

Rancang Bangun Mobile Battery Terproteksi Menggunakan Kapasitor Dan Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler

Sugeng Purwanto¹, Hasna Satya Dini², Sofitri Rahayu³

^{1,2,3} Institut Teknologi PLN (IT PLN)

E-mail: sugeng.purwanto@itpln.ac.id (corresponding authors)

ABSTRACT

The use of batteries at this time is very massive in various aspects of life, especially as a power source for electrical devices such as mobile phones, electric cars, etc. The need for fulfilling electrical energy is very important, especially a source of electrical energy that can be used in all needs and conditions, namely in the form of a mobile battery. This research will focus on designing a mobile battery that can be used in various purposes and in various terrain conditions. Charging the mobile battery can be either AC or DC electricity. There are four (4) stages in the design of this mobile battery, namely design, component identification, assembly and testing. This mobile battery has a capacity of 480 Wh with a battery voltage of 12V, 40Ah. There is also a battery temperature controller as a protection system that uses a microcontroller (Arduino), supercapacitors to overcome the need for large instantaneous currents and the use of low voltage disconnect (LVD) which serves to protect the battery from damage due to excessive discharge (overdischarge). Voltage and current stability are also a major concern in this testing phase.

Keywords: Portable Battery, Moveable Battery, Battery Management System, baterai bergerak.

ABSTRAK

Penggunaan baterai pada saat ini sudah sangat massif di berbagai sisi kehidupan terutama berfungsi sebagai pemberi daya pada perangkat listrik seperti mobile phone, mobil listrik, dll. Kebutuhan pemenuhan energi listrik sangat penting, terutama sumber energi listrik yang bisa dipergunakan di dalam segala keperluan dan kondisi yaitu berupa mobile battery (baterai bergerak). Penelitian ini akan difokuskan untuk melakukan rancang bangun mobile battery yang dapat dipergunakan di dalam berbagai keperluan dan berbagai kondisi medan. Pengisian daya pada mobile battery dapat berupa listrik AC ataupun DC. Ada empat (4) tahap dalam rancang bangun mobile battery ini yaitu desain, identifikasi komponen, perakitan dan pengujian. Mobile battery ini mempunyai kapasitas sebesar 480 Wh dengan tegangan baterai 12V, 40Ah. Terdapat juga pengontrol suhu baterai sebagai salah satu sistem proteksi yang menggunakan mikrokontroler (Arduino), superkapasitor untuk mengatasi kebutuhan arus sesaat yang besar dan penggunaan low voltage disconnect (LVD) yang berfungsi untuk melindungi baterai dari kerusakan akibat discharge yang terlalu berlebihan (overdischarge). Kestabilan tegangan dan arus juga menjadi perhatian yang utama di dalam tahap pengujian ini.

Kata kunci: Portable Battery, Moveable Battery, Battery Management System, baterai bergerak.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal tersebut terjadi karena semakin meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Penggunaan teknologi, terutama perangkat elektronika semakin massif di masyarakat. Hal tersebut memacu penggunaan listrik yang semakin besar, maka secara otomatis ketergantungan masyarakat terhadap energi listrik semakin meningkat sehingga kebutuhan energi listrik sudah menjadi kebutuhan primer masyarakat.

Faktor yang juga mempengaruhi penggunaan perangkat elektronik seperti pendingin (AC), kulkas, mesin cuci, TV, termasuk kompor listrik induksi adalah meningkatnya level pendapatan masyarakat. Disamping itu permintaan energi listrik di sektor komersial (hotel, kantor), industri dan transportasi meningkat secara signifikan. Penggunaan energi listrik di sektor transportasi digunakan

untuk MRT, LRT, *monorail*, mobil listrik, motor listrik dan bus listrik. Permintaan energi listrik sektor transportasi walaupun pangsaanya paling kecil dibandingkan sektor lainnya, namun pertumbuhan rata-rata per tahun paling tinggi yaitu mencapai sekitar 9% [1]

Penggunaan energi listrik semakin meningkat tetapi disisi lain produksi bahan bakar utama seperti minyak bumi menunjukkan kecenderungan menurun dari 346 juta barel (949 ribu bph) pada tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel (778 ribu bph) di tahun 2018. Sedangkan untuk batubara, produksinya meningkat dengan capaian produksi pada tahun 2018 sebesar 557 juta ton dan porsi ekspor batubara mencapai 357 juta ton (63%) tetapi konsumsi batubara dalam negeri hanya mencapai 115 juta ton atau menurun dari target konsumsi nasional sebesar 121 juta ton [1]

Efek yang ditimbulkan dengan penggunaan pembangkit listrik konvensional (minyak bumi, batu bara) yaitu menghasilkan gas-gas, antara lain karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO₂), dan sulfur dioksida (SO₂) yang menyebabkan pencemaran udara yang dapat mengakibatkan hujan asam, smog dan pemanasan global [2].

Berdasarkan permasalahan diatas, maka diperlukan transisi energi, yaitu dari energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik konvensional menjadi energi listrik dari sumber listrik energi baru terbarukan (EBT) yang lebih ramah lingkungan. Sesuai PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan Terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050 [3].

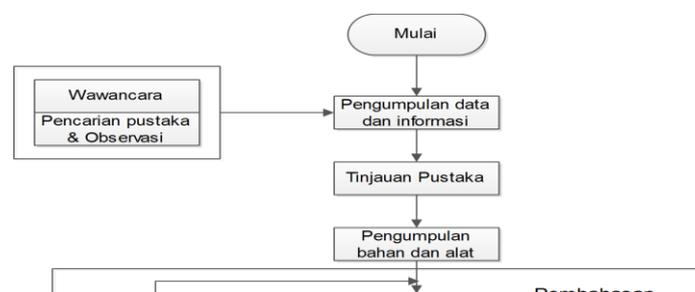
Perkembangan teknologi yang semakin pesat mempengaruhi gaya hidup masyarakat dalam melakukan kegiatan sehari-hari dan merupakan sarana pendukung aktivitas manusia serta mempermudah aktivitas manusia. Teknologi dan energi listrik saling berkaitan karena teknologi membutuhkan pasokan listrik sehingga dibutuhkan energi listrik yang mendukung aktivitas manusia. Oleh karena itu, dibutuhkan evolusi di dalam sistem ketenagalistrikan yaitu perubahan penggunaan sumber energi listrik dari pembangkit konvensional (menggunakan bahan bakar fosil) menjadi EBT dan sistem ketenagalistrikan dari *centralized power* ke *decentralized power* sehingga pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat dapat terwujud. Salah satu dari pengembangan dari *decentralized power* adalah *mobile battery* yang dapat dipergunakan di dalam berbagai keperluan dan berbagai kondisi medan. Pengisian dan output daya pada *mobile battery* dapat berupa listrik AC ataupun DC.

Mobile battery akan dirancang dan dibuat dengan kapasitas bervariasi dari 500 Wh sampai dengan 1000 Wh berbasis baterai lithium-ion yang dirangkai dengan sebuah *battery management system* (BMS) yang berfungsi sebagai pelindung baterai dari overcharging dan discharging (SOC=20% dan DOD=80%) sehingga sirkuit dapat memutus arus pada rangkaian baterai secara otomatis terutama pada saat terjadi overcurrent, overheat, undervoltage dan overvoltage serta dilengkapi dengan digital monitor LCD wattmeter yang berguna untuk mengukur jumlah daya yang masuk dan daya keluaran agar penggunaan daya dapat dikontrol dengan baik. Kapasitas dari alat ini dirancang secara variatif yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban. Pengembangannya juga ditingkatkan untuk memenuhi kualitas dan peningkatan berbagai kebutuhan yang ada di masyarakat sehingga pengelolaan energi dapat ditingkatkan menjadi lebih efisien [4].

Di dalam *mobile battery* juga akan dilengkapi dengan penggunaan sensor suhu yang akan mendeteksi suhu di dalam alat tersebut sehingga proses pendinginan akan berjalan ketika suhu panas terdeteksi. Penggunaan kapasitor digunakan untuk melindungi dan menjaga keandalan baterai sebagai alat penyimpanan utama. Sesuai dengan karakteristik kapasitor yang berfungsi untuk menyimpan dan melepaskan energi dengan cepat dan berbeda dengan baterai lithium pada umumnya yang perlu waktu lama untuk charging dan melepaskan energi yang dibutuhkan [5].

2. METODE PENELITIAN

Teknis tahapan metode penelitian yang akan dilakukan diberikan oleh diagram alir pada Gambar 1. Berikut adalah penjelasan detail dari masing-masing tahap.



Gambar 1. Alur Kegiatan Penelitian

Di dalam tahap pertama yaitu tahap desain/perancangan akan dilakukan proses analisa komponen yang dibutuhkan berdasarkan output yang diinginkan, mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material dan toleransi dari seluruh komponen serta standar komponen, terutama komponen-komponen utama seperti baterai, penyearah arus (*rectifier*), kapasitor penyaring (*filter capacitor*), *battery management system (BMS)* dan mikrokontroler.

Tahap II. Pengumpulan data dan informasi. Tahap perencanaan terdapat dua kegiatan yaitu studi pustaka dan wawancara.

a. Studi Pustaka dan wawancara

Mencari, membaca, dan memahami kinerja sistem tenaga surya, dan *mobile battery technology* dari buku, literatur maupun internet. Melakukan diskusi, tanya jawab dan wawancara seputar *mobile battery technology* dan baterai kepada pakar elektro

b. Identifikasi Komponen

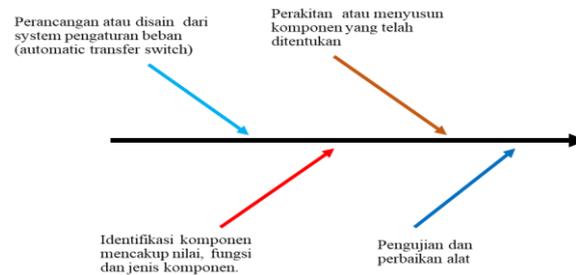
Proses identifikasi komponen yang dibutuhkan dalam merancang sebuah *mobile battery technology* dengan kapasitas daya tersimpan 480 Wh. Di dalam proses identifikasi mencakup analisa nilai, fungsi dan jenis komponen dari disain yang sudah di rancang dan akan dipakai di dalam *mobile battery technology*.

Tahap III. Pembuatan Proyek atau Perakitan. Tahap perakitan komponen, yaitu proses penyusunan dan penyatuan semua bagian komponen sesuai dengan desain yang telah dibuat. Setelah semua komponen sudah teridentifikasi baik secara fungsi dan nilai maka komponen tersebut mulai dirakit atau disatukan sesuai dengan disain yang telah dibuat sehingga dapat menghasilkan tegangan output yang diinginkan.

Tahap keempat adalah tahap pengujian dan perbaikan yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dari alat yang telah dibuat sesuai dengan hasil yang diinginkan. Dalam hal ini, pengujian alat mencakup pengujian tegangan dan arus baik input maupun output serta dilakukan perbaikan jika hasil dari pengujian tidak sesuai dengan yang diharapkan. Kestabilan tegangan dan arus juga menjadi perhatian yang utama di dalam tahap pengujian ini.

Peta jalan penelitian akan dilakukan selama periode satu tahun yang diusulkan dapat dilihat pada gambar 2. Penelitian akan dilakukan selama satu tahun dengan beberapa tahapan yang akan dilakukan yaitu desain (perancangan) alat, indentifikasi komponen, perakitan, dan pengujian dan perbaikan alat. Pada awal penelitian, perancangan alat sistem pengaturan suplai beban akan difokuskan pada disain rangkaian alat. Komponen-komponen utama alat sistem pengaturan suplai beban akan diidentifikasi meliputi spesifikasi dari bentuk, material dan toleransi serta nilai dari

masing-masing komponen sehingga diharapkan output yang dihasilkan akan sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 2. Roadmap Penelitian Selama Periode Satu Tahun.

2.1. Baterai

Baterai (*battery*) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Pada penelitian ini digunakan baterai jenis *Li-Ion (Lithium-Ion)* yaitu merupakan jenis baterai yang paling banyak digunakan pada peralatan elektronika portabel.

Mekanisme kerja baterai lithium didasarkan pada ion lithium yang sifatnya reaktif tinggi. Ion ini sebenarnya adalah atom lithium minus satu elektron, yang membuatnya menjadi muatan elektron positif. Pada saat pelepasan, anoda (elektroda bermuatan positif) menciptakan ion-ion ini, yang kemudian mencapai katoda (elektroda bermuatan negatif) dengan melewati separator dan elektrolit cair. Ion bersatu kembali dengan elektron di katoda dan tetap dalam kondisi yang sama sampai menghubungkan baterai ke pengisi daya, yang akan mengulangi seluruh proses secara terbalik. Penggabungan ion dengan elektron menciptakan daya listrik yang dapat digunakan untuk menjalankan berbagai hal [6].

Lithium-Polymer memiliki standar yang lebih baik bila dibandingkan dengan baterai NiMH seperti memiliki massa yang lebih ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk, memiliki kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar, serta memiliki tingkat discharge rate energi yang tinggi. Baterai Li-on merupakan pilihan terbaik apabila dilihat dari segi massa baterai karena memiliki massa yang ringan. Sedangkan apabila dilihat dari segi keamanan dan ekonomi baterai Ni-MH merupakan pilihan yang terbaik [7].

Baterai lithium-ion telah digunakan sebagai media penyimpan energi listrik portabel karena memiliki densitas energi tinggi dan siklus hidup yang panjang. Bahan yang umum digunakan sebagai katoda pada baterai lithium-ion adalah lithium cobalt oxide (LiCoO_2). Saat ini telah dikembangkan baterai lithium-ion dari lithium iron phosphate (LiFePO_4) sebagai bahan pada katoda yang lebih murah, aman serta ramah lingkungan. Baterai lithium-ion menggunakan LiFePO_4 sebagai bahan pada katoda serta telah dilakukan pengujian baterai dengan melihat pengaruh luas elektroda terhadap karakteristik kinerja baterai dengan metode charge-discharge. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, baterai dengan luas elektroda (22×2) cm^2 dan arus pembebanan 3 mA memiliki kapasitas dan efisiensi paling besar dibandingkan luas elektroda lainnya dengan kapasitas baterai sebesar 3,183 mAh dan efisiensi sebesar 46,6%. Hasil yang didapat menunjukkan luas elektroda dapat mempengaruhi kapasitas dan efisiensi baterai [8].

Dewasa ini kendaraan listrik mulai berkembang dan didukung oleh teknologi baterai yang semakin baik seperti berukuran kecil dan mampu menyimpan energi yang besar. Salah satu jenis kendaraan listrik sederhana adalah sepeda listrik. Tulisan ini meninjau ketersediaan baterai dan battery charger untuk sepeda listrik yang ada di Indonesia. Tinjauan meliputi telaah terhadap spesifikasi teknis, manufacturer, vendor dari baterai dan battery charger. Survei menghasilkan data sebanyak 117 buah baterai dan 54 buah data charger. Baterai yang paling banyak tersedia adalah baterai VRLA 60% dan lithium-ion 40%. Tegangan baterai berkisar dari 6 hingga 48 volt dan yang paling banyak tersedia adalah tegangan 12 volt sebanyak 49%. Dari segi kapasitas, baterai tersedia dari 2.3 Ah hingga 235 Ah dan yang paling banyak adalah baterai dengan kapasitas 11.6 Ah sebanyak 14.5%. Tegangan battery charger yang tersedia berkisar dari 12 hingga 72 volt dengan yang paling banyak tersedia adalah jenis tegangan 24 hingga 29.5 volt sebanyak 20%. Dari segi arus output,

battery charger tersedia dari 1.0 hingga 4 ampere dan yang paling banyak adalah battery charger dengan arus output 2 ampere yaitu sebanyak 24% [9].

2.2. Penyearah Arus

Penyearah arus (*rectifier*) merupakan komponen di dalam *mobile battery* yang berfungsi untuk menyearahkan gelombang arus bolak balik (AC) dari sumber AC pada arus input sehingga *mobile battery* dapat menggunakan sumber arus yaitu AC. Pada penelitian ini digunakan penyearah gelombang penuh yang dilengkapi dengan kapasitor [10].

2.3. Kapasitor

Gelombang arus DC yang keluar dari *rectifier* akan disertai dengan harmonisa. Oleh karena itu fungsi dari kapasitor adalah sebagai filter untuk menekan riak yang terjadi selama proses penyearahan. Dalam penyearah, kita tidak memperoleh arus searah murni melainkan arus searah yang berubah secara periodik, jadi arus searah ini mengandung komponen arus bolak-balik.

Kapasitor merupakan alat penyimpanan muatan listrik yang dibentuk dari dua permukaan (piringan) yang berhubungan, tetapi dipisahkan oleh suatu penyekat. Kapasitor memiliki kapasitansi dan kerapatan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan baterai sehingga memiliki waktu pengisian (charging) dan pengosongan (discharging) yang cepat, serta umur pemakaian yang panjang. Sebagai stabilizer kapasitor berfungsi untuk menjaga kestabilan tegangan dan arus pada listrik. Sebuah kapasitor yang disambungkan ke sebuah sumber daya arus searah (direct current – DC) dengan seketika akan menjadi bermuatan oleh karena itu tegangan antara kedua pelatnya adalah sama dengan tegangan sumber daya sehingga ketika kapasitor tersebut dilepaskan dari sumber daya, kapasitor tetap mempertahankan muatannya [11].

Superkapasitor yang telah banyak diproduksi secara komersil hanya memiliki besar tegangan terminal 2,3 - 2,7 Volt. Untuk dapat digunakan sebagai pengganti baterai dengan tegangan kerja yang lebih besar, maka harus dibangun superkapasitor susunan yang terdiri dari beberapa superkapasitor yang dihubungkan secara seri sebagai pengganti baterai yang memiliki tegangan dan kapasitas 3.6 V dan 0.9 Ah. Superkapasitor susunan dapat menggantikan baterai, yang diperoleh dari pengamatan waktu pengisian (charging time) dan waktu pengosongan (discharging time) muatan superkapasitor susunan. Dari hasil simulasi dan analisis diperoleh bahwa superkapasitor susunan dapat menggantikan baterai tersebut dengan lama waktu pengganti: untuk 2-superkapasitor selama 23,5 detik, untuk 3-superkapasitor 30,5 detik, dan untuk 4-superkapasitor selama 30,1 detik [12].

Pemasangan kapasitor daya dalam jaringan listrik merupakan pemasangan kapasitor yang dilakukan secara paralel pada suatu intalasi listrik untuk menaikkan efisiensi faktor daya ($\cos\phi$). Hal tersebut bertujuan mengetahui pengaruh penambahan kapasitor daya pada beban-beban induktif terhadap kualitas listrik yang dipakai. Penambahan kapasitor daya menimbulkan pengaruh terhadap beban listrik. Pengaruh tertinggi didapatkan dari penambahan kapasitor terhadap beban showcase. Penambahan kapasitor yang terpasang pada beban listrik minimarket terbukti berpengaruh terhadap arus dan faktor daya beban listrik. Semakin tepat nilai kapasitor yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai faktor daya beban listrik mendekati angka 1 [13].

2.4. Battery Management System (BMS)

Battery management system (BMS) adalah perangkat yang digunakan untuk menyeimbang, pemantauan dan proteksi pada baterai yang disusun secara seri. BMS dilengkapi dengan *passive cell balancing*, sensor tegangan setiap baterai, sensor arus, sensor suhu dan rangkaian proteksi yang berfungsi untuk memutus arus. Rangkaian proteksi dapat memutus arus pada rangkaian baterai saat kondisi *overcurrent*, *overheat*, *undervoltage* dan *overvoltage*. BMS sangat penting dalam sistem baterai Lithium-Ion. Perangkat ini mengelola kontrol waktu-nyata dari setiap sel baterai, berkomunikasi dengan perangkat eksternal, mengelola perhitungan SOC, mengukur suhu dan tegangan. Pilihan BMS menentukan kualitas dan masa pakai baterai akhir. Beberapa jenis BMS dapat digunakan tergantung pada aplikasi yang dimaksud dan fitur yang diinginkan [14].

2.5. Inverter

Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). Panel surya menghasilkan arus searah (DC) yang digunakan untuk mengisi baterai dan mensuplai beban. Inverter digunakan untuk mengubah arus searah dari panel surya dan baterai untuk diubah menjadi arus bolak balik (AC) disebabkan beban yang akan disuplai menggunakan arus bolak balik sebagai sumber energi listriknya. Di dalam penelitian ini digunakan inverter dengan jenis Pure Sin Wave. Inverter Pure Sin Wave mempunyai kelebihan yaitu tegangan yang dihasilkan

(output) merupakan gelombang sinus murni sehingga mampu memberikan tegangan ke induktor mencapai titik terbaiknya sekitar 80% dan mempunyai tingkat keamanan yang baik karena gelombang outputnya berupa gelombang sinus [15].

2.6. Arduino

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat sumber terbuka, diturunkan dari Wiring *platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan softwrenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai 'otak' yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di sekeliling kita. Misalnya handphone, MP3 player, DVD, televisi, AC, dll. Mikrokontroler juga dipakai untuk keperluan mengendalikan robot. Baik robot mainan, maupun robot industri. Karena komponen utama Arduino adalah mikrokontroler, maka Arduino pun dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan kita.

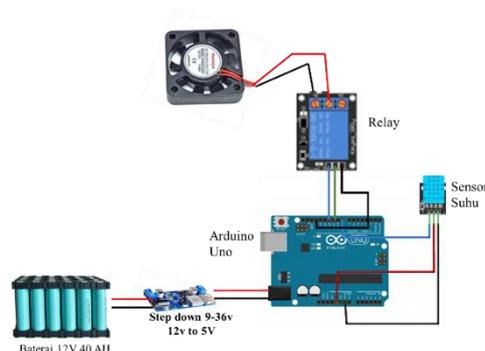
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Alat



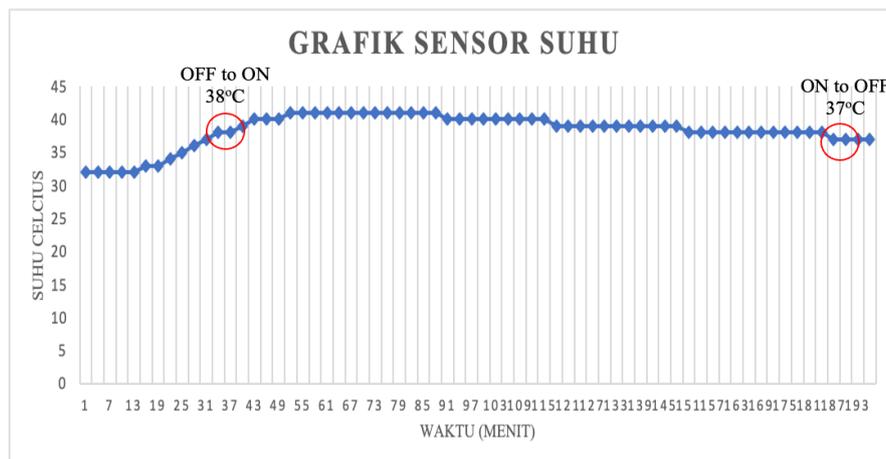
Gambar 3. Arduino UNO

- Microcontroller : ATmega328P
- Operating Voltage : 5V
- Input Voltage (recommended) : 7-12V
- Input Voltage (limit) : 6-20V
- Digital I/O Pins : 14 (of which 6 provide PWM output)
- PWM Digital I/O Pins : 6
- Analog Input Pins : 6
- DC Current per I/O Pin : 20 mA
- DC Current for 3.3V Pin 50 mA
- Flash Memory : 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
- SRAM : 2 KB (ATmega328P)
- EEPROM : 1KB (ATmega328P)
- Clock Speed : 16 MHz, Length : 68.6 mm, Width : 53.4 mm

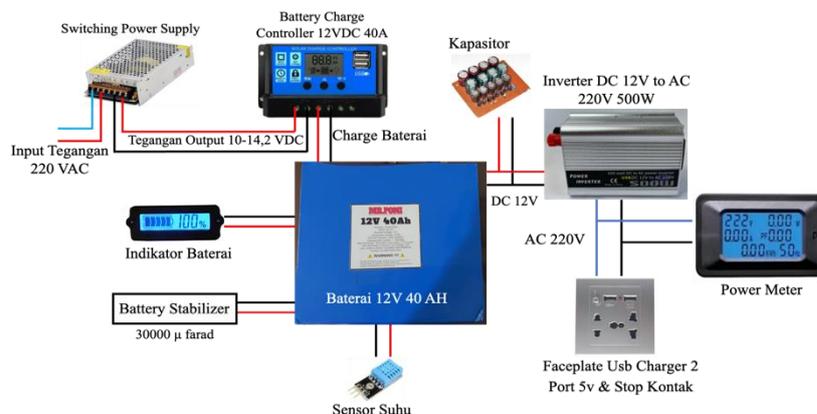


Gambar 4. Rangkaian sensor suhu

Thermistor merupakan salah satu sensor suhu yang sangat mudah untuk digunakan. Karakteristik thermistor adalah terjadinya perubahan tahanannya ketika terjadi perubahan suhu disekitarnya. Ketika thermistor mendeteksi kenaikan suhu maka resistansi thermistor akan mengecil dan ketika resistansi thermistor lebih kecil dari resistansi variabel resistor sebagai pembagi tegangannya maka akan ada arus yang mengalir ke basis transistor, sehingga relay akan aktif dan led berwarna merah yang mengindikasikan bahwa indikator panas akan aktif. Sebaliknya jika suhu yang dideteksi thermistor kecil maka resistansi pada thermistor akan menjadi besar, lebih besar dari pembagi tegangannya dan tidak ada arus yang mengalir ke basis transistor, sehingga relay tidak aktif dan led berwarna hijau yang mengindikasikan bahwa indikator suhu tidak panas aktif. Pengujian kerja dari sensor suhu pada *mobile battery* menggunakan simulasi dengan suhu ruangan sekitar 20-25 °C dan heater blower sebagai sumber panas dengan suhu 50-60°C. Pengaturan dilakukan pada sensor suhu yaitu sensor suhu akan bekerja atau *ON* pada suhu 38°C (batas atas) dan tidak bekerja atau *OFF* pada suhu 37 °C (batas bawah). Pengaturan batasan suhu pada sensor suhu berhubungan dengan kerja dari kipas angin, jika suhu sudah melebihi batas atas suhu yaitu 38°C maka sensor suhu bekerja dan kipas angin akan menyala untuk melakukan pendinginan komponen pada *mobile battery*, terutama baterai. Jika setelah dilakukan pendinginan dan suhu menurun serta menyentuh batas suhu bawah yaitu 37°C maka sensor suhu dan kipas angin tidak bekerja atau *OFF*. Hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Rangkaian sensor suhu



Gambar 6. Rangkaian kalipi

Pada tahap perakitan, semua komponen yang diperlukan dirakit sesuai dengan rangkaian kalipi yang telah di desain. Selanjutnya komponen-komponen tersebut dihubungkan antara satu komponen dengan komponen yang lain menggunakan penghantar. Penghantar yang digunakan mempunyai

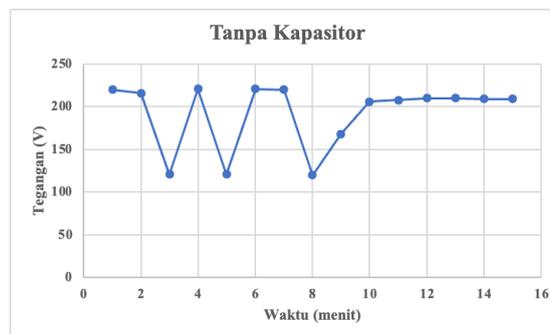
beberapa ukuran antara lain berukuran 1,5mm, dan 2,5mm untuk rangkaian DC dan AC. Komponen yang telah dirakit, dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 1. Pengukuran Rangkaian (Tanpa Kapasitor)

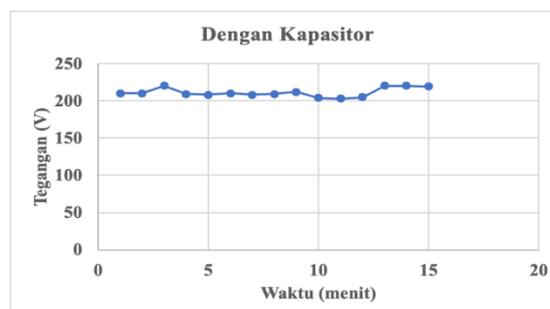
T (menit)	V	I	W	PF	Kapasitas Baterai (%)
1	220	0.02	2.29	0.68	88
2	216	0.01	2.21	0.68	88
3	121	0.01	0.77	0.49	88
4	221	0.02	2.16	0.64	87
5	121	0.01	0.76	0.52	86
6	221	0.02	2.12	0.68	85
7	220	0.02	2.09	0.67	85
8	120	0.01	0.73	0.49	85
9	168	0.01	1.29	0.58	85
10	206	0.01	1.83	0.68	85
11	208	0.01	1.84	0.67	85
12	210	0.01	1.88	0.68	84
13	210	0.01	1.86	0.68	84
14	209	0.01	1.89	0.68	84
15	209	0.01	1.87	0.68	84

Tabel 2. Pengukuran Rangkaian (Dengan Kapasitor)

T (menit)	V	I	W	PF	Kapasitas Baterai (%)
1	210	0.01	1.96	0.66	85
2	210	0.01	1.96	0.66	85
3	220	0.01	2.11	0.68	85
4	209	0.01	1.87	0.68	84
5	208	0.01	1.83	0.67	84
6	210	0.01	1.88	0.69	84
7	208	0.01	1.83	0.67	84
8	209	0.01	1.85	0.68	84
9	212	0.01	1.9	0.68	84
10	204	0.01	1.77	0.66	84
11	203	0.01	1.74	0.65	84
12	205	0.01	1.79	0.67	84
13	220	0.01	2.02	0.7	84
14	220	0.01	2.01	0.7	84
15	219	0.01	1.95	0.68	84



Gambar 7. Grafik tegangan terhadap waktu tanpa kapasitor



Gambar 8. Grafik tegangan terhadap waktu dengan kapasitor

Perbedaan utama antara baterai dan kapasitor adalah kapasitor menyimpan arus sebagai medan elektrostatis, sedangkan baterai menggunakan reaksi kimia untuk menyimpan arus dan kemudian melepaskannya. Baterai mampu dalam menyediakan energi yg besar, namun kurang dalam hal kerapatan daya. Kapasitor menyediakan kerapatan daya yang besar namun kurang dalam menyimpan energi. Karena kepadatan daya yang tinggi, sehingga kapasitor digunakan untuk mensuplai arus puncak yang besar. Disamping itu kapasitor memiliki waktu pengisian sangat cepat dan memerlukan waktu yang sangat singkat untuk mendapatkan muatan penuh.

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kapasitor yang dirangkai secara paralel dengan kapasitas 3000 μ F yang kemudian dihubungkan secara paralel dengan baterai. Pengukuran dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dengan lamanya waktu masing-masing pengukuran adalah 15 menit. Pada Tabel 1. didapatkan data pengukuran rangkaian *mobile battery* tanpa menggunakan kapasitor. Dapat dilihat pada Gambar 7., bahwa terjadi penurunan yang cukup signifikan pada menit ke 3, 5 dan 8. Penurunan tegangan tertinggi terjadi pada menit ke 8 yaitu turun dari 220 VAC menjadi 120 VAC, dengan selisih penurunan sebesar 100 VAC. Hal tersebut terjadi dikarenakan sifat baterai yang mempunyai kerapatan daya yang kecil sehingga tidak dapat mensuplai kebutuhan daya yang besar secara tiba-tiba pada beban, dalam hal ini tegangan dan arus. Sebaliknya, kapasitor mempunyai kerapatan daya yang besar sehingga jika beban membutuhkan suplai daya yang besar maka kebutuhan daya tersebut akan langsung disuplai oleh kapsitor secara cepat, hal tersebut dapat dilihat pada data-data pada Tabel 2. dan grafik pada Gambar 8. dimana tegangan pada kondisi stabil karena adanya suplai daya dari kapasitor ketika beban membutuhkan daya yang besar secara tiba-tiba.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berikut dapat diambil kesimpulan mengenai penelitian dengan judul “Rancang Bangun Mobile Battery Terproteksi Menggunakan Kapasitor Dan Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler”, berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas sebelumnya bahwa sensor suhu dapat bekerja dengan baik untuk melindungi *mobile battery* dari panas yang berlebih dengan pengaturan (*setting*) sensor suhu akan bekerja atau *ON* pada suhu 38 $^{\circ}$ C (batas atas) dan tidak bekerja atau *OFF* pada suhu 37 $^{\circ}$ C (batas bawah). Penggunaan kapasitor dengan kapasitas 3000 μ F yang kemudian dihubungkan secara paralel dengan baterai dapat bekerja dengan yaitu dengan menjaga kestabilan baterai pada *mobile battery* sehingga suplai daya pada beban dapat berjalan dengan stabil.

4.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan yaitu penggunaan mikrokontroler dapat diperluas lagi yaitu dapat mendeteksi pergerakan beban dan penggunaan *supercapacitor* untuk menjaga kestabilan suplai beban serta kapasitas baterai yang ditingkatkan mencapai 1000Wh sehingga dapat dipakai untuk kebutuhan yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN (IT PLN) yang telah memberikan dukungan berupa dana penelitian sehingga penelitian yang penulis lakukan dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Siswanto, "Outlook Energi Indonesia," *Outlook Energi Indonesia 2019*, 2019.
- [2] I. N.Finahari, D. H.S. and H. Susiati, "GAS CO₂ DAN POLUTAN RADIOAKTIF DARI PLTU BATUBARA," *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, pp. Vol. 9 No.1, Juni 2007, 2007.

- [3] V. N. Setiawan, "Bahan Bakar Fosil Menipis, ESDM Dorong Transisi Energi," Rabu (21) Oktober 2020. [Online]. Available: <https://katadata.co.id/sortatobing/ekonomi-hijau/5f90073b81977/bahan-bakar-fosil-menipis-esdm-dorong-transisi-energi>.
- [4] H. R. Iskandar, C. B. Elysees, R. Ridwanulloh, A. Charisma and H. Yuliana, "ANALISIS PERFORMA BATERAI JENIS VALVE REGULATED LEAD ACID PADA PLTS OFF-GRID 1 KWP," *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah*, pp. Vol. 13, no.2, 2021.
- [5] W. Siagian, "ANALISIS PRINSIP KERJA PROSES CHARGE DAN DISCHARGE PADA CAPASITOR DENGAN RANGKAIAN RC," *JURNAL ILMIAH SIMANTEK*, pp. Vol.4, no.2, Mei 2020 .
- [6] D. Deng, "Li-ion batteries: basics, progress, and challenges," *Energy Science & Engineering*, p. Energy Science & Engineering, 2015.
- [7] M. T. Afif and I. A. P. Pratiwi, "ANALISIS PERBANDINGAN BATERAI LITHIUM-ION, LITHIUM-POLYMER, LEAD ACID DAN NICKEL-METAL HYDRIDE PADA PENGGUNAAN MOBIL LISTRIK - REVIEW," *Jurnal Rekayasa Mesin*, pp. Vol.6, No.2, 95-99 , 2015.
- [8] A. Satriady, W. Alamsyah, A. Hi Saad and S. Hidayat, "PENGARUH LUAS ELEKTRODA TERHADAP KARAKTERISTIK BATERAI LiFePO₄," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, pp. Vol. 06, No. 02 (2016) 43 – 48, 2016.
- [9] N. M. A. Wijaya, I. N. S. Kumara, C. G. I. Partha and Y. Divayana, "Perkembangan Baterai Dan Charger Untuk Mendukung Pemasayarakatan Sepeda Listrik Di Indonesia," *Jurnal SPEKTRUM*, pp. Vol. 8, No. 1, 2021.
- [10] A. P. Hakim, S. S. Suprpto and M. N. Farid, "Pengaruh Beban dan Filter Pada Penyearah AC-DC Terkendali Untuk Rangkaian Pengisi Li-ion Berbasis Bridge Rectifier dan Buck Converter Menggunakan Metode CC/CV," *JURNAL TEKNOLOGI TERPADU*, pp. VOL.1, no.9, April 2021 .
- [11] A. Sani, "Analisis Perilaku Superkapasitor Susunan Sebagai Pengganti Baterai," *JITEKH*, pp. Vol 6, No 1, 1-6, 2017.
- [12] A. Sani, "Analisis Perilaku Superkapasitor Susunan Sebagai Pengganti Baterai," *JITEKH, ISSN 2549-6646 Online*, pp. Vol 6, No 1, Tahun 2017, 1-6, 2017.
- [13] F. A. Noor, H. Ananta and S. Sunardiyo, "Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket," *Jurnal Teknik Elektro*, p. Vol. 9 No. 2, 2017.
- [14] I. and A. W. Aditya, "Rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) berbasis LabVIEW," *JURNAL TEKNOLOGI TERPADU*, p. VOL. 9 NO. 1, APRIL 2021.
- [15] L. Halim and O. , "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI AWAL SOLAR INVERTER UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF GRID," *JURNAL TEKNOLOGI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH*, p. Volume 12 No.1, Januari 2020.