



**TUGAS AKHIR – SF141501**

**PENGISIAN BATERAI *LITHIUM-ION*  
MENGUNAKAN TERMOELEKTRIK DENGAN  
GAS LPG 3KG SEBAGAI BAHAN BAKAR SUMBER  
PANAS**

**AGUNG KURNIAWAN  
NRP 0111144000035**

**Dosen Pembimbing  
Drs. Bachtera Indarto, M.Si  
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc**

**Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR – SF141501**

**PENGISIAN BATERAI *LITHIUM-ION*  
MENGUNAKAN TERMOELEKTRIK *GENERATOR*  
DENGAN GAS LPG 3KG SEBAGAI BAHAN BAKAR  
SUMBER PANAS**

**AGUNG KURNIAWAN  
NRP 0111144000035**

**Dosen Pembimbing  
Drs. Bachtera Indarto, M.Si  
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc**

**Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT – SF141501**

**CHARGING *LITHIUM-ION* BATTERIES USING  
TERMOELEKTRIK GENERATOR WITH 3KG LPG  
GAS AS A FUEL SOURCE OF HEAT**

**AGUNG KURNIAWAN  
NRP. 0111144000035**

**Advisor  
Drs. Bachtera Indarto, M.Si  
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc**

**Department of Physics  
Faculty of Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGISIAN BATERAI *LITHIUM-ION* MENGGUNAKAN  
TERMOELEKTRIK GENERATOR DENGAN GAS LPG  
3KG SEBAGAI BAHAN BAKAR SUMBER PANAS**

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas  
Akhir Program Strata 1  
Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**AGUNG KURNIAWAN**  
**NRP 01111440000035**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Drs Bachtera Indarto, M.Si**  
NIP. 19610404 199102.1.001



(.....)

**Drs. Hasto Sunarno, M.Sc**  
NIP. 19560331 198003.1.001



(.....)

Surabaya, Agustus 2018,



**PENGISIAN BATERAI *LITHIUM-ION* MENGGUNAKAN  
TERMoeLEKTRIK GENERATOR DENGAN GAS LPG  
3KG SEBAGAI BAHAN BAKAR SUMBER PANAS**

**Nama** : Agung Kurniawan  
**NRP** : 0111144000035  
**Jurusan** : Fisika, FIA ITS  
**Pembimbing** : Drs. Bachtera Indarto, M.Si  
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc

**Abstrak**

Indonesia merupakan negara kepulauan besar dimana distribusi listrik menjadi salah satu masalah yang sampai saat ini masih dihadapi. Penelitian “Pengisian Baterai *Lithium-ion* Menggunakan Termoelektrik Generator Dengan Gas Lpg 3 Kg Sebagai Bahan Bakar Sumber panas”, merupakan salah satu langkah yang dilakukan dengan harapan kedepannya mampu menjadi salah satu solusi dalam mengatasi ketersediaan energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lama waktu pengisian baterai *lithium-ion* dan mengetahui berat gas lpg yang terpakai selama proses pengisian baterai *lithium-ion* dengan menggunakan termoelektrik *SP184827145SA*. Pada penelitian ini, termoelektrik dipanaskan pada satu sisi dan didinginkan pada sisi lainnya. Tegangan yang dihasilkan termoelektrik digunakan untuk mengisi baterai *lithium-ion*, dan didapat pengisian baterai *lithium-ion* memerlukan waktu  $(7643 \pm 1)$  detik dengan konsumsi gas lpg sebesar  $(130 \pm 2,5)$  gram.

**Kata kunci:** Baterai *Lithium-ion*, Listrik, Pengisian Baterai, Termoelektrik.

**CHARGING *LITHIUM-ION* BATTERIES USING  
TERMOELEKTRIK GENERATOR WITH 3KG LPG GAS  
AS A FUEL SOURCE OF HEAT**

**Name** : Agung Kurniawan  
**NRP** : 0111144000035  
**Major** : Physics, Faculty of Science ITS  
**Advisor** : Drs. Bachtera Indarto, M.Si  
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc

**Abstract**

Indonesia is a large archipelago country where electricity distribution becomes one of the problems that until now still faced. Research "Charging Lithium-ion Battery Using Thermoelectric Generator With Gas Lpg 3 Kg As Fuel Source of heat", is one step done in the hope that the future can be one solution in overcoming the availability of electrical energy. The purpose of this research is to know the duration of lithium-ion battery charging and to know the weight of lpg gas used during lithium-ion battery charging process by using SP184827145SA thermoelectric. In this study, the thermoelectric was heated on one side and cooled on the other side. The resulting thermoelectric voltage is used to charge the lithium-ion battery, and lithium-ion battery charging takes  $(7643 \pm 1)$  second with the consumption of lpg gas  $(130 \pm 2.5)$  grams.

**Key words:** *Lithium-ion* Batteris, Electricity, Batteries Charging, Termoelektrik

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FIA ITS dengan judul: **“PENGISIAN BATERAI *LITHIUM-ION* MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK DENGAN GAS LPG 3KG SEBAGAI BAHAN BAKAR SUMBER PANAS”**

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Basuki Widodo dan dan Ibu Sri Aminah selaku orang tua, dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr.rer.nat Bintoro Anang Subagyo, S.Si., M.Si. selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Drs. Bachtera Indarto, M.Si dan Drs. Hasto Sunarno, M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar sekaligus Kepala Departemen Fakultas Ilmu Alam (FIA) ITS.
5. Seluruh Staff Pengajar di Departemen Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Optik, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Antara lain Sulthon, Janitra, Irvan, dan masih banyak lagi yang telah

membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.

7. Teman-teman seangkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan sistem modul generator listrik berbasis termoelektrik.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis  
Agung Kurniawan

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Abstrak... ..	iv
Abstract .. ..	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Termoelektrik Generator .....	5
2.2 Pengisian Baterai <i>Lithium-ion</i> .....	7
2.3 Gas LPG .....	8
BAB III METODOLOGI .....	9
3.1 Alat .....	9
3.2 Prosedur Penelitian .....	9
3.3 Studi Literatur.....	10
3.4 Sistem Pemanas .....	10
3.5 Sistem Pendingin .....	12
3.6 Sistem Sensor .....	13
3.7 Penyusunan Alat .....	13
3.8 Pengambilan Dan Pengolahan Data.....	14

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Pengisian Baterai Lithium-ion.....	17
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	23
5.1 Kesimpulan.....	23
5.2 Saran .....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	25
LAMPIRAN .....	27
Foto Alat.....	27
Datasheet .....	31
BIODATA PENULIS.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konfigurasi efek seebeck (Goldsmid, 2010). .....	5
Gambar 2. 2 Konfigurasi Termoelektrik (Puspita, 2017). .....	6
Gambar 3. 1 Prosedur penelitian .....	9
Gambar 3. 2 Pembagian titik pada termoelektrik .....	10
Gambar 3. 3 Model pemanas dengan konfigurasi 5 kolom dan 13 baris .....	11
Gambar 3. 4 Rangkaian pemanas .....	12
Gambar 3. 5 Waterblock.....	12
Gambar 3. 6 Susunan sistem pemanas, sistem pendingin, dan sistem sensor.....	13
Gambar 3. 7 Diagram pengambilan data .....	14
Gambar 4. 1 Arus pengisian baterai <i>lithium-ion</i> selama satu jam	18
Gambar 4. 2 Tegangan baterai <i>lithium-ion</i> .....	20
Gambar 4. 3 Arus pengisian penuh baterai <i>lithium – ion</i> . .....	21
Gambar 4. 4 Pengosongan baterai <i>lithium-ion</i> dengan arus 1A ..	22

## DAFTAR LAMPIRAN

Foto Alat.....	27
<i>Datasheet</i> .....	31

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan untuk kelangsungan hidup. Dari Benjamin Franklin hingga Nikola Tesla, listrik sudah menjadi simbol kemajuan teknologi. Kata listrik sering menggambarkan suatu alat – alat teknologi yang maju, seperti lampu, motor listrik, komputer, dan handphone (Giancoli, 2005). Di zaman yang serba modern saat ini, manusia sangat bergantung pada teknologi yang menggunakan sumber daya listrik, tujuannya tidak lain adalah untuk meringankan serta memberi peningkatan dalam berbagai bidang kehidupan. Misalnya saja, *handphone* yang sebelumnya hanyalah komunikasi nirkabel berkembang menjadi alat komunikasi multimedia yang dapat mengambil, merekam, bahkan memainkan suatu media multimedia (Mayrahma, 2015).

Indonesia merupakan salah satu negara yang memanfaatkan energi listrik untuk kebutuhan masyarakatnya. Meningkatnya akses listrik serta perekonomian nasional yang terus tumbuh, membuat konsumsi energi listrik masyarakat naik (katadata.co.id, 2017). Selain itu teknologi masa kini cenderung lebih memanfaatkan energi listrik. Dalam bidang komunikasi misalnya, menurut lembaga riset digital marketing Emarket, Indonesia merupakan pengguna aktif *smartphone* dengan lebih dari 100 juta orang (Ramayani, 2015). Kemajuan teknologi dalam bidang perdagangan juga menyebabkan konsumsi energi listrik meningkat. Berdasarkan data kementerian ESDM konsumsi listrik per-kapita mencapai 994,41 *kilo Watt hour* (kWh) hingga September 2017. Angka ini naik 3,98 persen dari posisi akhir 2016 sebesar 956,36 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan teknologi saat ini semakin membutuhkan energi listrik (katadata.co.id, 2017).

Di Indonesia masih ada daerah – daerah yang belum mendapatkan aliran listrik, contohnya saja daerah pedesaan Sulawesi Tengah dimana 244 desa yang belum teraliri listrik (Pontoring, 2018). Indonesia memiliki beberapa sumber energi alternatif, seperti panas bumi, cahaya matahari, air, angin, dan nuklir, namun energi yang paling potensial untuk digunakan langsung pada rumah – rumah hanya energi cahaya matahari dengan memanfaatkan *solar cell*. Hal ini dikarenakan energi alternatif seperti panas bumi dan angin memerlukan instalasi dalam skala besar, serta tidak semua daerah memiliki sumber air yang dapat digunakan sebagai energi alternatif, sedangkan nuklir hingga kini masih dalam tahap pelaksanaan awal.

Dari fakta tersebut, diperlukan suatu solusi lain agar masyarakat seperti didaerah Sulawesi tengah mendapat aliran listrik. Salah satu solusi pembangkit listrik adalah termoelektrik generator dimana termoelektrik generator merupakan generator listrik yang memanfaatkan sumber panas (Marlow, 2018). Termoelektrik generator sendiri memiliki keunggulan dapat digunakan selama sumber panas tersedia dan tidak harus bersumber dari bumi misalnya saja dari pembakaran sampah lingkungan, berbeda dengan *solar cell* yang harus digunakan saat ada cahanya matahari.

Pada penelitian sebelumnya termoelektrik generator ini mampu untuk mengisi baterai *lead acid* meskipun arus pengisian masih relatif kecil (Arifai, 2017). Oleh karena itu, pada penelitian ini peneliti mencoba untuk mendapat arus pengisian baterai yang cukup besar dan arus pengisian ini akan digunakan untuk mengisi baterai *lithium-ion* dengan performa yang lebih tinggi dibandingkan dengan baterai *lead acid* (Eelectronicsnotes, 2018).

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Berikut beberapa rumusan masalah yang muncul dari latar belakang penelitian Tugas Akhir ini:

1. Berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam pengisian baterai *lithium-ion* dengan menggunakan termoelektrik *SP184827145SA*?
2. Berapa berat gas lpg yang dibutuhkan untuk pengisian baterai *lithium-ion* dengan menggunakan termoelektrik *SP184827145SA* selama satu jam?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui lama waktu pengisian baterai *lithium-ion* dengan menggunakan termoelektrik *SP184827145SA*.
2. Mengetahui berat gas lpg yang terpakai selama satu jam proses pengisian baterai *lithium-ion* dengan menggunakan termoelektrik *SP184827145SA*.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan Masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Termoelektrik yang digunakan berjenis TEG *SP184827145SA*.
2. Baterai *lithium-ion* yang digunakan berjenis LGABC21865 M038B076A3 sebanyak dua buah.
3. Gas yang digunakan LPG 3 Kg

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah, pemanfaatan sumber panas untuk pengisian baterai *lithium-ion*.

### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

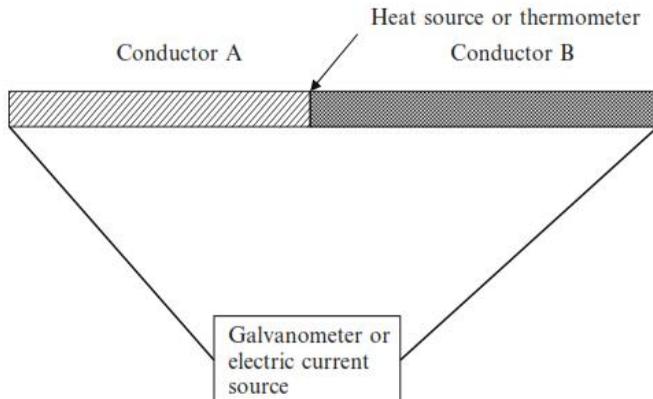
Penulisan makalah Tugas Akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi ringkasan dari penelitian. Bab I Pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan. Bab II Dasar Teori memuat tentang teori-teori pendukung penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Bab III

Metodologi Penelitian memuat tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil data dan pengolahan data serta analisis data. Bab V Kesimpulan dan Saran.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Termoelektrik Generator

Efek termoelektrik pertamakali ditemukan pada tahun 1821 oleh T.J. Seebeck. Beliau menunjukkan bahwa GGL (*electromotive force*) dapat dihasilkan dengan memanaskan sambungan diantara dua konduktor elektrik yang berbeda. Efek seebeck ini dapat dipraktekkan dengan cara membuat koneksi antara kawat logam yang berbeda jenis, misalnya tembaga dan besi. Kedua ujung dari persambungan kawat logam tersebut diberi alat ukur tegangan seperti galvanometer yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan tegangan. Jika sambungan antar dua kawat logam tersebut dipanaskan, maka pada galvanometer akan terdeteksi perubahan tegangan yang kecil. Konfigurasi ini ditunjukkan oleh Gambar 2.1

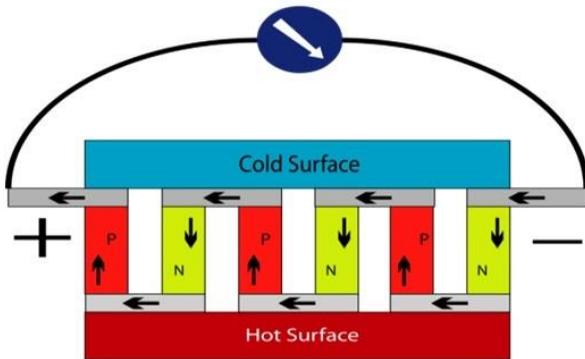


**Gambar 2. 1** Konfigurasi efek seebeck (Goldsmid, 2010).

Kedua kawat logam pada Gambar 2.1 dikatakan membentuk suatu termokopel. Dari hal ini ditemukan bahwa nilai dari tegangan termoelektrik sebanding dengan perbedaan

diantara temperature persambungan kawat logam dan pada koneksi galvanometer (Goldsmid, 2010).

Termoelektrik generator merupakan mesin panas penghasil listrik yang tersusun dari pasangan semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n yang disusun secara seri, konfigurasi ini ditunjukkan oleh Gambar 2.2



**Gambar 2. 2** Konfigurasi Termoelektrik (Puspita, 2017).

Gambar 2.2 menunjukkan penyusun termoelektrik terdiri dari bahan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor tipe-p merupakan semikonduktor intrinsik yang didoping dengan atom pembawa muatan positif, seperti fosfor. Semikonduktor tipe-p memiliki nilai koefisien seebeck positif. Semikonduktor tipe-n merupakan semikonduktor intrinsik yang didoping dengan atom pembawa muatan negatif, seperti boron (Marlow, 2018). Semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n secara elektrik disusun seri namun secara termal paralel. Susunan ini tidak membentuk sambungan p-n melainkan membentuk *couple* termoelektrik, sehingga dapat menghasilkan daya listrik (Alphabet Energy, 2018).

Panas yang diberikan pada sisi panas termoelektrik generator dialirkan menuju sisi dingin dari termoelektrik, sehingga dari proses ini terjadi arus listrik. Arus listrik yang dihasilkan menyebabkan polarisasi pada dua elektroda termoelektrik generator sehingga timbul beda potensial pada

kedua elektroda tersebut. Pada termoelektrik generator besarnya tegangan sebanding dengan perubahan temperatur (Puspita, 2017). Dibandingkan dengan generator panas konvensional, termoelektrik memiliki beberapa kelebihan, diantaranya ramah lingkungan, ukuran termoelektrik dapat menyesuaikan sumber panas yang akan dimanfaatkan, memiliki *life time* yang relatif lama dan tidak perlu perawatan yang intensif, tidak ada fenomena hubungan singkat (*short circuit*), dan tidak ada bagian termoelektrik yang bergerak, yang berarti tidak ada kebisingan serta dapat diandalkan.

## 2.2 Pengisian Baterai *Lithium-ion*

Baterai *lithium-ion* merupakan baterai yang memberikan performa tinggi. Agar didapat performa yang maksimal dari baterai *li-ion*, pengisian baterai *li-ion* harus dilakukan dengan cara yang tepat. Jika pengisian baterai *lithium-ion* dilakukan dengan cara yang salah, maka baterai tersebut akan mengalami gangguan dan performanya akan menurun, dan memungkinkan untuk meledak (Eelectronicsnotes, 2018).

Pengisian baterai *Lithium-ion* berbeda dengan pengisian baterai NiCads atau NiMH. Baterai *li-ion* merupakan baterai yang sensitif terhadap tegangan dari pada arus. Pengisian baterai *li-ion* mirip dengan pengisian baterai *lead acid*. Perbedaannya adalah *li-ion* memiliki tegangan yang lebih tinggi disetiap sel nya. Ketika baterai sudah tersisi penuh arus pengisian baterai *li-ion* harus dihentikan, karena baterai jenis ini tidak memperbolehkan pengisian yang berlebihan (*overcharging*) (Eelectronicsnotes, 2018).

Pengisian baterai *li-ion* memiliki dua tahap. Tahap yang pertama dari baterai *li-ion* adalah arus yang dikontrol (*constant current*). Biasanya arus yang digunakan sekitar 0.5 C dan 1 C. C merupakan kapasitas dari sel baterai *li-ion*, misalnya 2000mAh jika menggunakan 1 C maka arus pengisian sebesar 2000mA. Pada tahap ini, tegangan pada baterai sel *li-ion* terus naik, sampai batas potong tegangan pengisian (*cutoff charge voltage*) (Eelectronicsnotes, 2018).

Pada tahap kedua, baterai *li-ion* akan mengalami pengisian saturasi, dimana pada tahap ini tegangan baterai *lithium-ion* sudah mencapai tegangan potong pengisian. Pada tahap ini tegangan baterai *li-ion* akan ditahan tetap pada batas potong pengisian, dan arus pengisian perlahan akan turun hingga 10% dari arus pengisian (Eelectronicsnotes, 2018).

### 2.3 Gas LPG

LPG (*Liquified Petroleum Gas*), merupakan gas campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Gas LPG mengandung propana ( $C_3H_8$ ) dan butana ( $C_4H_{10}$ ) sebesar 97%, dan sisanya merupakan hidrokarbon ringan dalam jumlah kecil misalnya etana ( $C_2H_6$ ) dan pentana ( $C_5H_{12}$ ). Pada tekanan atmosfer LPG akan berbentuk gas, sedangkan untuk membuatnya menjadi cair tekanan gas dinaikkan dan suhu gas diturunkan. Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil daripada bentuk gas, karena itu LPG didistribusikan dalam bentuk cair didalam tabung – tabung bertekanan. Untuk memungkinkan terjadinya ekspansi panas (*Thermal Expansion*) dari cairan LPG, tabung LPG tidak diisi secara penuh, melainkan hanya 80 – 85 % dari kapasitas maksimumnya. Rasio volume penguapan LPG dalam bentuk cair ke bentuk gas berkisar 250:1 (Shagir, 2017).

Tekanan LPG pada wujud cair disebut tekanan uap, dan memiliki nilai yang bervariasi bergantung pada komposisi dan temperatur, sebagai contoh, dibutuhkan tekanan sekitar 220 kPa (2.2 bar) bagi butana murni dengan suhu sebesar 20 °C (68 °F) agar mencair, dan sekitar 2.2 MPa (22 bar) untuk propana murni dengan suhu sebesar 55 °C (131 °F). Oleh karena berat molecular serta kerapatan lebih tinggi pada kedua gas tersebut, nilai pembakaran *volumetric* yang dimiliki lebih tinggi dari gas alam lain. Bahan Bakar gas ini diangkut dan disimpan dengan tekanan yang berkisar antara 4 hingga 20 bar, tergantung tekanan atmosfer (Shagir, 2017).

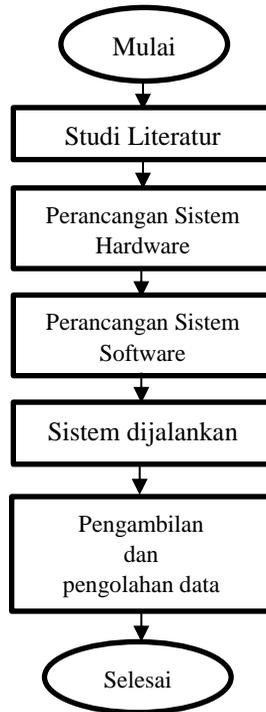
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Alat

Alat – alat yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah, *TEG SP184827145SA*, *Burner*, *Gas LPG*, *Imax B6AC Waterblock*, *Pompa Motor 6V*, *Arduino Uno R3*, sensor arus *ACS712*, *TM-903A (Thermometer Ultron)*, sensor tegangan, *Baterai Lithium-ion LGABC21865*, *4s Lithium-ion Balancer*.

### 3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan flow chart pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



**Gambar 3. 1** Prosedur penelitian

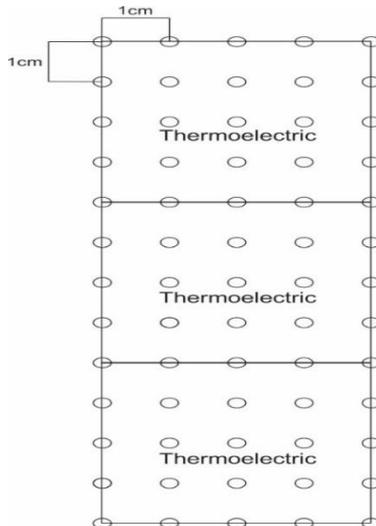
Gambar 3.1 menunjukkan prosedur penelitian dimulai dari studi literatur, setelah studi literatur dilakukan selanjutnya merancang sistem hardware. Sistem hardware terdiri dari sistem pemanas, sistem pendingin, dan sistem sensor. Setelah sistem hardware, dirancang sistem software untuk pengambilan data dan apabila semua sistem selesai dibuat, seluruh sistem dirangkai dan dioperasikan. Setelah semua sistem dijalankan, dilakukan pengambilan dan pengolahan data.

### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai dasar melakukan penelitian dari awal hingga pembuatan laporan akhir, juga berguna untuk melakukan analisis dan pembahasan data.

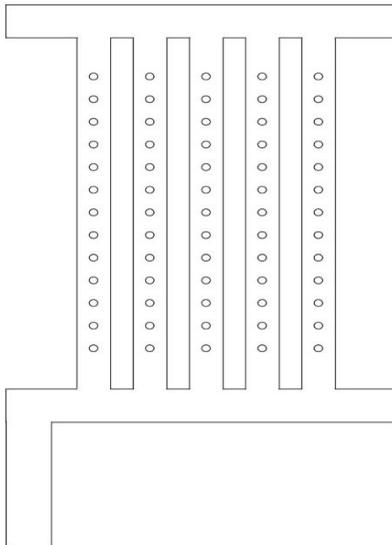
### 3.4 Sistem Pemanas

Pada penelitian ini, yang pertama kali dilakukan adalah membuat pemanas untuk termoelektrik. Model dari pemanas yang akan dibuat mengikuti konfigurasi pembagian titik dari termoelektrik sebagai berikut.



**Gambar 3. 2** Pembagian titik pada termoelektrik

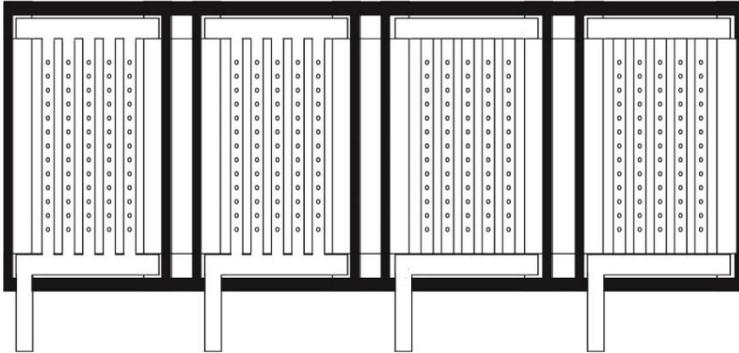
Gambar 3.2 menunjukkan tiga buah termoelektrik yang berukuran 4 x 4 cm dirangkai secara seri dan, diambil titik dengan jarak masing – masing titik 1 cm. Jarak 1 cm dipilih agar penggunaan gas lebih sedikit namun panas tetap merata, sehingga output dari termoelektrik lebih maksimum. Dari Gambar 3.2 didapatkan konfigurasi 65 titik yang terdiri dari 5 kolom dan 13 baris.



**Gambar 3. 3** Model pemanas dengan konfigurasi 5 kolom dan 13 baris

Model Gambar 3.3 merupakan pengembangan dari Gambar 3.2. Bahan yang digunakan pipa aluminium dengan ukuran diameter 6 mm untuk lubang api dan diameter 1,2 mm untuk saluran gas. Pipa aluminium dipilih karena pipa ini lebih lunak dari pipa besi, sehingga lebih mudah dalam melakukan pelubangan dan pemotongan. Pipa aluminium disambung dengan las dan lem tahan panas hingga membentuk seperti Gambar 3.3. Jumlah pemanas yang dibuat pada penelitian ini

sebanyak empat buah dengan total termoelektrik generator yang digunakan sebanyak 12 buah.



**Gambar 3. 4** Rangkaian pemanas

Gambar 3.4 menunjukkan empat buah pemanas yang dirangkai berdampingan. Hal ini dilakukan agar lebih ringkas dan mudah dalam mengoperasikan pemanas.

### 3.5 Sistem Pendingin

Pada penelitian ini sistem pendingin terdiri dari bak penampung air, pompa air 6v, dan *water block*.



**Gambar 3. 5** Waterblock

Gambar 3.5 menunjukkan Water block yang digunakan berukuran 4 x 12 x 1 cm dan berbahan alumunium, water block

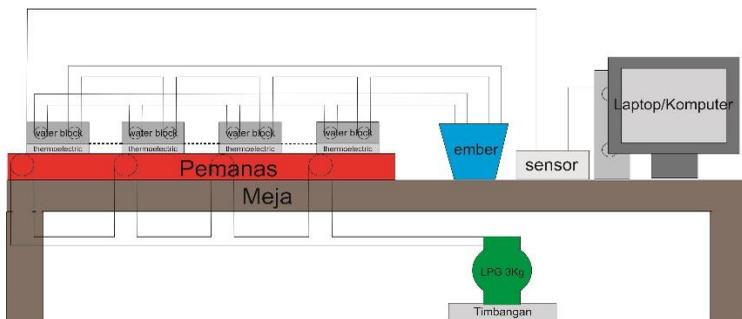
ini ditempatkan pada salah satu sisi termoelektrik dan dialirkan air menggunakan pompa air. Ketika termoelektrik dipanaskan, maka panas akan merambat dari satu sisi ke sisi yang lain. Ketika panas telah mencapai sisi lain dari termoelektrik, panas tersebut diserap oleh water block dan dipindahkan oleh air dengan bantuan pompa air 6v.

### 3.6 Sistem Sensor

Pada penelitian ini digunakan sensor tegangan, sensor arus, dan *Arduino Uno R3* untuk perekaman data. Sensor tegangan yang digunakan menggunakan prinsip pembagi tegangan, dengan target tegangan output sebesar 5V sehingga tegangan ini dapat di terima oleh *Arduino Uno R3*. Sensor arus yang digunakan menggunakan *ACS712 20A*, dengan maksimum arus yang dapat dibaca oleh sensor ini sebesar 20A. *Arduino* yang di pilih berjenis *Uno R3* dikarenakan *Arduino Uno R3* memiliki kecepatan *ADC 200 – 250 KHz* yang cukup untuk melakukan perekaman data tegangan, dan arus.

### 3.7 Penyusunan Alat

Setelah ketiga sistem disiapkan, ketiga sistem tersebut disusun seperti Gambar 3.6



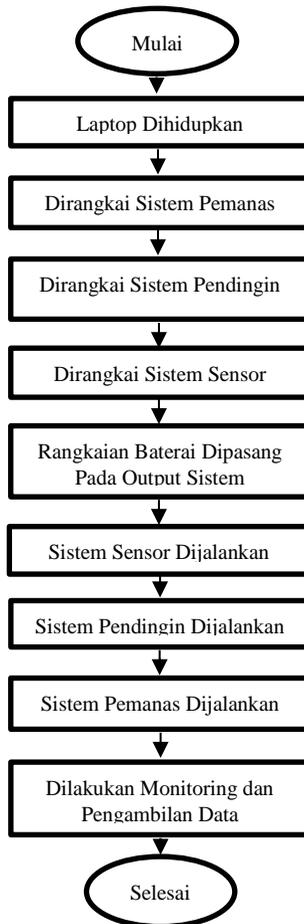
**Gambar 3. 6** Susunan sistem pemanas, sistem pendingin, dan sistem sensor

Gambar 3.6 menunjukkan susuan seluruh sistem. Pemanas dihubungkan ke gas lpg dengan menggunakan selang gas,

sedangkan *waterblock* dihubungkan ke ember berisi air dengan selang akuarium. Sensor dihubungkan dengan output pengisian baterai *li-ion* dan komputer untuk melakukan monitoring dan pengambilan data.

### 3.8 Pengambilan Dan Pengolahan Data

Pengambilan dan pengolahan data ditunjukkan oleh Gambar 3.7 sebagai berikut.



**Gambar 3. 7** Diagram pengambilan data

Gambar 3.7 menunjukkan pengambilan data dilakukan dengan cara merangkai semua sistem hardware, memasang semua sistem software pada *Arduino* dan menghubungkannya ke laptop. Rangkaian baterai *li-ion* dipasang pada output termoelektrik dan sistem sensor dijalankan terlebih dahulu sehingga laptop akan menampilkan data awal. Setelah sistem sensor selanjutnya menjalankan sistem pendingin, hal ini dilakukan untuk mencegah termoelektrik mengalami *overheat*. Setelah sistem pendingin dijalankan, barulah sistem pemanas dijalankan. Perubahan data akan terekam ke laptop.

Data yang didapat berupa tegangan baterai, arus yang masuk ke baterai, dan berat gas lpg yang digunakan dalam proses pengisian baterai. Data tersebut diolah dengan menggunakan *Microsoft excel*, dan hasil akhir dari data tersebut berupa grafik hubungan antar variabel.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

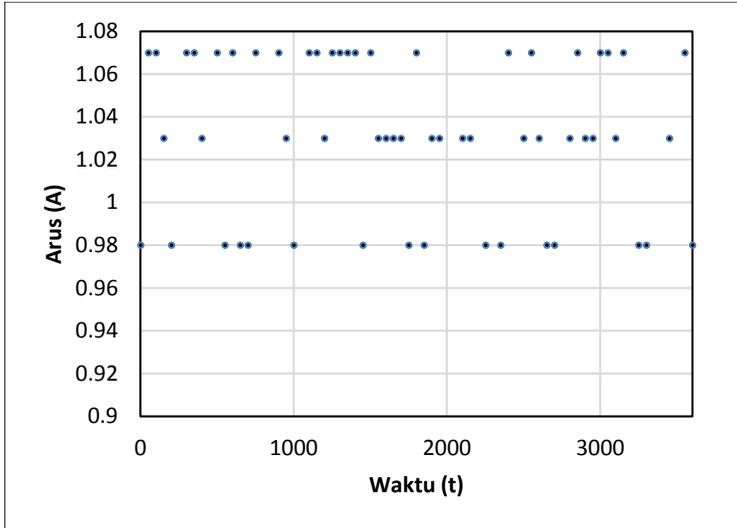
## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengisian Baterai Lithium-ion**

Setelah termoelektrik disusun pada sistem pemanas, serta dipasang sistem pendingin pada sisi dingin. Sistem yang pertama kali dioperasikan adalah sistem pendingin. Hal ini dilakukan agar ketika sistem pemanas dijalankan tidak terjadi *overheat* pada termoelektrik. Setelah sistem pendingin dijalankan, selanjutnya sistem sensor dijalankan dan akan merekam data awal serta perubahan nilai tegangan keluaran termoelektrik. Setelah sistem sensor, sistem pemanas dijalankan dengan derajat putar kran gas sebesar 30° dan jarak antara lubang api dengan plat sejauh 1,8 cm.

Pada penelitian ini, tegangan keluaran yang dihasilkan oleh termoelektrik mencapai nilai  $(11,97 \pm 0,02)$  V, yang merupakan tegangan tunak dari sistem termoelektrik pada penelitian ini. Tegangan keluaran termoelektrik dihubungkan dengan modul *mppt 5A lithium-ion charging* serta diatur tegangan keluaran *mppt* pada nilai tegangan maksimum dari baterai yang akan di *charge* dimana mengacu pada *datasheet* sebesar 8,6V. Hal ini dilakukan karena tegangan maksimum baterai juga merupakan batas dari pengisian (*cut off charging*). Sedangkan arus keluaran *mppt* ditargetkan pada 1A dengan menggunakan rangkaian tertutup sederhana menggunakan resistor 1 Ohm. Setelah kedua variable ini diatur maka, baterai dapat dihubungkan dengan output *mppt*, dan diperoleh data arus dan tegangan proses pengisian baterai sebagai berikut.



**Gambar 4. 1** Arus pengisian baterai *lithium-ion* selama satu jam

Gambar 4.1 menunjukkan fase arus konstan pengisian baterai *lithium-ion* selama satu jam dengan arus pengisian dari detik nol sampai  $(3601 \pm 2)$  detik terlihat mengalami fluktuasi, ada dua faktor yang mempengaruhi fluktuasi.

Faktor pertama naiknya suhu pada sisi dingin termoelektrik seiring meningkatnya suhu air pada sistem pendingin yang menyerap panas melalui *waterblock*, sehingga nilai delta suhu termoelektrik menurun menyebabkan fluktuasi pada tegangan keluaran termoelektrik (Arifai, 2017).

Pada penelitian ini debit air yang dialirkan menuju *waterblock* sebesar  $0,8 \frac{L}{menit}$  untuk mempertahankan suhu sisi dingin termoelektrik pada nilai  $28 - 30$  °C dan air diganti setiap 5 menit sebanyak 98,72 liter. Sehingga total air yang diperlukan selama satu jam sebanyak 117,72 liter.

Faktor yang kedua yaitu termoelektrik juga memiliki ke tak stabilan *output*, sehingga menyebabkan tegangan keluaran yang dihasilkan berfluktuasi (Arifai, 2017).

Pada penelitian sebelumnya, arus pengisian baterai *lead acid* sebesar 0.34 A (Arifai, 2017). Sedangkan dari data Gambar 4.1 diperoleh, arus stabil dari pengisian baterai sebesar 1,03 A Hal ini, menunjukkan pada penelitian ini didapat arus yang lebih besar dari penelitian sebelumnya.

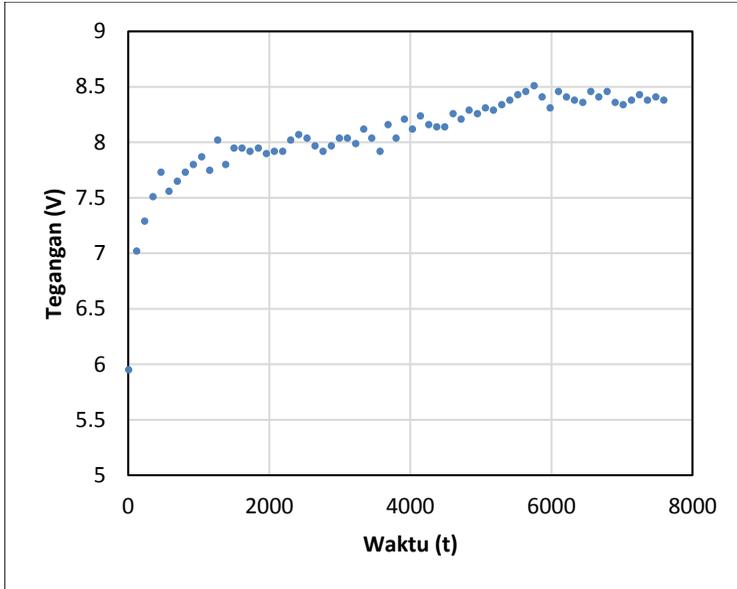
Konsumsi gas lpg selama satu jam pengisian baterai *li-ion* sebesar  $(130 \pm 5)$  gram. Dari 130 gram gas lpg yang digunakan selama selama satu jam mengandung 65 gram gas propan dan 65 gram gas butan. 65 gram propan menghasilkan energi sebesar 1803,75 KJ dan 65 gram butan menghasilkan energi sebesar 3222,8 KJ dengan asumsi pembakaran sempurna.

Panas yang dihasilkan dari pembakaran dikonversi menjadi listrik dengan termoelektrik dan selama satu jam, energi listrik yang tersimpan pada baterai sebesar 14,15 KJ atau 0.28 % dari total energi pembakaran. Hal ini dikarenakan beberapa faktor, faktor yang pertama sistem ini hanya memanfaatkan energi panas dari pembakaran, sedangkan pembakaran juga menghasilkan bentuk energi lain seperti cahaya yang dapat diamati selama proses pembakaran.

Faktor kedua, tidak seluruh panas terpakai pada sistem ini, melainkan terdapat panas yang terbuang ke lingkungan, hal ini dapat dirasakan selama proses pembakaran. Faktor ketiga tidak semua panas dari hasil pembakaran yang diserap termoelektrik dikonversi ke energi listrik.

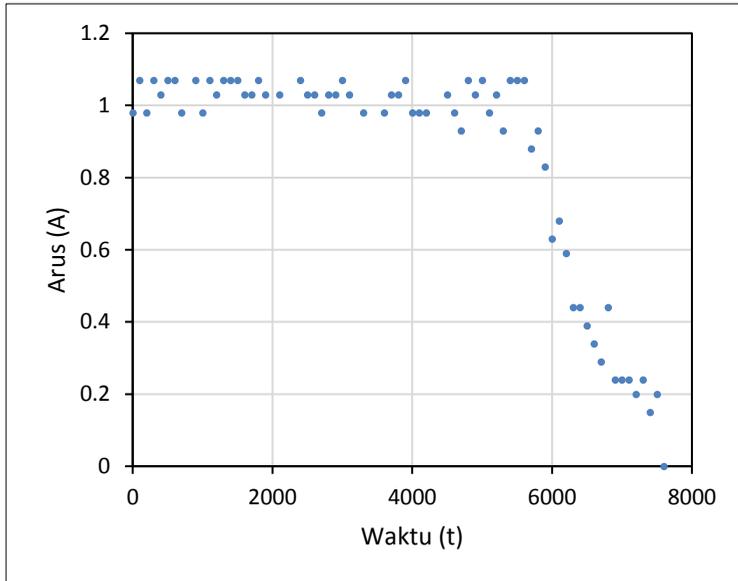
Faktor yang ke-empat tidak semua energi listrik yang dihasilkan termoelektrik disimpan pada baterai, hal ini dikarenakan pada pengisian baterai *lithium-ion* arus dan tegangan harus disesuaikan dengan baterai *lithium-ion*.

Pengisian baterai *lithium-ion* tidak dimulai dari 0V akan tetapi dimulai dari tegangan *Discharge Cut Off*, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** Tegangan baterai *lithium-ion*

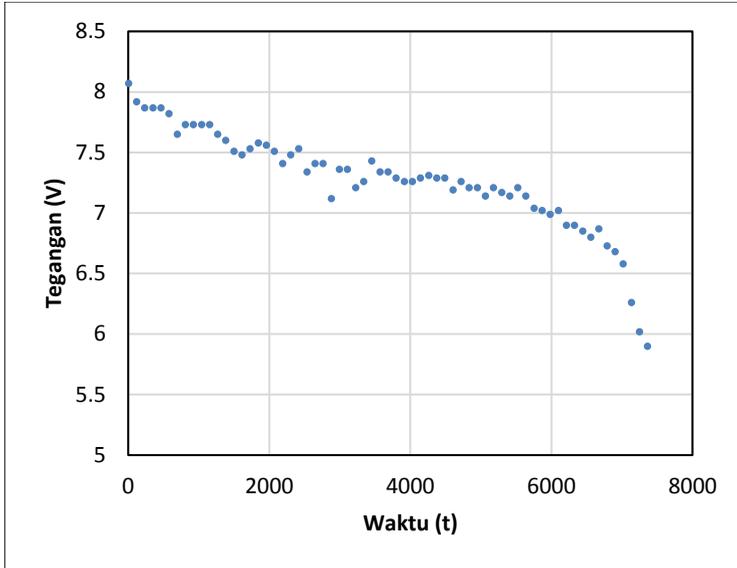
Gambar 4.2 menunjukkan tegangan baterai terus bertambah seiring bertambahnya waktu dari tegangan *discharge cut off* ( $5,95 \pm 0.02$ ) V hingga mencapai tegangan maksimumnya sebesar ( $8,43 \pm 0.02$ ) V pada detik ( $7643 \pm 2$ ). Apabila tegangan baterai mendekati tegangan maksimum, maka arus pengisian akan mengecil hingga menuju nol. Hal ini menandakan proses pengisian baterai *lithium-ion* memasuki fase kedua yaitu tegangan konstan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.3.



**Gambar 4. 3** Arus pengisian penuh baterai *lithium – ion*.

Gambar 4.3 menunjukkan fase tegangan konstan dimulai pada  $(5919 \pm 1)$  detik dengan tegangan baterai sebesar  $(8,29 \pm 0.01)$  V, turunnya arus pengisian pada  $(5919 \pm 1)$  detik merupakan salah satu pencegahan agar baterai *lithium-ion* tidak mengalami *over charge* yang dapat menyebabkan *life time* baterai menurun dan *over charge* pada rentan waktu lama baterai *lithium-ion* dapat mengalami kerusakan hingga meledak (*explosion*) (Guinness, 2018).

Setelah dilakukan pengisian baterai *lithium-ion*, dilakukan pengosongan baterai *lithium-ion* untuk mengetahui kapasitas asli dari baterai yang ditunjukkan oleh Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Pengosongan baterai *lithium-ion* dengan arus 1A

Gambar 4. 4 menunjukkan tegangan baterai turun dari  $(8,43 \pm 0.01)$  V ke  $(6,02 \pm 0.01)$  V selama  $(7471 \pm 1)$  detik, dengan arus pengosongan sebesar 1A hal ini menunjukkan kapasitas asli dari baterai yang digunakan sebesar 7471 As (*Ampere Second*).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian tugas akhir yang dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai *lithium-ion* 8,43v 7471 As dengan sistem termoelektrik yang telah dibuat selama  $(7643 \pm 1)$  detik.
2. Pengisian baterai *lithium-ion* selama satu jam menggunakan sistem yang telah dibuat memerlukan gas sebanyak  $(130 \pm 2,5)$  gram atau 3222,8 KJ.

#### **5.2 Saran**

Berikut merupakan saran untuk melakukan penelitian berikutnya,

1. Pemanas yang dibuat pada penelitian ini, kurang bisa digunakan untuk api kecil, maka dibutuhkan pengembangan desain pemanas yang memiliki sistem distribusi gas lebih baik.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Alphabet Energy, 2018. How Thermoelectric Generators Work [WWW Document]. Alph. Energy. URL <https://www.alphabetenergy.com/how-thermoelectrics-work/> (accessed 6.20.18).
- Arifai, S., 2017. Pemanfaatan Gas Lpg 3 Kg Sebagai Pemanas Thermoelectric Generator Untuk Pengisian Aki. Fisika, ITS.
- Eelectronicsnotes, 2018. Lithium Ion Battery Charging | Li-Ion Charging | Electronics Notes [WWW Document]. URL [https://www.electronics-notes.com/articles/electronic\\_components/battery-technology/li-ion-lithium-ion-charging.php](https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/battery-technology/li-ion-lithium-ion-charging.php) (accessed 6.20.18).
- Giancoli, D., 2005. Physics Principle With Application, 6th ed. Pearson Education, Inc, USA.
- Goldsmid, H.J., 2010. Introduction to Thermoelectricity, Springer Series in Materials Science. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Guinness, H., 2018. Why Do Lithium-Ion Batteries Explode? [WWW Document]. URL <https://www.howtogeek.com/338762/why-do-lithium-ion-batteries-explode/> (accessed 7.9.18).
- katadata.co.id, 2017. Berapa Konsumsi Listrik Perkapita Indonesia? - Databoks [WWW Document]. URL <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2017/11/16/berapa-konsumsi-listrik-perkapita-indonesia> (accessed 2.27.18).
- Marlow, 2018. How Do Thermoelectric Generators (TEGS) Work? [WWW Document]. URL <https://www.marlow.com/how-do-thermoelectric-generators-tegs-work> (accessed 6.20.18).
- Mayrahma, V., 2015. Perkembangan Teknologi di Indonesia [WWW Document]. KOMPASIANA. URL <https://www.kompasiana.com/vanessams/perkembangan-teknologi-di->

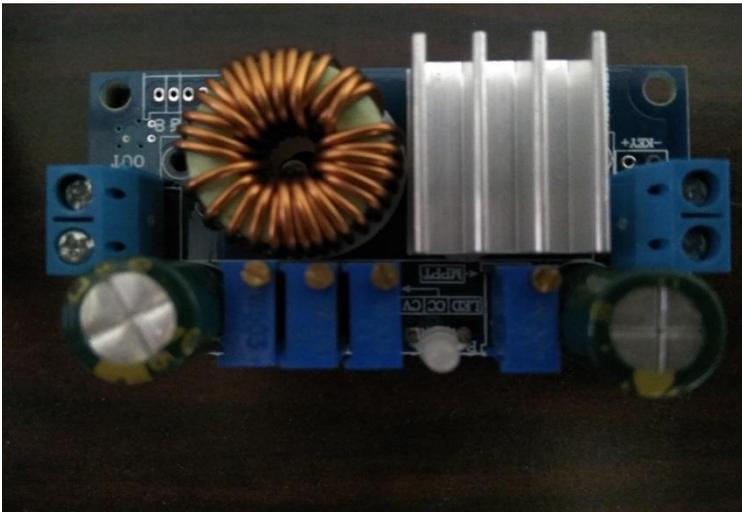
- indonesia\_55547634b67e615e14ba545b (accessed 2.20.18).
- Pontororing, M., 2018. 292 Desa di Sulutenggo Belum Teraliri Listrik [WWW Document]. metrotvnews.com. URL <http://news.metrotvnews.com/read/2018/02/09/829219/292-desa-di-sulutenggo-belum-teraliri-listrik> (accessed 2.20.18).
- Puspita, S.C., 2017. Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki 4.
- Ramayani, I., 2015. Indonesia Raksasa Teknologi Digital Asia [WWW Document]. Website Resmi Kementeri. Komun. Dan Inform. RI. URL [https://kominfo.go.id:443/content/detail/6095/indonesia-raksasa-teknologi-digital-asia/0/sorotan\\_media](https://kominfo.go.id:443/content/detail/6095/indonesia-raksasa-teknologi-digital-asia/0/sorotan_media) (accessed 2.27.18).
- Shagir, A., 2017. Alif MH - Shagir: Gas LPG (Liquified Petroleum Gas) - Pengertian, Sifat, Macam dan Jenis Gas LPG serta Penggunaannya. Alif MH - Shagir.

## LAMPIRAN Foto Alat

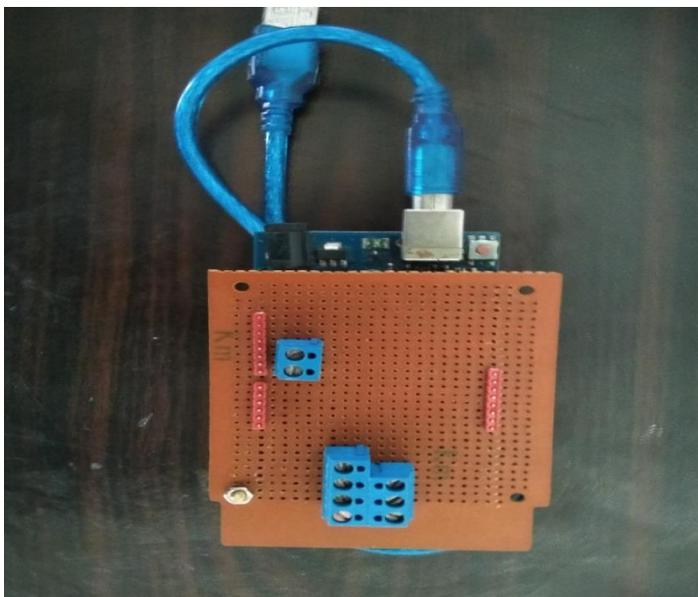
### 1. Pemanas



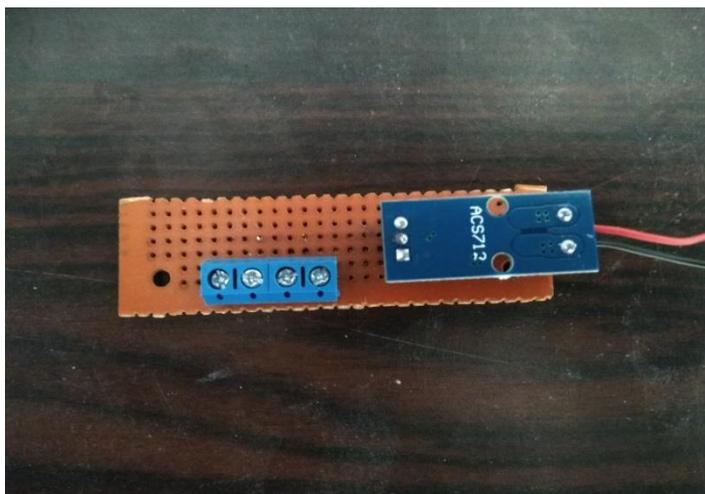
### 2. *Mppt 5A Lithium-ion Charging*



### 3. Arduino Uno R3



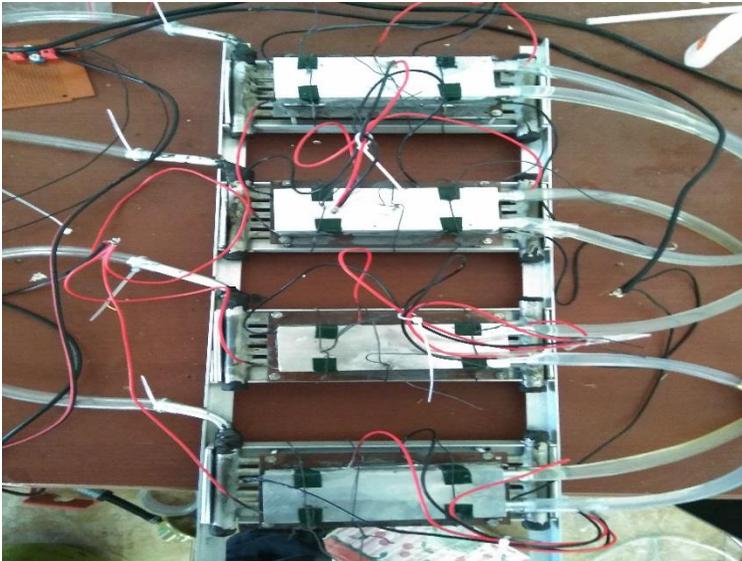
4. Sensor Arus ACS712



5. Baterai *Lithium-ion* LGABC21865 M038B076A3



## 6. Rangkaian Termoelektrik



*“Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan”*

# Datasheet

## 1. ACS712



ACS712

**Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**

### Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5  $\mu$ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at  $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m $\Omega$  internal conductor resistance
- 2.1 kV RMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



**Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)**



Approximate Scale 1:1

### Description

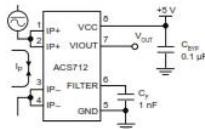
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ( $>V_{\text{OUT}(I_0)}$ ) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m $\Omega$  typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

*Continued on the next page...*

### Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal,  $V_{\text{OUT}}$ , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current,  $I_p$ , within the range specified.  $C_p$  is recommended for noise management, with values that depend on the application.

## ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

**Description (continued)**

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

**Selection Guide**

Part Number	Packing*	T <sub>A</sub> (°C)	Optimized Range, I <sub>P</sub> (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

\*Contact Allegro for additional packing options.

**Absolute Maximum Ratings**

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		5	V
Reverse Supply Voltage	V <sub>RECC</sub>		-0.1	V
Output Voltage	V <sub>OUT</sub>		5	V
Reverse Output Voltage	V <sub>REOUT</sub>		-0.1	V
Output Current Source	I <sub>OUT(SOURCE)</sub>		3	mA
Output Current Sink	I <sub>OUT(SINK)</sub>		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I <sub>P</sub>	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T <sub>A</sub>	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T <sub>J(MAX)</sub>		165	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>		-65 to 170	°C

**Isolation Characteristics**

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V <sub>ISO</sub>	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V <sub>WFSI</sub>	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V <sub>pk</sub>
Working Voltage for Reinforced Isolation	V <sub>WFRS</sub>	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	154	VDC or V <sub>pk</sub>

\* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro MicroSystems, LLC  
115 Northeast Calif  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.  
1 508 853 5000; www.allegromicro.com

## 2. Arduino Uno R3

### Arduino Uno



### Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip.

Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

[Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

- [Revision 3](#) of the board has the following new features:
- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
  - Stronger RESET circuit.
  - Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

### Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current per 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

### Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

**Note:** The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328. Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

### Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

### Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

### Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the ATmega8, 168, and 328 is identical.

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins. The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference and tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference, C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data. The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

### **USB Overcurrent Protection**

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

### **Physical Characteristics**

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

## 3. Lithium-ion LGABC21865



LG Chem

PowerChem

Lithium Ion ICR18650 C2 2800mAh

**PRODUCT SPECIFICATION**  
**CONFIDENTIAL**

Date  
2010-0414

Rev  
2

## 1. General Information

## 1.1 Scope

This product specification defines the requirements of the rechargeable lithium ion battery to be supplied to the Customer by LG Chem.

1.2 Application: Note PC

1.3 Product classification: Cylindrical rechargeable lithium ion battery

1.4 Model name: ICR18650C2

## 2. Nominal Specification

Item	Condition / Note	Specification
2.1 Capacity	Std. charge / discharge	Nominal 2800mAh ( $C_{nom}$ ) Minimum 2700mAh ( $C_{min}$ )
2.2 Nominal Voltage	Average	3.72V
2.3 Standard Charge (Refer to 4.1.1)	Constant current Constant voltage End current(Cut off)	0.5C (1350mA) 4.30V 50mA
2.4 Max. Charge Voltage		4.30V
2.5 Max. Charge Current		1.0C (2700mA)
2.6 Standard Discharge (Refer to 4.1.2)	Constant current End voltage(Cut off)	0.2C (540mA) 3.0V
2.7 Max. Discharge Current	-20 ~ 5 °C	0.5C (1350mA)
	5 ~ 45 °C	2.0C (5400mA)
	45 ~ 60 °C	1.5C (4050mA)
2.8 Weight	Approx.	Max. 50.0 +/- 3.0 g
2.9 Operating Temperature	Charge	0 ~ 45 °C
	Discharge	-20 ~ 60 °C
2.10 Storage Temperature (for shipping state)	1 month	-20 ~ 60 °C
	3 month	-20 ~ 45 °C
	1 year	-20 ~ 20 °C
2.11 Cell Voltage (for shipping state)	Voltage range	3.7 ~ 3.9V

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Agung Kurniawan merupakan nama dari penulis. Anak dari pasangan Basuki Widodo dan Sri A Aminah. Putra kelahiran Sidoarjo tanggal 28 Desember 1995. Memulai pendidikan di TK Dharma Wanita dan SDN Wedoro 1, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo. Melanjutkan pendidikan menengah di SMPN 1 Waru Kecamatan Waru. Pendidikan Atas di SMAN 1 Waru

Kabupaten Sidoarjo. Setelah itu melanjutkan di perguruan tinggi pada tahun 2014 di Jurusan Fisika ITS Hingga sekarang dengan NRP 01111440000035. Selain aktif di bangku perkuliahan penulis juga aktif di Lab Elektronika sebagai asisten Elektronika dasar dan turut serta dalam kepanitiaan Physics Summit.