listrik, sumber arus searah (DC) digunakan terutama untuk menjalankan motor pengisi pegas PMT/CB, mentriapkan PMT apabila terjadi gangguan, melayani peralatan komputer kontrol, melayani keperluan alat-alat telekomunikasi, dan memasok keperluan instalasi perangan darurat.



Gambar 1. Bagian Utama Baterai

### B. Microcontroller

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input output*. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data.

Mikrokontroler seperti pada gambar 2 merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote controls*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat *input output* yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.



Gambar 2. Salah satu tipe Microcontroller Arduino

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan perancangan alat ini dilakukan selama beberapa bulan. Penelitian dimulai pada bulan Oktober 2016. Tempat penelitian, perancangan serta pengujian alat dilakukan di rumah tinggal penulis dan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) Manado.

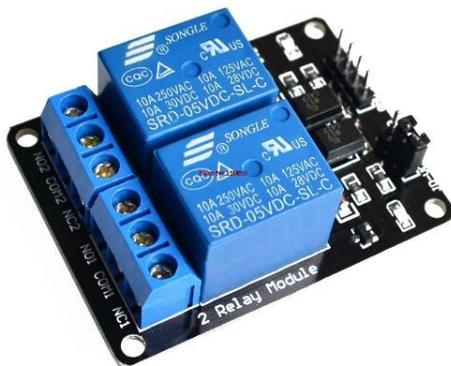
### B. Perancangan Kontrol Otomatis Microcontroller

Pada perancangan ini akan dijelaskan mengenai rangkaian sistem kontrol otomatis yang akan diterapkan. Berikut blok diagram sistem kontrol otomatis.

Rangkaian kontrol akan diletakkan pada rangkaian sebelum menuju pada beban. Rangkaian kontrol ini akan dihubungkan dengan *microcontroller* agar bisa di kontrol dan di amati lewat layar monitor PC. Rangkaian ini nantinya bisa diawasi lewat layar monitor.

Rangkaian kontrol selain membutuhkan hardware seperti *microcontroller*, diperlukan juga peralatan tambahan berupa *relay module 2 channel* yang kompetibel dihubungkan dengan *microcontroller* dalam hal ini Arduino ATmega 2560.

*Relay* yang digunakan seperti pada gambar 3 sebagai hardware kontrol yang akan mengatur jalannya penggantian *supply* dari DC *power supply* ke baterai *power supply*. Pengaturan ini dilakukan secara otomatis dan di atur menggunakan kode pemrograman arduino yang sudah diunggah ke relay ini. Berikut pemrograman relay menggunakan *software* arduino. Pin arduino yang terhubung dengan relay adalah pin 51 dan 53 yang akan membaca apakah ada masukan tegangan dari *supply* DC atau Baterai.



Gambar 3. Relay module 2 Channel yang digunakan

### C. Perancangan Perangkat Lunak Arduino

*Microcontroller* akan bekerja ketika telah dimasukkan aturan kerja atau dalam hal ini kode pemrograman yang akan dieksekusi oleh *microcontroller*. Cara yang digunakan dalam perancangan untuk memasukkan kode pemrograman adalah menggunakan perangkat lunak Arduino IDE.

Disini penulis menggunakan Arduino IDE versi 1.6.12 dengan menggunakan pilihan *board* Arduino Mega 2560. Perangkat lunak ini bisa saja diupdate ke versi yang lebih baik kedepannya.

### D. Perancangan Mainboard dan Indikator LED

Selain merancang perangkat lunak, diperlukan juga rancangan *mainboard* yang akan menjadi tempat atau dudukan dari *microcontroller*, juga tempat untuk lampu-lampu indikator LED sebagai penanda adanya gangguan pada baterai.

Perancangan ini menggunakan papan PCB (*Printed Circuit Board*) yang adalah sebuah papan berlapis tembaga dengan pola desain unik yang digunakan untuk merangkai komponen-komponen penyusun sistem elektronika. Langkah awal adalah dengan mendesain layout PCB yang akan mengatur jalur tembaga pada PCB. Desain ini dibuat menggunakan *software* Eagle 7.6.0.

Setelah desain layout selesai dibuat di perangkat lunak Eagle, desain akan di-print di kertas *glossy* menggunakan printer laser atau dapat juga menggunakan mesin foto kopi. Setelah itu kertas *glossy* akan ditempelkan pada PCB dengan disterika kemudian akan dilakukan pendinginan dengan menyiramkan air bersih pada PCB. Dalam pendinginan ini juga akan dilakukan proses pengelupasan hasil layout pada PCB. Hasil akhirnya terlihat di gambar 4, akan didapat lapisan tembaga akan terkelupas mengikuti desain layout yang sudah didesain.



Gambar 4. Proses pengelupasan lapisan tembaga

### E. Perancangan Interface menggunakan Visual Basic

Pada perancangan ini akan dibahas mengenai perancangan perangkat lunak yang akan menampilkan kondisi pengamatan. Adapun program yang digunakan adalah *Visual Studio 2015* yang digunakan khusus untuk dihubungkan dengan *Arduino ATmega 2560*.

*Microsoft Visual Studio* merupakan sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi baik itu aplikasi bisnis, personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk *console*, aplikasi *windows*, ataupun aplikasi *web*.

Perancangan *interface* dari *Visual Studio* yang nantinya akan dipakai untuk menampilkan kondisi dari baterai, dibuat sedemikian rupa sehingga *interface* yang terlihat mudah dibaca dan dipantau secara langsung.

## III. HASIL

### A. Pengujian Sistem Kontrol Otomatis

Pada pengujian ini akan dilihat bagaimana sistem kontrol yang telah diatur dengan *microcontroller* bisa berpindah secara otomatis dari suplai daya DC (gambar 5) ke suplai baterai (gambar 6) dengan menggunakan peralatan elektronika berupa *relay* yang tersambung ke *microcontroller*.



Gambar 5. Kondisi menggunakan suplai DC langsung



Gambar 6. Kondisi menggunakan suplai Baterai

Dari hasil pengujian ini didapati rangkaian dapat melakukan kinerja kontrol otomatis secara langsung dari suplai DC secara langsung ke suplai baterai. Dari rangkaian yang ada akan terlihat perbedaan cahaya lampu dimana lampu akan bersinar lebih terang ketika diliri arus dari DC secara langsung. Indikator penanda suplai mana yang aktif juga berfungsi dengan baik.

### B. Pengujian Dengan Gangguan Baterai Fail

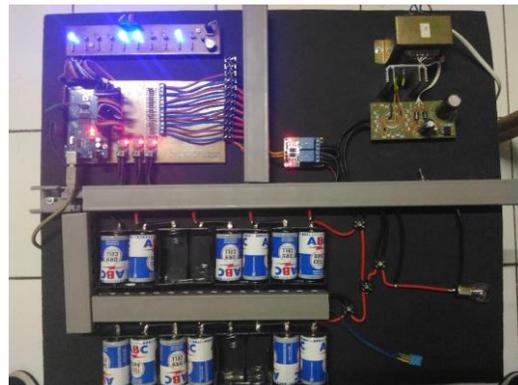
Dalam kondisi sebenarnya bisa saja terjadi gangguan pada setiap sel baterai baik itu terlepas dari rangkaian, kabel yang tidak terpasang dengan baik, atau tegangan daya baterai yang kurang. Gangguan ini bisa mengakibatkan suplai ke beban jadi terganggu.

Kondisi ini dalam kejadian nyata adalah ketika sel baterai dalam ruang penyimpanan baterai terjadi gangguan berupa hubung singkat, terlepas dari rak penyimpanan, kabel yang telah usang, atau bahkan ketika baterai telah kehabisan daya. Kondisi-kondisi ini akan mengakibatkan kurangnya kinerja dari pembangkit listrik.

Dalam pengujian ini kita akan melihat bagaimana ketika terjadi gangguan pada salah satu sel baterai. Dalam rangkaian yang dibuat, dua baterai yang mewakili satu sel baterai akan dicabut dari rangkaian baik itu di grup 1 (gambar 7) dan grup 2 (gambar 8).



Gambar 7. Kondisi satu sel baterai terlepas



Gambar 8. Kondisi dua sel baterai terlepas

Dari hasil pengujian di atas ketika dua sel baterai terlepas di masing-masing grup baterai, yang terjadi adalah tidak ada lagi daya yang di suplai ke beban sehingga dalam hal ini, lampu menjadi mati. Arus dan tegangan juga tidak ada atau nol. Baterai mana yang terlepas bisa diketahui melalui *interface software* dan secara fisik di lampu LED yang ada. *Buzzer* juga akan menyala dalam kondisi ini.

Dari pengujian ini bisa kita lihat bagaimana sistem bisa mendeteksi baterai-baterai mana yang mengalami gangguan.

### C. Pengujian Dengan Gangguan Over Temperature

Dalam kondisi nyata temperatur dalam ruangan *battery bank* bisa saja melebihi batas normal ketika dalam ruangan terjadi gangguan misalnya panas berlebih dari rangkaian baterai atau *short circuit*, atau lebih parah ketika terjadi kebakaran di ruangan *battery bank*.

Berikut ini pengujian ketika sensor temperatur terdeteksi melebihi batas yang ditentukan yaitu lebih dari 47°C seperti pada gambar 9.

Dari hasil pengujian terlihat sistem akan mati total ketika terjadi kenaikan suhu melebihi batas normal walaupun terbaca kondisi baterai baik-baik saja. *Buzzer* tanda peringatan juga akan menyala dalam kondisi ini. Kondisi pengamatan lainnya juga bisa terlihat di *interface software* yang ada.

Dalam pengujian ini pembacaan temperatur hanya berpengaruh dan dalam kondisi suhu ruangan saja yang diatur. Tidak dalam pengujian untuk mengukur suhu tiap sel baterai yang ada. Jika diperlukan pengukuran dan pengamatan suhu di setiap sel baterai maka diperlukan sensor suhu yang lebih banyak dan di tempatkan di setiap sel baterai. Juga diperlukan jarak antar baterai yang sesuai agar suhu tidak berpengaruh satu sama lain.



Gambar 9. Kondisi ketika suhu melebihi batas yang ditentukan

### D. Analisa Persentase Ketelitian Pengukuran

Pada pengujian kali ini kita akan melihat berapa persen ketelitian pengukuran menggunakan sensor *microcontroller* dibanding dengan pengukuran menggunakan multimeter digital. Dari pengujian ini akan terlihat seberapa akurat pengukuran menggunakan *microcontroller*.

Dari tabel I terlihat bagaimana ketelitian dalam persen pengukuran baterai menggunakan *microcontroller* dibanding pengukuran menggunakan multimeter digital. Persentase ketelitian diukur dengan rumus  $\% \text{Ketelitian} = 100\% - ((\text{Perhitungan} - \text{Pengukuran}) / \text{Perhitungan})$ . Terlihat persen ketelitian paling rendah adalah 97.32% sedangkan paling tinggi adalah 98.35%. Dari hasil pengamatan ini didapat bahwa pengukuran *microcontroller* masih efektif untuk digunakan.

TABEL I.  
HASIL PENGUKURAN KETELITIAN TEGANGAN BATERAI

No	Pengukuran Tegangan Menggunakan <i>Microcontroller</i>							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
1	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6
2	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6
3	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
4	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7
5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7
6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6
7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7
8	2,7	2,6	2,77	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6
9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
10	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6
Rata-rata	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6
Pengukuran Tegangan	2,76	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Ketelitian (%)	97,32	98,32	98,8	98,41	98,94	98,8	98,2	98,35

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- 1) Sistem kontrol otomatis dan pengawasan kondisi baterai lewat layar komputer bisa dilakukan menggunakan *microcontroller*.
- 2) *Microcontroller* bisa bekerja secara otomatis sehingga memudahkan kerja operator atau pengawas dalam mengawasi sistem DC menggunakan baterai dibanding dengan pengawasan konvensional.
- 3) *Software Interface Visual Basic* sangat baik digunakan sebagai media untuk menampilkan data yang masuk melalui *microcontroller*.
- 4) *Microcontroller* bisa menjadi salah satu solusi dalam pengawasan sistem DC menggunakan baterai.

##### B. Saran

- 1) Dalam merancang suatu sistem pengontrolan, hendaknya mengetahui setiap kondisi dan karakteristik dari masing-masing komponen yang akan digunakan baik itu *software* dan *hardware* karena perkembangan alat yang terus berkembang.
- 2) Untuk sistem yang lebih besar harus menggunakan trafo-trafo pengukuran yang disesuaikan dengan kapasitas *hardware* (Arduino).

#### V. KUTIPAN

- [1.] B. L. Theraja, *A Textbook of Electrical Technology*. Multicolor Illustrative Edition, 2001.
- [2.] E. Acha; V. G. Agelidas ; T. Miller, *Power Electronic Control in Electrical Systems*. Jordan Hill Oxford, MPG Books Ltd, 2002.
- [3.] E. Melgar, *Arduino and Kinect Projects*. Apress, United States, 2012.
- [4.] P. Reinhart, *Perencanaan Elektronika Daya dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Bandung, 2011.
- [5.] P.Togan, *Perencanaan Sistem Penyimpanan Energi dengan Menggunakan Battery pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) di Desa Ketapang, Kabupaten Lombok Timur, NTB*. Surabaya, 2011.
- [6.] S. Riono, *Rancang Bangun Sistem Kontrol Seleksi Dimensi Barang*. Pekanbaru. 2010.
- [7.] T. Shibata, *Redox Flow Batteries for the Stable Supply of Renewable Energy*. Japan Publishers, 2013



**Tri Benson Oktafiandy Simanjuntak** lahir Oktober 1992, pada tahun 2010 memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2012. Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di AP2B Tomohon dari tanggal 24 Januari 2015 dan selsai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado 2017, minat penelitiannya adalah tentang Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Dan Pengamatan Kondisi Baterai Pada Sistem Pembangkit Listrik Berbasis *Microcontroller*.