



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR POTENSI ENERGI
THERMOELECTRIC DAN ENERGI SURYA
STUDI KASUS DI BLAWAN BONDOWOSO**

SKRIPSI

Oleh:

Erdiana Sofia

NIM 111910201003

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR POTENSI ENERGI
THERMOELECTRIC DAN ENERGI SURYA
STUDI KASUS DI BLAWAN BONDOWOSO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Elektro guna mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Erdiana Sofia

NIM 111910201003

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis bias menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan langkah awal kesuksesan menuju kesuksesan selanjutnya yang telah menanti di depan. Untuk itu saya ingin mempersembahkan karya ini kepada :

1. Ibuku Ainun Ma'rifah, Almarhum Ayahku Bambang Supriyadi, serta adikku Shinta Rohmatunikma, Shintia Rohmatunikma, Letisiyah Annisah terima kasih atas dukungan, ketulusan, kasih sayang, kesabaran, ketabahan dan doa yang selalu ditujukan kepada saya terus-menerus selama ini.
2. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang tiada lelah membimbing dan mengarahkan, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing saya dengan penuh kesabaran.
3. Dulurku Teknik Elektro 2011 yang tidak bisa saya sebutkan satu – satu yang selalu memberi dukungan motivasi dan semangat selama perkuliahan hingga saat ini. Almamater fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan, terima kasih telah membuka jalan untuk saya menuju masa depan.
4. Terima kasih kepada rekan saya saudara Gunawan S.T ,Faiz, Erik, dll yang telah membantu prosesnya tugas akhir ini hingga selesai.
5. Yang terakhir untuk mas Saddam Husein S.T terima kasih atas dukungan dan semangatnya secara langsung yang tak henti hentinya .
6. Almamater fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan, terima kasih telah membuka jalan untuk saya menuju masa depan.

MOTTO

Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.

(Evelyn Underhill)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa apa yang pada diri mereka ” .

(terjemahan Q.S. Surah Ar-Ra'd/13 Ayat 11)*

Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi.

(Ernest Newman)

Kesabaran memang penuh ujian, jika anda selalu lulus, kemenangan itu akan permanen selamanya.

(Mario Teguh)

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Bandung: CV Penerbit Diponegoro

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erdiana Sofia

NIM : 111910201003

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya Studi Kasus di Blawan Bondowoso” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 September 2016

Yang menyatakan,

(Erdiana Sofia)

NIM 111910201003

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR POTENSI ENERGI
THERMOELECTRIC DAN ENERGI SURYA
STUDI KASUS DI BLAWAN BONDOWOSO**

Oleh
Erdiana Sofia
NIM 111910201003

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya Studi Kasus di Blawan Bondowoso” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 01 September 2016

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 197008261997021001

H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.
NIP 196403171998021001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.
NIP 197104022003121001

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.
NIP 198006102005011003

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 196612151995032001

Rancang Bangun Alat Ukur Potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya
Studi Kasus di Blawan Bondowoso

Erdiana Sofia

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Potensi Energi listrik yang ada di Blawan Bondowoso terbagi menjadi dua potensi, dimana potensi yang ada pada lokasi penelitian adalah pembangkit Energi *Thermoelectric* dan juga potensi Energi Surya. Kedua potensi tersebut memiliki beberapa kekurangan yang tentunya akan lebih optimal apabila kedua sistem dijadikan menjadi satu. Dalam penelitian ini, akan dilakukan rancang bangun alat ukur potensi energi *Thermoelectric* dan Energi Surya yang ada di Blawan. Digunakan Arduino UNO R3, Sensor suhu DS18B20, Sensor cahaya LDR, RTC DS1307, Resistor 4k7 dua buah, kapasitor, baterai 9V, dan *memory SD card* 8gb sebagai alat ukur pengambilan data potensi. Sumber air panas di Blawan memiliki temperatur pada kisaran 44-52°C. Pengambilan data potensi dilakukan selama satu hari yakni tanggal 6 November 2016 dalam waktu 24 jam dengan menggunakan *data logger* yang mencatat data potensi setiap 2 detik. Tercatat untuk data suhu panas (T_{HOT}) yang terjadi selama 24jam rata-rata mencapai 44.63-51.06°C dan suhu dingin (T_{COLD}) rata-rata mencapai 15.75-31.59°C. Kemudian didapatkan tegangan sebesar 1,95-3,99V dan arus rata-rata sebesar 0,02-0,06A. Setelah data tegangan dan arus, kemudian diperoleh nilai daya *thermoelectric* yang terdeteksi pada alat ukur sebesar 0.14-0.016W pada pukul 01.00-05.00 WIB dan pada pukul 06.00-21.00 WIB daya yang dihasilkan hampir sama yakni sebesar 0.05 W sampai 0.07 W. Pada energi surya, diperoleh data intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pukul 12.00WIB sebesar 1209,6lux/m². Untuk daya total intensitas cahaya matahari selama satu hari dalam waktu 24 jamnya diperoleh daya sebesar 1590,20 W. Dengan daya energi surya yang dihasilkan ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk penerangan jalan umum dan penerangan pada bilik-bilik air panas.

Kata kunci: Energi *Thermoelectric*, Energi Surya, *Data Logger*, *Seebeck*, *Paltier*.

*Design of Measurement Thermoelectric Energy Potential and Solar Energy
Case Study in Blawan Bondowoso*

Erdiana Sofia

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
University of Jember*

ABSTRACT

Electrical energy potential in Bondowoso Blawan divided into two potentials, where the potential that exists among the sites is generating energy and also the potential Thermoelectric Solar Energy. Both of these potential has several shortcomings that would be more optimal if both systems be made into one. In this study, to be carried out engineering measuring devices and thermoelectric energy potential of Solar Energy in Blawan. Used Arduino UNO R3, DS18B20 temperature sensor, light sensor LDR, RTC DS1307, 2 resistors 4k7, capacitors, 9V battery and SD memory card 8gb as a measurement data acquisition potential. Hot springs in Blawan has a temperature in the range of 44-52°C. Potential data retrieval is done during the day which is dated 6 November 2016 within 24 hours by using a data logger that records data every 2 detik. Tercatat potential for heat temperature data (T_{hot}) that occur during an average 24 hours and the temperature reached 44.63-51.06oC cool (T_{COLD}) averaged 15.75-31.59oC. Then obtained a voltage of 1,95-3,99V and average current of 0,02-0,06A. Once the data voltages and currents, then obtained thermoelectric power value detected on the measuring instrument for 0.14-0.016W at 1:00 to 5:00 pm and at 6:00 to 21:00 pm the power generated almost the same ie 0.05 W until 0:07 W. At solar energy , data showed the highest light intensity occurred at 12.00WIB of 1209,6lux / m². For mains tital intensity of sunlight during the day in 24-hour time obtained a power of 1590.20 W. With solar energy generated power is expected to be used for street lighting and lighting in the chambers of hot water.

Key words: *Thermoelectric Energy, Solar Energy, Data Logger, Seebeck, Peltier.*

RINGKASAN

Rancang Bangun Alat Ukur Potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya Studi Kasus di Blawan Bondowoso; Erdiana Sofia, 111910201003; 2016; 59halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Saat ini kebutuhan energi semakin lama semakin meningkat. Di Indonesia sendiri ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik tersebut. Salah satu upaya untuk mengatasi krisis energi listrik ialah dengan mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Untuk itu diperlukan upaya-upaya pengembangan teknologi yang mampu menyuplai kebutuhan energi menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Di daerah Blawan Kabupaten Bondowoso, potensi sumber air panasnya sangat cocok digunakan untuk pembangkit *Thermoelectric* dan Sinar matahari yang cukup untuk pembangkit tenaga Surya. Metode penelitian ini yaitu rancang bangun alat ukur potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya studi kasus di Blawan Bondowoso.

Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya merupakan teknologi yang relatif efisien, ramah lingkungan, tahan lama, dan mampu menghasilkan energi dalam skala kecil hingga skala besar. Prinsip dasar dari *Thermoelectric* adalah mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung. Untuk menghasilkan arus dan tegangan, sebuah modul *thermoelectric* cukup diletakkan pada dua daerah yang memiliki beda temperatur. Sedangkan Prinsip dasar dari Energi Surya adalah mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Dalam penelitian ini, akan dirancang sebuah alat ukur potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya. Pada alat ukur tersebut dibutuhkan Arduino UNO R3, Sensor suhu DS18B20, Sensor cahaya LDR, RTC DS1307, Resistor 4k7 dua buah, kapasitor, baterai 9V, dan *memory SD card* 8gb sebagai alat ukur pengambilan data potensi. Alat tersebut menggunakan pemrograman berbasis Arduino Uno R3 dengan sistem *data logger*

yang memudahkan dalam pengambilan data potensi energi. *Data logger* menggunakan kapasitas *memory* 8GB mikro SD. Proses yang diolah dalam mikro SD adalah *file* dengan ekstensi TXT dengan data yaitu suhu panas, suhu dingin dan intensitas cahaya berdasarkan jam dan tanggalnya. Sumber air panas di Blawan memiliki temperatur pada kisaran 44-52°C. Pengambilan data potensi dilakukan selama satu hari yakni tanggal 6 November 2016 dalam waktu 24 jam dengan menggunakan *data logger* yang mencatat data potensi setiap 2 detik.

Data yang diambil menggunakan alat ukur potensi energi adalah data suhu panas (T_{HOT}), suhu dingin (T_{COLD}), dan intensitas cahaya matahari. Untuk data suhu panas dan suhu dingin digunakan dua buah sensor suhu DS18B20 pada kedalaman air 0.8 meter. Hasil pengambilan data potensi selama 3 hari menunjukkan tren pada masing-masing karakteristik. Karakteristik suhu panas terhadap waktu membentuk semacam bukit, pada pukul 01.00-05.00 WIB suhu panas mencapai 45.75°C sampai 46,25°C. Ketika siang hari yakni pukul 12.00 WIB suhu sumber air panas mengalami kenaikan mencapai 51.06 °C. kemudian suhu air panas mulai beranjak turun mulai pukul 16.00-24.00 WIB. Perubahan suhu yang terjadi pada air panas merupakan efek langsung dari perubahan suhu lingkungan yang semakin siang semakin meningkat.

Karakteristik suhu dingin terhadap waktu memiliki grafik semacam bukit, yakni ketika pukul 01.00-05.00 WIB, suhu dingin tercatat cukup rendah yakni mencapai 15°C sampai 16°C. Pada pukul 08.00-23.00 WIB suhu dingin mengalami kenaikan mencapai 19.45°C sampai 31.59°C kemudian suhu air panas mulai beranjak turun mulai pukul 16.00-24.00 WIB. Kedua data tersebut digunakan untuk menganalisis potensi energi *Thermoelectric*. Setelah data suhu panas dan suhu dingin selama satu minggu telah diperoleh, kemudian diperoleh beda temperaturnya. Pada pukul 01.00- 05.00 WIB perbedaan suhu yang didapat sekitar 29,2°C sampai 30,66 °C. Pada siang hari yakni pukul 12.00 WIB, beda temperaturnya sebesar 19.47°C. Sedangkan pada malam hari pukul 21.00 WIB, beda temperaturnya sebesar 20.47°C. Perbedaan temperatur ini dipengaruhi oleh suhu panas yang relatif konstan dan suhu lingkungan yang berubah-ubah. Setelah

beda temperatur diketahui, kemudian nilai tegangannya juga diketahui. Saat pagi hari yakni pukul 01.00-05.00 WIB tegangan yang dihasilkan cukup besar, lalu menurun seiring waktu beranjak siang, hal ini tercatat pada pukul 07.00-17.00 WIB. Penurunan tersebut merupakan dampak dari meningkatnya suhu dingin atau suhu lingkungan sumber air panas. Ketika pukul 04.00 WIB, tegangan (V_{TEG}) terbesar didapat sebesar 3,99V dan terendah dihasilkan pada pukul 16.00 WIB sebesar 1,95V. Faktor suhu memberi pengaruh yang cukup besar dalam menghasilkan energi listrik. Di lokasi sumber air panas Blawan, pengaruh suhu dingin (T_{COLD}) jauh lebih besar terhadap energi listrik yang dihasilkan, dibanding pengaruh suhu sumber air panas itu sendiri (T_{hot}). Hal ini dikarenakan suhu sumber air panas yang dihasilkan relatif stabil pada kisaran $45^{\circ}C$ sampai $51^{\circ}C$.

Pada grafik arus yang dihasilkan dalam pengambilan data potensi, secara relatif mengalami perubahan besar arus dapat dikatakan tidak begitu signifikan. Variasi besar arus yang tercatat ada pada angka 0,04A dan 0,03A, namun rata-rata stabil pada 0,03A. Karakteristik arus yang demikian merupakan akibat perubahan suhu yang membuat tegangannya semakin meningkat dan arus yang dihasilkan tetap. Pada grafik daya, dapat dilihat saat pagi hari pukul 01.00-05.00 WIB memiliki daya sebesar 0.14W sampai 0.16W. Dapat dilihat adanya perbedaan daya pada beberapa titik waktu yang terjadi saat proses pengambilan data. Pada saat pukul 06.00-21.00 WIB daya yang dihasilkan sebesar 0.05W - 0.10W. kemudian daya kembali naik saat pukul 22.00-24.00 WIB yakni sebesar 0.09W-0.14W.

Data intensitas cahaya matahari diukur dengan menggunakan sensor LDR. Data tersebut digunakan untuk dapat dianalisis Potensi Energi Surya. Data ini digunakan untuk mengetahui karakteristik potensi Energi Surya di daerah Blawan. Pada energi surya, diperoleh data intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB sebesar $1209,6 \text{ lux/m}^2$. Untuk daya total intensitas cahaya matahari selama satu hari dalam tiap waktu 24 jamnya diperoleh daya tertinggi sebesar 1590W. Dengan daya energi surya yang dihasilkan ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk penerangan jalan umum dan penerangan pada bilik-bilik air panas.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur kehadirat Allah swt .atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya Studi Kasus di Blawan Bondowoso” dapat terselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesaikannya skripsi ini tidak luput dari peranan beberapa pihak dan juga dengan seizin Allah SWT karena telah memberikan rahmat-Nya dan juga segala bantuan bagi hamba-Nya untuk penyelesaian skripsi ini. Adapun ucapan terima kasih ini saya sampaikan untuk beberapa pihak yang telah membantu saya selama ini:

1. Ibuku Ainun Ma’rifah, Ayahku Alm.Bambang Supriyadi tercinta, yang telah memberikan kasih sayangnya, doa, perhatian, serta membantu baik moril maupun materiil selama ini.
2. Saudariku adik Shinta Rohmatunikma, Shintia Rohmatunikma, Letisiyah Annisa, terima kasih atas bantuan doa dan lain-lain.
3. Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.selaku Dosen Pembimbing Utama dan H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan dengan kesabarannya serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku penguji 1 dan Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku penguji 2, terima kasih telah berperan dalam proses ujian skripsi saya.

6. Dulur-dulurku Teknik Elektro Unej 2011 yang telah membantu dan menemani selama masa perkuliahan ini.
7. Dulur Gunawan S.T, Faiz, Eriq, terima kasih telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir saya.
8. Sahabatku Novia, Mila, Vita, Rohmah, terima kasih telah mendukung saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Terima kasih kepada Sadam Husein S.T. yang sudah menemani, mendukung dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan proyek akhir ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 1 September 2016

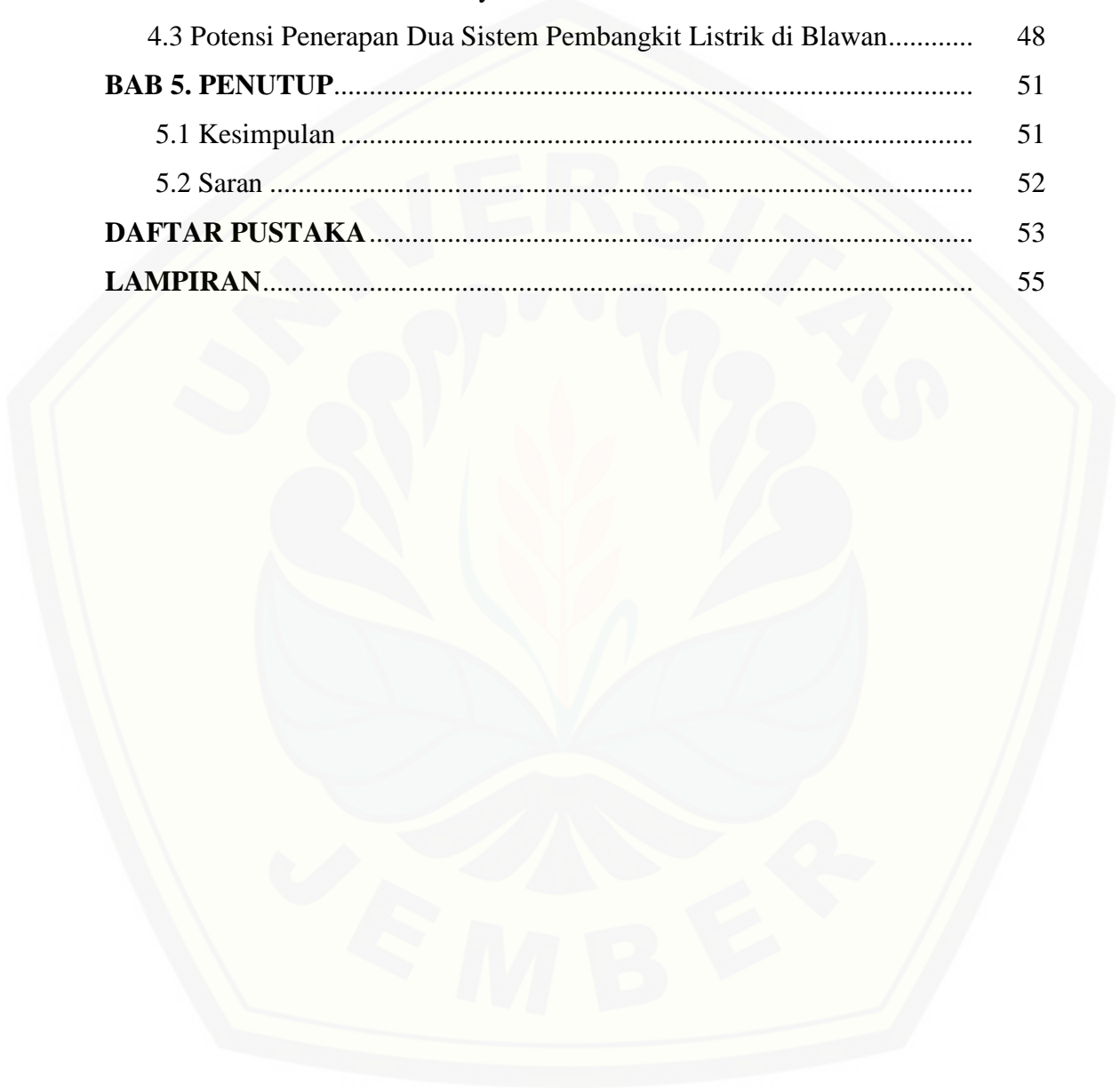
Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiiiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Arduino UNO R3	5
2.2 Sensor Suhu <i>Waterproof</i> DS18B20	7
2.3 Sensor <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR)	8

2.4	Sensor Arus ACS712	10
2.5	Sensor Tegangan	11
2.6	<i>Real-time clock</i> (RTC) DS1307	12
2.7	<i>Data Logger</i>	14
2.7.1	Tipe saluran pada <i>data logger</i> multi-saluran	15
2.8	<i>SD Card</i>	16
2.9	Baterai	17
2.10	Parameter Perhitungan Potensi Energi Listrik	18
2.9.1	Parameter Data Potensi Energi <i>Thermoelectric</i> dengan Efek Seebeck	18
2.9.2	Parameter Data Potensi Energi Surya	19
BAB 3.	METODE PENELITIAN	21
3.1	Jenis Penelitian	21
3.2	Tempat Penelitian	21
3.3	Alat dan Bahan	22
3.4	<i>Data Sheet Thermoelectric Paltier</i>	22
3.5	<i>Data Sheet</i> Panel Surya 10Wp	24
3.6	Rangkaian Sistem	25
3.7	Tahapan Penelitian	26
3.8	Diagram Alir Penelitian	28
3.9	Blok Diagram Sistem	29
3.10	<i>Flowchart</i> Program	30
3.11	Pengkalibrasian Sensor	31
3.11.1	Pengkalibrasian Sensor Cahaya dengan LDR	31
3.11.2	Pengkalibrasian Rangkaian Sensor Arus	32
3.11.3	Pengkalibrasian Rangkaian Sensor Tegangan	33
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Hasil Pengambilan Data Potensi Energi <i>Thermoelectric</i>	34

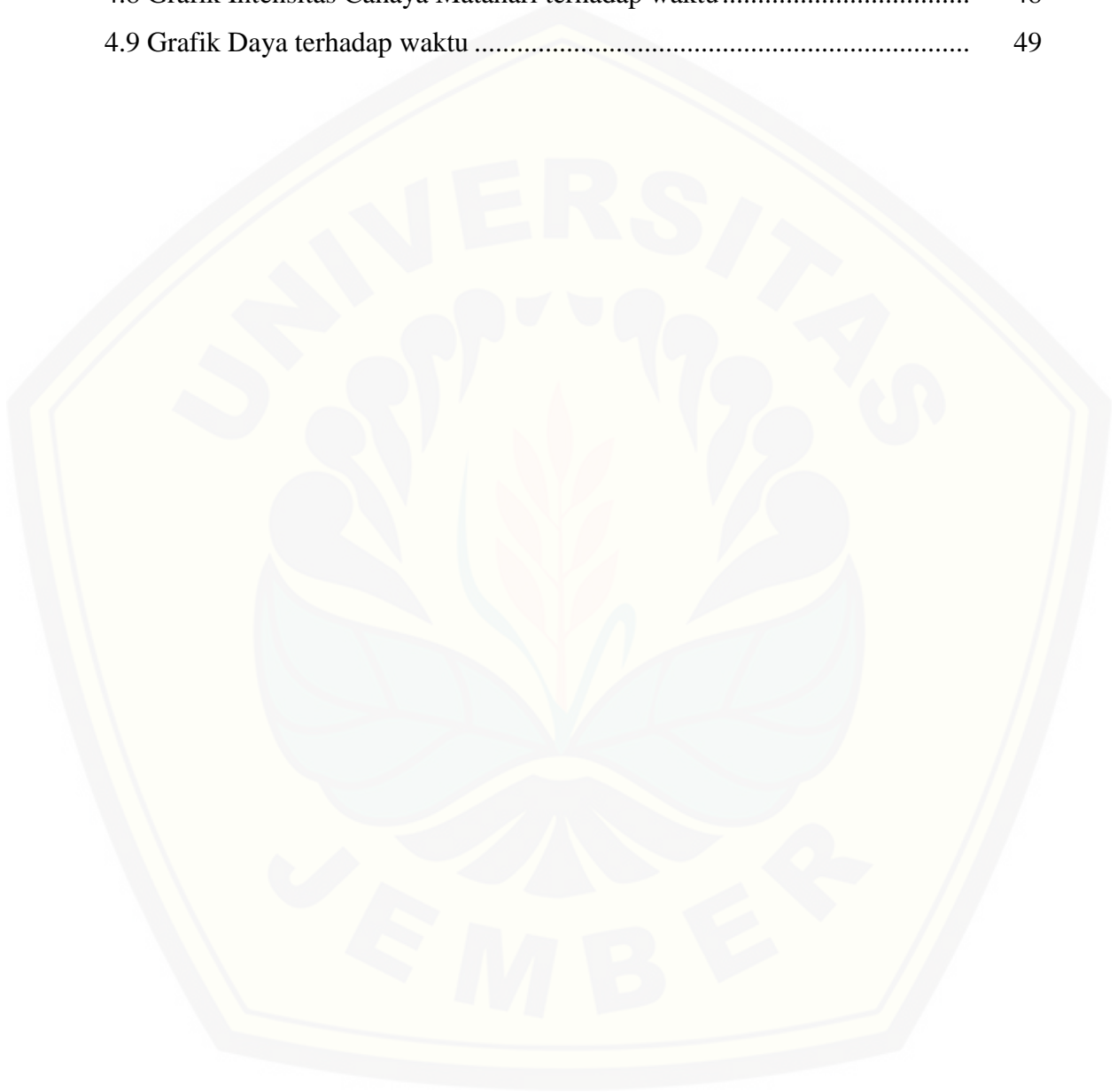
4.1.1 Hasil Pengambilan data potensi dengan TEC	42
4.2 Hasil Pengambilan Data Potensi Energi Surya	45
4.2.1 Intensitas Cahaya Matahari	45
4.3 Potensi Penerapan Dua Sistem Pembangkit Listrik di Blawan.....	48
BAB 5. PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55



DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
2.1 <i>Board</i> Arduino UNO.....	6
2.2 Sensor Suhu <i>Waterproof</i> DS18B20.....	8
2.3 Sensor <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR)	9
2.4 Konfigurasi Pin dari IC ACS712	10
2.5 Konfigurasi Sensor Arus ACS712	11
2.6 Sensor Tegangan	11
2.7 <i>Real-time clock</i> (RTC) DS1307	13
2.8 Diagram pin RTC DS1307	13
2.9 Perangkat Data Logger.....	14
2.7 SD Card.....	16
2.8 Baterai	17
3.1 Kondisi Lingkungan Pemandian air Panas	21
3.2 Penampang Panel Surya yang digunakan	24
3.3 Skematik Rangkaian Sistem.....	25
3.4 Digram Alir Penelitian	28
3.5 Blok Diagram Sistem	29
3.6 <i>Flowchart</i> Program	30
3.7 Data yang terbaca oleh Sensor LDR dan Luxmeter.....	31
3.8 Sensor Arus	32
3.9 Sensor Tegangan	33
4.1 Grafik Suhu Panas (T_{HOT}) terhadap waktu.....	38
4.2 Grafik Suhu Dingin (T_{COLD}) terhadap waktu	39
4.3 Grafik Perbedaan Temperatur terhadap waktu	40
4.4 Grafik Karakteristik Tegangan terhadap waktu	41
4.5 Grafik Karakteristik Arus terhadap waktu	42

4.6 Grafik Karakteristik Daya terhadap waktu	43
4.7 TEC yang tersusun secara seri	44
4.8 Grafik Intensitas Cahaya Matahari terhadap waktu	48
4.9 Grafik Daya terhadap waktu	49



DAFTAR TABEL

	HALAMAN
2.1 Deskripsi Arduino Uno	7
3.1 <i>Data sheet Thermoelectric</i>	23
3.2 <i>Data sheet TEC-12706</i>	23
3.3 Karakteristik Panel Surya.....	25
3.4 Data Kalibrasi	32
3.5 Hasil Pengujian Sensor Arus.....	33
3.6 Hasil Pengujian Sensor Tegangan.....	34
4.1 Data suhu panas, suhu dingin, ΔT , V, I dan P.....	36
4.2 Hasil pengambilan data potensi menggunakan TEC	45
4.3 Perbandingan data potensi dengan paltier dan tanpa paltier	45
4.4 Data Intensitas Cahaya Matahari	47

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, dari kebutuhan yang sifatnya mendasar seperti untuk keperluan rumah tangga hingga untuk kebutuhan komersial yang hampir semuanya membutuhkan energi listrik. Saat ini kebutuhan energi semakin lama semakin meningkat. Di Indonesia sendiri ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik tersebut.

Salah satu upaya untuk mengatasi krisis energi listrik ialah dengan mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Hal ini dikarenakan sumber energi fosil yang ada jumlahnya terbatas dan sumber energi fosil ini juga merupakan energi yang tidak dapat diperbarui. Untuk itu diperlukan upaya-upaya pengembangan teknologi yang mampu menyuplai kebutuhan energi dengan menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Contoh sumber energi terbarukan di Indonesia yang sering dijumpai penggunaannya adalah energi surya, energi angin, hidroelektrik, OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*) *thermoelectric* dan geotermal.

Salah satu bidang energi terbarukan yang paling pesat perkembangannya adalah Energi Surya. Energi surya atau solar sel merupakan salah satu sumber yang cukup menjanjikan di Indonesia. Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69 % dari total energi pancaran matahari. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai 3×10^{24} joule pertahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1 persen saja permukaan bumi dengan divais solar sel yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini.

Selain Energi surya, salah satu energi terbarukan yang saat ini juga berkembang pesat adalah Energi *Thermoelectric*. Teknologi *thermoelectric* merupakan teknologi yang relatif efisien, ramah lingkungan, tahan lama, dan mampu menghasilkan energi dalam skala kecil hingga skala besar. Prinsip dasar dari *Thermoelectric* adalah mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung. Untuk menghasilkan arus dan tegangan, sebuah modul *thermoelectric* cukup diletakkan pada dua daerah (sisi panas dan dingin), sehingga ketika terjadi perbedaan suhu antara kedua permukaan TEC tersebut maka akan timbul energi listrik.

Panel Surya dan *Thermoelectric Cooler* (TEC) ini merupakan bahan dasar untuk merancang alat ukur potensi energi pembangkit listrik yang alternatif. Kita ketahui bahwa panel surya sendiri memanfaatkan energi cahaya matahari dan panas matahari, sedangkan untuk TEC memanfaatkan sumber air panas. Pada penelitian ini akan dibuat alat ukur potensi energi yang bertujuan agar dapat memudahkan pengguna saat ingin mengetahui berapa besar potensi energi keduanya secara otomatis hanya dengan menggunakan sensor suhu dan sensor LDR. Penelitian ini dilakukan di Blawan dikarenakan daerah tersebut memiliki potensi sumber air panas yang cocok digunakan untuk pembangkit *Thermoelectric* dan Sinar matahari yang cukup untuk pembangkit tenaga Surya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancang bangun alat ukur potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya?
2. Bagaimana analisis potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya?

1.3 Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Arduino yang digunakan adalah Arduino UNO R3.

2. Panel surya yang digunakan adalah panel surya berdaya 10Wp dan *Thermoelectric Cooler* (TEC) yang digunakan bertipe TEC1-12706.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu :

- a. Merancang bangun alat ukur potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya.
- b. Menganalisis potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat di ambil dari penulisan tugas akhir ini, yaitu:

- a. Mengembangkan pembangkit listrik alternatif yang menggunakan energi terbarukan untuk mengurangi polusi di Indonesia.
- b. Mempermudah pengamat ataupun pengguna dalam mengetahui dan mengukur suhu pada sumber air panas secara akurat.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, manfaat pembahasan dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian dan analisa hasil penelitian.

BAB 5 PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino UNO R3

Arduino didefinisikan sebagai sebuah *platform* elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer, *hobbies* dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif (Dian Artanto, 2012).

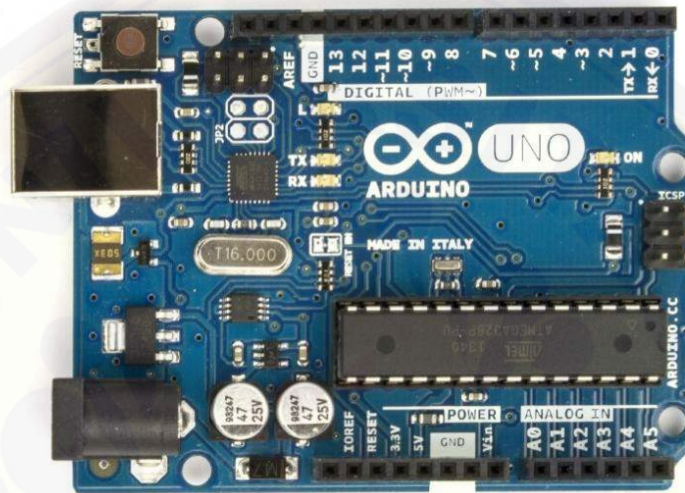
Arduino sebagai sebuah *platform* komputasi fisik (*Physical Computing*) yang *open source* pada *board input output* sederhana, yang dimaksud dengan *platform* komputasi fisik disini adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi.

Kelebihan arduino dari *platform hardware* mikrokontroler lain adalah:

- a. IDE Arduino merupakan *multiplatform*, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti *Windows*, *Macintosh* dan *Linux*.
- b. IDE Arduino dibuat berdasarkan pada IDE *Processing*, yang sederhana sehingga mudah digunakan.
- c. Pemrograman arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan port USB, bukan port serial. Fitur ini berguna karena banyak komputer yang sekarang ini tidak memiliki port serial.
- d. Arduino adalah *hardware* dan *software open source* pembaca bisa *download software* dan gambar rangkaian arduino tanpa harus membayar ke pembuat arduino.
- e. Biaya *hardware* cukup murah, sehingga tidak terlalu menakutkan untuk membuat kesalahan.
- f. Proyek arduino ini dikembangkan dalam lingkungan pendidikan sehingga bagi pemula akan lebih cepat dan mudah mempelajarinya.

- g. Memiliki begitu banyak pengguna dan komunitas di internet dapat membantu setiap kesulitan yang dihadapi.

Board Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler yang berukuran kecil atau dapat diartikan juga dengan suatu rangkaian berukuran kecil yang didalamnya terdapat komputer berbentuk suatu chip yang kecil.



Gambar 2.1 *Board* Arduino UNO

(Sumber :<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>)

Pada *hardware* arduino terdiri dari 20 pin yang meliputi:

- a. 14 pin IO digital (pin 0–13)

Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.

- b. 6 pin *input* analog (pin 0–5)

Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.

- c. 6 pin *output* analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)

Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin *output* analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Uno

(Sumber :<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>)

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25

2.2 Sensor Suhu Waterproof DS18B20

Sensor temperatur DS18B20 dikeluarkan oleh Dallas Semiconductor, Sensor suhu DS18B20 telah memiliki keluaran digital sehingga tidak diperlukan rangkaian ADC, serta akurasi nilai suhu dan kecepatan pengukuran memiliki kestabilan yang jauh lebih baik dari sensor LM35DZ. Untuk pembacaan suhu, sensor menggunakan protokol 1 wire communication DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari +5V, Ground dan data input/output. DS18B20 merupakan sensor yang sangat praktis karena hanya membutuhkan 1 pin I/O saja untuk bisa bekerja sama dengan mikrokontroler. Sensor DS18B20 memiliki kemampuan tahan air (*waterproof*). DS18B20 cocok digunakan untuk mengukur suhu pada

tempat yang sulit atau basah. Karena output data sensor suhu ini merupakan data digital, maka tidak perlu khawatir terhadap degradasi data ketika menggunakan untuk jarak yang jauh. DS18B20 menyediakan 9 hingga 12-bit (yang dapat dikonfigurasi) data.

Karena setiap sensor DS18B20 memiliki silicon serial *number* yang unik, maka beberapa sensor DS18B20 dapat dipasang dalam 1 bus. Hal ini memungkinkan pembacaan suhu dari berbagai tempat. Sensor DS18B20 mampu mengukur suhu pada kisaran -55°C sampai 125°C dan bekerja secara akurat dengan kesalahan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada kisaran -10°C sampai 85°C .

Bentuk sensor DS18B20 adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Sensor Suhu *Waterproof* DS18B20

2.3 Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

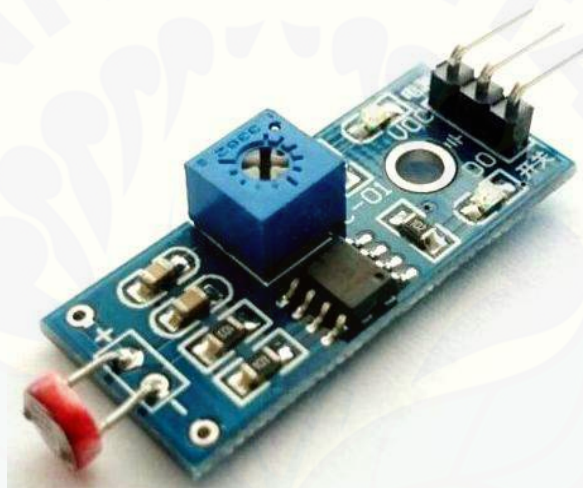
LDR (*Light Dependent Resistor*), ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil.

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detector cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. *Light Dependent Resistor*, terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya.

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar 10 M dan dalam keadaan terang sebesar 1 k atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor

seperti cadmium sulfide. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

LDR digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Saklar cahaya otomatis dan alarm pencuri adalah beberapa contoh alat yang menggunakan LDR. Akan tetapi karena responnya terhadap cahaya cukup lambat, LDR tidak digunakan pada situasi di mana intensitas cahaya berubah secara drastis. Sensor ini akan berubah nilai hambatannya apabila ada perubahan tingkat kecerahan cahaya.



Gambar 2.3 Sensor LDR

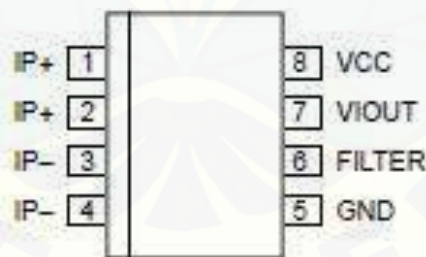
Prinsip kerja dari sensor LDR adalah saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan listrik. Artinya pada saat cahaya redup, LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan listrik. Artinya pada saat cahaya terang, LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi kecil pada saat cahaya terang. Penerapan lain dari sensor LDR ini ialah alarm Pencuri.

Misalnya untuk rangkaian system alarm cahaya (menggunakan LDR) yang aktif ketika terdapat cahaya. Ketika kita akan mengatur kepekaan LDR (*Light Dependent Resistor*) dalam suatu rangkaian maka kita perlu menggunakan potensiometer. Kita atur letaknya agar ketika mendapat cahaya maka *buzzer* atau bell akan berbunyi dan ketika tidak mendapat cahaya maka *buzzer* atau bell tidak akan berbunyi.

2.4 Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 adalah sensor arus yang dapat digunakan untuk mengindera arus DC atau AC dengan standar industri, biasanya digunakan untuk keperluan kendali motor, manajemen beban, proteksi arus lebih dan juga untuk keperluan pembuatan *switchmode power supply* (SMPS). Piranti ini tidak didesain untuk keperluan otomotif (ACS712 2015).

Output dari piranti ini (VIOUT) memiliki kemiringan positif jika sebuah arus dengan nilai yang meningkat mengalir melalui jalur konduktor tembaga primer (dari pin 1 dan pin 2 ke pin 3 dan pin 4), yang merupakan jalur dari arus yang akan diukur. Resistansi internal dari jalur konduksi ini adalah 1.2 m (tipikal) sehingga tidak menyebabkan tegangan jatuh yang besar.



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin dari IC ACS712

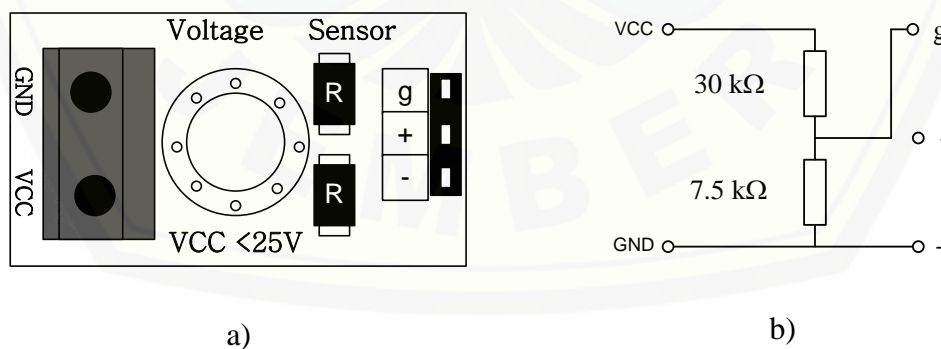
Sensor ACS712 ini pada saat tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan >2,5 V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan <2,5 V.

Tabel 2.2 Karakteristik Sensor Arus ACS712

Karakteristik	Simbol	Catatan	Rating	Satuan
Tegangan Suplai	V_{cc}		G	V
Tegangan Suplai Balik	V_{rcc}		-0,1	V
Tegangan <i>Output</i>	V_{iout}		8	V
Tegangan <i>Output</i> Balik	V_{riout}		-0,1	V
Sumber Arus <i>Output</i>	$I_{iout}(suorce)$		3	mA
Sumber Arus Tenggelam	$I_{iout}(sink)$		10	mA
Toleransi Arus Lebih	I_p	$I_{puls}, 100$ ms	100	A
Temperatur Operasi Nominal	T_a	$Rang E$	40s/d85	C
Temperatur <i>Junction</i> Maksimum	$T_j(max)$		165	C
Temperatur Penyimpanan	T_{stg}		65s/d17 0	C

2.5 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah modul pembagi tegangan yang digunakan untuk mengubah tegangan yang akan diukur untuk dapat diumpankan ke pin kontroler yang sudah memiliki konverter analog ke digital (ADC).



Gambar 2.5 Sensor Tegangan

Gambar 2.5 (a) adalah modul sensor pembagi tegangan, sedangkan Gambar 2.5 (b) adalah diagram skematik dari sensor tersebut. Kaki VCC dan GND adalah kaki-kaki untuk menempatkan terminal tegangan yang akan diukur sedangkan pin

g, + dan - adalah pin untuk dihubungkan dengan kaki ADC kontroler (Sumber:SurplusTek 2015).

2.6 Real-time clock (RTC) DS1307

Real-time clock (RTC) merupakan jam elektronik berupa chip yang digunakan untuk menghitung waktu dengan akurat dan juga untuk menjaga/menyimpan data waktu secara *real time*. Karena jam tersebut bekerja secara *real time*, maka setelah proses hitung waktu dilakukan *output* datanya langsung disimpan atau dikirim melalui *device* atau sistem antarmuka.

Real-time clock DS1307 adalah IC yang dibuat oleh perusahaan Dallas Semiconductor. IC ini memiliki kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya dengan baik. *Real-time clock* DS1307 memiliki fitur sebagai berikut:

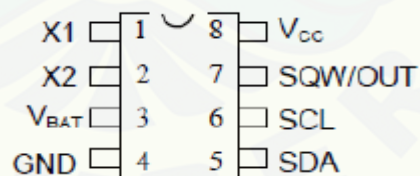
- a. *Real-time clock* (RTC) meyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal dan bulan dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100.
- b. 56-byte, battery-backed, RAM nonvolatile (NV) RAM untuk penyimpanan.
- c. Antarmuka serial *Two-wire* (I2C).
- d. Sinyal keluaran gelombang-kotak terprogram (*Programmable squarewave*).
- e. Deteksi otomatis kegagalan-daya (*power-fail*) dan rangkaian *switch*.
- f. Konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.
- g. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu: -40°C hingga +85°C.
- h. Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.



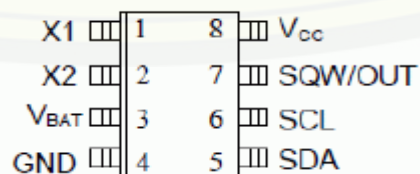
Gambar 2.6 Real-time clock (RTC) DS1307

Sedangkan daftar pin RTC DS1307 adalah sebagai berikut:

- a. VCC – Primary Power Supply.
- b. X1, X2 – 32.768kHz Crystal Connection.
- c. VBAT – +3V Battery Input.
- d. GND – Ground.
- e. SDA – Serial Data.
- f. SCL – Serial Clock.
- g. SQW/OUT – Square Wave/Output Driver.



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)



DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

Gambar 2.7 Diagram pin RTC DS1307 (Data Sheet IC Real-Time Clock DS1307).

2.7 Data Logger

Data logger (perekam data) adalah sebuah alat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrumen didalamnya maupun eksternal sensor dan instrumen. Atau secara singkat data logger adalah alat untuk melakukan data logging.

Biasanya ukuran fisiknya kecil, bertenaga baterai, portabel, dan dilengkapi dengan mikroprosesor, memori internal untuk menyimpan data dan sensor. Beberapa *data logger* diantarmukakan dengan komputer dan menggunakan *software* untuk mengaktifkan *data logger* dan melihat dan menganalisa data yang terkumpul, sementara yang lain memiliki peralatan antarmuka sendiri (*keypad* dan *LCD*) dan dapat digunakan sebagai perangkat yang berdiri sendiri (*Stand-alone device*).

Salah satu keuntungan menggunakan *data logger* adalah kemampuannya secara otomatis mengumpulkan data setiap 24 jam. Setelah diaktifkan, *data logger* digunakan dan ditinggalkan untuk mengukur dan merekam informasi selama periode pemantauan. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang kondisi lingkungan yang dipantau, contohnya seperti suhu udara dan kelembaban relatif.



Gambar 2.8 Perangkat Data logger

Sebuah *data logger* dapat mempunyai beberapa macam saluran, dari satu saluran (*single channel*) hingga banyak saluran (*multi-channel*). Tiap saluran untuk dihubungkan dengan satu sinyal keluaran sensor. Umumnya, sebuah *multi-channel data logger* memiliki 4 hingga 16 saluran.

2.7.1 Tipe saluran pada *data logger* multi-saluran

a. Saluran Analog (*Analog Channel*)

Saluran analog adalah tipe saluran masukan yang paling banyak terdapat pada *data logger* multi-saluran dimana kebanyakan sensor yang dihubungkan memiliki keluaran analog. Sebuah sensor mengeluarkan keluaran berupa sinyal, biasanya tegangan (dalam mV), yang proporsional terhadap sebuah parameter lingkungan yang diukur, misalnya temperatur. Secara grafis, hubungan antara tegangan dan temperatur udara, adalah sebuah kurva mulus atau garis lurus (linier). Sebagai contoh, sebuah sensor temperatur memiliki rentang dari 0 – 100 derajat Celcius dan tegangan keluaran sebesar 0 – 5 Volt.

b. Saluran Digital (*Digital Channel*)

Saluran digital merupakan tipe kedua yang paling banyak digunakan pada *data logger* multi-saluran. Karakteristik utama dari sinyal digital adalah bertambah atau berkurang pada interval yang tetap. Secara grafik, kurva dari sinyal digital bertambah atau berkurang seperti bentuk tangga. Sebagai contoh, pada sensor kecepatan angin terdiri dari sebuah saklar yang menutup setiap kali sensor ber-revolusi. Oleh karena itu, jika sensor hanya melakukan hanya $\frac{3}{4}$ putaran saklar tidak akan menutup. Secara grafis, hubungan antara penutupan saklar dengan kecepatan angin tidak linier. Dengan mengetahui karakteristik sensor, faktor kalibrasi, dan jika penutupan diukur dalam interval yang tetap, maka kecepatan angin dapat dihitung. Sebagai contoh, 100 revolusi per menit setara dengan 5 km/jam dan 200 revolusi akan setara dengan 10 km/jam.

c. SDI (*Serial Data Interface*)

SDI-12 adalah singkatan dari “*Serial Data Interface at 1200 Baud*”. SDI-12 adalah, asynchronous ASCII, protokol komunikasi serial yang dikembangkan untuk instrumen sensor cerdas yang biasanya memonitor data lingkungan. Instrumen ini biasanya daya rendah (12 volt), sering digunakan di lokasi terpencil, dan biasanya berkomunikasi dengan data logger atau perangkat data akuisisi. Merupakan standar antarmuka *data logger* dengan sensor berbasis mikroprosesor didesain khusus untuk *Environmental Data Acquisition* (EDA). Sebagai contoh,

sebuah sensor tekanan SDI-12 dapat mengambil sebuah data serial pengukuran tekanan, membuat rata-rata, kemudian mengeluarkan data tekanan berupa psi, bar, atau milibar ke *data logger*.

2.8 SD CARD

SD Card adalah kartu memori non-volatile yang dikembangkan oleh SD *Card Association* yang digunakan dalam perangkat portable. Saat ini, teknologi microSD sudah digunakan oleh lebih dari 400 merek produk serta dianggap sebagai standar.



Gambar 2.9 SD CARD

Keluarga SD Card yang lain terbagi menjadi SDSC yang kapasitas maksimum resminya sekitar 2GB, meskipun beberapa ada yang sampai 4GB. SDHC (*High Capacity*) memiliki kapasitas dari 4GB sampai 32GB. Dan SDXC (*Extended Capacity*) kapasitasnya di atas 32GB hingga maksimum 2TB. Keberagaman kapasitas seringkali membuat kebingungan karena masing-masing protokol komunikasi sedikit berbeda. Dari sudut pandang perangkat, semua kartu ini termasuk kedalam keluarga SD. SD adaptor memungkinkan konversi fisik kartu SD yang lebih kecil untuk bekerja di slot fisik yang lebih besar dan pada dasarnya ini adalah alat pasif yang menghubungkan pin dari SD Card yang kecil ke pin adaptor SD Card yang lebih besar.

2.9 Baterai

Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkan tenaganya dalam bentuk listrik. Sebuah baterai biasanya terdiri dari tiga komponen penting, yaitu:

1. batang karbon sebagai anode (kutub positif baterai)
2. seng (Zn) sebagai katode (kutub negatif baterai)
3. pasta sebagai elektrolit (penghantar)

Baterai yang biasa dijual (*disposable/sekali pakai*) mempunyai tegangan listrik 1,5 volt. Baterai ada yang berbentuk tabung atau kotak. Ada juga yang dinamakan *rechargeable battery*, yaitu baterai yang dapat diisi ulang, seperti yang biasa terdapat pada telepon genggam. Baterai sekali pakai disebut juga dengan baterai primer, sedangkan baterai isi ulang disebut dengan baterai sekunder. Baik baterai primer maupun baterai sekunder, kedua-duanya bersifat mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

Baterai primer hanya bisa dipakai sekali, karena menggunakan reaksi kimia yang bersifat tidak bisa dibalik (*irreversible reaction*). Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang karena reaksi kimianya bersifat bisa dibalik (*reversible reaction*).
(Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Baterai>)



Gambar 2.10 Baterai

2.10 Parameter Perhitungan Potensi Energi Listrik

2.10.1 Parameter Data Potensi Energi *Thermoelectric* dengan Efek *Seebeck*

Untuk membangun data potensi pembangkit listrik, tentu perlu diketahui besar nilai parameter acuannya. Parameter penting dalam pembangkit listrik yang memanfaatkan efek *seebeck* yaitu tegangan, arus, daya keluaran dan efisiensi.

Model matematis dari efek *seebeck* untuk mencari nilai parameter tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Tegangan keluaran, } V = \frac{1}{2} \alpha \Delta T \quad (2.1)$$

V = tegangan keluaran (*volt*)

α = koefisien *seebeck* ($V/^\circ C$)

ΔT = beda temperatur antara sisi panas dan dingin ($T_h - T_c$) ($^\circ C$)

$$\text{Koefisien } Seebeck, \alpha = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (2.2)$$

α = koefisien *seebeck* ($V/^\circ C$)

ΔT = beda temperatur antara sisi panas dan dingin ($T_h - T_c$) ($^\circ C$)

V = tegangan yang didapatkan (V)

$$\text{Arus keluaran, } I = \frac{\alpha \Delta T}{2R} \quad (2.3)$$

I = arus keluaran (A)

R = tahanan beban (*Ohm*)

$$\text{Daya keluaran, } P_o = \frac{(\alpha \Delta T)^2}{4R} = V \cdot I \quad (2.4)$$

P_o = daya keluaran (*watt*)

Efisiensi digambarkan sebagai rasio keluaran daya listrik yakni,

$$\eta = \frac{P_o}{q_h} \quad (2.5)$$

q_h merupakan masukan daya termal pada percabangan (*junction*) sisi panas, yang mana q_h dirumuskan sebagai berikut,

$$q_h = \alpha T_h I + \frac{1}{2} I^2 R + K \Delta T \quad (2.6)$$

T_h = temperatur pada sisi panas

K = total konduktansi termal dari *thermoelectric* ($\text{watt}/^\circ\text{K}$)

$$K = 2k \frac{A}{L} \quad (2.7)$$

k = koefisien termal elemen ($0,015 \text{ watt}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{K}$)

L = panjang termokopel (cm)

Luas penampang elemen, $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ (2.8)

A = luas penampang termokopel (cm^2)

d = diameter elemen (cm)

2.10.2 Pemanfaatan Potensi Energi Surya

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel Energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya.

Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4-5 jam per hari. Produksi energi surya pada suatu daerah dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = I \times A \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

E = Energi Surya yang dihasilkan (Watt)

I = Intensitas Cahaya Matahari (W/m)

A = Luas area (m²)

Untuk Mencari total beban pemakaian per hari. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban pemakaian (Wh)} = \text{Daya (W)} \times \text{lama pemakaian} \dots \dots \dots (2.10)$$

Menentukan ukuran kapasitas modul surya yang sesuai dengan beban pemakaian. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kapasitas Modul Surya} = \text{total beban harian} : \text{insolasi surya} \dots \dots \dots (2.11)$$

Insolasi surya harian adalah ketersediaan energi surya rata-rata di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m².

Untuk Menentukan kapasitas baterai/aki. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \text{total keb. Energi} : \text{tegangan sistem} \dots \dots \dots (2.12)$$

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu Rancang Bangun Alat Ukur Potensi Energi *Thermoelectric* Dan Energi Surya Studi Kasus di Blawan Bondowoso.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Blawan Bondowoso. Berdasarkan dari penelitian sebelumnya telah dilakukan survei bahwasannya sumber air panas yang mengalir, sebagiannya dialirkan ke pemandian umum dan sebagian lain dialirkan pada bak persegi panjang berukuran 3,3x3,3 meter dengan kedalaman 0,8 meter yang berada di tempat terbuka. Sumber air panas di Blawan memiliki temperatur pada kisaran 44-52 °C. Dimana dapat dilihat pada gambar 3.1 (b) bahwa air panas yang terus mengalir dari sumbernya ini membuat isi bak penampung air penuh, sehingga aliran air panas yang terbuang dari bak dengan debit tertentu yang stabil. Kondisi tersebut seperti dijelaskan pada gambar 3.1 berikut ini :



(a)

(b)

Gambar 3.1 (a) Kondisi Lingkungan Pemandian Air Panas, (b) Bak Penampung

3.3 Alat dan Bahan

Untuk mencapai tujuan penelitian, maka diperlukan peralatan agar dalam pengerjaannya lebih efektif. Alat-alat dan bahan yang digunakan yaitu:

- a. Arduino UNO R3
- b. *Software* Arduino IDE
- c. *Data Logger*
- d. RTC (*Real Time Clock*)
- e. Sensor Suhu *Waterproof* DS18B20
- f. Sensor LDR
- g. Sensor Arus ACS712
- h. Sensor Tegangan
- i. Panel Surya 10 Wp
- j. TEC-12706
- k. *Heatsink*
- l. Laptop

Namun pada prakteknya nanti, alat dan bahan pendukung lain tentu juga dibutuhkan untuk memudahkan proses pengambilan data. Mengenai alat dan bahan pendukung lain tersebut, untuk saat ini belum dapat diperkirakan karena sifat kebutuhannya sekunder atau menyesuaikan dengan kondisi yang terjadi.

3.4 Data Sheet Thermoelectric Peltier

Modul termoelektrik yang berbahan Bi_2Te_3 dapat bekerja pada suhu setinggi 260 °C secara terus-menerus dan sesekali sampai 380°C tanpa mengurangi mutu modul. Energi yang dibangkitkan berupa listrik DC sepanjang terdapat perbedaan suhu pada kedua sisinya. Listrik yang dibangkitkan akan semakin besar ketika perbedaan suhu kedua sisi modul termoelektrik meningkat, serta efisiensi konversi energinya juga semakin meningkat.

Banyak macam *Thermoelectric* yang ada dipasaran, setiap peralatan atau komponen tentunya punya *datasheet* atau spesifikasi. Namun yang masuk dan ada

di Indonesia tidak begitu banyak. Berikut spesifikasi dari 5 tipe *thermoelectric* di Indonesia :

Tabel 3.1 *Data Sheet Thermoelectric*

Model/Tipe	Ukuran (a*a*c to mm/inch)	Jumlah <i>Thermocouple</i>	<i>I</i> _{max} (A)	<i>V</i> _{max} (V)	<i>Q</i> _{max} (W) $\Delta T = 0$
TEC1-12704T200	40*40*4.7/ 1.575*1.575*0.185	127	4	15.2	37.7
TEC1-12705T200	40*40*4.2/ 1.575*1.575*0.165	127	5	15.2	47.1
TEC1-12706T200	40*40*3.9/ 1.575*1.575*0.154	127	6	15.2	56.5
TEC1-12707T200	40*40*3.6/ 1.575*1.575*0.142	127	8	15.2	75.4
TEC1-12708T200	40*40*3.3/ 1.575*1.575*0.13	127	10	15.2	94.2

Pada penelitian ini *Thermoelectric Paltier* yang digunakan adalah TEC1-12706, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 *Data Sheet TEC1-12706*

Tipe Modul	TEC1-12706
Dimensi	4cm x 4cm x 0,35cm
Bahan Termoelektrik	Bi_2Te_3 (<i>Bismuth telluride</i>)
Jumlah Termokopel	127
Konstruksi Solder	138 °C
Suhu Operasi	Dibawah 200-250 °C
Batas Suhu	300 °C
Selisih Suhu T_{hot}-T_{cold} (ΔT)	100 °C : Keluaran Daya Maks. 2,5W
	70 °C : Keluaran Daya Maks. 1,5W

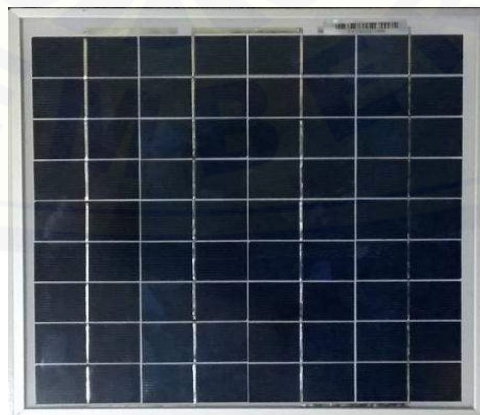
Ekspektasi Umur Pemakaian	200.000 jam
Spesifikasi Berdasarkan Suhu Sisi Panas pada 230 °C dan Suhu Sisi Dingin pada 50 °C	<ul style="list-style-type: none"> ○ V_{oc} (<i>Open Circuit</i>): 8,6V ○ Tegangan Keluaran Pasangan Beban: 4,2V ○ Arus Keluaran Pasangan Beban: 1,4A ○ Daya Keluaran Pasangan Beban: 5,9W

(John, Stephen T, *International Journal of Computer Applications Volume 97- No.18, 2014*)

3.5 Data sheet Panel Surya 10Wp

Panel surya adalah suatu komponen utama dalam membuat suatu kesatuan sistem pembangkit listrik tenaga surya. Panel surya berfungsi merubah energi surya menjadi energi listrik. Arus keluaran yang dihasilkan berupa arus searah DC (*Direct Current*). Panel surya terdiri dari bagian-bagian kecil yang disebut *solar cell*. Sel-sel tersebut hanya dapat menghasilkan daya yang terbilang kecil, sehingga untuk mendapatkan tegangan dan arus yang diinginkan maka sel-sel tersebut harus disusun dan dirangkai sedemikian rupa guna mendapatkan daya yang lebih besar.

Gambar 3.2 merupakan gambar penampang panel surya yang akan digunakan dalam penelitian ini.



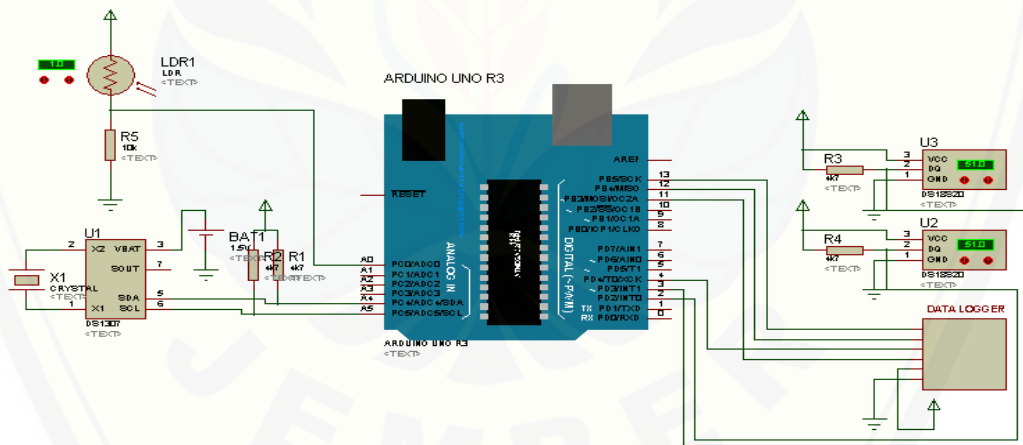
Gambar 3.2 Penampang Panel Surya yang digunakan

Adapun karakteristik panel surya yang akan digunakan pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.3:

Tabel 3.3 Karakteristik Panel Surya

Tipe Panel Surya	PUL-10-P36
Daya Maksimum (Pmax)	10W
Tegangan Maksimum (Vmp)	17,9 V
Arus Maksimum (Imp)	0,56 A
Tegangan Rangkaian Terbuka (Vop)	21,8 V
Arus Hubung Singkat (Isc)	0,61 A
Tegangan Maksimum Sistem	1000 VDC
Berat	0,91 Kg
Dimensi	280x280x23 (mm)

3.6 Rangkaian Sistem



Gambar 3.3 Skematik Rangkaian Sistem

Secara keseluruhan sistem terdiri dari lima bagian yaitu Rangkaian sensor suhu, Rangkaian sensor cahaya, Rangkaian ADC, Arduino UNO R3, *Data logger* dan Indikator LED untuk menunjukkan kesiapan alat.

1. Rangkaian Sensor Suhu DS18B20

Terdapat dua sensor suhu DS18B20. Rangkaian sensor ini digunakan untuk mengukur suhu panas dan suhu dingin.

2. Rangkaian Sensor Cahaya LDR

Rangkaian sensor ini digunakan untuk menangkap perubahan intensitas cahaya .

3. Rangkaian ADC

Rangkaian ADC ini digunakan untuk mengubah tegangan analog keluaran dari rangkaian sensor menjadi data digital.

4. Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 mempunyai 14 *digital input/output* (6 di antaranya dapat digunakan untuk *PWM outputs*), 6 *analog inputs*, 16 MHz *crystal oscillator*, *USB connection*, *power jack*, *ICSP header*, dan *reset button*. Melalui *personal computer* inilah program Arduino dibuat.

5. Data Logger

Pada *Data logger* terdapat modul *SD Card* sebagai media penyimpanan atau perekam data.

6. Indikator LED

Indikator LED berfungsi sebagai indikasi bahwa sistem sedang beroperasi.

3.7 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian dan pembuatan skripsi ini, langkah-langkah atau prosedur penelitian yang akan dilakukan yaitu :

1. Tahap Persiapan.

Dalam tahap persiapan ini berisi tentang pengurusan administrasi, seminar proposal, konsep penelitian dan mempersiapkan alat pendukung penelitian seperti PC atau laptop.

2. Studi Literatur terhadap Obyek dan Penelitian.

Dalam tahap ini, kita akan mencari artikel maupun jurnal lokal atau internasional yang menunjang penelitian tugas akhir ini. Kemudian artikel atau jurnal tersebut digunakan sebagai rujukan dalam menentukan hipotesa atau konsep awal penelitian tugas akhir ini.

3. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan alat merupakan awal untuk mencoba memahami, menerapkan dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari untuk melengkapi sistem serupa yang pernah dikembangkan dan selanjutnya akan direalisasikan sesuai dengan tujuan sistem yang telah dibuat.

4. Uji sistem dan Pengambilan Data

Dalam tahapan ini akan dilakukan pengujian alat serta pengambilan data dari alat yang telah dibuat. Pengambilan data menggunakan *data logger* yang dilakukan dalam waktu 24 jam selama satu hari. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yakni data mengenai arus, tegangan, daya *thermoelectric* yang diperoleh hanya dengan melakukan pengukuran suhu panas dan suhu dingin di daerah Blawan. Sedangkan untuk energi surya hanya dengan mendeteksi intensitas cahaya matahari kita bisa mendapatkan berapa potensi energi yang dihasilkan di daerah Blawan.

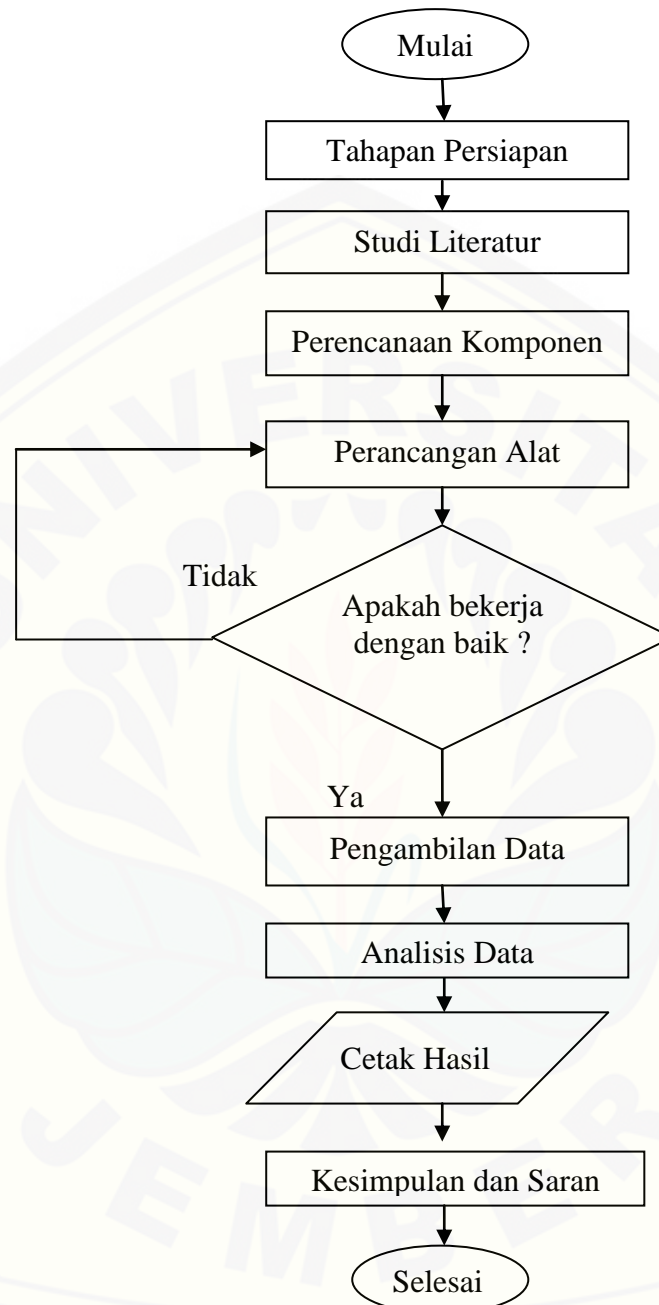
5. Metode Analisis Data

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari pengujian alat serta pengambilan data. Analisa data dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan untuk analisa, yaitu data tegangan, arus, daya dari kedua energi tersebut. Data tersebut dibutuhkan untuk dapat mengetahui seberapa besar potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya yang ada di Blawan.

6. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir dari penelitian ini, pengambilan kesimpulan ini didasarkan pada hasil analisa data yang ada. Sementara untuk saran digunakan untuk perbaikan-perbaikan yang mungkin terjadi, atau kemungkinan pengembangan dan aplikasi dengan metode maupun cara yang berbeda.

3.8 Diagram Alir Penelitian



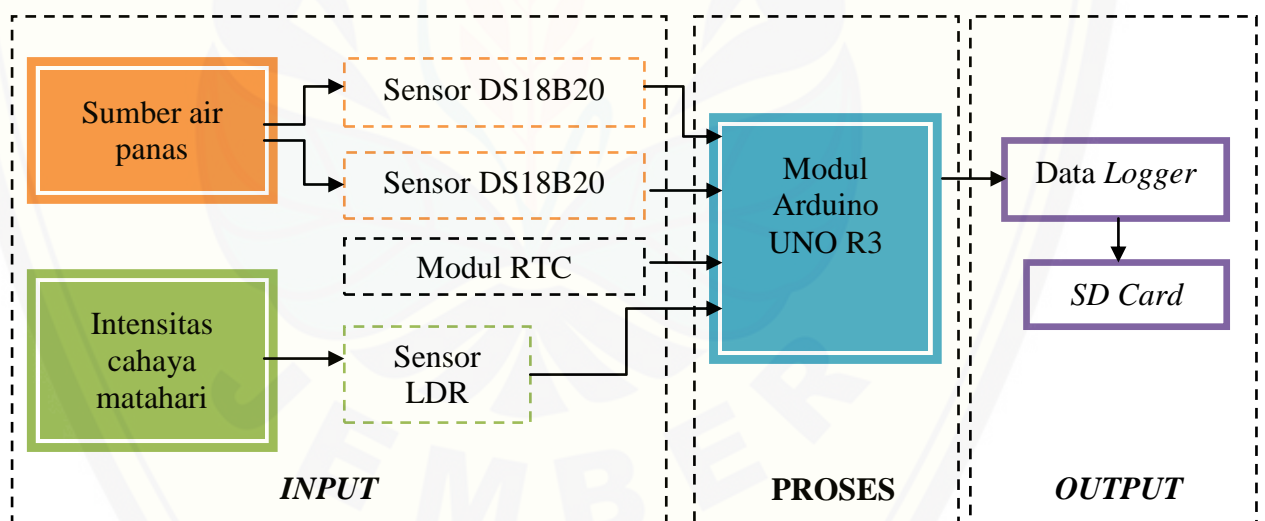
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

Pada diagram alir penelitian, dilakukan persiapan rancang bangun alat ukur potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya. Komponen yang dibutuhkan dalam perancangan alat ukur ini adalah Arduino UNO R3, Sensor suhu *waterproof* DS18B20, Sensor LDR, Sensor arus ACS712, Sensor tegangan, RTC DS1307, Resistor, kapasitor, panel surya 10Wp, TEC-12706, dan *memory*

SD card 8gb. Kemudian dilakukan perancangan dan pembuatan alat. Jika alat berjalan sesuai, dilakukan pengambilan data suhu panas dan suhu dingin menggunakan sensor suhu DS18B20. Setelah itu pada data logger akan ditampilkan berapa suhu panas dan suhu dingin, kemudian berapa delta T-nya, baru setelah itu akan diketahui berapa tegangan, arus dan dayanya. Karena alat ukur ini digunakan untuk mengetahui berapa potensi energi *thermoelectric* dan energi surya yang dihasilkan, maka alat ini akan secara otomatis mendeteksi berapa tegangan, arus, daya yang didapatkan dengan hanya menggunakan sensor suhu dan sensor LDR. Setelah pengambilan data selesai dilakukan analisis data, kesimpulan dari penelitian dan selesai.

3.9 Blok Diagram Sistem

Secara umum, diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini:

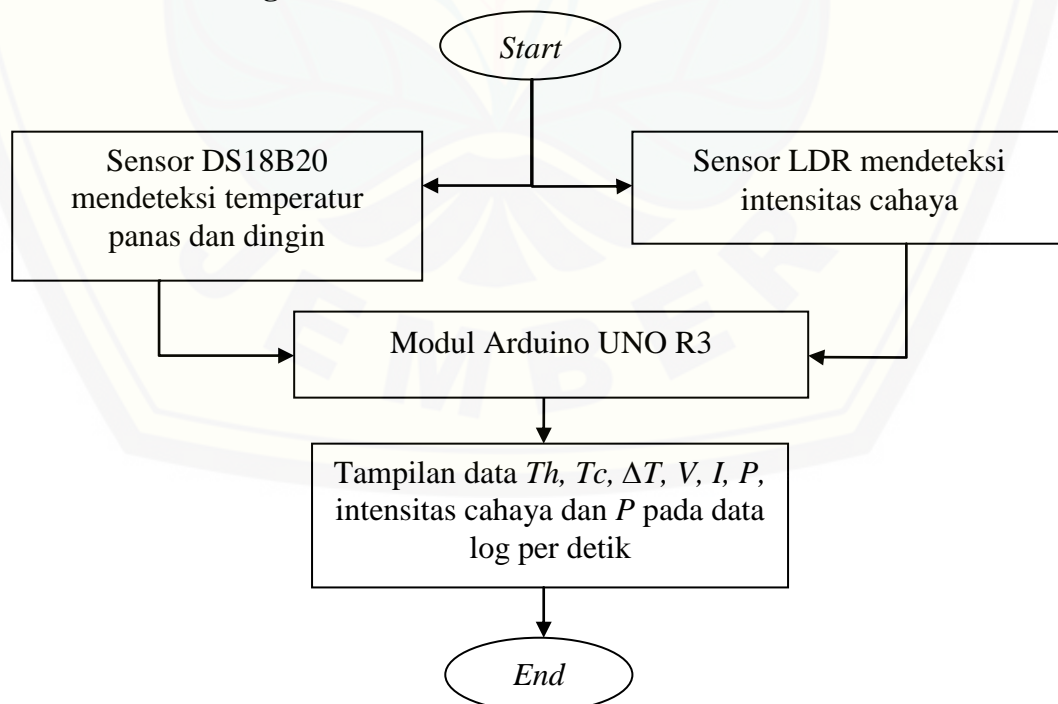


Gambar 3.5 Blok Diagram Sistem

Pada bagian input terdapat kumpulan sensor yang digunakan untuk memperoleh data dari dua sumber. Dalam diagram tersebut ada dua sumber dengan dua komponen yang merupakan *input* yaitu: sensor suhu DS18B20 (dua buah), modul RTC dan sensor LDR. Sensor suhu *waterproof* DS18B20 berfungsi

untuk pengambilan data suhu panas dan suhu dingin. Karena prosesnya dilakukan pada obyek sumber air panas, jadi dibutuhkan sensor suhu yang mampu tahan terhadap air. Modul RTC digunakan untuk mendapatkan data berupa waktu, modul ini merupakan *real time clock* lengkap berupa informasi waktu. Sensor LDR berfungsi untuk pengambilan data intensitas cahaya matahari di lokasi sumber air panas Blawan. Pada sensor LDR *output* yang dihasilkan berupa data analog, oleh karena itu sensor tersebut akan dimasukkan ke pin ADC yang terdapat pada Arduino agar dapat dikonversi menjadi sinyal digital. Untuk Sistem *data logger* menggunakan arduino UNO R3 sebagai pengendalinya, dan menggunakan *SD Card* sebagai media penyimpan data suhunya. Jadi, sistemnya dari *input* data suhu panas, suhu dingin dan intensitas cahaya matahari, kemudian diproses atau dibaca oleh arduino UNO R3 untuk melihat nilai beda temperaturnya, tegangan, arus, daya paltier, data intensitas cahaya matahari, dan daya fotofoltaiik. Setelah itu data-data tersebut akan disimpan oleh *SD Card* sebagai *output*nya.

3.10 Flowchart Program



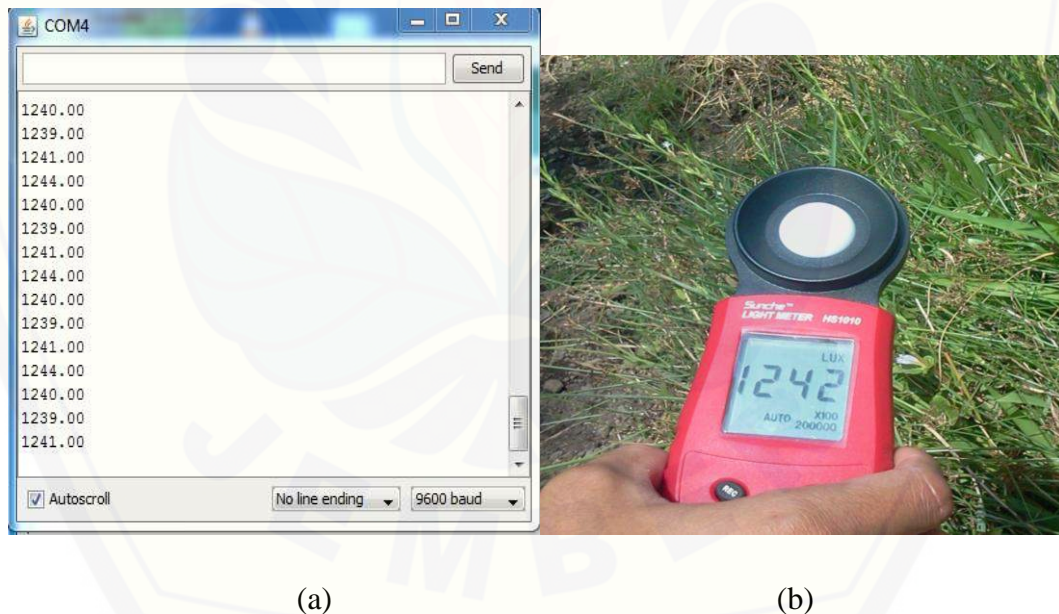
Gambar 3.6 Flowchart Program

Pada *flowchart* program ini terdapat dua *input* yakni, *Input* sensor suhu mendeteksi temperatur panas dan dingin, kemudian *input* sensor LDR mendeteksi adanya perubahan intensitas cahaya. Selanjutnya data tersebut akan diproses atau dibaca oleh Arduino UNO R3 untuk melihat nilai ΔT (beda temperatur), Tegangan, arus, daya, data intensitas cahaya matahari dan daya. Kemudian data-data tersebut akan ditampilkan pada *data logger* dan disimpan oleh *SD Card*.

3.11 Pengkalibrasian Sensor

3.11.1 Pengkalibrasian Sensor Cahaya LDR dengan *Luxmeter*

Pengkalibrasian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbandingan kesamaan dalam pembacaan intensitas cahaya yang dibaca oleh sensor dengan intensitas cahaya yang terbaca oleh *Luxmeter*. Berikut data kalibrasi alat yang dilakukan:



Gambar 3.7 (a). Data yang terbaca oleh sensor LDR berbasis arduino (b). Data alat Luxmeter

Data yang didapatkan dalam proses kalibrasi dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini :

Tabel 3.4 Data kalibrasi

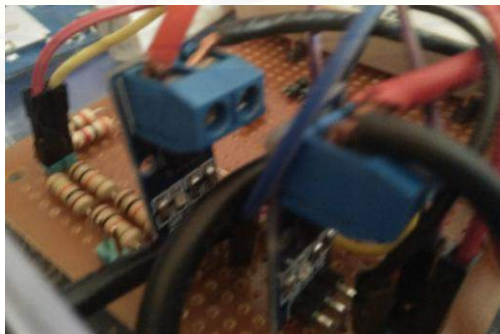
Sensor LDR (lux/m ²)	Luxmeter (lux/m ²)	Error %
913.00	916.00	0.32
649.00	651.00	0.30
583.00	586.00	0.51
1117.00	1120.00	0.26
1088.00	1090.00	0.18

Data yang ditunjukkan tabel 3.4 merupakan data kalibrasi alat yang dilakukan di Sumber air panas Blawan dengan *error* persen tertinggi pada intensitas cahaya 583 lux/m² sebesar 0.51%. *Error* persen terendah pada intensitas cahaya 1088 lux/m² sebesar 0.18%. Data tersebut tidak memiliki jarak yang jauh beda dengan alat ukur konvensional sebagai pembandingnya sehingga alat ukur layak digunakan.

3.11.2 Pengujian Rangkaian Sensor Arus

Pada sensor arus, data arus TEC dan panel surya akan dibaca dengan sensor arus ACS712. Pada penelitian ini sensor ACS712 yang digunakan adalah 30A. Arus yang keluar dari paltier dan panel surya melewati sensor arus ACS712 yang kemudian dikonversi kedalam tegangan DC maksimum 5V untuk dibaca dengan pin Analog *input Arduino UNO*, kemudian data tersebut akan disimpan pada Micro SD.

Berikut ini adalah gambar rangkaian dari sensor arus yang dirancang dalam penelitian ini:



Gambar 3.8 Sensor Arus

Mengetahui respon sensor arus yang telah dirancang, maka diberikan beberapa masukan arus untuk mengetahui hasil pembacaan arus pada sensor tersebut, arus masukan yang diberikan sebesar 4,69A, 7,80A dan 11,02A. berikut ini tabel hasil pengujian sensor arus. Adapun hasil perbandingan *error* persen pada sensor arus ditunjukkan pada tabel 3.5:

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Sensor Arus

I in	I sensor	E%
4,69	4,60	0.01
7,80	7,70	0.01
11,02	10,90	0.01

Berdasarkan Tabel 3.5 pada pengujian sensor arus dapat diketahui bahwa sensor arus dapat bekerja dengan baik karena besar *error* persen (E%) yang terbilang kecil.

3.11.3 Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

Pada penelitian ini sensor tegangan dirancang dengan sistem kerja rangkaian *voltage divider* (pembagi tegangan) guna menurunkan tegangan panel dan baterai sehingga dapat dibaca oleh pin *Analog input* pada *Arduino UNO*. Untuk mendapatkan hasil sensor yang baik, pada sensor ini menggunakan dua resistor dengan nilai 10 K Ω yang disusun seri sehingga menghasilkan besar resistansi 20 K Ω yang kemudian disusun seri dengan resistor 2 K Ω dan 3 K Ω . Adapun Adapun gambar sensor tegangan yang telah dirancang dalam penelitian ini:



Gambar 3.9 Sensor Tegangan

Untuk mengetahui respon sensor tegangan yang telah dirancang, maka diberikan beberapa masukan tegangan untuk mengetahui hasil pembacaan tegangan pada sensor tersebut, tegangan masukan yang diberikan sebesar 1,22V, 2,83V, 3,18V. Berikut ini tabel hasil pengujian sensor tegangan. Adapun hasil perbandingan *error* persen pada sensor tegangan ditunjukkan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hasil Pengujian Sensor Tegangan

V in	V sensor	E%
1,22	1,20	0,01
2,83	2,70	0,04
3,18	3,10	0,02

Berdasarkan Tabel 3.6 pada pengujian sensor tegangan dapat diketahui bahwa sensor tegangan dapat bekerja dengan baik karena besar *error* persen (E%) yang terbilang kecil.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab sebelumnya telah direncanakan mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan agar dapat mengetahui seberapa besar potensi energi listrik yang ada di Blawan. Pada bab ini akan dilakukan analisa hasil selama proses persiapan alat untuk pengambilan data, serta akan dijelaskan pembahasan mengenai hasil data potensi energi listrik yang diperoleh di Blawan. Sistem yang digunakan untuk pengambilan data suhu dan intensitas cahaya di Blawan, Kabupaten Bondowoso dengan menggunakan alat ukur potensi Energi *Thermoelectric* dan Energi Surya. Alat tersebut menggunakan pemrograman berbasis Arduino Uno R3 dengan sistem *data logger* yang memudahkan dalam pengambilan data potensi energi. *Data logger* menggunakan kapasitas *memory* 8GB mikro SD. Proses yang diolah dalam mikro SD adalah *file* dengan ekstensi TXT dengan data yaitu suhu panas, suhu dingin, delta T, Tegangan, arus, daya, intensitas cahaya dan daya berdasarkan jam dan tanggalnya. Dalam penelitian ini data yang digunakan hanya data selama satu hari. Pada bab 4 ini akan dilakukan juga pengujian alat ukur potensi energi *thermoelectric* saat menggunakan paltier (TEC-12706) sebagai pembangkitnya. Setelah itu akan dianalisis perbandingan hasil pengambilan data potensi dengan alat ukur tanpa paltier dan saat pengambilan data potensi menggunakan paltier.

4.1 Hasil Pengambilan Data Potensi Energi *Thermoelectric* di Blawan

Setelah alat ukur potensi energi untuk mengambil data di lokasi penelitian selesai diuji coba dalam skala laboratorium, dan tidak terdapat kesalahan ataupun gangguan pada alat tersebut saat dioperasikan maka selanjutnya dapat dilakukan pengambilan data secara langsung di lokasi sumber air panas. Di daerah Blawan terdapat beberapa sumber air panas yang hampir semuanya dimanfaatkan oleh penduduk sekitar sebagai pemandian umum air hangat. Sumber air panas tersebut tidak langsung digunakan, melainkan dicampur dengan air dingin yang

ketersediaannya begitu melimpah di Blawan. Hal itu dilakukan sebab pada beberapa sumber air panas memiliki suhu yang relatif tinggi. Namun di daerah Blawan hanya ada dua sumber air panas dengan suhu yang paling tinggi, yakni bersuhu 45,9°C dan 52°C. Agar lebih optimal hasil yang didapat pada penelitian ini, pengambilan data potensi dilakukan di sumber air panas yang bersuhu paling tinggi yakni 52 °C. Alasan melakukan penelitian di sumber air panas ini adalah karena pemandian umum pada sumber air panas ini termasuk yang paling tidak ramai dikunjungi, karena model pemandiannya berupa dua bilik kamar mandi, bukan berupa kolam pemandian seperti yang lain.

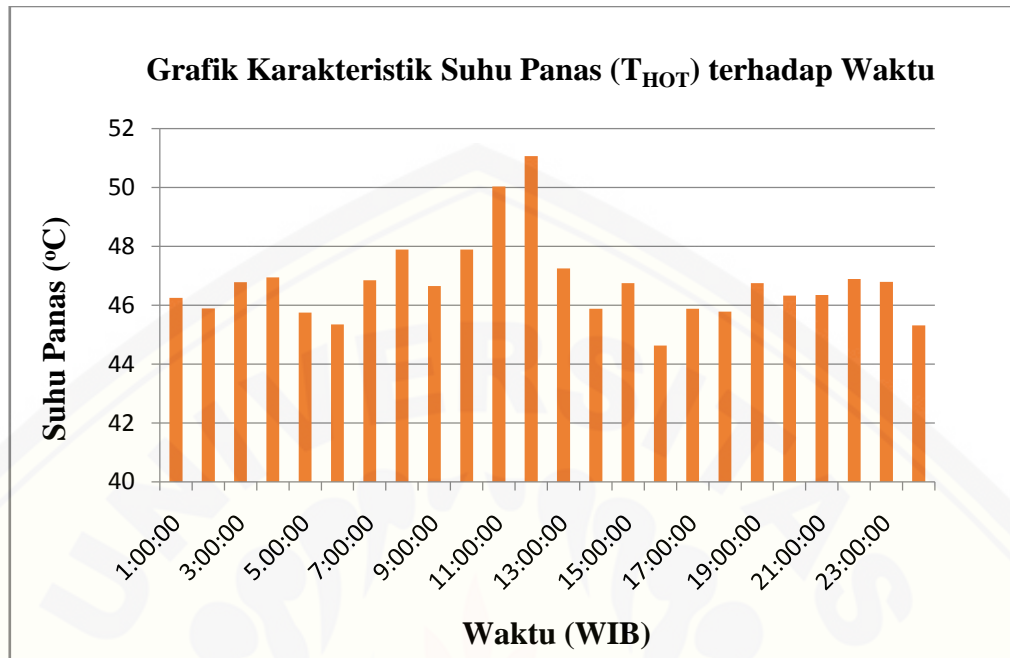
Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan selama satu hari selama 24 jam. Pengambilan data dilakukan tanggal 6 November 2016. Meskipun belum dapat mewakili potensi energi *Thermoelectric* di sumber air panas Blawan sebagai pembangkit listrik alternatif selama sebulan, tapi dari hasil data yang diperoleh, setidaknya cukup memberikan gambaran mengenai energi yang dihasilkan tiap harinya. Untuk data suhu panas dan suhu dingin digunakan dua buah sensor suhu DS18B20 pada kedalaman air 0.8 meter. Kedua data tersebut digunakan untuk menganalisis potensi energi *Thermoelectric*. Untuk mengetahui karakteristik potensi energi di daerah Blawan, Kabupaten Bondowoso, berikut data suhu panas dan suhu dingin harian tanggal 6 November 2016 :

Tabel 4.1 Data suhu panas, suhu dingin, ΔT , V, I, dan P

Waktu	Tanggal	T_{hotwater} (°C)	$T_{\text{coldwater}}$ (°C)	ΔT (°C)	Teg. (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1:00:00	6/11/2016	46,25	16,98	29,27	3,81	0,04	0,15
2:00:00	6/11/2016	45,89	15,75	30,14	3,92	0,04	0,15
3:00:00	6/11/2016	46,78	16,45	30,33	3,94	0,04	0,16
4:00:00	6/11/2016	46,95	16,29	30,66	3,99	0,04	0,16
5:00:00	6/11/2016	45,75	16,55	29,20	3,80	0,04	0,14
6:00:00	6/11/2016	45,35	21,35	24,00	3,12	0,03	0,10
7:00:00	6/11/2016	46,85	30,25	16,60	2,16	0,02	0,05

Waktu	Tanggal	T _{hotwater} (°C)	T _{coldwater} (°C)	ΔT (°C)	Teg. (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
8:00:00	6/11/2016	47,89	29,85	18,04	2,35	0,02	0,05
9:00:00	6/11/2016	46,65	29,31	17,34	2,25	0,02	0,05
10:00:00	6/11/2016	47,89	29,69	18,20	2,37	0,02	0,06
11:00:00	6/11/2016	50,03	29,36	20,67	2,69	0,03	0,07
12:00:00	6/11/2016	51,06	31,59	19,47	2,53	0,03	0,06
13:00:00	6/11/2016	47,25	29,94	17,31	2,25	0,02	0,05
14:00:00	6/11/2016	45,88	29,81	16,07	2,09	0,02	0,04
15:00:00	6/11/2016	46,75	30,25	16,50	2,15	0,02	0,05
16:00:00	6/11/2016	44,63	29,62	15,01	1,95	0,02	0,04
17:00:00	6/11/2016	45,88	30,69	15,19	1,97	0,02	0,04
18:00:00	6/11/2016	45,78	26,97	18,81	2,45	0,02	0,06
19:00:00	6/11/2016	46,75	25,88	20,87	2,71	0,03	0,07
20:00:00	6/11/2016	46,33	25,35	20,98	2,73	0,03	0,07
21:00:00	6/11/2016	46,35	25,88	20,47	2,66	0,03	0,07
22:00:00	6/11/2016	46,89	23,78	23,11	3,00	0,03	0,09
23:00:00	6/11/2016	46,79	19,45	27,34	3,55	0,04	0,13
24:00:00	6/11/2016	45,31	16,63	28,68	3,73	0,04	0,14

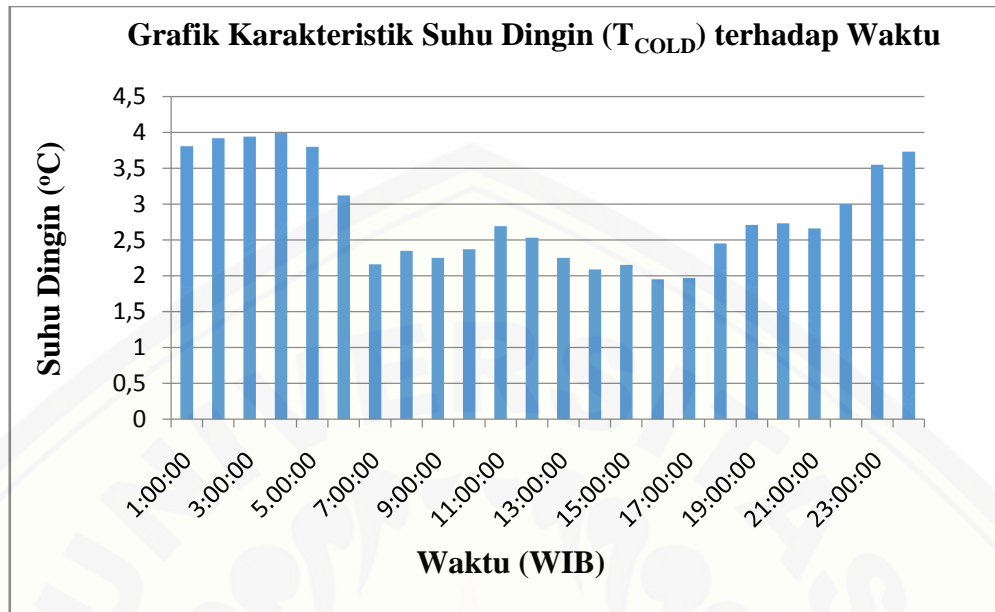
Agar lebih jelas potensi energi yang didapat tiap jamnya, maka data-data diatas ditampilkan dalam grafik. Grafik ini digunakan untuk melihat karakteristik suhu panas terhadap waktu, suhu dingin terhadap waktu, perbedaan suhunya terhadap waktu, tegangan terhadap waktu, arus terhadap waktu dan daya terhadap waktu. Berikut grafik karakteristik suhu panas terhadap waktu selama satu hari pengambilan data potensi yang ditunjukkan pada gambar 4.1:



Gambar 4.1 Grafik Suhu Panas (T_{HOT}) terhadap waktu

Panas yang dimiliki oleh sumber air panas ini merupakan salah satu variabel penting dalam proses *Thermoelectric* dapat berubah menjadi pembangkit listrik alternatif seperti *Thermoelectric Generator*. Pada grafik gambar 4.1, dapat dilihat saat dini hari dari pukul 01.00-05.00 WIB suhu panas mencapai 45,75°C sampai 46,25 °C. Ketika siang hari yakni pukul 12.00 WIB suhu sumber air panas mengalami kenaikan mencapai 51.06°C. Kemudian suhu air panas mulai beranjak turun mulai pukul 16.00-24.00 WIB.

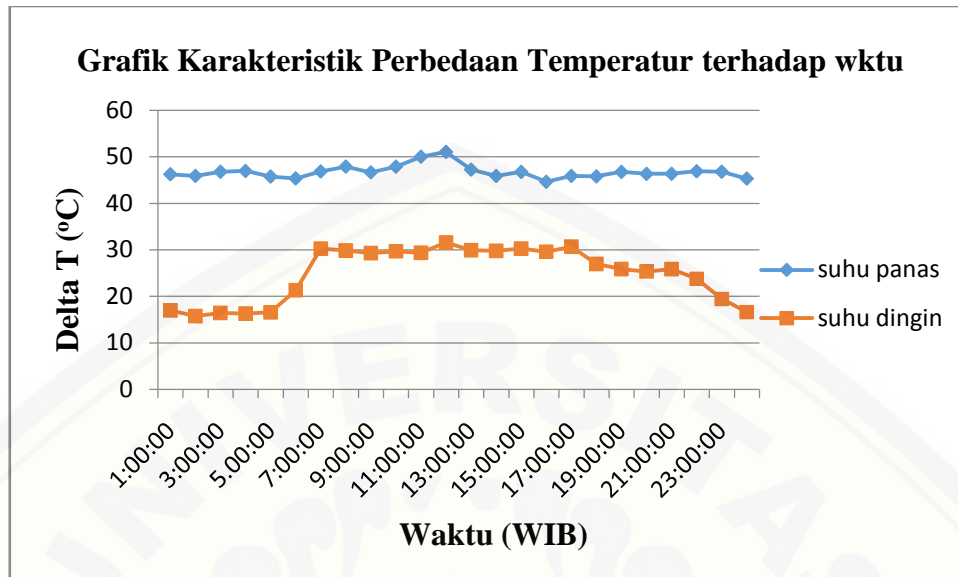
Jika dilihat dari grafik diatas, perubahan suhu yang terjadi pada air panas merupakan efek langsung dari perubahan suhu lingkungan yang semakin siang semakin meningkat. Dan ketika sore hari ketika matahari sudah tak nampak, suhu dingin sumber air panas beranjak menurun. Hal inilah yang menjadi salah satu penyebab turunnya suhu pada sumber air panas. Selanjutnya, grafik karakteristik suhu dingin terhadap waktu selama satu hari pengambilan data potensi yang ditunjukkan pada gambar 4.2:



Gambar 4.2 Grafik Suhu Dingin (T_{COLD}) terhadap Waktu

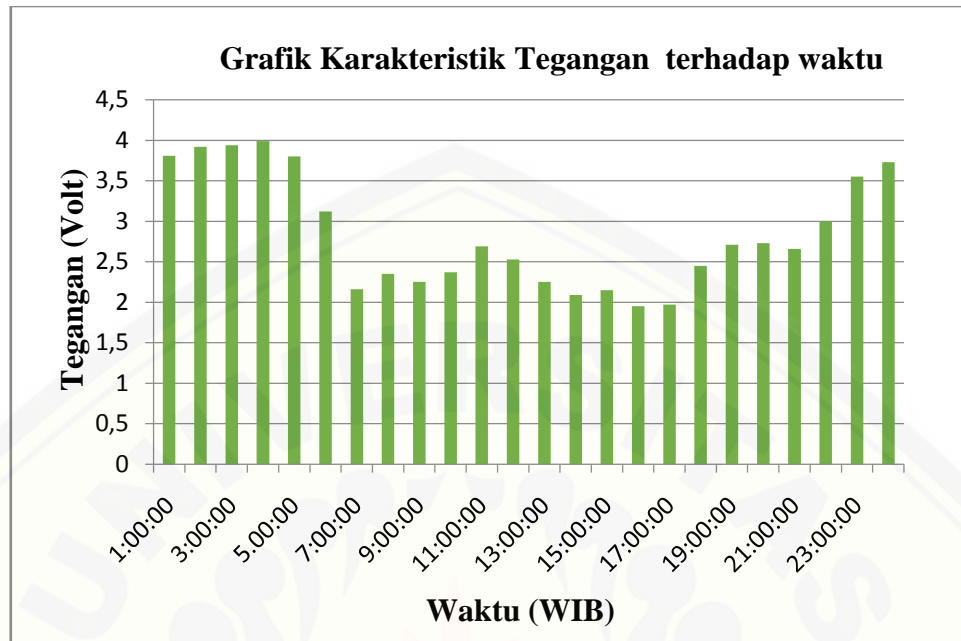
Dari grafik diatas, dapat dilihat pada saat pagi hari pukul 01.00-05.00 WIB, suhu dingin tercatat cukup rendah yakni mencapai sekitar 15°C sampai 16°C . Pada pukul 08.00-23.00 WIB suhu dingin mengalami kenaikan mencapai 19.45°C sampai 31.59°C kemudian suhu dingin mulai beranjak turun mulai pukul 16.00-24.00 WIB. Walaupun di siang hari suhu air normal di kawasan perbukitan ini cukup rendah tapi hal tersebut tidak berpengaruh terhadap suhu lingkungan ketika matahari mulai semakin panas. Suhu lingkungan tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB sebesar 31.59°C . Dari hasil pengukuran tercatat suhu lingkungan mulai turun pada pukul 24.00-05.00 WIB, hingga waktu berikutnya suhu lingkungan terus mengalami kenaikan.

Setelah data suhu panas dan suhu dingin telah diperoleh, kemudian diperoleh beda temperaturnya. Untuk data beda temperatur (ΔT) sendiri secara matematisnya diperoleh dari parameter data suhu panas dan suhu dingin. Berikut Grafik data perbedaan suhu panas dan suhu dingin :



Gambar 4.3 Grafik Perbedaan Temperatur terhadap waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat, suhu panas mencapai sekitar 44.63°C sampai 51.06°C sedangkan suhu dingin mencapai sekitar 15.75°C sampai 31.59°C . Pada pukul 01.00- 05.00 WIB perbedaan suhu yang didapat sekitar $29,2^{\circ}\text{C}$ sampai $30,66^{\circ}\text{C}$. Pada siang hari yakni pukul 12.00 WIB, beda temperaturnya sebesar 19.47°C . Sedangkan pada malam hari pukul 21.00 WIB, beda temperaturnya sebesar 20.47°C . Perbedaan temperatur ini dipengaruhi oleh suhu panas yang relatif konstan dan suhu lingkungan yang berubah-ubah. Perbedaan temperatur ini sangat berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan. Berikut ini merupakan grafik karakteristik tegangan terhadap waktu yang ditunjukkan pada gambar 4.4:

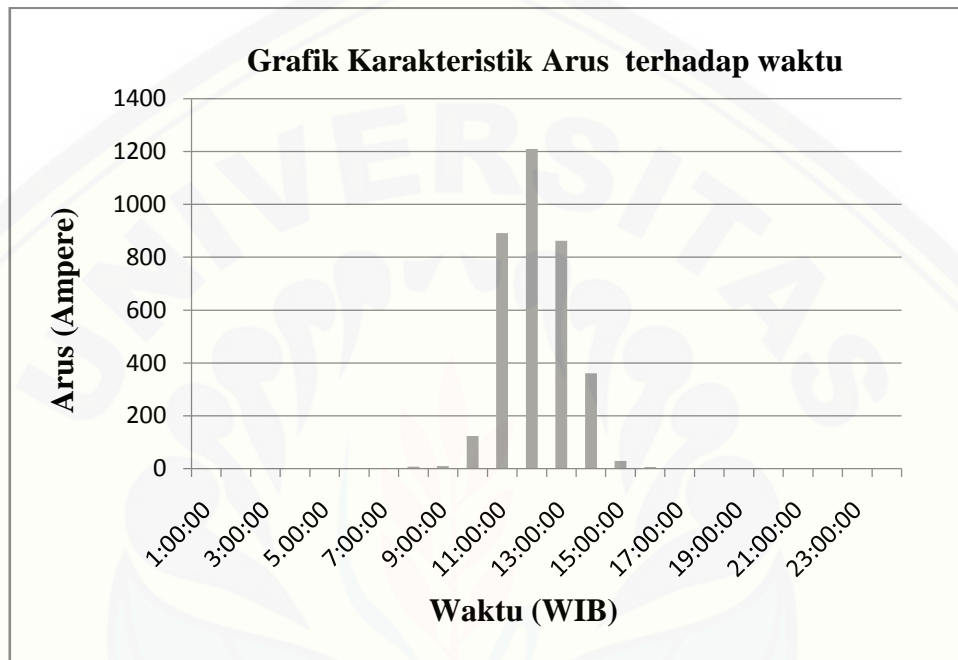


Gambar 4.4 Grafik tegangan terhadap waktu

Gambar 4.4 menunjukkan karakteristik tegangan yang dihasilkan selama pengambilan data. Saat pagi hari yakni pukul 01.00-05.00WIB tegangan yang dihasilkan cukup besar, lalu menurun seiring waktu beranjak siang, hal ini tercatat pada pukul 07.00-17.00WIB. Penurunan tersebut merupakan dampak dari meningkatnya suhu dingin atau suhu lingkungan sumber air panas. Ketika pukul 04.00 WIB, tegangan tertinggi yang dihasilkan sebesar 3,99V dan tegangan terendah dihasilkan terjadi pada pukul 16.00WIB sebesar 1,95V.

Berdasarkan hasil pengambilan data di lokasi penelitian yang kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik, saat pukul 07.00-17.00WIB tegangan mengalami penurunan. Hal ini merupakan efek dari kembali menurunnya suhu dingin (T_{cold}) di sekitar sumber air panas. selama pengambilan data, tercatat naiknya suhu dingin (T_{cold}) terjadi mulai pukul 07.00-17.00WIB dengan rentang kenaikan suhu antara 29-31,59 °C. Faktor suhu ini memberi pengaruh yang cukup besar dalam menghasilkan energi listrik. Di lokasi sumber air panas Blawan, pengaruh suhu dingin (T_{COLD}) jauh lebih besar terhadap energi listrik yang dihasilkan, dibanding pengaruh suhu sumber

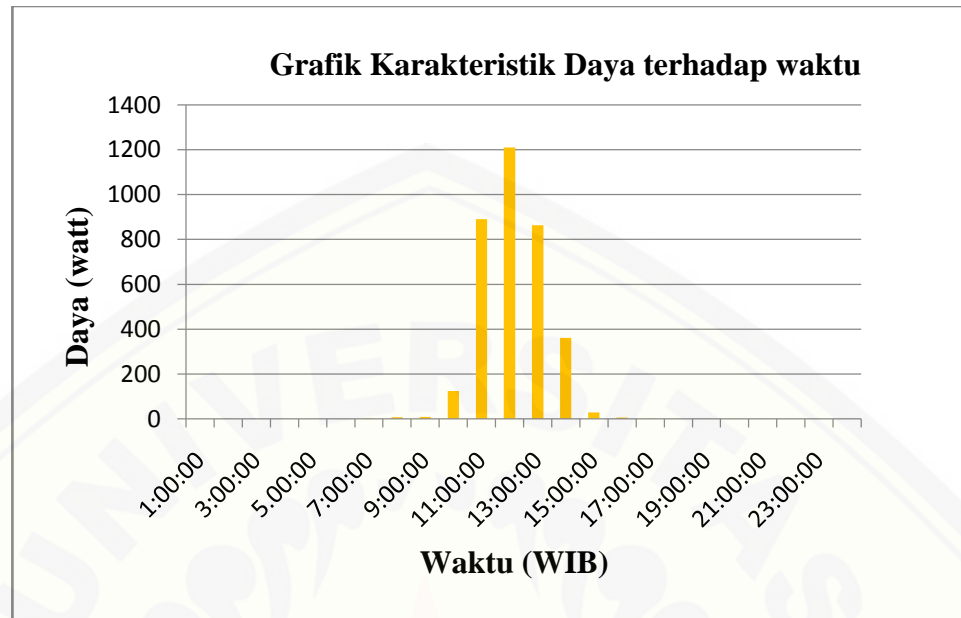
air panas itu sendiri (T_{hot}). Hal ini dikarenakan suhu sumber air panas yang dihasilkan relatif stabil pada kisaran 45°C sampai 51°C . Bukan hanya tegangan yang diamati pada penelitian ini, melainkan juga arus yang dihasilkan juga diamati karakteristiknya, hal tersebut ditunjukkan pada gambar 4.5:



Gambar 4.5 Grafik arus terhadap waktu

Pada gambar 4.5, grafik arus yang dihasilkan dalam pengambilan data potensi, secara relatif mengalami perubahan besar arus dapat dikatakan tidak begitu signifikan. Variasi besar arus yang tercatat ada pada angka 0,04A dan 0,03A, namun rata-rata stabil pada 0,03A. Karakteristik arus yang demikian merupakan akibat perubahan suhu yang membuat tegangannya semakin meningkat dan arus yang dihasilkan tetap.

Setelah diketahui data potensi energi yang dihasilkan, yakni besar tegangan dan arusnya. Maka akan didapatkan besar daya yang dihasilkan. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 4.6:



Gambar 4.6 Grafik daya terhadap waktu

Pada grafik diatas, dapat dilihat saat pagi hari pukul 01.00-05.00 WIB memiliki daya sebesar 0.14W sampai 0.16W. Dapat dilihat adanya perbedaan daya pada beberapa titik waktu yang terjadi saat proses pengambilan data. Pada saat pukul 06.00-21.00 WIB daya yang dihasilkan sebesar 0.05W - 0.10W. kemudian daya kembali naik saat pukul 22.00-24.00 WIB yakni sebesar 0.09W-0.14W.

4.1.1 Hasil pengambilan data potensi dengan menggunakan *Thermoelectric Paltier* (TEC-12706) dan perbandingan data dengan alat ukur tanpa paltier

Pada penelitian ini, akan dilakukan juga pengujian menggunakan TEC. TEC yang akan digunakan adalah TEC-12706. TEC ini berperan penting dalam mengkonversi panas menjadi listrik, sehingga fungsi semula dari TEC dapat berubah menjadi TEG (*Thermoelectric Generator*). Sebelum TEC dipasang pada alat ukur ini, pertama-tama dilakukan pengecekan pada TEC menggunakan AVO meter. Apabila tahanan pada kedua ujung kabelnya tidak muncul besar tahanannya saat dicek dengan AVO meter, maka dapat dikatakan bahwa TEC tersebut rusak. Meski kita tahu

TECnya rusak, namun belum bisa diketahui penyebab rusaknya *junction* didalam TEC tersebut.

Pada pengujian ini, digunakan stainless 2mm sebagai penghantar panas pada sisi panas TEC. Bagian pengantar panas ini nantinya akan langsung di apungkan pada bak yang berisi air panas. Sehingga diharapkan panas dari bak air panas ini dapat terserap maksimal oleh sisi panas dari TEC. TEC yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 2 buah yang berukuran 4x4cm, yang dihubungkan secara seri. Menurut teori, saat TEC dihubungkan secara seri, maka tegangan yang dihasilkan akan meningkat dan arusnya tetap. Namun saat TEC dihubungkan secara paralel maka tegangan yang dihasilkan akan tetap dan arusnya yang akan meningkat. Dua buah TEC ini dihubungkan secara seri yang tersusun pada permukaan *stainless* seperti pada gambar 4.7 berikut ini:



Gambar 4.7 TEC yang tersusun secara seri

Pada proses pemanasan pada TEC ini nantinya juga akan diimbangi dengan media pendingin yang didesain berbentuk kotak persegi panjang berupa *heatsink* yang berisi air pendingin pada bagian atas yang difungsikan sebagai meredam panas yang terserap pada sisi dingin TEC. Setelah itu akan dilakukan pengambilan data tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh paltier sebagai pembangkitnya. Pada penelitian ini, diambil data pengujian sebanyak 4 kali pengujian. Berikut hasil data pengujian potensi menggunakan TEC:

Tabel 4.2 Hasil pengambilan data potensi menggunakan TEC

Waktu	Tanggal	T_{hotTEC} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{coldTEC} ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	V_{TEC} (V)	I_{TEC} (A)	P_{TEC} (Watt)
13:00	8/11/2016	42,38	28,96	13,42	1,74	0,01	0,01
14:00	8/11/2016	45,7	30,35	15,35	1,99	0,02	0,03
15:00	8/11/2016	47,78	31,25	16,53	2,14	0,02	0,04
16:00	8/11/2016	47,13	31,19	15,94	2,07	0,02	0,04

Pada tabel 4.2 dapat dilihat selisih suhu TEC tertinggi terjadi pada pukul 15:00WIB sebesar $16,53^{\circ}\text{C}$ dan selisih suhu terendah terjadi pada pukul 13.00WIB sebesar $13,42^{\circ}\text{C}$. Data perbedaan suhu 2 sisi TEC ini cenderung memiliki hasil yang sama, meskipun terdapat perbedaan besar nilai suhu pada tiap waktunya. Untuk hasil tegangan pada TEC yang tersusun seri diperoleh tegangan tertinggi sebesar 2,14V pada pukul 15.00WIB. sedangkan tegangan terendah terjadi pada pukul 13.00WIB sebesar 1,74V. Dapat dilihat bahwa selisih perbedaan suhu yang semakin meningkat akan membuat tegangan yang dihasilkan semakin meningkat pula. Untuk arus dari ke empat percobaan tersebut tidak ada perubahan arus yang signifikan, rata-rata arus yang dihasilkan mencapai 0,01-0,02A. Sehingga daya yang dihasilkan juga tidak terlalu besar. Daya tertinggi terjadi pada pukul 15.00-16.00WIB yakni sebesar 0,04W. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian dari alat ukurnya berdasarkan sensor suhu, melihat dari segi daya yang dihasilkan saja tentu sudah terlihat besar selisihnya. Berikut tabel data perbandingan hasil data potensi energi *thermoelectric* menggunakan paltier (TEC-12706) dan alat ukur berdasarkan sensor suhu:

Tabel 4.3 Perbandingan data potensi energi menggunakan paltier dan data potensi energi dengan alat ukur potensi energi tanpa paltier

Pembandingan	Alat ukur potensi Energi <i>Thermoelectric</i> menggunakan paltier	Alat ukur potensi energi <i>Thermoelectric</i> tanpa paltier	<i>Error Persen</i> (%)
Suhu Panas ($^{\circ}\text{C}$)	42,38	47,25	0,10

Suhu dingin ($^{\circ}\text{C}$)	28,96	29,94	0,03
Perbedaan Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	13,42	17,31	0,22
Arus (A)	1,74	2,25	0,26
Tegangan (V)	0,01	0,02	0,5
Daya (W)	0,01	0,05	0,8

Pada tabel diatas dapat di lihat, perbandingan data dari alat ukur potensi energi hanya dengan menggunakan sensor suhu dengan alat ukur yang menggunakan paltier menghasilkan *error persen* yang tidak terlalu besar. Bila dilihat dari segi daya yang dihasilkan dari keduanya terlihat bahwa daya yang dihasilkan oleh alat ukur tanpa paltier lebih besar daripada yang menggunakan paltier. Namun bukan variabel daya saja yang menjadi acuan, melainkan terdapat faktor-faktor lain yang mempengaruhi besarnya selisih keluaran antara kedua penelitian ini.yakni faktor suhu panas dan suhu dingin dari paltier. Karena perubahan suhu yang tidak terlalu besar, membuat tegangan yang dihasilkan juga tidak terlalu besar. Jika ingin tegangannya ditingkatkan lebih besar, maka dapat digunakan konverter *boost* untuk menaikkan tegangannya. Suhu paltier disini memiliki pengaruh yang cukup besar dalam menghasilkan energi listrik. Selain itu, kestabilan energi yang dihasilkan oleh paltier ini tidak dapat berlangsung lama, saat suhu air panas menurun, akibat pengaruh suhu dingin yang membuat keluaran energi juga ikut menurun. Saat diamati pada kondisi tersebut, setiap terjadi penurunan suhu panas, maka tegangan keluarannya juga ikut menurun. Berdasarkan hasil pengamatan itu, dapat dianalisa bahwasannya semakin tinggi suhu air panas yang hendak dikonversi maka semakin besar pula energi listrik yang dapat dihasilkan, dengan catatan perbedaan suhu di kedua sisi TEC terjaga. Dan

bila suhu air panas semakin rendah maka semakin rendah pula energi listrik yang dapat dihasilkan.

4.2 Hasil Pengambilan Data Potensi Energi Surya di Blawan

4.2.1 Intensitas Cahaya Matahari

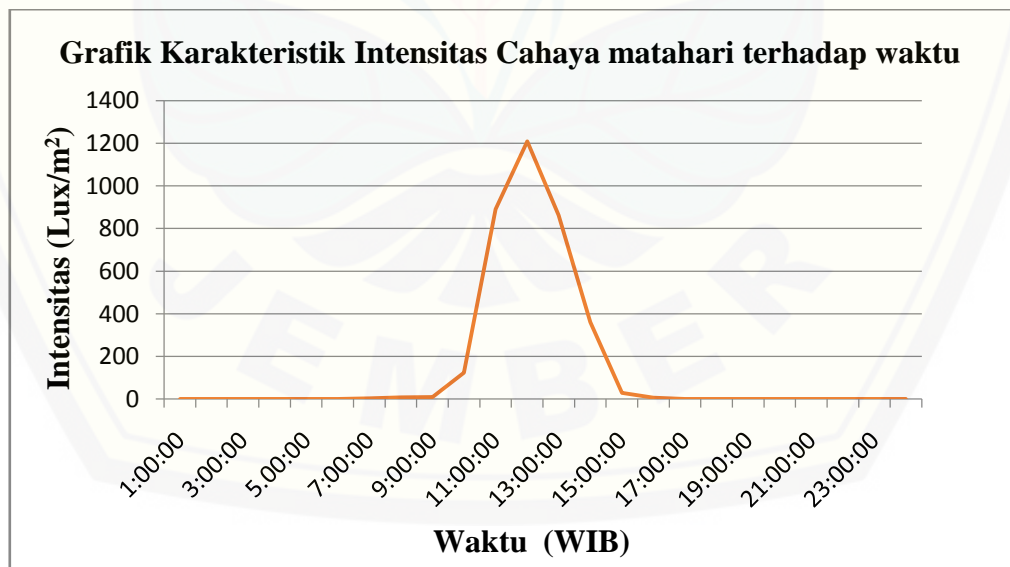
Data intensitas cahaya matahari diukur dengan menggunakan sensor LDR. Data tersebut digunakan untuk dapat dianalisis Potensi Energi Surya. Data ini digunakan untuk mengetahui karakteristik potensi Energi Surya di daerah blawan. Berikut data intensitas cahaya matahari harian tanggal 6 November 2016 :

Tabel 4.4 Data Intensitas Cahaya Matahari

Waktu	Tanggal	Intensitas Cahaya Matahari (lux/m ²)	Daya (Watt)
1:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
2:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
3:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
4:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
5:00:00	6/11/2016	0,02	0,22
6:00:00	6/11/2016	0,71	7,73
7:00:00	6/11/2016	2,68	29,19
8:00:00	6/11/2016	7,85	85,49
9:00:00	6/11/2016	9,25	100,73
10:00:00	6/11/2016	123,75	1347,64
11:00:00	6/11/2016	890,94	9702,34
12:00:00	6/11/2016	1209,6	13172,54
13:00:00	6/11/2016	862,89	9396,87
14:00:00	6/11/2016	360,6	3926,93
15:00:00	6/11/2016	29,06	316,46
16:00:00	6/11/2016	6,38	69,48
17:00:00	6/11/2016	0,74	8,06
18:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
19:00:00	6/11/2016	0,01	0,11

Waktu	Tanggal	Intensitas Cahya Matahari (lux/m ²)	Daya (Watt)
20:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
21:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
22:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
23:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
24:00:00	6/11/2016	0,01	0,11
Daya Total (Wh)			1590,20

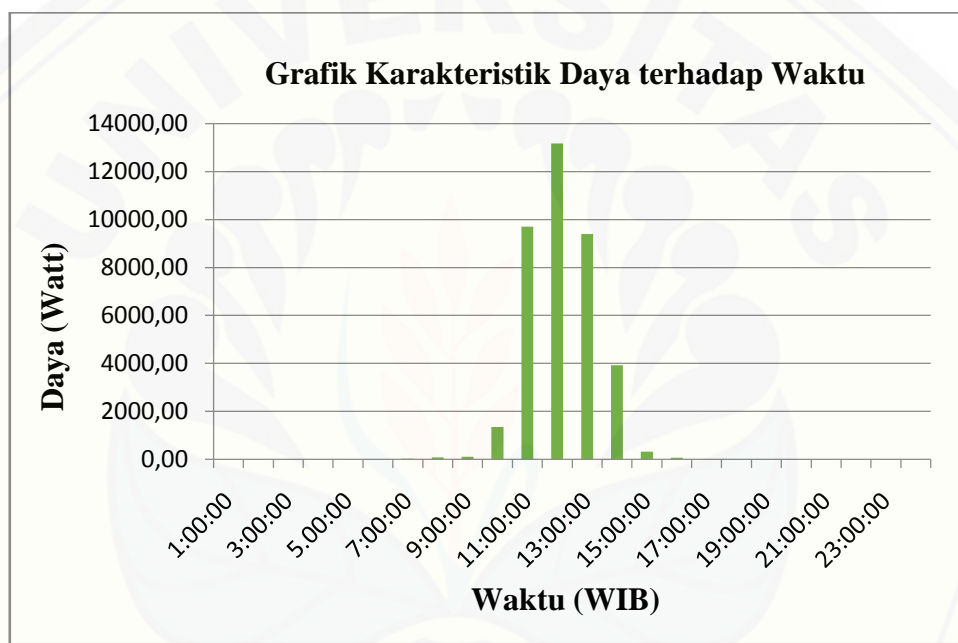
Pada tabel 4.4 Data Intensitas matahari diperoleh dari proses pengambilan data intensitas cahaya selama satu minggu di Blawan. Data intensitas cahaya ini nantinya akan digunakan untuk mengetahui seberapa besar nilai daya yang dihasilkan selama 24 jam tersebut. Agar terlihat lebih jelas seberapa besar potensi energi yang didapat tiap jamnya, maka data-data diatas ditampilkan dalam grafik. Berikut grafik karakteristik intensitas cahaya terhadap waktu selama satu hari pengambilan data potensi yang ditunjukkan pada gambar 4.8:



Gambar 4.8 Grafik Intensitas Cahaya terhadap waktu

Pada grafik 4.7 dapat dilihat pada pukul 01.00-06.00 WIB, intensitas cahaya matahari mencapai 0.01-0.02 lux/m². Pada pukul 07.00-16.00 WIB, intensitas cahaya matahari mengalami kenaikan. Dimana intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB sebesar 1209.6 lux/m². Pada pukul 17.00-24.00, intensitas matahari mengalami penurunan yakni sebesar 0.01 lux/m².

Untuk daya yang dihasilkan, berikut dapat dilihat pada gambar grafik 4.9 karakteristik daya energi surya :



Gambar 4.9 Grafik Daya terhadap waktu

Karena prinsip dari energi surya adalah mengkonversi perubahan intensitas cahaya menjadi energi listrik, jadi untuk memperoleh hasil dayanya cukup dengan melihat hasil dari intensitas cahaya yang dihasilkan. Pada grafik diatas, dapat dilihat saat dini hari pada pukul 01.00-05.00 WIB memiliki daya sebesar 0.11W-0,22W. Dapat dilihat adanya perbedaan daya pada beberapa titik waktu yang terjadi selama pengambilan data. Pada pukul 11.00-14.00, daya yang dihasilkan semakin meningkat yakni sebesar 3926W-13172W. Hal tersebut dikarenakan cuaca pada saat pengambilan data selama satu minggu dalam kondisi cuaca terang. Dapat

disimpulkan bahwa turun serta naiknya grafik daya ini bergantung dari cuaca saat proses pengambilan data intensitas cahaya di Blawan.

4.3 Potensi Penerapan Dua Sistem Pembangkit Listrik di Blawan

Potensi Energi listrik yang dihasilkan pada Blawan Bondowoso terbagi menjadi dua potensi, dimana potensi yang ada pada lokasi penelitian adalah pembangkit Energi *Thermoelectric* dan juga potensi Energi Surya. Keduanya memiliki beberapa kekurangan yang tentunya akan lebih optimal apabila kedua sistem dijadikan menjadi satu. Sistem yang dimanfaatkan pada potensi yang ada adalah dengan mengoptimalkan pemakaian panel surya pada jam 08.00 sampai dengan 17.00. Dimana pada jam-jam tersebut potensi intensitas cahaya matahari masih ada, sedangkan diluar jam-jam tersebut intensitas cahaya matahari tidak ada.

Daya listrik pada panel surya akan memanfaatkan baterai yang telah terisi penuh pada pagi sampai sore hari. Keadaan dimana panel surya tidak dapat menghasilkan potensi energi listrik akan dioptimalkan lagi dengan penggunaan *Thermoelectric*. Dimana *thermoelectric* ini memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi antara suhu air panas dengan suhu dingin yang ada disekitar lokasi. Blawan berada pada dataran tinggi daerah bondowoso, dimana dengan letak blawan tersebut maka suhu yang ada pada lokasi penelitian akan semakin dingin pada sore sampai pagi hari. Suhu dingin yang dihasilkan pada lokasi penelitian mencapai 15°C. Dengan penggunaan *Thermoelectric* diharapkan akan menggantikan suplai energi listrik yang dibutuhkan pada malam hari. Sehingga penggunaannya akan lebih optimal lagi dan dapat memanfaatkan segala kondisi dalam kurun waktu 24 jam.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketika siang hari yakni pukul 12.00 WIB suhu sumber air panas mengalami kenaikan mencapai 51.06°C . kemudian suhu air panas mulai beranjak turun mulai pukul 16.00-24.00 WIB. Perubahan suhu tersebut terjadi karena perubahan suhu lingkungan yang semakin siang semakin meningkat.
2. Suhu dingin atau lingkungan tertinggi ada pukul 12.00 WIB sebesar 31.59°C . Hal tersebut terjadi karena suhu dingin atau suhu lingkungan yang semakin siang semakin meningkat, begitu pula sebaliknya.
3. Ketika perbedaan suhu yang dihasilkan semakin besar, maka tegangan yang dihasilkan juga semakin meningkat, namun arusnya tetap.
4. Kestabilan energi yang dihasilkan oleh paltier tidak dapat berlangsung lama. Saat suhu air panas menurun akibat pengaruh suhu dinginnya, maka keluaran energi yang dihasilkan ikut menurun.
5. Semakin tinggi suhu air panas yang hendak dikonversi maka semakin besar pula energi listrik yang dapat dihasilkan, dengan catatan perbedaan suhu di kedua sisi TEC terjaga. Dan bila suhu air panas semakin rendah maka semakin rendah pula energi listrik yang dapat dihasilkan.
6. Pada pukul 11.00-14.00, daya yang dihasilkan semakin meningkat yakni sebesar $3926\text{W}-13172\text{W}$. Hal tersebut dikarenakan cuaca pada saat pengambilan data intensitas matahari selama satu minggu dalam kondisi cuaca terang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa turun serta naiknya grafik daya ini bergantung dari cuaca saat proses pengambilan data intensitas cahaya di Blawan
7. Panel surya mampu menghasilkan potensi energi listrik hanya pada saat pukul 08.00-16.00 WIB, saat dimana intensitas cahaya matahari masih ada. Keadaan

dimana panel surya tidak dapat menghasilkan potensi energi listrik pada malam hari ini akan dioptimalkan dengan penggunaan *Thermoelectric*. Sehingga penggunaanya akan lebih optimal lagi dan dapat memanfaatkan segala kondisi dalam kurun waktu 24 jam.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan guna memperbaiki hasil setelah penelitian ini antara lain :

1. Pengoptimalan potensi energi lebih dioptimalkan yakni dengan melakukan penelitian dan pengambilan data selama satu bulan.
2. Perlu dicari sumber air panas di lokasi lain yang memiliki suhu lebih tinggi dengan suhu lingkungan yang rendah, agar dapat mendekati atau bahkan mencapai suhu operasi optimal

DAFTAR PUSTAKA

- Ubaidillah, Suyitno, 2012. *Pengembangan Piranti Hibrid Termoelektrik-sel surya sebagai pembangkit listrik rumah tangga*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Chavez-Urbiola, E.A. ,Vorobiev, Yu.V. danBulat, L.P., 2012. *Solar hybrid sistems with thermoelectric generators*. *Solar Energy* 86 :pp 369-378
- Lertsatitthanakorn, C., Therdyonthin, A.2 dan Soponronnait, S., 2010, *Performance analyses and economics evaluation of a hybrid thermoelectric and solar water heater*, *Proc. IMechE Vol. 224 Part A J. Power and Energy*.
- Jamaluddin, 2015, “*Pemanfaatan Potensi Sumber Air Panas Di Blawan Bondowoso Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berbasis TEC*” Tidak diterbitkan. Skripsi.Jember: Program sarjana 1 Fakultas Teknik Universitas Jember
- John, Stephen T. (2014). “*High Efficient Seebeck Thermoelectric Device for Power System Design and Efficiency Calculation: A Review of Potential Househod Appliances*”. India: Sathyabama University. *International Journal of Computer Applications* (0975-8887) Volume 97-No.18.
- Sukur, Edi. (2004). “*Melirik Teknologi Termoelektrik sebagai Sumber Energi Alternatif*”. Dari sumber <http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?artikel>. Diakses pada 19 februari 2015.
- Hasyim Asya'ari dkk. (2012). “*Intensitas Cahaya Matahari terhadap daya keluaran panel sel surya*”. Simposium Nasional. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Maysha, Ima; Trisno, Bambang; Hasbullah. (2013). *“Pemanfaatan Tenaga Surya Menggunakan Rancangan Panel Surya Berbasis Transistor 2N3055 dan Thermoelectric Cooler”*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.



LAMPIRAN

A. Dokumentasi



Lokasi sumber air panas



Proses pengambilan data potensi



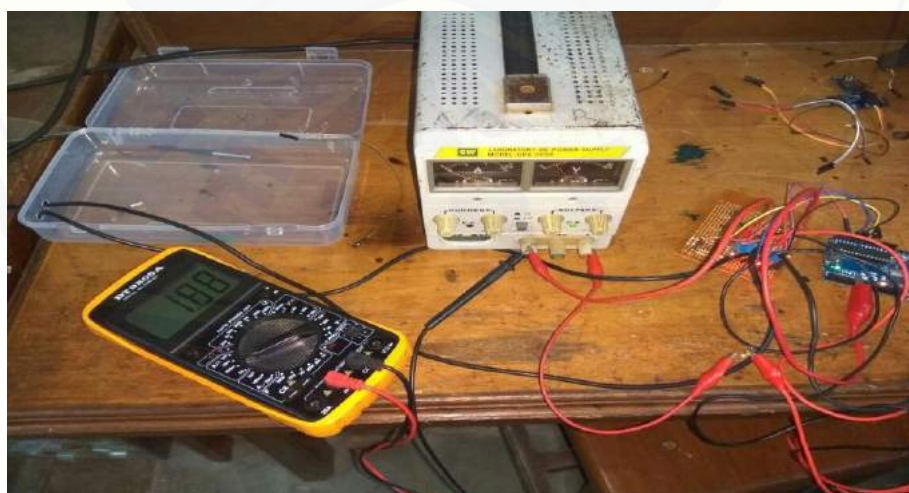
Alat ukur potensi Energi Thermoelectric dan Energi Surya



Luxmeter untuk proses kalibrasi dengan sensor LDR



Pengujian alat ukur potensi energi menggunakan TEC-12706



Kalibrasi sensor tegangan dan sensor arus