



**RANCANG BANGUN PENGUKUR SUHU JARAK JAUH  
SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN KEBAKARAN HUTAN  
DENGAN SUMBER ENERGI *SOLAR CELL***

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana  
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

**Nama : Afi Lathifa Maulida**

**NIM : 5301412006**

**Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro S1**

**Jurusan : Teknik Elektro**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2017**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Afi Lathifa Maulida

NIM : 5301412006

Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro

Judul Skripsi : PENGUKUR SUHU JARAK JAUH SEBAGAI UPAYA  
PENCEGAHAN KEBAKARAN HUTAN DENGAN SUMBER  
ENERGI *SOLAR CELL*

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro FT UNNES

Semarang, Mei 2017

Pembimbing,



**Drs. Agus Suryanto, M.T.**  
**NIP. 196708181992031004**

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Pengukur Suhu Jarak Jauh Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran Hutan Dengan Sumber Energi Solar Cell” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 18 bulan Mei tahun 2017

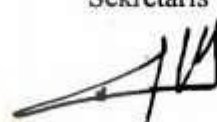
Panitia

Ketua



**Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T.**  
NIP. 197805312005011002

Sekretaris




**Drs. Agus Suryanto, M.T.**  
NIP. 196708181992031004

Penguji I



**Drs. Sugeng Purbawanto, M.T.**  
NIP. 195703281984031001

Penguji II



**Drs. Agus Murnomo, M.T.**  
NIP. 195506061986031002

Penguji III/Pembimbing



**Drs. Agus Suryanto, M.T.**  
NIP. 196708181992031004

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UNNES,



**Drs. Nur Qudus, M.T.**  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

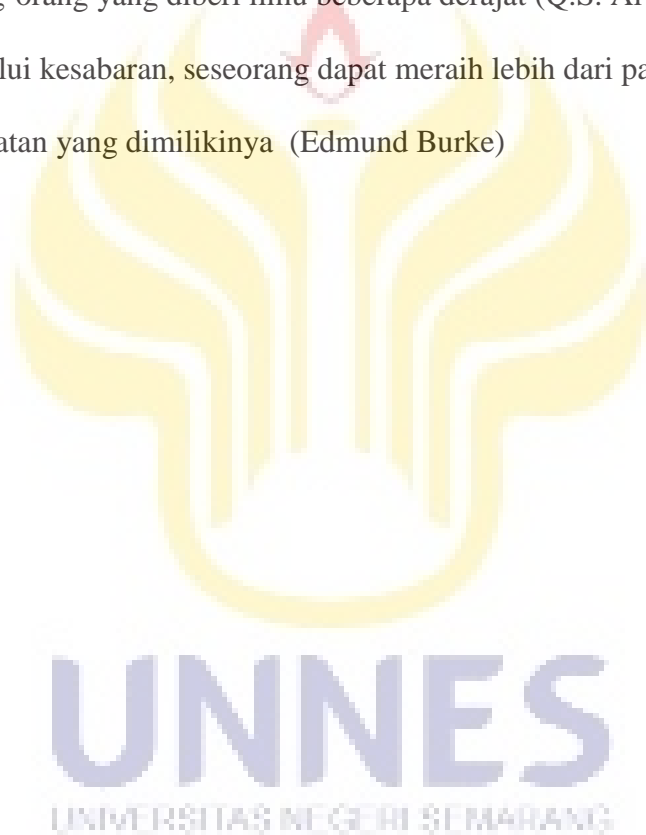
Semarang, Mei 2017



Peneliti

## MOTTO

- Kesuksesan diraih oleh mereka yang tidak tahu bahwa kegagalan adalah hal yang tidak terhindarkan. (Coco Chanel)
- Allah akan mengangkat orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat (Q.S. Al –Mujaadalah : 11)
- Melalui kesabaran, seseorang dapat meraih lebih dari pada melalui kekuatan yang dimilikinya (Edmund Burke)



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur peneliti ucapkan kehadirat Allah SWT dan mengharapkan ridho yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Rancang Bangun Pengukur Suhu Jarak Jauh sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran Hutan dengan Sumber Energi *Solar Cell*". Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Shalawat serta salam senantiasa disampaikan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua mendapatkan syafaat-Nya di yaumul akhir nanti, aamiin.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada peneliti untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memberi bimbingan dengan menerima kehadiran peneliti setiap saat.
3. Drs. Agus Suryanto, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran kepada penyusun selama proses penyusunan skripsi disertai kesabaran, ketelitian, masukan-masukan yang berharga untuk menyelesaikan karya ini.

4. Bapak Suryani, Ibu Fitri Ambarwati, dan adik Aqib Alwi Maula Akhmad tercinta atas doa dan semangat yang senantiasa menjadi pengiring langkah peneliti.
5. Teman-teman seperjuangan PTE 2012 yang sudah menemani selama kuliah dan penyusunan skripsi
6. Teman-teman Kos Putri Siti Khodijah yang sudah menjadi keluarga kedua, terima kasih telah mengisi hari-hari peneliti
7. Nivan Bayhaqi Putra atas doa serta bantuannya selama penyusunan skripsi, terima kasih untuk senantiasa menyemangati apapun kondisinya
8. Almamater peneliti, Universitas Negeri Semarang
9. Dan semua orang yang telah memotivasi & menginspirasi
10. Drs. Sugeng Purbawanto, M.T., selaku dosen penguji 1 dan Drs. Agus Murnomo, M.T., selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyempurnakan skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang memerlukan.



Semarang, Mei 2017

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, is written over the word "Peneliti".

Peneliti

## ABSTRAK

Maulida, Afi Lathifa. 2017. *Rancang Bangun Pengukur Suhu Jarak Jauh sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran Hutan dengan Sumber Energi Solar Cell*. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang. Agus Suryanto, M.T.

Akibat dari terjadinya kemarau panjang tahun 2015 yang lalu yaitu kekeringan yang terjadi hampir di seluruh wilayah Indonesia hingga terjadi kebakaran di beberapa daerah khususnya hutan gambut di Pulau Sumatera, Kalimantan, Riau, Jawa dan masih banyak lagi. Dampak terburuk yang dirasakan yaitu timbulnya kabut asap yang mengganggu kesehatan masyarakat sekitar serta mengganggu transportasi terutama udara bahkan hingga ke negara tetangga yaitu Malaysia dan Singapore. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat pengukur suhu jarak jauh sebagai upaya pencegahan kebakaran hutan dan mengetahui tingkat kelayakan yang terdiri dari tampilan, kemudahan pengoperasian, kinerja dan manfaat alat.

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development*. Teknik pengumpulan data kelayakan produk menggunakan angket, angket ini digunakan untuk menilai alat dari beberapa aspek yaitu tampilan, kemudahan pengoperasian, kinerja, dan manfaat. Data kelayakan produk dianalisis secara statistik diskriptif.

Berdasarkan hasil pengujian, alat pengukur suhu jarak jauh dapat bekerja dengan efektif dan memiliki tingkat kelayakan diatas batas minimal katagori layak (70%) yaitu sebesar 91,7%. Pada penelitian berikutnya dalam pembuatan alat ini menggunakan atau dilengkapi dengan perangkat yang lebih kokoh serta tahan air atau *waterproof* mengingat impelementasinya di dalam hutan, selain itu perlu dilakukan pengembangan bagian media transmisinya dengan media transmisi yang memiliki *range* pentransmisian lebih jauh, dan perlu ditambahkan sensor asap untuk mengetahui adanya asap yang mengindikasikan ada sumber api di hutan

**Kata Kunci:** *Telemetri suhu, kebakaran hutan*



## DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	4

1.5 Tujuan .....	5
1.6 Manfaat .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1 Kebakaran Hutan .....	9
2.2.2 Lingkungan sebagai Faktor Penyebab Kebakaran Hutan	10
2.2.2.1 Bahan Bakar.....	10
2.2.2.2 Cuaca.....	13
2.2.2.3 Topografi .....	16
2.2.3 Sel Surya ( <i>Solar Cell</i> ) .....	19
2.2.4 Sensor Suhu LM35DZ .....	22
2.2.5 3DR <i>Radio Telemetry</i> .....	26
2.2.6 NI LabVIEW .....	29
2.2.7 Kontroler Sel Surya ( <i>Solar Charge Controller</i> ) .....	33
2.2.8 Akumulator .....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>
3.1 Metode Penelitian.....	42
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	43

3.3 Alat dan Bahan .....	43
3.3.1 Hardware (Perangkat Keras).....	43
3.3.2 Software (Perangkat Lunak) .....	44
3.4 Prosedur Penelitian .....	44
3.4.1 Potensi dan Masalah .....	44
3.4.2 Pengumpulan Data/Informasi.....	44
3.4.3 Desain Produk .....	45
3.4.4 Validasi Desain oleh Pakar/Ahli.....	50
3.4.5 Revisi Desain .....	50
3.4.6 Pengujian Alat/Ujicoba Alat .....	50
3.4.7 Analisis Kinerja Alat/Uji Kelayakan Alat .....	51
3.4.8 Revisi Produk .....	51
3.4.9 Produksi Masal.....	51
3.4.10 Simpulan .....	52
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	52
3.5.1 Kuisisioner (Angket) .....	53
3.5.2 Observasi dan Wawancara .....	53

3.6 Teknik Analisis Data .....	54
3.6.1 Analisis Data Angket/Uji Kelayakan Alat .....	57
3.6.2 Uji Coba Alat .....	59
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>60</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	60
4.1.1 Hasil Perancangan Alat Pengukur Suhu Jarak Jauh ....	60
4.1.1.1 Deskripsi Hasil Perancangan .....	55
4.1.1.2 Cara Pengoperasian Alat .....	65
4.1.1.3 Hasil Pengujian Sistem .....	65
4.1.2 Hasil Penelitian Uji Kelayakan .....	75
4.2 Pembahasan .....	78
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>81</b>
5.1 Simpulan .....	81
5.2 Saran .....	82
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>84</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Solar Cell.....	20
Gambar 2.2 Simbol Fisik Sensor Suhu LM 35 .....	23
Gambar 2.3 Sensor suhu waterproof LM35DZ.....	24
Gambar 2.4 Blok Diagram Sistem Radio Telemetry.....	27
Gambar 2.5 Radio Telemetry .....	28
Gambar 2.6 <i>Front Panel</i> .....	30
Gambar 2.7 Blok Diagram LabView.....	31
Gambar 2.8 <i>Control Palette</i> .....	32
Gambar 2.9 <i>Functions Palette</i> .....	33
Gambar 2.10 <i>Solar Charge Controller</i> .....	37
Gambar 2.11 Akumulator .....	41
Gambar 3.1 Langkah penelitian dan pengembangan .....	42
Gambar 3.2 Diagram Blok Pengukur Suhu Jarak Jauh .....	45
Gambar 3.3 Desain Pengukur Suhu Jarak Jauh Tampak Depan.....	47

Gambar 3.4	Desain Pengukur Suhu Jarak Jauh Tampak Samping.....	47
Gambar 3.5	Rangkaian Sensor LM35DZ.....	49
Gambar 3.6	Layout Rangkaian Sensor.....	51
Gambar 4.1	Blok Diagram Sistem Kerja Alat Pengukur Suhu Jarak Jauh	61
Gambar 4.2	Wiring Diagram Alat Pengukur Suhu Jarak Jauh .....	62
Gambar 4.3	Hasil Rancangan Alat Pengukur Suhu Jarak Jauh .....	63
Gambar 4.4	Grafik Kelinieritasan LM35DZ terhadap Thermometer Digital .....	69
Gambar 4.5	Tampilan Labview Kondisi Aman.....	72
Gambar 4.6	Tampilan Labview Kondisi Siaga.....	72
Gambar 4.7	Tampilan Labview Kondisi Bahaya.....	72
Gambar 4.8	Tampilan Data secara Real Time.....	74
Gambar 4.9	Diagram Penilaian Tiap Kategori .....	80



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Pengujian Faktor Jarak Terhadap Kelinieritasan Suhu..... 56
Tabel 3.2	Interval Nilai Presentase dan kriteria kualitatif..... 59
Tabel 4.1	Pengukuran Tegangan Keluaran <i>Solar Cell</i> ..... 66
Tabel 4.2	Pengujian Sensor LM35DZ..... 67
Tabel 4.3	Data perbandingan suhu antara bagian pengirim (tampilan LCD) dan bagian penerima (tampilan laptop) ..... 71
Tabel 4.4	Data Angket Uji Alat..... 75
Tabel 4.5	Data Hasil Uji Alat ..... 76

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Listing Program
- Lampiran 2 Surat Keputusan Dosen Pembimbing
- Lampiran 3 Angket Uji Kelayakan
- Lampiran 4 Dokumentasi





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis karena terletak di garis khatulistiwa atau ekuator. Iklim tropis di Indonesia yang bersifat panas menyebabkan munculnya dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Menurut BMKG peringatan dini dampak fenomena El Nino (naiknya suhu permukaan laut di Samudra Pasifik) 2015 di Indonesia tahun ini yang semula diprediksi berskala moderate berpotensi menguat. Akibatnya, kemarau tahun ini akan berlangsung lebih lama. Perlu diketahui bahwa kemarau panjang bisa berdampak luas.

Akibat dari terjadinya kemarau panjang beberapa waktu yang lalu yaitu kekeringan yang terjadi hampir di seluruh wilayah Indonesia hingga terjadi kebakaran di beberapa daerah khususnya hutan gambut di Pulau Sumatera, Kalimantan, Riau, Jawa dan masih banyak lagi. Dampak terburuk yang dirasakan yaitu timbulnya kabut asap yang mengganggu kesehatan masyarakat sekitar serta mengganggu transportasi terutama udara bahkan hingga ke negara tetangga yaitu Malaysia dan Singapore. Sebagai upaya penanggulangan kebakaran hutan tersebut, pemerintah dengan BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) melakukan upaya pemadaman menggunakan hujan buatan atau water bombing yang membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Luas dan dampak ekonomi kebakaran hutan dan lahan di sejumlah provinsi di Indonesia tahun 2015 amat mungkin menyamai skala insiden kebakaran hutan

dan lahan yang terparah yakni pada tahun 1997. Kerugian ekonomi akibat kebakaran hutan dan lahan pada tahun 1997-1998 diperkirakan mencapai US\$ 9,3 milyar sampai dengan US\$20,1 milyar dan ADB/Bappenas memperkirakan 35 juta orang terkena dampaknya. Pembangunan perkebunan kelapa sawit menjadi salah satu penyebab kebakaran hutan seluas 10 juta hektar pada tahun 1997-1998 dengan kerugian ekonomi mencapai US\$ 9,3 milyar (Sylva, 2015).

Kebakaran yang terjadi di hutan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Faktor-faktor ini mempengaruhi ketersediaan dari unsur-unsur yang ada di dalam unsur terbentuknya api atau segitiga api. Ada tiga faktor lingkungan yang biasa disebut "*fire environment triangle*". Faktor yang mempengaruhi perilaku api yang menyebabkan kebakaran hutan, yaitu: bahan bakar, cuaca dan topografi (Roy, 2003). Salah satu elemen cuaca yang mempengaruhi terjadinya kebakaran alam yaitu suhu.

Selain itu dalam era globalisasi saat ini, kecepatan informasi merupakan salah satu faktor yang menentukan efektifitas kegiatan pertukaran informasi yang diperlukan. Dalam kasus ini perlu adanya upaya preventif dengan membuat suatu alat yang dapat secara otomatis mengirimkan sinyal mengenai informasi mengenai kenaikan suhu langsung dari wilayah yang rawan terjadi kebakaran hutan dan dapat diterima tanpa mengukur secara manual di wilayah tersebut atau dari jarak jauh agar tidak terjadi kebakaran yang tentunya menimbulkan kerugian yang sangat besar seperti yang telah terjadi di Indonesia beberapa waktu yang lalu. Berdasarkan masalah yang telah

dijelaskan perlu adanya suatu alat yang berfungsi untuk mengukur suhu jarak jauh sebagai upaya pencegahan kebakaran hutan, maka dari itu dirancang sebuah alat dan melakukan penelitian dengan judul “ **Rancang Bangun Pengukur Suhu Jarak Jauh Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran Hutan Dengan Sumber Energi *Solar Cell***”.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Indonesia merupakan negara beriklim tropis karena terletak di garis khatulistiwa atau ekuator. Iklim tropis di Indonesia yang bersifat panas tentunya menyebabkan Indonesia akan tetap mengalami kekeringan yang panjang di tahun-tahun berikutnya dan juga berpotensi terjadi kebakaran hutan kembali. Selama ini pemerintah dan pihak yang terkait hanya menanggulangi kebakaran hutan tanpa melakukan langkah preventif untuk meminimalisir kebakaran hutan, itupun dirasa kurang maksimal.
2. Upaya pencegahan tentu perlu dilakukan, dengan cara memantau suhu daerah yang rawan terjadi kebakaran. Namun proses ini tidak bisa dilakukan dengan jarak dekat, maka perlu alat yang bisa memberikan informasi langsung dari daerah yang rawan tersebut dan dapat mengirimkan sinyal dari jarak jauh, sehingga upaya untuk menanggulangi kebakaranpun dapat dilakukan dengan maksimal sehingga kerugian yang terjadi dapat diminimalisir.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mempersempit ruang lingkup permasalahan yang akan dikaji lebih lanjut.

Pembatasan masalah tersebut antara lain:

- a. Penelitian ini terfokus pada pengembangan sumber energi menggunakan sumber energi terbarukan (*solar cell*) Sonnenplate tipe 10M-36-10W, dimensi 250x370x180mm, max. power 10W .
- b. Penelitian ini terfokus terhadap pengembangan sistem pengukur suhu jarak jauh menggunakan *Single TTL 3DRobotics 3DR Radio Telemetry Kit 915Mhz Module for APM*.
- c. Penerapan dari penelitian ini diterapkan di ruangan terbuka dan mempunyai jarak ukur 1000 meter.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana tingkat ketelitian dan ketepatan pembacaan alat pengukur suhu jarak jauh menggunakan media transmisi *3DR Radio Telemetry* ?
- b. Bagaimana kelayakan dari alat pengukur suhu jarak jauh sebagai upaya pencegahan upaya kebakaran menggunakan sumber energi terbarukan (*solar cell*) ?

## 1.5 Tujuan

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah :

- a. Mengetahui ketelitian dari alat pengukur suhu jarak jauh menggunakan sumber energi terbarukan (*solar cell*) menggunakan media transmisi 3DR *Radio Telemetry*.
- b. Mengetahui kelayakan dari alat pengukur suhu jarak jauh menggunakan sumber energi terbarukan (*solar cell*) yang dibuat.

## 1.6 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat pada berbagai pihak diantaranya :

- a. Hasil penelitian ini dapat berguna untuk menginformasikan kenaikan suhu yang berpotensi mengakibatkan kebakaran sehingga penanggulangannya lebih cepat dan meminimalisir kerugiannya terutama bagi masyarakat.
- b. Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan dalam hal mengembangkan alat yang berguna untuk menginformasikan kenaikan suhu bagi lembaga terkait, seperti BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), dan BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana).

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Kajian Pustaka

Kebutuhan akan sistem yang dapat melakukan monitoring jarak jauh semakin meningkat dari tahun ke tahun. Sejalan dengan perkembangan peradaban manusia yang tak lagi mengenal batas dan jarak sehingga menuntut sebuah sistem monitoring jarak jauh yang memanfaatkan teknologi yang biayanya murah dan luas pemanfaatannya.

Untuk menciptakan sebuah sistem tersebut diperlukan sebuah alat yang dapat mengakses perangkat sistem melalui jaringan nirkabel dan alat ini berfungsi sebagai sebuah antarmuka dan pengolah data. Alat tersebut dibutuhkan sebagai pengukur suhu yang dibutuhkan untuk memperoleh informasi mengenai kenaikan suhu di wilayah hutan secara jauh, jadi kita bisa memantaunya dari tempat yang berbeda. Apabila terjadi kenaikan suhu yang signifikan dan mengindikasikan kebakaran maka langkah penanggulangannya dapat dilakukan secara optimal sehingga dapat meminimalisir kerugian akibat kebakaran yang terjadi.

Sulbi dan Hastuti(2009) dalam penelitiannya telah membuat alat Pengukuran Temperature Jarak Jauh Secara Real Time Berbasis PC menggunakan Gelombang Radio. Dalam perancangan dan pembuatan alat Pengukuran Temperature ini terbagi menjadi dua unit yaitu detektor suhu dan Unit monitoring suhu. Mikrokontroler AT89S51 sebagai komponen utama. Sensor suhu menggunakan LM35, MT8888 sebagai transeiver untuk

menerjemahkan data yang dikirim atau yang diterima kedua unit. Radio komunikasi portabel FR860 (walkie talkie) berfungsi sebagai transeiver komunikasi antara unit detektor suhu dan unit monitoring suhu. Jarak komunikasinya bisa sampai 2,5 kilometer, menggunakan sumber daya DC 4,5 Volt.

Lapanporo(2011) juga telah melakukan perancangan suatu sistem telemetri berbasis sensor suhu untuk pemantau kebakaran lahan. Jenis sensor suhu yang digunakan adalah sensor LM35. Untuk perangkat pengubah data analog keluaran sensor suhu menjadi sinyal digital digunakan mikrokontroler ATmega8535. Pengiriman data menggunakan modul RF TXM02 pada bagian pemancar (transmitter) dan modul FR RXM01 pada bagian penerima (receiver) yang mampu melakukan transmisi data pada jarak 200 m di udara terbuka.

Sutikno et al.(2013) juga merancang alat pendeteksi kebakaran menggunakan sensor suhu yang dapat mendeteksi adanya kebakaran secara dini. Perancangan sistem dimulai dari rangkaian sensor suhu, konverter tegangan analog ke digital dengan ADC 0809, pengendali sistem dengan mikrokontroler AT89S52, dan alarm sebagai indikator terjadinya kebakaran.

Pada prinsipnya beberapa penelitian yang sudah dilakukan memiliki kesamaan dalam penggunaan sensor, proses dan cara kerja sistem, perbedaan hanya terletak pada penggunaan media komunikasi dan unit pengolah datanya. Alat yang telah diciptakan dapat digunakan dan bekerja dengan baik. Kekurangannya adalah media komunikasi yang digunakan

terbatas pada jarak antara pengirim dan penerimanya, pengolah data yang pemrogramannya rumit, serta apabila alat tersebut hendak digunakan secara berkelanjutan, sumber energi yang digunakanpun masih kurang efisien dan terbilang mahal begitupun dengan komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat-alat tersebut.

Pada penelitian ini akan lebih disempurnakan baik dari segi hardware maupun software. Sensor yang digunakan tetap LM35 sebagai pengindera suhu namun seri yang digunakan yaitu LM35DZ yang sifatnya waterproof (anti air) sehingga apabila alat digunakan di ruang terbuka (hutan) akan tetap berfungsi dengan baik. Kemudian sumber energi yang digunakan dalam penelitian ini adalah solar cell, tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim seperti pada kasus penggunaan bahan bakar fosil karena panel surya tidak memancarkan gas rumah kaca yang berbahaya seperti karbondioksida. Panel surya memanfaatkan energi matahari dan matahari adalah bentuk energi paling berlimpah yang tersedia di bumi. Panel surya mudah dipasang dan memiliki biaya pemeliharaan yang sangat rendah karena tidak ada bagian yang bergerak. Panel surya tidak memberikan kontribusi terhadap polusi suara dan bekerja dengan sangat diam. Selain itu media komunikasi yang digunakan yaitu 3DR Radio Telemetry dipilih karena harga, dan kemudahan dalam penggunaannya karena tidak menggunakan kabel. Jarak yang dapat ditempuh oleh 3DR Radio Telemetry ini adalah 1 kilometer.



## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1 Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan yaitu suatu keadaan dimana hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomi dan lingkungannya (SK. Menhut. No. 195/Kpts-II/1996). Kebakaran hutan merupakan fenomena yang sering terjadi di Indonesia yang menjadi perhatian lokal dan global. Kebakaran hutan bukan hal baru, di Kalimantan kebakaran hutan sudah terjadi sejak abad 17. Namun baru pada tahun 1980 terjadi peningkatan luas dan intensitas terjadinya kebakaran hutan, khususnya di Sumatera dan Kalimantan. Kebakaran hutan yang cukup besar terjadi di tahun 1982/1983, 1987, 1991, 1994, 1997/1998 dan 2002, 2006. Apabila dicermati lebih jauh, kebijakan pemerintah di tahun 1980 yang membuka konsesi hutan, mengubah hutan alam menjadi perkebunan, transmigrasi, pengembangan irigasi, dan perluasan pertanian diduga meningkatkan luas kebakaran hutan. Kebijakan nasional yang mendorong perubahan penggunaan lahan meningkatkan kebakaran hutan.

Dampak kebakaran hutan dan lahan yang menonjol adalah terjadinya kabut asap yang mengganggu kesehatan dan sistem transportasi darat, laut dan udara. Dampak kebakaran hutan terhadap produksi pertanian diduga tidak terlalu besar karena pembakaran dilakukan untuk penyiapan lahan, kecuali jika kebakaran mencapai

lahan pertanian yang memproduksi. Kebakaran hutan menghasilkan emisi karbon yang dilepaskan ke atmosfer (Silvy, 2015).

## 2.2.2 Lingkungan sebagai Faktor Penyebab Kebakaran Hutan

Kebakaran yang terjadi di hutan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Faktor-faktor ini mempengaruhi ketersediaan dari unsur-unsur yang ada di segitiga api. Ada tiga faktor lingkungan yang biasa disebut "*fire environment triangle*". yang mempengaruhi perilaku api yang menyebabkan kebakaran hutan, yaitu: bahan bakar, cuaca dan topografi (Roy, 2003).

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai tiga faktor lingkungan tersebut maka akan dibahas satu persatu berikut ini.

### 2.2.2.1 Bahan Bakar

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahan bakar yang menyebabkan terjadinya kebakaran di hutan berasal dari vegetasi hutan baik yang sudah mati maupun yang masih hidup. Pada beberapa bagian hutan, bahkan ada kemungkinan batubara yang ada di bagian bawah hutan juga dapat menjadi bahan bakar potensial yang menyebabkan kebakaran. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi suatu bahan bakar yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran di suatu areal, yang penjelasannya adalah sebagai berikut :

1. Jenis bahan bakar, bila dilihat dari jenisnya maka bahan bakar kebakaran yang ada di sekitar hutan dapat berupa rumput, semak ataupun potongan kayu.
2. Kelembaban bahan bakar, adalah jumlah air yang terdapat di dalam bahan bakar yang dinyatakan dengan persentase kering bahan bakar tersebut. Kelembaban bahan bakar berpengaruh pada titik awal dari suatu bahan ketika mulai terbakar.
3. Kategori bahan bakar terdiri dari bahan bakar ringan dan bahan bakar berat. Bahan bakar ringan ini dapat secara cepat mengikuti kondisi lingkungan, sehingga secara cepat dapat terbakar dan menjadi abu. Bahan bakar ringan ini juga tidak membutuhkan waktu lama untuk terbakar. Contoh dari bahan bakar ringan adalah rumput dan semak. Sedangkan bahan bakar berat adalah bahan bakar yang membutuhkan waktu yang lama untuk beradaptasi artinya membutuhkan waktu untuk menjadi kering ataupun menjadi lembab, contohnya adalah potongan kayu dan juga batang-batang pohon.
4. Jumlah bahan bakar, yaitu jumlah ketersediaan bahan bakar di suatu area yang diukur dengan ton per hektar. Jumlah bahan bakar yang ada di suatu areal akan menentukan jumlah energi panas yang mungkin dihasilkan ketika terjadi kebakaran.
5. Ketersediaan bahan bakar dapat dilihat baik secara horizontal maupun secara vertical dari suatu daerah. Bila dilihat secara

horizontal maka bahan bakar terdiri dari bahan bakar seragam yaitu bahan bakar yang tersebar secara bersinambungan dalam suatu areal. Bahan bakar seragam ini dapat dijelaskan bahwa dalam satu area hanya ditumbuhi oleh satu jenis tumbuhan saja sehingga api dapat lebih mudah menjalar ketika terjadi kebakaran. Sedangkan bahan bakar tidak seragam adalah semua bahan bakar yang tersebar tidak seragam pada suatu areal atau telah ada penghalang antar bahan bakar baik berupa bebatuan ataupun jenis bahan bakar yang berbeda. Bila dilihat dari ketersediaan bahan bakar secara vertical maka bahan bakar terdiri dari bahan bakar dibawah permukaan (Ground Fuels) yaitu bahan bakar yang ada di bawah permukaan tanah seperti akar ataupun kayu yang tertanam. Bila bahan bakar jenis ini terbakar maka akan terjadi jenis kebakaran bawah tanah atau biasa disebut juga underground fire atau peat fire bila terjadi pada lahan gambut. Selanjutnya bahan bakar permukaan (Surface Fuels) yaitu semua material yang berada diatas permukaan tanah seperti daun, ranting, semak, tunggul kayu dll. Bila bahan bakar tipe ini terbakar maka akan menyebabkan terjadinya kebakaran permukaan (Surface fire), sedangkan bahan bakar lainnya adalah bahan bakar tajuk (Aerial fuels) yaitu semua bahan bakar yang berada diatas kanopi hutan baik berupa cabang, daun ataupun ranting pohon. Bila bahan bakar

jenis ini terbakar maka disebut sebagai crown fire, yang merupakan jenis kebakaran hutan yang sulit dikendalikan dan juga berbahaya.

Melihat pada ketersediaan bahan bakar secara vertikal dan juga kejadian kebakarannya maka dampak dari kebakaran tersebut tentunya dapat dilihat dari keadaan vegetasi yang ada, sehingga dengan melihat pada keadaan vegetasi setelah terjadi kebakaran maka dapat diketahui jenis kebakaran apa yang pernah terjadi di areal tersebut.

#### 2.2.2.2 Cuaca

Elemen cuaca yang mempengaruhi segi tiga api yang dapat menyebabkan kebakaran yaitu :

1. Curah hujan, merupakan faktor alam yang mempengaruhi kelembaban dari bahan bakar. Bahan bakar berat dapat mempertahankan kelembabannya lebih lama dibandingkan dengan bahan bakar ringan sehingga bahan bakar berat lebih sulit untuk terbakar.
2. Angin, merupakan faktor alam yang menentukan tingkat dan perilaku api. Angin ini dapat mempengaruhi terjadinya kebakaran karena dapat meningkatkan jumlah oksigen, mengarahkan dan mempengaruhi tingkat aliran api, mempengaruhi arah sebaran api dan percikan, dan

menyebabkan kelembaban bahan bakar berkurang. Kecepatan angin mencapai titik maksimum pada saat tengah hari dan akan berkurang menjelang sore hari.

3. Suhu udara, merupakan faktor yang mempengaruhi terjadinya kebakaran di alam yang mempengaruhi tingkat kelembaban udara dan bahan bakar. Suhu udara yang panas melalui proses radiasi matahari dapat menyebabkan ranting ataupun bahan bakar ringan menjadi kering dan mudah terbakar sehingga suhu udara ini mempengaruhi kelembaban bahan bakar yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran
4. Kelembaban udara relatif adalah persentase kandungan udara basah yang ada di suatu wilayah pada suhu tertentu. Jika kelembaban udara relatif tinggi berarti tingkat kelembaban bahan bakar juga tinggi, sehingga tingkat kelembaban udara mempengaruhi secara langsung tingkat kelembaban bahan bakar. Jika kelembaban udara relatif nilainya 80%, maka bahan bakar relatif sulit untuk terbakar. Kelembaban udara relatif ini akan meningkat pada malam hari sehingga kelembaban bahan bakar juga meningkat pada saat itu. Bila suhu meningkat maka kelembaban berkurang tetapi bila curah hujan meningkat maka kelembaban bahan bakar meningkat pula.

Hubungan antara kelembaban udara relatif, curah hujan, suhu udara dan angin memenuhi aturan berikut ini :

1. Setiap penurunan suhu  $200^{\circ}\text{C}$  maka kelembaban udara relatif meningkat dua kali lipat, tetapi bila suhu udara meningkat maka setiap  $200^{\circ}\text{C}$  kelembaban udara relatif menurun satu setengah kalinya.
2. Batas nilai kelembaban udara relatif yang menjadi penentu kebakaran adalah 30% artinya jika kelembaban udara relatif diatas 30% maka api tidak terlalu sulit untuk dikendalikan tetapi bila dibawah nilai 30% maka api sulit dikendalikan.
3. Hubungan antara waktu dan kelembaban udara berlaku seiring dengan peningkatan suhu udara sehingga kelembaban udara mencapai nilai tertinggi saat pagi hari dan sore hari dan mencapai nilai terendah pada siang hari. Melihat pada hubungan antara faktor-faktor cuaca tadi, tengah hari merupakan waktu yang rawan terjadi kebakaran karena angin mencapai kecepatan maksimal, suhu udara mencapai titik tertinggi dan kelembaban udara mencapai titik terendah. Sedangkan waktu yang paling aman dari kemungkinan terjadinya kebakaran adalah antara jam 2 dini hari hingga jam 6 pagi karena kelembaban udara tinggi, kecepatan angin rendah dan suhu rendah.
4. Ketika kelembaban bahan bakar dibawah 5%, maka kebakaran yang terjadi pada bahan bakar ringan dan bahan bakar berat akan

menyebarkan secara merata, ketika kelembaban diantara 5% hingga 15%, maka api yang berasal dari bahan bakar ringan akan menyebarkan lebih cepat dibandingkan dengan api yang ada di bahan bakar berat. Pada kelembaban bahan bakar diatas 15%, maka api yang berasal dari bahan bakar berat akan tetap menyala dan menyebarkan sedangkan api yang berasal dari bahan bakar ringan akan mati.

5. Tingkat sebaran kebakaran pada areal yang kurang padat akan meningkat dua kali ketika kecepatan angin meningkat sebesar 4 meter per detik, ketika kebakaran terjadi pada padang rumput maka kecepatan penyebarannya akan lebih cepat lagi tetapi pada kebakaran yang terjadi pada bahan bakar berat maka kecepatan angin tidak terlalu banyak mempengaruhi.

### 2.2.2.3 Topografi

Kondisi suatu daerah sangat mempengaruhi kebakaran yang terjadi di suatu areal. Topografi suatu daerah mempengaruhi bagaimana api akan terbentuk, arah, tingkat dan sebaran api serta bagaimana proses rambatan api tersebut terjadi. Istilah topografi dalam hal ini diartikan sebagai kondisi fisik suatu permukaan/areal, diantaranya informasi mengenai keadaan daerah apakah termasuk daerah landai, terjal ataupun keadaan fisik lainnya dari suatu areal. Ada beberapa hukum alam yang terjadi



ketika kebakaran di suatu areal yang terkait dengan kemiringan suatu areal sebagai berikut:

1. Arah dari suatu bukit menentukan keterbukaannya terhadap sinar matahari dan angin sehingga arah dari suatu lereng umumnya menentukan jumlah pemanasan yang didapaknya dari matahari. Panas matahari selanjutnya mempengaruhi kelembaban dan juga tipe dari bahan bakar. Awal terjadinya pembakaran dan juga penyebaran api akan sangat mudah dan cepat pada lereng yang menghadap selatan dan barat laut karena lereng ini mendapatkan sinar matahari dan panas bahan bakar yang lebih tinggi dengan kelembaban yang rendah dibandingkan dengan lereng yang menghadap utara dan timur. Demikian juga dengan angin dimana angin pada siang hari akan bertiup lebih kencang pada lereng yang menghadap selatan dan barat.
2. Tingkat kemiringan lereng (*slope*) memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap perilaku api terutama dalam kecepatan rambatan dari api. Api akan terbakar dengan lebih cepat menaiki lereng dibandingkan dengan menuruni lereng. Pada lereng yang lebih curam, maka kebakaran akan terjadi lebih cepat. Hal ini disebabkan karena bahan bakar yang ada di lereng bagian atas menjadi lebih dekat dengan api akibat konveksi dan radiasi sehingga bahan bakar terbakar dengan lebih mudah. Hal lain yang harus diperhatikan

mengenai lereng yang curam adalah kemungkinan bahan yang terbakar terguling menuruni lereng akibat perpindahan massa api.

3. Posisi api (dasar, atas, tengah) di lereng bukit . Api yang dimulai dari bagian atas lereng bukit akan lebih cepat padam karena ketersediaan bahan bakar di bagian atas yang sudah semakin berkurang. Sedangkan api yang dimulai pada bagian bawah ataupun tengah dari suatu lereng akan lebih sulit untuk dikendalikan karena api akan bergerak lebih cepat dengan adanya proses konveksi dan radiasi yang didukung oleh ketersediaan bahan bakar yang ada. Ketinggian suatu tempat ini kaitannya dengan kebakaran dan posisi dimulainya api mempengaruhi suhu, curah hujan dan juga kelembaban yang keseluruhannya menentukan kelembaban bahan bakar dan ketersediaannya. Ketika ketinggian meningkat maka suhu akan menurun sedangkan curah hujan dan kelembaban akan meningkat sehingga kebakaran juga sebarannya akan menurun.
4. Bentuk lembah, menentukan kejadian kebakaran dilihat dari faktor ketersediaan oksigen. Misalnya pada lembah berbentuk U maka bila api atau kebakaran berasal dari dasar lembah maka api akan bereaksi serupa dengan suatu kebakaran yang terjadi dalam tempat pembakaran kayu atau tempat bakar. Udara akan ditarik ke dalam dari dasar lembah dan mengakibatkan terjadinya aliran udara yang sangat kencang menaiki lereng. Aliran udara yang menaiki lereng

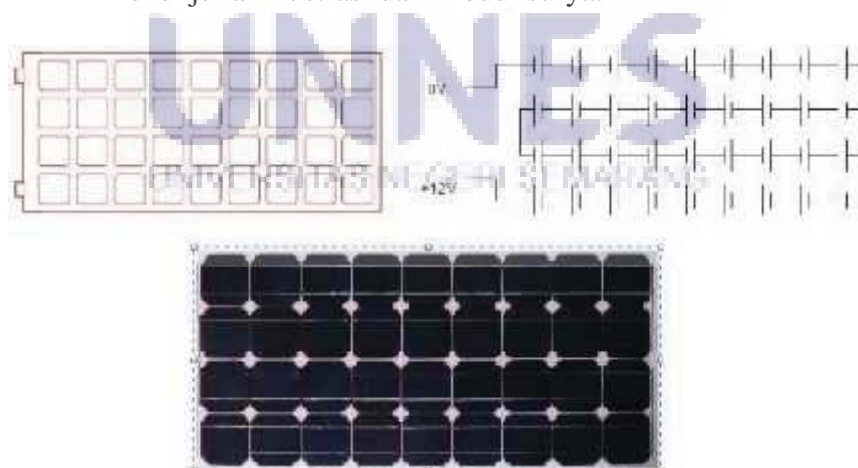
ini akan mengakibatkan terjadinya penjalaran kebakaran yang cepat ke atas lembah dan terjadinya kebakaran yang besar. Sedangkan pada lembah yang menyempit dan curam maka kebakaran/api akan menjadi lebih mudah menjalar ke seberang lembah lainnya melalui proses radiasi dan juga perpindahan massa api/percikan-percikan api.

5. Arah angin di perbukitan, angin yang berhembus di perbukitan selalu berubah setiap harinya karena adanya perubahan tekanan udara yang disebabkan oleh suhu udara yang juga berubah. Disebabkan karena angin ini menentukan arah rambatan api tentunya harus diperhatikan waktu dan bentuk dari suatu bukit bila terjadi kebakaran. Arah angin akan cenderung menuju ke puncak bukit pada pagi hari hingga siang hari sedangkan saat Matahari terbenam maka angin akan cenderung bergerak menuruni bukit.

### 2.2.3 Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per  $\text{cm}^2$ . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar di bawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.



(Sumber : [teknologisurya.wordpress.com](http://teknologisurya.wordpress.com))

**Gambar 2.1 Solar cell**

Sel surya konvensional bekerja dengan menggunakan prinsip p-n junction yaitu seperti junction antara semikonduktor tipe-p dan juga tipe-n. Semikonduktor ini berasal dari ikatan atom yang memiliki electron sebagai penyusun dasarnya. Setiap semikonduktor memiliki kelebihan sendiri seperti semikonduktor tipe-n yang memiliki kelebihan electron muatan negatif, sedangkan untuk semikonduktor tipe-p memiliki kelebihan hole muatan positif. Kondisi kelebihan electron dan hole ini bisa terjadi dengan cara mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh dalam mendapatkan material silicon tipe-p, silicon harus didoping dengan atom boron, sedangkan untuk material silicon tipe-n, silicon harus didoping oleh atom fosfor. Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik, sehingga electron dan juga hole dapat diekstrak oleh material kontak dalam menghasilkan sebuah energi listrik. Oleh karena itu ketika semikonduktor tipe-p dan juga tipe-n terkontak, kelebihan dari electron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n menuju ke tipe-p. Dengan begitu terbentuklah kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan begitu pula sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat electron dan hole akan terbentuk medan listrik, ketika cahaya matahari mengenai susunan dari p-n junction akan mendorong electron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif. Selanjutnya dimanfaatkan sebagai energi

listrik, dan begitu pula sebaliknya hole akan bergerak menuju kontak positif menunggu datangnya sebuah electron.

#### 2.2.4 Sensor Suhu LM35DZ

Sensor suhu IC LM35DZ merupakan chip IC produksi *National Semiconductor* yang berfungsi untuk mengetahui temperature suatu objek atau ruangan dalam bentuk besaran elektrik, atau dapat juga di definisikan sebagai komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah perubahan temperature yang diterima dalam perubahan besaran elektrik. Sensor suhu IC LM35DZ dapat mengubah perubahan temperature menjadi perubahan tegangan pada bagian outputnya.

Sensor suhu IC LM35DZ membutuhkan sumber tegangan DC +5 volt dan konsumsi arus DC sebesar 60  $\mu$ A dalam beroperasi. Bentuk fisik sensor suhu LM35DZ merupakan chip IC dengan kemasan yang bervariasi, pada umumnya kemasan sensor suhu LM35DZ adalah kemasan TO-92 seperti terlihat pada gambar 2.2.



- g. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada udara diam.
- h. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu  $0,1\text{ W}$  untuk beban  $1\text{ mA}$ .
- i. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar  $\pm 1/4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 2.3 Sensor suhu waterproof LM35DZ**

LM35DZ Seri Presisi Celcius sensor suhu adalah tegangan output dari sensor suhu terintegrasi, yang tegangan output berbanding lurus dengan suhu Celcius, sehingga ada yang lebih baik dengan standar LM3DZ5 linear Kelvin sensor suhu, LM35DZ tanpa kalibrasi eksternal atau pemangkasian dapat diberikan akurasi  $\pm 1/4\text{ }^{\circ}\text{C}$  dalam kisaran suhu  $-55 \sim + 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  dari  $\pm 3/4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , LM35DZ dinilai operasi rentang suhu  $-55 \sim + 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; LM35C dapat bekerja di  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  untuk  $+ 110\text{ }^{\circ}\text{C}$  di antara.

Sensitivitas sensor suhu LM35DZ Terpadu  $10\text{mv} / ^{\circ}\text{C}$ , suhu yang  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tegangan output  $100\text{mV}$  . Pada suhu kamar, akurasi pengukuran suhu dalam  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dalam kisaran tegangan yang



telah ditentukan, yang saat ini diambil dari chip listrik hampir konstan (sekitar  $50 \mu A$ ), sehingga chip itu sendiri hampir tidak ada masalah pembuangan panas. Efek pemanasan sendiri pada akurasi pengukuran hanya dalam waktu  $0,1 \text{ }^\circ C$ . Ukurannya sangat kecil sehingga chip sangat cocok dalam beberapa aplikasi, seperti dalam aplikasi bertenaga baterai.

Bila menggunakan lebih dari satu daya tunggal  $4V$ , pengukuran rentang suhu  $2 \sim 150 \text{ }^\circ C$ , sedangkan power supply ganda, suhu pengukuran negatif, logam dapat paket adalah  $-55 \sim + 150 \text{ }^\circ C$ , paket T092  $-40$  sampai  $+ 110 \text{ }^\circ C$ , tanpa perlu penyesuaian.

Sensor suhu IC LM35DZ memiliki keakuratan tinggi dan mudah dalam perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, sensor suhu LM35DZ juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kontrol khusus serta tidak memerlukan seting tambahan karena output dari sensor suhu LM35DZ memiliki karakter yang linier dengan perubahan  $10mV/^\circ C$ .

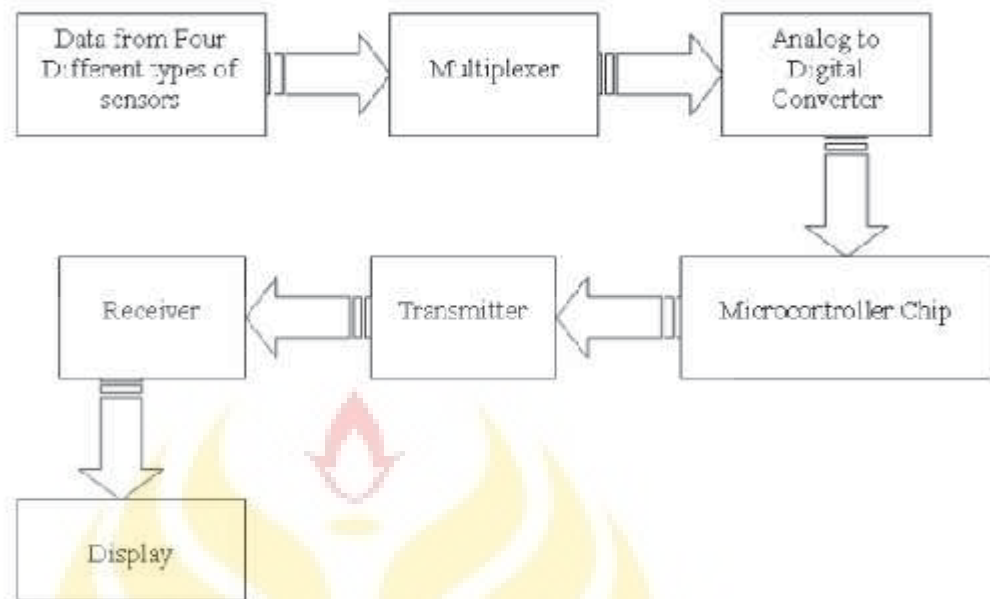
### 2.2.5 3DR Radio Telemetry

Saat ini teknologi wireless berkembang dengan pesat, secara kasat mata dapat dilihat dengan semakin banyaknya pemakaian telepon selular, selain itu berkembang pula teknologi wireless yang digunakan untuk akses internet. Menurut Indra Kuriawan 2015, berdasarkan jangkauan dan kebutuhannya, teknologi wireless terdiri dari :

1. PAN (*Personal Area Network*)
2. WLAN (*Wireless Local Area Network*)
3. MAN (*Metropolitan Area Network*)
4. WAN (*Wide Area Network*)

Telemetri adalah suatu proses yang digunakan untuk mengukur atau mencatat suatu besaran fisik pada suatu lokasi yang letaknya jauh dari pusat pengolahan hasil pengukurannya.

Radio telemetri mempunyai beberapa keunggulan satu diantaranya adalah mempunyai probabilitas kesalahan yang relatif kecil, peralatan yang ringan dan jangkauan pentransmisian yang jauh dibandingkan dengan telemetri mekanik dan telemetri listrik. Blok diagram sistem radio telemetri digambarkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4 Blok Diagram Sistem Radio Telemetri**

(<http://circuitswiring.com>)

Telemetri radio secara sederhana terdiri atas transduser dan osilator RF (*Radio Frequency*/frekuensi radio) dengan catu daya dari baterai, isyarat tegangan dari transduser akan memodulasi osilator kemudian dialirkan ke antenna. Suatu penerima menangkap isyarat FM (*Frequency Modulation*) dan mendemodulasikan isyarat yang dilewatkan ke readout. Modulasi frekuensi adalah suatu bentuk modulasi sudut, karena frekuensi sesaat gelombang sinus pembawa dipengaruhi untuk menyimpang dari frekuensi pembawa sehingga fasenya bergeser sebanding dengan himpunan nilai gelombang pemodulasi. Keuntungan modulasi FM antara lain adalah derau yang rendah dan tidak ada perubahan dari bentuk gelombang yang disebabkan oleh perubahan amplitude akibat *fading*. (Ratna

Sulistiyanti, 2008). Gambar 2.5 di bawah ini merupakan perangkat radio telemetri.



**Gambar 2.5 Radio Telemetri**  
(<http://www.geetech.com>)

Pada radio telemetri kit 915 MHz seperti tampak pada gambar di atas memiliki harga yang relatif terjangkau, dengan jarak jangkauan untuk 915MHz sekitar 1000 meter dengan tambahan antenna. Sistem ini menggunakan frekuensi 915MHz dan menyediakan *full-duplex link* menggunakan HopeRF's HM-TRP, modul berjalan custom, open source, firmware. *Sik firmware* termasuk *bootloader* yang memungkinkan upgrade firmware radio melalui antarmuka serial, dan *firmware* radio dengan parameter dikonfigurasi. *Upgrade firmware* dan konfigurasi sepenuhnya didukung dalam APM misi perencanaan. Konfigurasi juga dimungkinkan melalui 3DR Radio *configuration* dan *AT commands*.

### 2.2.6 NI LabVIEW

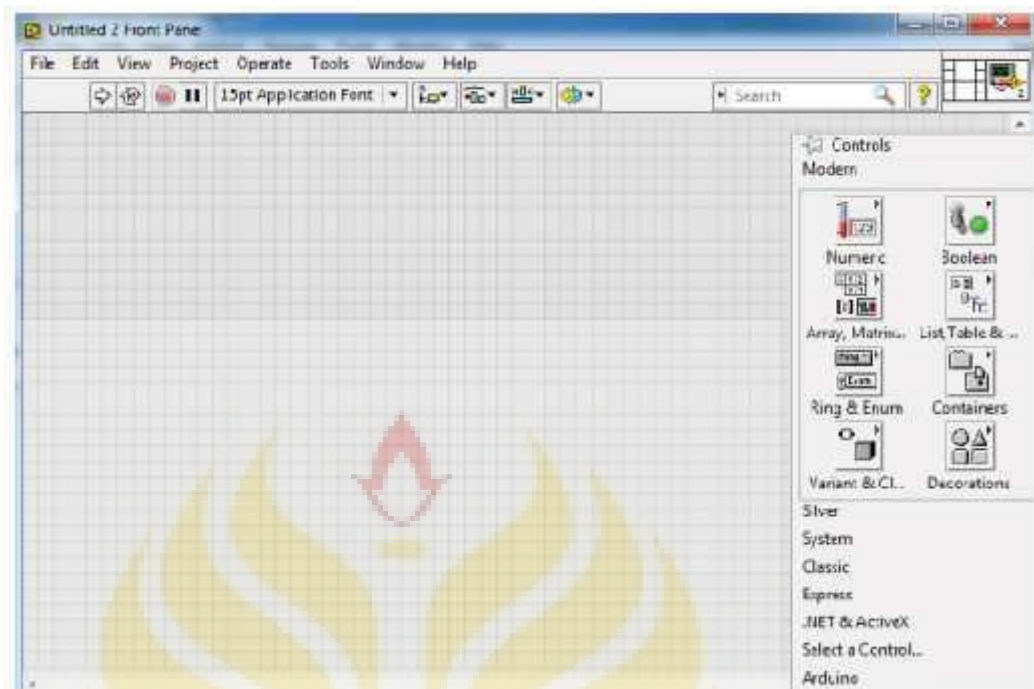
LabVIEW adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh National *instruments* dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, matlab atau visual basic, LabVIEW juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa LabVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program labVIEW dikenal dengan sebutan Vi atau *virtual instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah *instruments*. *Software* LabVIEW terdiri dari tiga komponen utama, yaitu :

1. *Front panel*

*Front panel* adalah bagian window yang berlatar belakang abu-abu serta mengandung *control* dan indicator. *Front panel* digunakan untuk membangun sebuah VI, menjalankan program dan *mendebug* program.

Tampilan dari *front panel* dapat dilihat pada gambar 2.6.

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

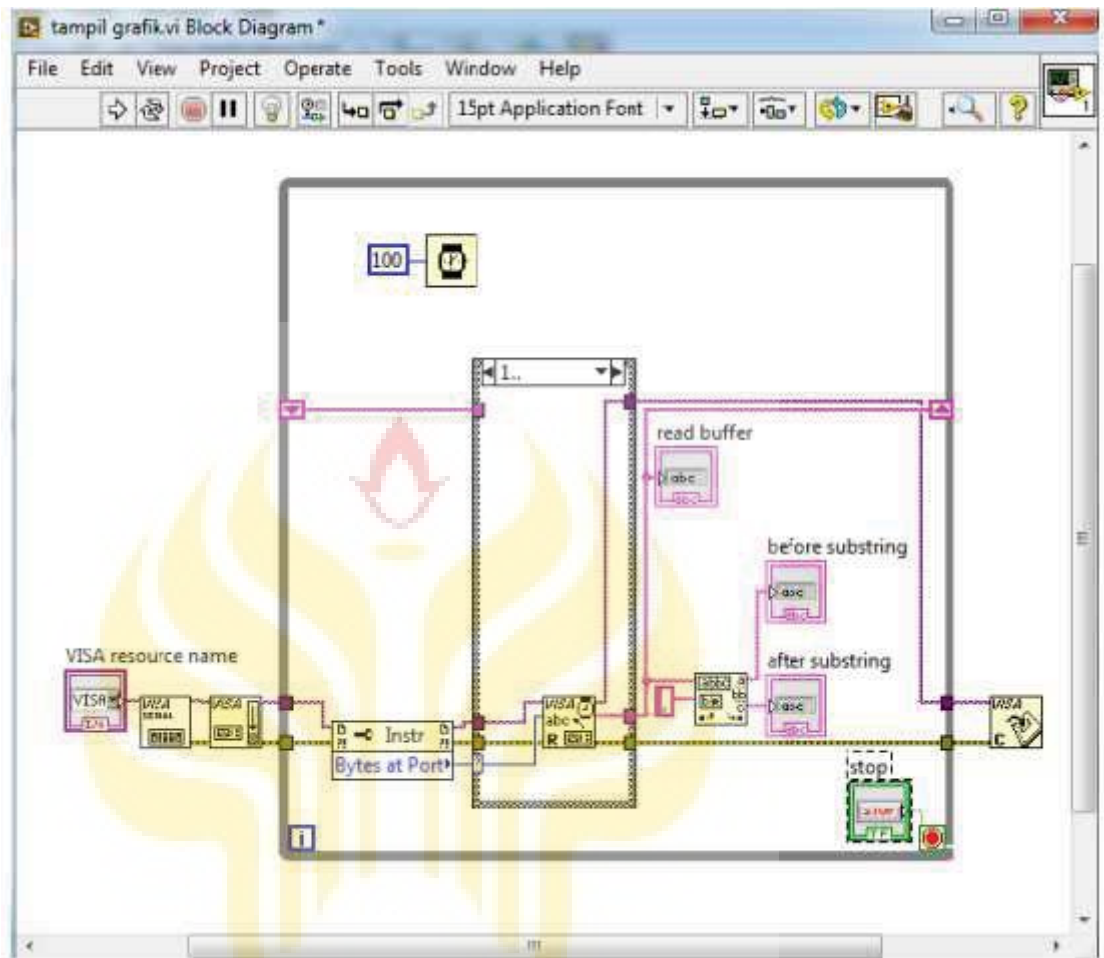


**Gambar 2.6 Front Panel**

## 2. Blok diagram dari Vi

Blok diagram adalah bagian window yang berlatar belakang putih berisi *source code* yang dibuat dan berfungsi sebagai instruksi untuk *front panel*.

Tampilan dari blok diagram dapat dilihat pada gambar 2.7



**Gambar 2.7 Blok Diagram LabView**

### 3. Control dan Functions Palette

Control dan Functions Palette digunakan untuk membangun sebuah Vi.

#### a. Control palette

Control palette merupakan tempat beberapa control dan indikator pada front panel, control palette hanya tersedia di front panel. Contoh control palette ditunjukkan pada gambar 2.8



**Gambar 2.8 Control Palette**

**b. Functions Palette**

*Functions Palette* digunakan untuk membangun sebuah blok diagram, *Functions Palette* hanya tersedia pada blok diagram. Contoh dari *Functions Palette* ditunjukkan pada gambar 2.9





**Gambar 2.9 Functions Palette**

### 2.2.7 Kontroler Sel Surya (*Solar Charge Controller*)

Kontroler sel surya atau *solar charge controller* adalah alat berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari panel maupun arus beban yang keluar atau yang digunakan. Alat ini bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan (*over charge*) dan mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai.

Fungsi dan fitur *Solar Charge Controller* :

1. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah *over charge*. Dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Di

dalam kondisi ini, listrik yang tersupply dari panel surya akan langsung terdistribusi ke beban atau peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai dengan konsumsi daya peralatan listrik.

2. Saat voltase di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka *controller* berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban atau peralatan listrik. Dalam kondisi voltase tertentu ( umumnya sekitar 10% sisa voltase di baterai ) , maka pemutusan arus beban dilakukan oleh *controller*. Hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel – sel baterai. Pada kebanyakan model *controller*, indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu ( umumnya berwarna merah atau kuning ) yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses charging. Dalam kondisi ini, bila sisa arus di baterai kosong (dibawah 10%), maka pengambilan arus listrik dari baterai akan diputus oleh *controller*, maka peralatan listrik / beban tidak dapat beroperasi.
3. Pada *controller* tipe – tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dapat terdeteksi dengan baik.

Untuk membeli *solar charge controller* yang harus diperhatikan adalah

- a. Tegangan 12/24 Volt DC,
- b. Kemampuan menghantarkan arus (dalam arus searah) dari solar charge controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dan sebagainya
- c. *Full charge* (pengisian baterai sampai baterai benar-benar penuh) dan *low voltage cut* (penghentian pensuplaian listrik ke beban karena baterai berada pada tegangan terendah).

Seperti yang telah disebutkan diatas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan turun maka baterai akan diisi kembali.

*Solar Charge Controller* biasanya terdiri dari : 1 *input* (2 terminal) yang terhubung dengan *output* panel sel surya, 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 *output* (2 terminal yang terhubung dengan beban). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada '*diode protection*' yang hanya dilewati arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

Teknologi Solar Charge Controller

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh *solar charge controller*, yaitu

- a. PWM (*Pulse Wide Modulation*) seperti namanya menggunakan lebar *pulse* dari *on* dan *off* elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*.
- b. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil daya maksimal dari panel surya. MPPT *charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besardari daya yang dihasilkan oleh panel surya, maka daya dapat diambil oleh baterai.

Cara Kerja *Solar Charge Controller* :

- a. *Charging Mode Solar Charge Controller :Fase bulk*  
(baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan *setup* dan arus diambil secara maksimum dari panel surya, pada saat baterai sudah pada tegangan *setup*, *Fase absorption* (tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai, *Fase float* (baterai akan dijaga pada tegangan *float setting*, beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya pada *stage* ini.

b. *Mode Operation Solar Charge Controller* : apabila ada *over-discharge* atau *over-load*, maka baterai akan dilepaskan dari beban, hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.



(Sumber : <http://www.everredtronics.com>)

**Gambar 2.10 Solar Charge Controller**

### 2.2.8 Akumulator

Istilah akumulator berasal dari istilah asing “Accumuleren” yang mempunyai arti mengumpulkan atau menyimpan. Akumulator (accu, aki) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Pada umumnya, khususnya di Indonesia, akumulator hanya dimengerti sebagai “baterai atau akku atau aki” yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor. Sedangkan dalam bahasa Inggris, kata akumulator dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, atau lainnya yang berkaitan dengan suatu benda yang dapat menyimpan muatan listrik dan dapat dilakukan pengisian ulang setelah muatan listrik tersebut habis setelah pemakaian.

Akumulator sering juga disebut aki. Elektrode akumulator baik anode dan katode terbuat dari timbal berpori. Bagian utama akumulator, yaitu :

- a. Kutub positif (anode) terbuat dari timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ )
- b. Kutub negatif (katode) terbuat dari timbal murni ( $\text{Pb}$ )
- c. Larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan kepekatan sekitar 30%

Lempeng timbal dioksida dan timbal murni disusun saling bersisipan akan membentuk satu pasang sel akumulator yang saling berdekatan dan dipisahkan oleh bahan penyekat berupa isolator. Beda potensial yang dihasilkan setiap satu sel akumulator 2 volt sehingga pada akumulator 12 volt tersusun dari 6 pasang sel akumulator yang disusun seri. Kemampuan akumulator dalam mengalirkan arus listrik disebut dengan kapasitas akumulator yang dinyatakan dengan satuan Ampere Hour (AH). 50 AH artinya akumulator mampu mengalirkan arus listrik 1 ampere dan dapat bertahan selama 50 jam tanpa pengisian kembali. Dalam garis besarnya akumulator memiliki cara atau prinsip kerja sebagai berikut :

- a. Pengosongan (Pemakaian)

Pada saat akumulator digunakan, terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik dan terjadi perubahan anode, katode dan elektrolitnya. Pada anode, secara perlahan

terjadi perubahan yaitu timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Begitu pula yang terjadi pada katode adalah secara perlahan-lahan timbal murni ( $\text{Pb}$ ) menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Adapun pada larutan elektrolit terjadi perubahan, yaitu asam sulfat pekat menjadi encer, karena pada pengosongan akumulator terbentuk air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Reaksi kimia pada akumulator yang dikosongkan (dipakai) adalah sebagai berikut :

- Pada elektrolit :  $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- Pada anode :  $\text{PbO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Pada katode :  $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4$

Terbentuknya air pada reaksi kimia di atas menyebabkan kepekatan asam sulfat berkurang, sehingga mengurangi massa jenisnya. Jika hal itu terjadi, maka kedua kutub akan memiliki potensial sama dan arus listrik berhenti mengalir. Keadaan ini dikatakan akumulator kosong (habis).

#### b. Pengisian

Akumulator yang telah habis (kosong) dapat diisi kembali, karena itulah akumulator disebut juga dengan elemen sekunder. Untuk melakukan pengisian diperlukan sumber tenaga listrik arus searah lain yang memiliki beda

potensial sedikit lebih besar. Misalnya akku 6 volt kosong harus disetrum dengan sumber arus yang tegangannya sedikit lebih besar dari 6 volt. Kutub positif sumber tegangan dihubungkan dengan kutub positif akumulator, dan kutub negatif sumber tegangan dihubungkan dengan kutub negatif akumulator. Dengan cara tersebut elektron-elektron pada akumulator dipaksa kembali ke elektrode akumulator semula, sehingga dapat membalik reaksi kimia pada kedua elektrodanya.

Proses pengisian dapat berjalan dengan baik apabila arus searah yang diberikan memiliki ripple yang cukup tinggi untuk mempermudah proses kimia (pelepasan elektron) dalam kepingan-kepingan elektroda. Selain itu, penggunaan arus pengisian yang relatif kecil dengan waktu pengisian lama dapat diperoleh hasil pengisian yang lebih baik dan memperpanjang umur pakai akumulator.

Besarnya arus pengisian dapat diatur dengan reostat. Pada saat pengisian terjadi penguapan asam sulfat, sehingga menambah kepekatan asam sulfat dan permukaan asam sulfat turun. Oleh sebab itu, pada akumulator perlu ditambahkan air murni ( $H_2O$ ) kembali. Reaksi kimia yang terjadi saat akumulator diisi adalah :



- Pada elektrolit :  $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- Pada anode :  $\text{PbSO}_4 + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
- Pada katode :  $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4$

Jadi pada saat pengisian akkumulator, prinsipnya mengubah kembali anode dan katode yang berupa timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ) menjadi timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) dan timbal murni ( $\text{Pb}$ ), atau terjadi proses ” Tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga kimia listrik di dalam akkumulator dan kemudian disimpan di dalamnya.”



(Sumber : milankomputer.com)

**Gambar 2.11 Akumulator**

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

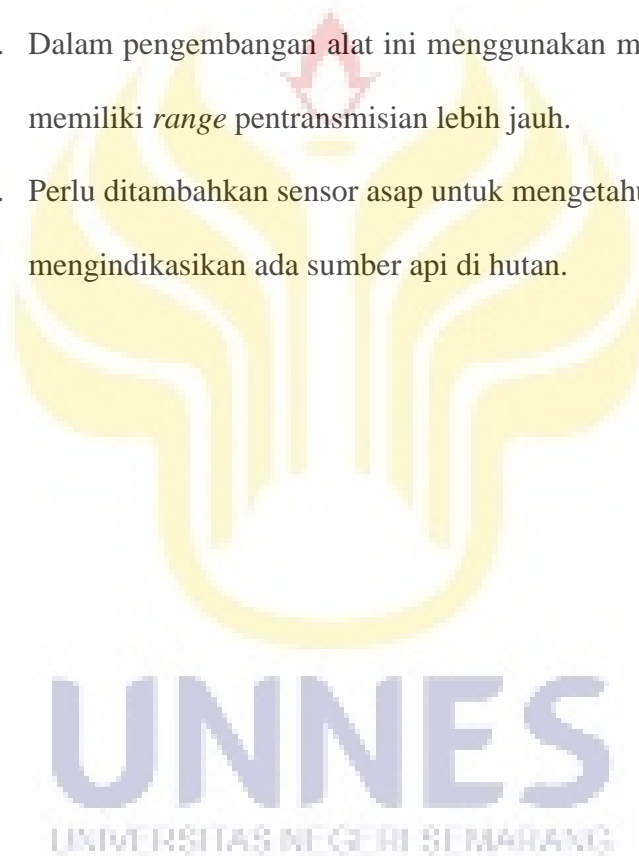
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibuat sebuah rancang bangun pengukur suhu jarak jauh sebagai upaya pencegahan kebakaran hutan dengan sumber energi solar cell dan sensor LM35DZ sebagai pendeteksi kenaikan suhu yang terjadi dan dimonitoring melalui komputer atau laptop.
2. Pengukur suhu jarak jauh ini memiliki tingkat kesalahan (*error*) nilai linearitas terhadap kalibrator sebesar 0,05%. Sehingga alat ini sangat efektif untuk mengetahui kenaikan suhu di hutan serta mengetahui indikasi adanya kebakaran.
3. Tingkat kelayakan alat pengukur suhu jarak jauh berdasarkan rata-rata keseluruhan kriteria yang digunakan untuk mengetahui hasil kinerja dari alat adalah 91,7% atau bisa dikatakan berada diatas batas minimal kategori baik (>70%) sehingga alat pengukur suhu jarak jauh ini layak.

## 5.2 Saran

Untuk pengembangan pengukur suhu jarak jauh disarankan :

1. Pembuatan alat ini menggunakan atau dilengkapi dengan perangkat yang lebih kokoh serta tahan air atau *waterproof* mengingat implementasinya di dalam hutan.
2. Dalam pengembangan alat ini menggunakan media transmisi yang memiliki *range* pentransmisian lebih jauh.
3. Perlu ditambahkan sensor asap untuk mengetahui adanya asap yang mengindikasikan ada sumber api di hutan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bejo, Agus. 2008. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535. Edisi Pertama. Cetakan Pertama*. Graha Ilmu. Yogyakarta.  
<http://oprekzone.com/cara-kerja-akumulator-aki-accu-baterai/>, diakses pada 7 Januari 2016
- <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>, diakses pada 7 Januari 2016
- <https://www.indo-ware.com/produk-3731-waterproof-lm35-lm35dz-.html>, diakses pada 7 Januari 2016
- <http://pagojengan34.blogspot.co.id/2010/03/dampak-kebakaran-hutan.html>., diakses tanggal 27 Desember 2015
- <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>, diakses pada 7 Januari 2016
- <http://tngciremai.com/2013/04/faktor-lingkungan-penyebab-kebakaran-hutan/>, diakses tanggal 28 Desember 2015
- Kadir, Abdul. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino*. ANDI OFFSET. Yogyakarta
- Lapanporo, Boni Pahlanop. 2011. “Prototipe Sistem Telemetri Berbasis Sensor Suhu dan Sensor Asap untuk Pemantau Kebakaran Lahan”. POSITRON. Volume 1, No. 1. (2011), Hal. 43-49
- Roy, P. S. 2003. Forest Fire and Degradation Assessment Using Satellite Remote Sensing and Geographic Information System In *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology* (pp. 361-400)
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. ALFABETA, CV. Bandung
- \_\_\_\_\_. 2015. *Metode Penelitian & Pengembangan Research and Development*. Cetakan Pertama. ALFABETA, Bandung
- Sulbi, dan Hastuti. 2009. “Pengukuran Temperatur Jarak Jauh Secara Real Time berbasis PC Menggunakan Gelombang Radio”. Jurnal Neutrino. Volume 2, No.1. Oktober 2009
- Supriyatna. 2017. *Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Daerah Rawan Longsor*. Semarang : Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang

Sutikno, Tole, Wahyu Sapto Aji, Rahmat Susilo. 2006. "Perancangan Alat Pendeteksi Kebakaran Berdasarkan Suhu dan Asap Berbasis Mikrokontroler AT89S52". TELKOMNIKA Vol. 4, No. 1. April 2006 : 49 – 56

Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. ANDI OFFSET. Yogyakarta

Utomo, Yunanto Wiji. 2015. "Kabut Asap Kebakaran Hutan, Setengah Abad Kita Abai".<http://sains.kompas.com/read/2015/09/14/16272971/Kabut.Asap.Kebakaran.Hutan.Setengah.Abad.Kita.Abai>, diakses tanggal 27 Desember 2015

[www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf), diakses pada 11 Januari 2016

