

**ANALISIS INTENSITAS RADIASI TERHADAP LAMA  
PENYINARAN MATAHARI DENGAN PARAMETER CUACA  
SERTA POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
(PLTS) DI-KOTA MEDAN**

**TESIS**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Magister Teknik  
Dalam Bidang Teknik Elektro

**Oleh:**

**Mhd Aldi Primasyukra**

**NPM: 1920080014**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022**

## PENGESAHAN

### **Analisis Intensitas Radiasi Terhadap Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Serta Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di-Kota Medan**

**Mhd Aldi Primasyukra**

1920080014

Program Studi : Magister Teknik Elektro

“Tesis ini telah dipertahankan di Hadapan Komisi Penguji yang dibentuk oleh Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Dinyatakan Lulus dalam Ujian Tesis dan Berhak Menyandang Gelar Magister Teknik (M.T.)

Pada Hari....., Tanggal 21 Maret 2022 :.....”

#### **Komisi Penguji**

1. Assoc.Prof. Dr. Ir. Syafruddin Hasan, M.Sc

Ketua

1.....



2. Assoc. Prof. Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc

Sekretaris

2.....



3. Rohana, ST, M.T

Anggota

3.....



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

## PENGESAHAN TESIS

Nama : **Mhd Aldi Primasyukra**  
Nim : 1920080014  
Prodi/Konsentrasi : Magister Teknik Elektro/Managemen Energi Listrik  
Judul Thesis : Analisis Intensitas Radiasi Terhadap Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Serta Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di-Kota Medan

Pengesahan Tesis :

Medan, 21 Maret 2022 .

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, M.T

  
Assoc. Prof. Dr. M. Fitra Zambak, M.sc

Diketahui :

Direktur

Ketua Program Studi

  
Prof. Dr. Triono Eddy, S.H

  
Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, M.T

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

### **Analisis Intensitas Radiasi Terhadap Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Serta Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di-Kota Medan**

Dengan ini penulis menyatakan bahwa :

1. Tesis ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Magister Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara benar merupakan hasil karya penulis sendiri.
2. Tesis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara maupun di perguruan tinggi lain.
3. Tesis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Komisi Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
4. 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.
5. Pernyataan ini saya tulis dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya penulis sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, penulis bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang penulis sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Medan, 22 Februari 2022

Penulis



(Mhd Aldi Primasyukra)

1920080014

## PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur dan kerendahan hati, tesis ini saya persembahkan kepada :

- ✚ Mama dan Papa, yang telah memberikan doa-doa terbaiknya dan telah memberikan dukungan yang luar biasa.
  - ✚ Bang Nanda, Bang Fikri, Rangga, Kak Gina, dan Kak Ayu, yang telah memberikan dukungan dan doa yang luar biasa.
  - ✚ Imah, yang telah memberikan motivasi dan doa-doa terbaiknya.
  - ✚ Teman-teman PPs UMSU yang telah memberikan warna dan kisah cerita yang tidak terlupakan.
  - ✚ Almamater UMSU yang telah membentuk penulis menjadi lebih baik.
- 

"Apabila Anda berbuat kebaikan kepada orang lain, maka Anda telah berbuat baik terhadap diri sendiri."

-Benyamin Franklin-

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

-Evelyn Underhill-

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas nikmat kesehatan dan kesempatan serta kemudahan yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini. Sholawat serta salam selalu penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri teladan bagi umat manusia.

Tesis dengan judul “Analisis Intensitas Radiasi Terhadap Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Serta Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di-Kota Medan” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Pasca Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Dalam proses penulisan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Triono Eddy, S.H., selaku Direktur PPs UMSU,
2. Bapak Assoc. Prof . Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc., selaku Wakil Direktur PPs UMSU dan juga selaku dosen pembimbing,
3. Bapak Assoc. Prof . Dr. Ir. Suwarno, M.T., selaku ketua program studi MTE UMSU dan juga selaku dosen pembimbing dan,
4. Ibu Rohana, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi MTE UMSU dan juga selaku dosen penguji,
5. Bapak Assoc. Prof . Dr. Ir. Syafruddin Hasan, M.Sc., selaku dosen penguji,
6. Bapak Assoc. Prof . Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc., selaku dosen penguji,
7. Segenap bapak dan ibu dosen PPs MTE UMSU,
8. Seluruh Staf Biro dan Kepegawaian PPs UMSU,
9. Mahasiswa Program Studi Pasca Sarjana Teknik Elektro UMSU,
10. Semua pihak yang terlibat, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Masih banyak kekurangan-kekurangan yang harus diperbaiki. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua, khususnya dalam dunia pendidikan.

Medan, Februari 2022

Penulis

# **Analisis Intensitas Radiasi Terhadap Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Serta Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di-Kota Medan**

**Mhd Aldi Primasyukra**  
**NPM : 1920080014**

## **ABSTRAK**

Radiasi matahari adalah radiasi energi yang dihasilkan oleh proses termonuklir di matahari. Di Indonesia, pengukuran intensitas radiasi matahari sebagian besar dilakukan di stasiun klimatologi. Hubungan antara intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari serta dengan parameter cuaca lainnya masih belum teridentifikasi secara menyeluruh, sehingga apakah intensitas radiasi akan saling mempengaruhi atau tidak sama sekali terhadap lama penyinaran dan parameter cuaca lainnya. Penerangan jalan umum (PJU) merupakan kebutuhan masyarakat buat keamanan dan ketenangan dalam melakukan aktifitas bepergian pada malam hari. Energi matahari sudah sebagai salah satu alternatif menjadi sumber tenaga listrik berbasis lingkungan dipakai untuk Penerangan Jalan Umum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi antara intensitas radiasi matahari dengan faktor cuaca yang meliputi lama penyinaran matahari, kelembaban rata-rata, curah hujan, kecepatan angin rata-rata, dan suhu rata-rata. Serta menganalisis potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang ada di kota Medan sehingga dapat diimplementasikan untuk perencanaan penerapan PLTS untuk PJU. Adapun untuk menganalisis korelasi penelitian ini menggunakan metode regresi linier berganda dengan bantuan software SPSS 2.5 dan untuk menghitung potensi penelitian ini menggunakan solar panel dengan efisiensi 17,72%. Dari hasil regresi didapati seluruh variabel yang di uji secara simultan berpengaruh, Namun secara parsial hanya satu variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan yaitu lama penyinaran matahari terhadap intensitas radiasi matahari. Dan juga dari kelima variabel hanya curah hujan yang memiliki hubungan berbanding terbalik terhadap intensitas radiasi matahari. Dari semua variabel yang diuji dapat menjelaskan variabel intensitas radiasi matahari sebesar 93,6%. Potensi PLTS di kota Medan pada dua stasiun BMKG yang di analisis ialah sebesar  $8,401\text{kWh/m}^2$  perbulannya dan untuk harian sebesar  $0,28\text{kW/m}^2$  dan  $9,953\text{kWh/m}^2$  perbulannya dan untuk harian sebesar  $0,332\text{kW/m}^2$ . Serta hasil dari perencanaan PJU yang dilakukan, untuk jalan ngumban surbakti dan jalan raya pelabuhan belawan diperkirakan dapat menghemat pemakaian energi yang dibangkitkan dari pembangkit konvensional sebesar 22,5504MWh dan 12,4416MWh pertahun.

Kata kunci : Radiasi, PJU, Regresi Linier Berganda, PLTS, Korelasi

***Analysis of Radiation Intensity on Duration of Solar Radiation with Weather Parameters and Potential of Solar Power Plants (SPP) in Medan City***

**Mhd Aldi Primasyukra  
NPM : 1920080014**

**ABSTRACT**

*Solar radiation is energy radiation produced by thermonuclear processes in the sun. In Indonesia, measurements of solar radiation intensity are mostly done at climatology stations. The relationship between radiation intensity and the length of solar irradiation and with other weather parameters has not been thoroughly identified, so whether or not radiation intensity affects each other at all against the length of irradiation and other weather parameters. Public street lighting (PSL) is a community need for security and calm in carrying out travel activities at night. Solar energy has been as one of the alternatives to being an environmentally based power source used for public street lighting. The study aimed to analyze the correlation between the intensity of solar radiation and weather factors that include the length of solar irradiation, average humidity, rainfall, average wind speed, and average temperature. As well as analyzing the potential of existing solar power plants (SPP) in the city of Medan so that it can be implemented for the planning of the implementation of SPP for PSL. As for analyzing the correlation of this study using a multiple linear regression method with the help of SPSS 2.5 software and to calculate the potential of this study using solar panels with an efficiency of 17.72%. From the results of regression found all the variables tested simultaneously influential, but partially only one variable that has a significant influence, namely the length of solar irradiation to the intensity of solar radiation. And also of the five variables only rainfall has an inversely proportional relationship to the intensity of solar radiation. Of all the variables tested, it could explain the variable intensity of solar radiation by 93.6%. The potential of SPP in the city of Medan at the two BMKG stations analyzed is as large as 8,401kWh/m<sup>2</sup> per month and for daily 0.28kW/m<sup>2</sup> and 9.953kWh/m<sup>2</sup> per month and for daily amounting to 0.332kW/m<sup>2</sup>. As well as the results of the PSL planning carried out, for surbakti ngumban road and belawan port highway is estimated to save energy consumption generated from conventional plants of 22.5504MWh and 12.4416MWh per year.*

*Keywords : Radiation, PSL, Multiple Linear Regression, SPP, Correlation*

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN PENGUJI.....	i
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN .....	iii
PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Landasan Teori .....	6
2.1.1 Energi Matahari.....	6
2.1.2 Radiasi Matahari .....	8
2.1.3 Penerimaan Radiasi Ke Bumi .....	9
2.1.4 Radiasi ekstraterestrial (Ra) .....	10
2.1.5 Lama Penyinaran Matahari .....	12
2.1.6 Radiasi Matahari Gelombang Pendek (Rs) .....	13
2.1.7 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	14
2.1.8 Panel Surya.....	16

2.1.9 Penerapan PLTS pada PJU.....	22
2.1.10 Skema Pemasangan Solar Cell.....	23
2.1.11 Kapasitas Sel Surya.....	24
2.1.12 Regresi.....	26
2.1.13 Regresi Linier Sederhana.....	27
2.1.14 Regresi Linier Berganda.....	27
2.1.15 Automatic Weather Station (AWS).....	32
2.1.16 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).....	34
2.2 Kajian Penelitian yang Relevan.....	36
2.3 Kerangka Berpikir/Konseptual.....	38
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>41</b>
3.1 Pendekatan Penelitian.....	41
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	43
3.3 Populasi dan Sampel.....	43
3.4 Definisi Operasional Variabel.....	44
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	44
3.6 Data Penelitian.....	45
3.7 Teknik Analisa Data.....	47
<b>BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>51</b>
4.1 Analisis Korelasi.....	51
4.1.1 Pengolahan Data.....	51
4.1.2 Deskripsi Data.....	60
4.1.3 Hasil Uji Analisis.....	62
4.1.4 Korelasi Faktor Cuaca Terhadap Potensi PLTS.....	72
4.2 Potensi PLTS Di Kota Medan.....	73
4.2.1 Deskripsi Data.....	73
4.2.2 Hasil Uji Analisis.....	75
4.2.3 Perancangan PLTS Untuk PJU.....	76

BAB 5 PENUTUP.....	82
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA .....	84
LAMPIRAN.....	87

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai $j$ pada setiap bulan.....	13
Tabel 2.2 Faktor konversi untuk radiasi.....	15
Tabel 2.3 Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai $R$ .....	30
Tabel 2.4 Interpretasi Distribusi $T_{tabel}$ .....	31
Tabel 2.5 Interpretasi distribusi $F_{tabel}$ .....	32
Tabel 3.1 Data iklim stasiun BMKG Wilayah I.....	45
Tabel 3.2 Data iklim Stasiun BMKG Maritim Belawan.....	46
Tabel 3.3 Spesifikasi panel surya.....	47
Tabel 4.1 Nilai intensitas radiasi matahari rata-rata pada BMKG Wilayah I.....	55
Tabel 4.2 Nilai intensitas radiasi matahari rata-rata pada BMKG Maritim Belawan.....	59
Tabel 4.3 Data variabel metode regresi linier berganda.....	60
Tabel 4.4 Uji regresi linier berganda dan uji koefisien regresi secara <i>parsial</i> (uji $T$ ).....	61
Tabel 4.5 Uji korelasi ganda dan uji <i>determinansi</i> ( $R^2$ ).....	61
Tabel 4.6 Uji koefisien regresi <i>simultan</i> (Uji $F$ ).....	61
Tabel 4.7 Distribusi nilai $F_{tabel}$ .....	67
Tabel 4.8 Distribusi nilai $T_{tabel}$ .....	69
Tabel 4.9 Hasil uji- $T$ .....	71
Tabel 4.10 Total intensitas radiasi setiap bulan pada BMKG Wilayah I.....	73
Tabel 4.11 Total intensitas radiasi setiap bulan pada BMKG Maritim Belawan.....	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Instalasi Menggunakan Solar cell.....	16
Gambar 2.2 Skema pemasangan sel surya untuk beban DC.....	24
Gambar 2.3 Skema pemasangan sel surya untuk beban AC dan DC.....	24
Gambar 2.2 Flowchart Kerangka Berpikir.....	40
Gambar 3.1 Bagan proses penelitian.....	42
Gambar 3.2 Skema pemasangan dengan dua lampu satu tiang di tengah jalan.....	49
Gambar 3.3 Skema pemasangan dengan satu tiang satu lampu di pinggir jalan.....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat persetujuan .....	88
Lampiran 2	Data cuaca Stasiun Meteorologi Maritim Belawan bulan Agustus 2020 .....	89
Lampiran 3	Data cuaca Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I bulan Agustus 2020 .....	90

## DAFTAR SIMBOL

$R_a$	= Radiasi ekstraterrestrial ( $\text{MJ}/\text{m}^2\text{hari}$ )
$G_{sc}$	= Konstanta matahari = $0,0820 \text{ MJ}/\text{m}^2\text{min}$
$dr$	= Jarak relatif terbalik Bumi-Matahari
$\omega_s$	= Sudut waktu matahari terbenam (radian)
$\varphi$	= <i>Latitude</i> atau disebut sudut lintang pada lokasi perhitungan (radian)
$\delta$	= Sudut <i>deklinasi</i> matahari (radian)
$j$	= Jumlah hari dalam julian
$R_s$	= Radiasi matahari atau gelombang pendek ( $\text{MJ}/\text{m}^2\text{hari}$ ),
$n$	= Durasi aktual sinar matahari (jam),
$N$	= Durasi maks yang mungkin dari sinar matahari/panjang hari (jam),
$R_a$	= Radiasi <i>ekstarterrestrial</i> ( $\text{MJ}/\text{m}^2\text{hari}$ )
$E$	= Energi (kWh)
$A$	= Luas total panel surya ( $\text{m}^2$ )
$r$	= Efisiensi panel surya (%)
$H$	= Radiasi matahari rata-rata pada panel miring (tidak termasuk naungan)
$PR$	= Rasio kinerja, koefisien kerugian (antara 0,5 dan 0,9, nilai default = 0,75)
$T$	= Jumlah titik lampu
$L$	= Panjang jalan (m)
$S$	= Jarak tiang ke tiang (m)
$W_{ss}$	= Daya yang dihasilkan panel solar sel
$W_{bat}$	= Kapasitas penuh baterai
$\eta_{ss}$	= Efisiensi solar sel
$\eta_{p-bat}$	= Efisiensi yang terjadi akibat rugi-rugi pada hubungan modul dan baterai.
$E_p$	= Energi/ kapasitas panel (watt-jam /hari)
$W_{pk}$	= Daya puncak modul (wattpeak)
$In$	= Insolasi harian ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{hari}$ )
$\eta_p$	= Rugi-rugi pada panel akibat pengaruh temperatur dan kondisi permukaan, umumnya dipilih nilai 0,8
$W_{inv}$	= Daya pada inverter

- $\eta_{\text{bat-inv}}$  = Efisiensi dari adanya rugi – rugi pada hubungan baterai ke inverter
- $y$  = Variabel dependen
- $x$  = Variabel independen (penjelas)
- $a$  = Konstanta
- $b$  = Koefisien regresi
- $\epsilon$  = Error atau residu
- $b_1, \dots, b_n$  = Nilai koefisien *regresi*
- $x_1, \dots, x_n$  = Variable bebas
- $T_{\text{avg}}$  = Temperatur rata-rata ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\text{RH}_{\text{avg}}$  = Kelembapan rata-rata (%)
- $\text{RR}$  = Curah hujan (mm)
- $\text{Ss}$  = Lamanya penyinaran matahari (jam)
- $\text{ff}_x$  = Kecepatan angin maksimum (m/s)

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara ekuator yang merupakan negara dengan penyebaran radiasi matahari merata sepanjang tahun. Hal ini tentunya sangat menguntungkan bagi Indonesia karena memiliki energi matahari yang banyak. Informasi mengenai potensi energi matahari sangat penting untuk menunjang pekerjaan energi matahari. Sistem yang menggunakan energi matahari sebagai tenaga alternatif (pembangkit listrik *Solar Photovoltaik*, pengumpul surya), desain atau kenyamanan arsitektural. Bangunan energi panas dan lain-lain [1].

Indonesia memiliki potensi pembangkit listrik tenaga surya yang cukup besar tetapi pemanfaatannya masih rendah. Penggunaan bahan bakar fosil sangat penting karena konsumsi energi dan efek negatifnya akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca [2].

Radiasi matahari adalah radiasi energi yang dihasilkan oleh proses *termonuklir* di matahari. Radiasi matahari terdiri dari radiasi langsung atau radiasi tidak langsung, tidak ada hamburan atau *refleksi* di atmosfer, itu adalah *refleksi difuse* atau radiasi tidak langsung, yaitu radiasi matahari yang dipantulkan dan dihamburkan di atmosfer disebut radiasi global.

Kerapatan data pengamatan intensitas radiasi pada umumnya masih sangat kurang dibandingkan luasan daerah pengamatan yg terdapat pada suatu negara [3]. Hal ini ditimbulkan bukan hanya lantaran harga komponen alat-alat pengamatan radiasi matahari yang mahal, tetapi juga biaya perawatan & kalibrasi sensor

radiasi matahari yg tinggi. Oleh karena itu, sering ditemukan data kosong dampak dari kerusakan *instrumen* pengamatan atau tingginya nilai *error* pada data pengamatan.

Energi *Solar Photovoltaik* juga dikenal sebagai modul surya adalah metode pengubahan energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan bahan *semikonduktor*. Saat panel surya terkena radiasi matahari, energi matahari akan diubah menjadi listrik langsung (searah). Kemudian arus searah diubah menjadi arus listrik bolak-balik dengan *inverter*. Daya AC ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sehari-hari, seperti TV, kompor listrik, lemari es, listrik AC, dan lain-lain. Energi *Solar Photovoltaik* ramah lingkungan, sehingga sangat cocok sebagai metode alternatif pertukaran energi. Selain itu, tidak diperlukan masalah layanan khusus. Namun, mahalnya biaya pemasangan menjadi alasan mengapa sistem *Solar Photovoltaik* tidak banyak digunakan di Indonesia (terutama dalam skala *mikro*, seperti di rumah pribadi).

Sistem *Solar Photovoltaik* bekerja dengan baik dalam kondisi standar yaitu intensitas sinar matahari memiliki nilai  $1\text{kW/m}^2$ , nilai temperatur modul surya sebesar  $25^\circ\text{C}$ , dan spektrum radiasi matahari berada pada posisi global yaitu AM1.5, dimana sudut datang sinar matahari adalah  $0^\circ$  [4].

Latar belakang tersebut menjelaskan bahwa belum adanya identifikasi yang spesifik antara hubungan faktor cuaca dengan intensitas radiasi matahari. Sehingga atas dasar itulah penulis akan menganalisis korelasi antara intensitas radiasi matahari terhadap faktor cuaca. Penulis akan mengestimasi nilai dari intensitas radiasi matahari yang ada di kota medan dan nilai estimasi tersebut akan

digunakan untuk menganalisis korelasi yang ada dari intensitas radiasi terhadap faktor-faktor cuaca seperti kelembaban, curah hujan, suhu maksimum, suhu minimum, dan kecepatan angin agar dapat melihat seberapa besar pengaruhnya terhadap intensitas radiasi matahari tersebut. Setelah mengetahui korelasi nya penulis bertujuan untuk mengetahui besar potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang ada di kota Medan serta dilanjutkan dengan perencanaan implementasi PLTS untuk penerangan jalan umum (PJU) pada ruas jalan di kota Medan.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Latar belakang yang telah dijelaskan di atas dapat diketahui bahwa fokus dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Masih belum meratanya ketersediaan data intensitas radiasi matahari. Sehingga penulis harus membuat data prediksi untuk mengestimasi nilai intensitas radiasi matahari.
2. Hubungan antara intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari serta dengan parameter cuaca lainnya masih belum teridentifikasi secara menyeluruh, sehingga apakah intensitas radiasi akan saling mempengaruhi atau tidak sama sekali terhadap lama penyinaran dan parameter cuaca lainnya.
3. Pemanfaatan PLTS masih belum banyak dilakukan dalam cakupan kota Medan. Dapat dilihat dari minimnya pembangunan-pembangunan pembangkit listrik tenaga surya.

### **1.3 Pembatasan Masalah**

Batasan dalam penelitian ini ialah :

1. Penelitian ini menggunakan data iklim cuaca dari stasiun pengamatan BMKG yaitu dari Stasiun Meteorologi Maritim Belawan dan Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I.
2. Penelitian ini meneliti korelasi ataupun pengaruh dari faktor cuaca, meliputi lama penyinaran matahari (jam), kelembaban rata-rata (%), curah hujan (mm), kecepatan angin rata-rata (m/s), suhu rata-rata ( $^{\circ}\text{C}$ ) terhadap intensitas radiasi matahari. Menggunakan data yang tersedia pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I.
3. Penelitian ini hanya meneliti terhadap cuaca kota medan dalam kurun waktu 1 (satu) tahun terakhir. Yaitu dari bulan Agustus 2020 sampai Juli 2021.
4. Penelitian ini juga hanya meneliti potensi PLTS yang ada di kota medan, dari data 2 (dua) stasiun pengamatan BMKG yang ada di kota medan itu sendiri.
5. Penelitian ini hanya melakukan perencanaan penerapan PLTS untuk PJU pada dua ruas jalan. Yaitu pada jalan ngumban surbakti dan jalan raya pelabuhan belawan.

### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini ialah :

1. Bagaimana dan seberapa besar pengaruh faktor cuaca terhadap intensitas radiasi matahari?

2. Seberapa besar potensi PLTS di kota medan? Serta berapa jumlah panel dan batrai yang dibutuhkan dalam pemenuhan daya dan penyimpanan energi untuk memenuhi beban dua buah lampu membuat penerangan jalan umum (PJU)?

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini ialah :

1. Analisis pengaruh faktor-faktor cuaca, yang meliputi lama penyinaran matahari, kelembaban rata-rata, curah hujan, kecepatan angin rata-rata, dan suhu rata-rata terhadap intensitas radiasi matahari.
2. Analisis potensi dan perencanaan penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berdasarkan nilai intensitas radiasi matahari yang ada dikota medan.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Manfaat ilmiah atau teoritis dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi korelasi antara faktor-faktor cuaca, yang meliputi lama penyinaran matahari, kelembaban rata-rata, curah hujan, kecepatan angin rata-rata, suhu rata-rata terhadap intensitas radiasi matahari.
2. Manfaat lainnya ialah untuk memberikan informasi kepada pembaca tentang seberapa besar potensi yang ada dikota medan dalam pemanfaatan energi matahari.
3. Kota medan dapat lebih memanfaatkan energi matahari yang ada karena telah teridentifikasi seberapa besar potensinya, sehingga volume penggunaan energi

fosil

dapat

diperkecil.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Pada sub-bab ini akan dipaparkan teori-teori yang dipakai maupun teori yang berhubungan dengan penulisan thesis ini. Yang akan dipaparkan pada sub bab selanjutnya ialah mengenai teori tentang energi matahari yang meliputi radiasi matahari, penerimaan radiasi ke bumi, radiasi ekstraterrestrial, lama penyinaran matahari, dan radiasi matahari gelombang pendek. Untuk sub bab selanjutnya dipaparkan mengenai teori tentang PLTS yang meliputi panel surya. Selanjutnya teori tentang regresi yang mana meliputi tentang regresi linier sederhana dan juga regresi linier berganda. Selanjutnya teori tentang Automatic Weather Station (AWS). Dan yang terakhir ialah teori tentang software yang digunakan, yaitu tentang SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Setelah memaparkan teori pendukung untuk penulisan thesis ini, pada sub-bab selanjutnya akan dipaparkan kajian penelitian yang relevan dan juga kerangka berpikir/konseptual.

##### **2.1.1 Energi Matahari**

Bagaimana proses terbentuknya energi matahari yang diradiasikan keruang angkasa dalam bentuk gelombang *elektromagnetik*? Energi yang diradiasikan oleh Matahari ke ruang angkasa terbentuk pada bagian inti matahari [4]. Energi ini terbentuk bukan merupakan hasil pembakaran, karena proses pembakaran selalu melibatkan reaksi antara oksigen dan bahan kimia lain untuk

membentuk senyawa. Suhu dibagian inti Matahari sangatlah tinggi dan tidak memungkinkan untuk terbentuknya senyawa disana. Selain itu energi yang dihasilkan dari proses pembakaran biasanya sangat kecil, sehingga tidak cocok dengan kenyataan bahwa energi Matahari yang diradiasikan amatlah besar.

Radiasi Matahari yang kuat seperti sinar *ultraviolet*, sinar-X, dan sinar *Gamma* yang menuju Bumi akan diserap oleh molekul-molekul gas *nitrogen* dan gas oksigen yang terdapat dalam atmosfer Bumi bagian atas. Penyerapan ini menyebabkan molekul-molekul gas mengalami proses *ionisasi*, yaitu proses lepasnya sebagian elektron pada molekul-molekul gas sehingga terbentuk ion-ion positif. Dari proses ini maka pada lapisan atmosfer bagian atas akan terbentuk lapisan-lapisan yang mengandung muatan listrik positif. Lapisan atmosfer ini oleh para ahli dinamai *ionosfer* (lapisan ion). Dengan demikian lapisan ionosfer ini melindungi Bumi dari radiasi Matahari yang berbahaya seperti radiasi *ultraviolet*. *Ionosfer* juga sangat bermanfaat untuk proses komunikasi dengan jangkauan jauh di-permukaan Bumi. Hal ini dimungkinkan karena informasi yang dibawa oleh gelombang radio medium dapat dipantulkan oleh lapisan *ionosfer* kembali ke Bumi, dan tidak diteruskan ke ruang angkasa [4].

Kapan pancaran partikel-partikel bermuatan listrik dari Matahari intensitasnya akan meningkat? Pancaran partikel-partikel bermuatan listrik dari Matahari kuantitasnya akan sangat meningkat ketika jumlah bintik matahari mencapai maksimum. Hujan partikel bermuatan ini menghasilkan induksi magnetik yang sangat kuat, kira-kira ribuan kali induksi magnetik permukaan Bumi.

Keadaan ini dapat menyebabkan sabuk radiasi *Van Allen* sangat radiatif, dan akibatnya komunikasi dengan gelombang radio di bumi akan terganggu, kadang-kadang terputus-putus. Kondisi ini terjadi akibat terganggunya lapisan ionosfer oleh pancaran partikel bermuatan yang sangat kuat. Gejala semacam ini di kenal dengan istilah badai magnetik yang sangat mengganggu proses komunikasi radio [4].

### **2.1.2 Radiasi Matahari**

Matahari adalah pengontrol cuaca dan iklim yang sangat penting, dan sumber energi utama untuk menggerakkan arus udara dan laut di bumi. Energi matahari menyebar ke segala arah, sebagian hilang ke alam semesta, dan bumi hanya dapat menerima sebagian kecil. Jarak rata-rata bumi berputar mengelilingi matahari adalah 93 juta mil. Orbit bumi berbentuk elips dengan eksentrisitas sangat kecil (0,017) yang berarti orbit bumi hampir melingkar. Jarak matahari-bumi terdekat disebut perihelion, yang terjadi pada 4 Januari dan jaraknya 91,5 juta mil, sedangkan jarak terjauh matahari-bumi disebut aphelion, yang terjadi pada tanggal 5 Juli yaitu 94,5 juta mil [5].

Radiasi adalah bentuk energi yang dipancarkan oleh benda apa pun yang suhunya lebih tinggi dari nol mutlak, dan merupakan satu-satunya bentuk energi yang dapat merambat di ruang hampa udara. Gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik dan magnet disebut dengan radiasi matahari. Setiap menit, matahari melepaskan  $56 \times 10^{26}$  kalori energi. Bumi mendapat  $2.55 \times 10^{18}$  kalori atau hanya  $1/2 \times 10^9$ nya dari energi ini [6].

Radiasi matahari yang jatuh ke bumi disebut sinar matahari. Sinar matahari adalah energi matahari yang diterima di permukaan bumi dalam bentuk sinar gelombang pendek yang melewati atmosfer. Radiasi matahari bergerak melalui luar angkasa tanpa kehilangan energi, dan intensitasnya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari matahari. Rata-rata energi matahari per menit tegak lurus dengan satuan luas sinar matahari (1 sentimeter persegi) tegak lurus puncak atmosfer adalah 2,0 kalori [6].

Radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi sangat kecil, namun bagi bumi, radiasi matahari merupakan energi utama untuk proses fisik di atmosfer. Durasi penyinaran matahari dalam sehari bervariasi dari bulan ke bulan yang juga memiliki pengaruh besar terhadap intensitas radiasi matahari secara keseluruhan. Seperti yang kita ketahui bersama, radiasi matahari yang dipancarkan berupa energi yang juga digunakan untuk memanaskan bumi, sehingga derajat energi panas bumi merupakan ukuran dari banyaknya energi matahari yang diserap oleh permukaan bumi [6].

### **2.1.3 Penerimaan Radiasi Ke Bumi**

Radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi sangat bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Karena perbedaan garis lintang dan kondisi atmosfer (terutama awan), maka akan terjadi perbedaan waktu. Bervariasi dari waktu ke waktu, dan terjadi akibat radiasi dari hari ke hari (dari pagi hingga malam) dan musiman (dari siang ke hari).

Jumlah radiasi yang dipantulkan dari permukaan bumi dan atmosfer ke ruang angkasa sekitar 30%, dimana 20% diserap oleh gas atmosfer dan awan, dan

50% sisanya ditransmisikan ke permukaan bumi dan diserap oleh permukaan bumi dan lautan. Dan lautan ini digunakan untuk memanaskan udara, lautan dan daratan untuk penguapan, dan sebagian kecil digunakan untuk *fotosintesis* (kurang dari 5% dari radiasi yang terjadi) [7].

Awan juga merupakan bagian penting dari cara permukaan bumi menerima radiasi matahari. Lamanya waktu dalam satu hari (jam) matahari bersinar disebut durasi *eksposur* (lama penyinaran matahari), dan itu tergantung pada keberadaan awan [7].

#### **2.1.4 Radiasi ekstraterrestrial (Ra)**

Radiasi yg mengenai bagian atas tegak lurus terhadap sinar matahari pada permukaan atmosfer bumi, yang dianggap konstanta matahari, merupakan lebih kurang  $0,082 \text{ MJ/m}^2\text{min}$ . Intensitas lokal radiasi dipengaruhi oleh sudut antara arah sinar matahari ke permukaan atmosfer. Sudut ini akan berubah dalam siang hari dan akan tidak sama pada lintang yg tidak sama dan pada musim yang tidak sama. Radiasi surya yang diterima pada permukaan atmosfer bumi pada permukaan horizontal dianggap radiasi ekstraterrestrial (Ra). apabila matahari berada sempurna pada atas kepala, sudut datangnya nol dan radiasi ekstraterrestrial  $0,0820 \text{ MJ/m}^2\text{min}$ . Saat musim berubah, posisi matahari dan panjang hari pula berubah, oleh karenanya Ra juga berubah. Radiasi *ekstraterrestrial* dengan demikian adalah fungsi menurut garis lintang, tanggal dan waktu hari [9].

Ra dalam periode harian pada setahun dan untuk lintang yang tidak sama bisa diperkirakan menurut konstanta matahari, deklinasi matahari, dan waktu pada setahun dengan [9]:

$$Ra = \frac{(24 \times 60)}{\pi} \times G_{sc} \times dr \times [\omega s \times \sin(\varphi) \times \sin(\delta) + \cos(\varphi) \times \cos(\delta) \times \sin(\omega s)] \quad (2.1)$$

Dimana :

$R_a$  = Radiasi ekstraterrestrial (MJ/m<sup>2</sup>hari)

$G_{sc}$  = Konstanta matahari = 0,0820 MJ/m<sup>2</sup>min

$dr$  = Jarak relatif terbalik Bumi-Matahari

$\omega s$  = Sudut waktu matahari terbenam (radian)

$\varphi$  = *Latitude* atau disebut sudut lintang pada lokasi perhitungan (radian)

$\delta$  = Sudut *deklinasi* matahari (radian)

Garis lintang  $\varphi$ , dinyatakan pada radian positif buat belahan bumi utara dan negatif buat belahan selatan. Konversi menurut derajat desimal ke radian diberikan oleh:

$$[Radian] = \frac{\pi}{180} \times (Desimal\ degrees(^{\circ})) \quad (2.2)$$

Jarak relatif terbalik Bumi-Matahari ( $dr$ ), deklinasi matahari ( $\delta$ ), dan Sudut waktu matahari terbenam ( $\omega s$ ) dihitung dari:

$$dr = 1 + (0,033 \times \cos\left(\frac{2\pi}{365} \times j\right)) \quad (2.3)$$

$$\delta = 23,45^{\circ} \times \left(\sin\left(\frac{2\pi}{365} \times (j + 284)\right)\right) \quad (2.4)$$

$$\omega s = \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)] \quad (2.5)$$

Nilai  $j$  adalah merupakan tanggal dalam Julian, maka setiap harinya mendapatkan nilai  $j$  yang berbeda. Nilai  $j$  dapat dilihat pada Table 2.1.

**Tabel 2.1** Nilai j pada setiap bulan

Bulan	Hari ke-	j	Bulan	Hari ke-	j
Januari	1	1	Juli	1	183
Februari	1	32	Agustus	1	214
Maret	1	61	September	1	245
April	1	92	Oktober	1	275
Mei	1	122	November	1	306
Juni	1	153	Desember	1	336

### 2.1.5 Lama Penyinaran Matahari

Durasi matahari adalah waktu matahari menyinari permukaan bumi pada siang hari, dalam jam. Waktu hari disebut panjang hari (waktu matahari berada di atas cakrawala). Jumlah paparan sinar matahari dalam sehari bervariasi dari bulan ke bulan. Mengukur durasi matahari adalah bentuk pengukuran radiasi tertua, tetapi radiasi matahari berguna karena dua alasan. Pertama-tama, waktu pemaparan adalah salah satu parameter penting dari iklim lokal (regional). Pertanian, perkebunan, karena lama penyinaran matahari akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Kedua, berdasarkan data lama penyinaran matahari, dapat ditentukan fluks radiasi matahari total yang jatuh pada permukaan horizontal tapak [10].

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa ada korelasi kuat antara radiasi global dan durasi sinar matahari. Maka data durasi sinar matahari menjadi penting dan diperlukan untuk penggunaan energi matahari. Sesuai standar yang digunakan di Indonesia, pengamatan waktu sinar matahari dilakukan mulai pukul 08.00-

16.00 waktu setempat. Rata-rata waktu sinar matahari maksimum per hari pada bulan Juli

dan Agustus. Bulan-bulan ini adalah puncak tengah atau puncak tertinggi musim timur, saat tutupan awan paling rendah. Nilai minimumnya adalah Januari, karena Januari merupakan nilai rata-rata atau maksimum musim barat pada awan tinggi [10].

Radiasi matahari pada umumnya dapat dinyatakan dengan jumlah jam penyinaran dalam satu hari ( $n$ ), dan panjang *astronomis* suatu hari menyatakan waktu matahari disinari dalam  $N$ . Catat nilai terukur waktu radiasi matahari:

$$\frac{n}{N} \times 100\% \text{ [11].}$$

Dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$N = \frac{24}{\pi} \times \omega_s \quad (2.6)$$

### 2.1.6 Radiasi Matahari Gelombang Pendek ( $R_s$ )

Radiasi matahari ( $R_s$ ) yang tidak terukur dapat dihitung menggunakan rumus *Angstrom* yang menghubungkan radiasi matahari menggunakan radiasi *ekstraterrestrial* dan durasi sinar matahari relatif [9]:

$$R_s = (a_s + (b_s \times \frac{n}{N})) \times R_a \quad (2.7)$$

Dimana :

$R_s$  = Radiasi matahari atau gelombang pendek ( $\text{MJ/m}^2\text{hari}$ ),

$n$  = Durasi aktual sinar matahari (jam),

$N$  = Durasi maks yang mungkin dari sinar matahari/panjang hari (jam),

$R_a$  = radiasi *ekstaterrestrial* ( $\text{MJ/m}^2\text{hari}$ )

Data radiasi matahari jika tidak terdapat data yang aktual dan tidak terdapat kalibrasi yg dilakukan untuk meningkatkan parameter  $a_s$  &  $b_s$ , nilai  $a_s = 0,25$  &  $b_s = 0,50$  direkomendasikan.

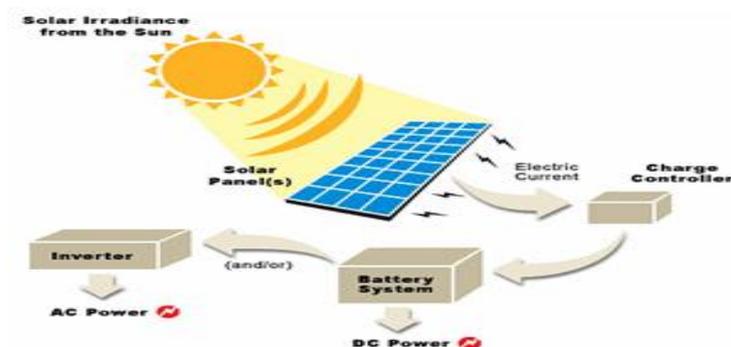
**Tabel 2.2** Faktor konversi untuk radiasi

	Pengali untuk mendapatkan energi yang diterima pada permukaan satuan per satuan waktu				Penguapan setara
	MJ/m <sup>2</sup> hari	J/m <sup>2</sup> hari	cal/cm <sup>2</sup> hari	W/m <sup>2</sup>	mm/hari
1 MJ/m <sup>2</sup> hari	1	100	23.9	11.6	0.408
1 cal/cm <sup>2</sup> hari	4.1868 10 <sup>-2</sup>	4.1868	1	0.485	0.0171
1 W/m <sup>2</sup>	0.0864	8,64	2.06	1	0.035
1 mm/hari	2.45	245	58.5	28.4	1

### 2.1.7 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan peralatan pembangkit listrik yang membarui energi matahari menjadi energi listrik. PLTS tak jarang juga disebut *Solar Cell*, atau *Solar Photovoltaik*, atau *Solar Energi*. PLTS memanfaatkan radiasi matahari untuk diubah menjadi listrik DC (direct current), yg bisa diubah sebagai listrik AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Oleh karenanya meskipun mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS bisa membuat listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada dasarnya merupakan alat yg menyediakan daya untuk memenuhi kebutuhan listrik yg kecil hingga besar, baik secara mandiri, juga menggunakan *Hybrid* (dikombinasikan menggunakan sumber tenaga lain, seperti PLTS-Genset, PLTS-Angin).

Bahan sel surya sendiri terdiri menurut kaca pelindung dan material *adhensive* transparan yg melindungi bahan sel surya menurut keadaan lingkungan lalu material anti-refleksi buat menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yg dipantulkan, semi-konduktor *P-type & N-type* (terbuat menurut adonan silikon) untuk membuat medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat menurut logam tipis) buat mengirim elektron ke perabot listrik. Cara kerja sel matahari sendiri sebenarnya identik menggunakan piranti semi konduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan menggunakan sel surya dan diserap oleh bahan semi konduktor, terjadi pelepasan elektron. Jika elektron tadi sanggup menempuh perjalanan menuju bahan semi konduktor dalam lapisan yg berbeda, terjadi perubahan sigma gaya- gaya dalam bahan. Gaya tolakan antar bahan semi konduktor, mengakibatkan aliran medan magnet listrik dan mengakibatkan elektron bisa disalurkan ke saluran awal & akhir untuk dipakai dalam perabot listrik.



**Gambar 2.1** Sistem Instalasi Menggunakan Solar cell (Sumber <https://adyasolar.com/shop/plts/>)

Untuk memperkirakan keluaran energi surya tahunan dari sistem *Photovoltaic* di gunakan rumus global [4].

$$E = A \times r \times H \times PR \quad (2.8)$$

Dimana :

E = Energi (kWh)

A = Luas total panel surya (m<sup>2</sup>)

r = Efisiensi panel surya (%)

H = Radiasi matahari rata-rata pada panel miring (tidak termasuk naungan)

PR = Rasio kinerja, koefisien kerugian (antara 0,5 dan 0,9, nilai default = 0,75)

### 2.1.8 Panel Surya

*Photovoltaic* atau panel surya merupakan bahan semikonduktor yang di pakai buat mengubah sinar matahari secara langsung sebagai tenaga listrik. Perubahan sinar matahari sebagai tenaga listrik ini disebut efek *Photovoltaic*. Kinerja *photovoltaic* sendiri sangat bergantung dalam intensitas cahaya matahari lantaran meningkat intensitas cahaya matahari maka semakin besar tenaga listrik yang di hasilkan oleh *photovoltaic*.

Panel surya terbuat berdasarkan bahan semi konduktor (umumnya silicon) yang bila disinari oleh cahaya matahari bisa membuat arus listrik. Prinsip kerja berdasarkan modul matahari adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron-elektron yang terdapat dalam sel surya akan bergerak berdasarkan N ke P, sebagai akibatnya dalam terminal keluaran dari panel surya akan membuat tenaga listrik. Besarnya tenaga listrik yang didapatkan oleh modul matahari

berbeda-beda tergantung berdasarkan jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran berdasarkan panel surya ini merupakan berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut [12].

Faktor menurut pengoperasian Sel surya supaya dihasilkan nilai yang maksimum sangat tergantung dalam :

1. *Ambient air temperature*

Sel surya bisa beroperasi secara maksimum apabila temperatur sel tetap normal dalam 25 °C, kenaikan temperatur lebih tinggi menurut temperatur normal dalam sel akan menurunkan nilai tegangan (Voc). Setiap kenaikan temperatur Sel surya 10 *Celsius* (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4 % dalam total energi yang didapatkan atau akan melemah dua kali lipat buat kenaikan temperatur Sel per 10°C [13].

2. Radiasi matahari

Radiasi matahari pada bumi dan berbagai lokasi bervariasi sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh dalam current (I) sedikit dalam tegangan (V).

3. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi larik sel surya bisa membantu mendinginkan bagian atas temperatur kaca-kaca larik sel surya

4. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan output maximum arus listrik menurut perpaduan sel surya.

5. Orientasi panel atau larik sel surya

Orientasi menurut rangkaian sel surya (larik) ke arah matahari secara optimum adalah krusial supaya panel/perpaduan sel surya bisa membuat tenaga maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tilt angle*) menurut panel/perpaduan sel surya juga sangat mempengaruhi output tenaga maksimum. Sebagai *guid-line*: buat lokasi yang terletak pada belahan Utara latitude, maka panel/perpaduan sel matahari usahakan diorientasikan ke Selatan, orientasi ke Timur Barat walaupun juga bisa membuat sejumlah tenaga menurut panel-panel/perpaduan sel surya, namun tidak akan menerima tenaga matahari optimum.

6. Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari (*tilt angle*)

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah bagian atas panel sel matahari secara tegak lurus akan menerima tenaga maksimum  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  atau  $1 \text{ kW/m}^2$ . Kalau tidak bisa mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari menggunakan bidang sel surya, maka ekstra luasan bidang panel sel surya dibutuhkan (bidang panel sel surya). Sel surya dalam *Equator* (*latitude* 0 derajat) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0) akan membuat tenaga maksimum, sedangkan buat lokasi menggunakan latitude tidak selaras harus dicarikan "*tilt angle*" yg optimum.

Jenis panel surya sendiri ada beberapa macam, yaitu:

### 1. *Poly-crystalline*

Panel surya jenis *Poly-crystalline* merupakan jenis panel surya yang terbuat dari kristal *silicon block-cast*. Elektron yg terdapat akan terjebak pada batas butir kristal individu pada panel *Poly-crystalline*, hal ini mengakibatkan efisiensinya lebih rendah dibandingkan menggunakan *Monocrystalline*. Efisiensi yg dimiliki sang modul jenis ini hanya berkisar 13,5% dalam suhu 25 °C & bisa mengalami penurunan sampai 15-25% dalam suhu 50 °C. Contoh menurut panel surya *Poly-crystalline* merupakan *CanadianSolar Standard CS6P-260*. Tipe ini memiliki kelebihan yaitu bisa menghasilkan daya listrik meskipun cuaca berawan maupun mendung.

### 2. *Mono-crystalline*

Panel surya jenis *Mono-crystalline* ini terbuat dari silikon kristal tunggal. Dapat di temukan secara alami, tetapi sangat jarang atau juga bisa dibentuk pada Laboratorium. Proses ini di namakan dengan *recrystallising*, sehingga pembuatan dan harga berdasarkan modul jenis ini sangat mahal. Panel dari modul *Mono-crystalline* ini lebih halus dibandingkan menggunakan jenis *Poly-crystalline*. Pada panel *Mono-crystalline* memiliki efisiensi sebanyak 15% dalam suhu 25 °C dan menurun menjadi 12-15% dalam suhu 50 °C. Contoh berdasarkan modul *Mono-crystalline* adalah *CanadianSolar All-Black CS6K-290MS*, *Canadian Solar Max Power CS6U-340M* & lainnya. Kelemahan berdasarkan jenis *Mono-crystalline* yakni tidak berfungsi dengan baik ditempat yang intensitas cahaya matahari nya yg sedikit, dan efisiensinya akan turun drastis pada cuaca berawan.

### 3. *Amorphous Silicon*

Selain itu panel sel surya terdapat yang terbuat menurut lapisan tipis *amorphous silicon*, berwarna relatif gelap kehitaman dan umum dipakai dalam perangkat menggunakan konsumsi daya sangat rendah seperti kalkulator. Tipe panel ini merupakan yang paling murah akan tetapi efisiensinya paling rendah, yaitu antara 9 sampai 10,4%.

Untuk mendukung kinerja dari panel surya, dibutuhkan juga alat-alat tambahan seperti baterai dan juga inverter. Penjelasan tentang baterai dan inverter akan dijelaskan sebagai berikut :

#### 1) Baterai

Baterai adalah sebuah alat-alat yang bisa membarui energi. Baterai listrik merupakan alat yang terdiri berdasarkan dua atau lebih sel elektrokimia yang membarui energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel mempunyai kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif mengindikasikan bahwa mempunyai energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif merupakan sumber elektron yang saat disambungkan menggunakan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke alat-alat eksternal. Ketika bateraidihubungkan menggunakan rangkaian eksternal, elektrolit bisa berpindah sebagai ion didalamnya, sebagai akibatnya terjadi reaksi kimia dalam kedua kutubnya. Perpindahan ion pada baterai akan mengalirkan arus listrik keluar menurut baterai sebagai akibatnya membuat

kerja. Meski sebutan baterai secara teknis merupakan alat dengan beberapa sel, sel tunggal pula biasanya dianggap baterai.

Baterai untuk solar cell sendiri memiliki dua tujuan penting pada sistem fotovoltai; pertama merupakan untuk memberikan daya listrik pada sistem waktu daya tidak disediakan oleh array panel-panel surya, kedua merupakan untuk menyimpan kelebihan daya yang disebabkan oleh panel-panel setiap kali daya itu melebihi beban

## 2) Inverter

Inverter merupakan sebuah alat yang membarui listrik DC (Direct Current) dari baterai atau panel sel surya menjadi AC (Alternating Current). Penggunaan inverter menurut dalam pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan buat perangkat yang memakai AC (Alternating Current), misalnya buat penerangan peralatan elektronik misalnya komputer, peralatan komunikasi, TV, dan lain-lain. Inverter bisa dipakai dirumah dan seluruh tempat yang memerlukan energi (listrik) cadangan buat membarui listrik PLN.

Inverter digunakan waktu peralatan Anda memerlukan daya AC. Inverter memotong dan membalikkan arus DC buat membangkitkan gelombang segi empat yang nantinya disaring sebagai gelombang sinus yg diadaptasi dan menghapus harmonik yang tidak diinginkan. Sangat sedikit inverter yang menyediakan gelombang sinus yang murni menjadi hasil. Kebanyakan contoh yang tersedia dipasar membentuk menjadi “gelombang sinus yang termodifikasi”, lantaran hasil tegangan mereka bukanlah sinusoid yang

murni. Ketika kita memikirkan efisiensi, gelombang sinus yang termodifikasi berkinerja lebih baik berdasarkan pada inverter sinusoidal yang murni.

### **2.1.9 Penerapan PLTS pada PJU**

PJU merupakan bagian menurut bangunan pelengkap jalan yang terletak pada bagian kiri /kanan atau pada bagian tengah jalan buat menerangi jalan atau lingkungan sekitarnya termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jalan dibawah tanah.

Berdasarkan jenis sumber cahayanya, lampu PJU dibedakan atas dua (2) macam yaitu lampu merkuri dan lampu Sodium. Masing-masing jenis sumber cahaya ini mempunyai spesifikasi yang berbeda untuk menghasilkan kuat pencahayaan yang sama.

Kriteria kuat pencahayaan PJU dibutuhkan sebagai penunjang navigasi pengguna jalan. Pada jalan arteri utama atau primer syarat kuat pencahayaan merupakan 11-20 Lux (SNI 7391, 2008). Iluminasi atau lux adalah satuan metrik berukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai merupakan rata-rata taraf lux dalam berbagai titik dalam area yang telah ditentukan. Satu lux setara menggunakan satu lumen per meter persegi.

Pada pemanfaatan PJU, peningkatan faktor daya lampu swabalast berpotensi buat pengurangan konsumsi energi. Setiap tipe lampu memiliki faktor daya dan efisiensi yang tidak sama. Tipe lampu SON/T-150 w, 200 w, 400 w; MBI/T 150 w, 200 w, 400 w; MBF/U 250 w, 400 w; *Tungsten Halogen* 500 w, mempunyai faktor daya sebesar 0,85. *Talled street light solar panel, chipled :*

*Bridgelux*, 50 watt, 60 watt, 80 watt, 100 watt, 120 watt, 150 watt, mempunyai faktor daya  $PF > 0,95$  dan efisiensi  $\eta > 90\%$ .

Disetiap jalan memiliki panjang jalan yang berbeda-beda, untuk mengetahui jumlah titik lampu yang dibutuhkan pada suatu panjang jalan dapat dihitung dengan [14]:

$$T = \left(\frac{L}{S}\right) + 1 \quad (2.9)$$

Dimana :

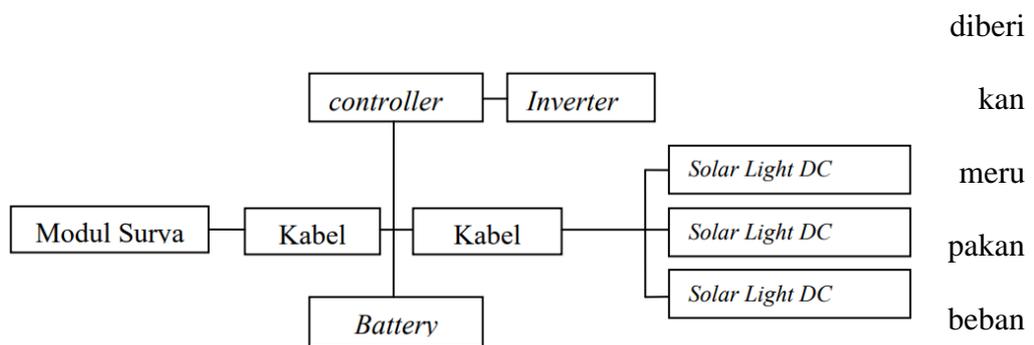
T = Jumlah titik lampu

L = Panjang jalan (m)

S = Jarak tiang ke tiang (m)

### 2.1.10 Skema Pemasangan Solar Cell

Gambar 2.2 memperlihatkan skema instalasi solar sel dengan beban yang

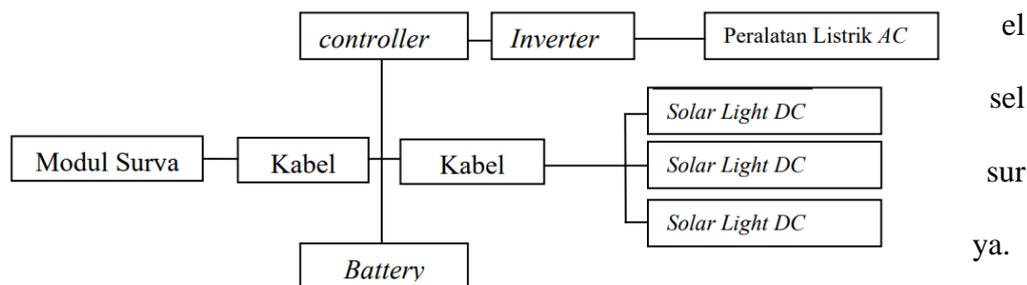


penerangan DC sebagai berikut :

### Gambar 2.2 Skema pemasangan sel surya untuk beban DC

Modul Power management Static Power merupakan unit yang dipakai buat mengganti tegangan DC menjadi tegangan AC tiga fasa, dan juga berfungsi

menjadi sistem pengendali yang mengatur proses pengisian baterai berdasarkan



**Gambar 2.3** Skema pemasangan sel surya untuk beban AC dan DC

Konservasi energi dapat dilakukan menggunakan penerapan konsep green building yang memaksimalkan cahaya matahari menjadi sumber daya listrik buat penerangan menggunakan sumber daya energi matahari di dalam gedung juga diluar gedung buat kebutuhan Penerangan Jalan Umum, dan kelengkapan gedung berupa sensor untuk lighting dan motion. Konsep green building lebih mahal menurut bangunan biasa, namun dalam operasionalnya akan lebih murah menggunakan penghematan energi. Dalam perencanaan pembangunan Gedung utama Kementerian PUPR dengan peringkat green building platinum mempunyai Electrical Efficiency Index sebanyak 140 kwh/m<sup>2</sup>/year, dalam implementasi diperoleh penghematan sebanyak 44 %.

### 2.1.11 Kapasitas Sel Surya

Besarnya daya yang mampu dihasilkan oleh sebuah panel solar sel dapat menggunakan persamaan berikut [14]:

$$W_{ss} = W_{bat} / (\eta_{ss} \cdot \eta_{p-bat}) \quad (2.10)$$

Dimana :

$W_{ss}$  = daya yang dihasilkan panel solar sel

$W_{bat}$  = kapasitas penuh baterai

$\eta_{ss}$  = efisiensi solar sel

$\eta_{p-bat}$  = efisiensi yang terjadi akibat rugi-rugi pada hubungan modul dan baterai.

Selain itu dapat juga ditentukan dengan persamaan,

$$E_P = W_{pk} \times I_n \times \eta_p \quad (2.11)$$

Dimana :

$E_P$  = energi/ kapasitas panel (watt-jam /hari)

$W_{pk}$  = daya puncak modul (wattpeak)

$I_n$  = insolasi harian (kWh/m<sup>2</sup>/ hari)

$\eta_p$  = rugi-rugi pada panel akibat pengaruh temperatur dan kondisi permukaan, umumnya dipilih nilai 0,8

Sedangkan untuk nilai dari daya yang bisa ditampung oleh baterai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$W_{bat} = W_{inv} / (DOD \cdot \eta_{bat-inv}) \quad (2.12)$$

Dimana:

$W_{bat}$  = kapasitas penuh baterai

$W_{inv}$  = daya pada inverter

$\eta_{bat-inv}$  = efisiensi dari adanya rugi – rugi pada hubungan baterai ke inverter

DOD = deep of discharge dari baterai yang digunakan.

DOD merupakan batas kedalaman pengeluaran daya (discharge), pada umumnya untuk rating untuk DOD adalah 80%, yang berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia yang dikeluarkan dan 20 % tetap di cadangan.

### 2.1.12 Regresi

*Regresi* linier merupakan metode statistika yg dipakai untuk menciptakan model interaksi antara variabel terikat (dependen;respon;) menggunakan satu atau lebih variabel bebas (independen;prediktor). Jika banyaknya variabel bebas hanya terdapat satu, diklaim sebagai regresi linier sederhana, sedangkan bila masih ada lebih berdasarkan 1 variabel bebas, diklaim sebagai *regresi* linier berganda [15].

Analisis *regresi* setidak-tidaknya mempunyai 3 (tiga) kegunaan, yaitu untuk tujuan deskripsi menurut kenyataan data atau perkara yang sedang diteliti, untuk tujuan kontrol, dan buat tujuan prediksi. Regresi bisa menggambarkan fenomena data melalui terbentuknya suatu contoh interaksi yang bersifat numerik. *Regresi* pula bisa dipakai buat melakukan pengendalian (kontrol) terhadap suatu perkara atau hal-hal yang sedang diamati melalui penggunaan model *regresi* yang diperoleh. Selain itu, model *regresi* pula bisa dimanfaatkan buat melakukan prediksi untuk variabel terikat. Tetapi yang perlu diingat, prediksi di dalam konsep regresi hanya boleh dilakukan di dalam rentang data menurut variabel-variabel bebas yang dipakai buat membangun model *regresi* tersebut. Misal, suatu contoh *regresi* diperoleh menggunakan mempergunakan data variabel bebas yang mempunyai rentang antara lima s.d. 25, maka prediksi hanya boleh dilakukan jika suatu nilai yang dipakai menjadi input buat variabel X berada dalam rentang tersebut. Konsep ini disebut menjadi *interpolasi*.

### 2.1.13 Regresi Linier Sederhana

*Regresi linear* sederhana adalah model yg memperlihatkan interaksi antara satu dependen variabel dengan satu independen variabel.

$$y = ax + b + \epsilon \quad (2.13)$$

Dimana :

y = Variabel dependen

x = Variabel independen (penjelas)

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

$\epsilon$  = Error atau residu

### 2.1.14 Regresi Linier Berganda

*Regresi linier* berganda adalah model persamaan yg menjelaskan interaksi satu variabel tidak bebas/ response (y) menggunakan 2 atau lebih variabel bebas/ predictor ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ). Tujuan menurut uji *regresi linier* berganda merupakan memprediksi nilai variable tidak bebas/ response (y) jika nilai-nilai variabel bebasnya/ predictor ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) diketahui. Disamping itu pula dapat mengetahui bagaimanakah arah interaksi variabel tidak bebas menggunakan variabel - variabel bebasnya [16].

Persamaan yang dimiliki *regresi* berganda ialah sebagai berikut :

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \epsilon \quad (2.14)$$

Dimana :

Y = variable tak bebas (nilai variabel yang diprediksi)

a = konstanta

$b_1, b_2, \dots, b_n$  = nilai koefisien *regresi*

$x_1, x_2, \dots, x_n$  = variable bebas

Uji yang akan dilakukan pada regresi linier berganda ini ialah sebagai berikut:

### 1. Koefisien *Determinasi* ( $R^2$ )

Untuk mengetahui persentase pengaruh variable-variable  $x_1$  dan  $x_2$  terhadap variable  $y$  digunakan koefisien determinasi.

Besarnya  $R^2$  dihitung dengan rumus :

$$R^2 = \frac{(b_1 \sum x_1 y) + (b_2 \sum x_2 y)}{\sum y^2} \quad (2.15)$$

Jika  $R^2$  bernilai 0 , maka pada model persamaan *regresi* yang terbentuk, variasi-variable tidak bebas  $y$  tidak sedikitpun bisa dijelaskan oleh variasi variable-variable bebas  $x_1$  dan  $x_2$ .

Jika  $R^2$  bernilai 1, maka pada model persamaan *regresi* yg terbentuk, variable tidak bebas  $y$  secara sempurna bisa dijelaskan oleh variasi variable-variable bebas  $x_1$  dan  $x_2$ .

### 2. Koefisien Korelasi Ganda ( $R$ )

Untuk mengetahui seberapa besar hubungan secara serentak/ *simultan* antara variable-variable  $x_1, x_2, \dots, x_n$  menggunakan variabel  $y$  bisa dipakai koefisien korelasi ganda.

Besarnya nilai koefisien korelasi ganda bisa dihitung menggunakan rumus :

$$R = \sqrt{\frac{(b_1 \sum x_1 y) + (b_2 \sum x_2 y)}{\sum y^2}} \quad (2.16)$$

Nilai R :  $-1 \leq r \leq +1$ .

Jika nilai R mendekati nilai +1 atau - 1, maka bisa dikatakan bahwa semakin kuatnya hubungan/korelasi yang terjadi. Sebaliknya, bila nilai r mendekati 0, maka semakin lemahnya hubungan/korelasi yg terjadi. Pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai R

Interval	Tingkat Hubungan
0.00-0.199	Sangat Rendah
0.20-0.399	Rendah
0.40-0.599	Cukup Kuat
0.60-0.799	Kuat
0.80-1.00	Sangat Kuat

### 3. Uji Parsial (Uji-t)

Uji t (t-test) melakukan pengujian terhadap koefisien regresi secara parsial, pengujian ini dilakukan buat mengetahui signifikansi kiprah secara parsial antara variabel independen terhadap variabel dependen menggunakan asumsi bahwa variabel independen lain dipercaya konstan.

Menurut Sugiyono (2014:250), memakai rumus:

$$t = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (2.17)$$

Keterangan:

t = Distribusi t

R = Koefisien korelasi parsial

$R^2$  = Koefisien *determinasi*

n = jumlah data

Output perhitungan ini selanjutnya dibandingkan menggunakan  $t_{\text{tabel}}$  menggunakan taraf kesalahan 0,05. Kriteria yang dipakai merupakan sebagai berikut:

- a.  $H_0$  diterima jika nilai  $t_{\text{hitung}} \leq t_{\text{tabel}}$  atau nilai  $\text{sig} > \alpha$
- b.  $H_0$  ditolak jika nilai  $t_{\text{hitung}} \geq t_{\text{tabel}}$  atau nilai  $\text{sig} < \alpha$

Jika terjadi penerimaan  $H_0$  maka bisa disimpulkan bahwa tidak adanya pengaruh signifikan, sedangkan apabila  $H_0$  ditolak merupakan masih ada pengaruh yang signifikan.

- a.  $H_0: \beta = 0$  : tidak terdapat pengaruh yang signifikan
- b.  $H_a: \beta \neq 0$  : terdapat pengaruh yang signifikan.

**Tabel 2.4** Interpretasi Distribusi  $T_{\text{tabel}}$

d.f	$t_{0.10}$	$t_{0.05}$	$t_{0.025}$	$t_{0.01}$	$t_{0.005}$
1	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
....	.....	.....	.....	.....	.....

#### 4. Pengujian Secara *Simultan* (Uji F)

Uji F merupakan pengujian terhadap koefisien regresi secara *simultan*.

Pengujian ini dilakukan supaya mengetahui pengaruh seluruh variabel



F hasil perhitungan ini dibandingkan dengan yang diperoleh dengan memakai tingkat resiko atau signifikan level 5% atau menggunakan degree freedom= $k(n-k-1)$  menggunakan kriteria sebagai berikut :

- a.  $H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau nilai  $sig < \alpha$
- b.  $H_0$  diterima jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau nilai  $sig > \alpha$

Apabila terjadi penerimaan, maka bisa diartikan tidak berpengaruh signifikan model regresi berganda yang diperoleh sebagai akibatnya menyebabkan tidak signifikan pula pengaruh menurut variabel-variabel bebas bebas secara *simultan* terhadap variabel terikat. Untuk mencari  $F_{tabel}$  di dapati persamaan sebagai berikut :

$$F = (k ; n - k) \quad (2.19)$$

- a.  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  : tidak berpengaruh signifikan
- b.  $H_a: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$  : terdapat pengaruh yang signifikan

### 2.1.15 Automatic Weather Station (AWS)

*Automatic Weather Station* atau disingkat AWS adalah peralatan pengukur cuaca otomatis, yang dikembangkan dari instrumen sebelumnya (versi tradisional). Sekarang ini adalah versi otomatis yang dirancang untuk menghemat tenaga kerja dan melakukan pengukuran di daerah terpencil. Stasiun cuaca otomatis biasanya terdiri dari pencatat data, baterai, *telemetry* (opsional) dan sensor cuaca (sensor angin dan cahaya), dan panel surya yang mudah diisi daya. Alat stasiun cuaca otomatis ini dapat menahan kondisi cuaca ekstrim, seperti badai dan kekeringan.

*Automatic Weather Station (AWS)* mempunyai 2 tipe yaitu :

1. *Real Time Automatic Weather Station*

*Real Time Automatic Weather Station* tidak hanya dapat melakukan pengamatan pada waktu tertentu, tetapi juga melakukan pengamatan dalam situasi darurat. Melakukan pengamatan data Stasiun cuaca otomatis waktu nyata biasanya digunakan untuk melakukan pengamatan cuaca dan memantau parameter utama seperti banjir, pasang surut, badai, dan permukaan laut. Tipe ini digunakan untuk menghasilkan data cuaca.

2. *Off Time Automatic Weather Station*

*Off Time Automatic Weather Station* biasanya digunakan untuk menyimpan data di dalam dan di luar perangkat. Pengamat sangat penting untuk menyimpan dan memproses data. Stasiun cuaca otomatis biasanya digunakan untuk klimatologi atau survei.

Kedua jenis *Automatic Weather Station (AWS)* tidak sepenuhnya otomatis. Parameter seperti *present* dan *past tense* harus dimasukkan secara manual.

Stasiun cuaca otomatis memiliki fungsi merekam dan melacak perubahan cuaca secara otomatis secara real time. Ini adalah beberapa komponen dan fungsi stasiun cuaca otomatis :

- a. Termometer untuk mengukur suhu (temperatur), ataupun perubahan suhu.
- b. Wind Meter untuk mengukur arah angin.
- c. Anemometer untuk mengukur kecepatan angin.
- d. Hygrometer untuk mengukur kelembaban.

- e. Pyranometer untuk mengukur radiasi matahari.
- f. Rain Gauge untuk mengukur curah hujan.
- g. Data Logger untuk menyimpan data pengukuran.
- h. Barometer untuk mengukur tekanan atmosfer
- i. Ceilometer untuk mengukur ketinggian pada awan

Adapun keuntungan dari memasang *Automatic Weather Station* antara lain:

1. Membantu pengamatan klimatologi (diperlukan data jangka panjang).
2. Dengan mengurangi penggunaan pengamat, biaya operasi diminimalkan.
3. Lihat data cuaca di luar jam kerja.
4. Mengurangi risiko kesalahan manusia.
5. Pelaporan dan pengukuran dilakukan pada frekuensi tinggi (batch).
6. Karena pengukuran yang sama digunakan, konsistensi data dapat dijamin.
7. Karena sistem pengukuran digital, keandalan data pengukuran dan hasil yang lebih tinggi.

#### **2.1.16 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)**

SPSS merupakan sebuah perangkat lunak pengolah data statistik atau yang dipakai buat analisis statistik interaktif, atau batch. SPSS mempunyai tampilan yang user friendly menggunakan cara penggunaan yang mudah. SPSS biasa dipakai buat pengolahan dan menganalisis data yang mempunyai kemampuan analisis statistik dan sistem manajemen data menggunakan lingkungan grafis. Aplikasi ini umumnya dipakai buat ilmu sosial saja, tetapi perkembangan berikutnya dipakai buat aneka macam disiplin ilmu.

SPSS merupakan perangkat lunak yang bisa membaca aneka macam jenis data atau memasukkan data secara eksklusif ke pada SPSS Data Editor. Bagaimanapun struktur menurut file data mentahnya, maka data pada Data Editor SPSS wajib dibuat pada bentuk baris (cases) & kolom (variables) [17]. Case berisi informasi buat satu unit analisis, sedangkan variable merupakan informasi yang dikumpulkan menurut masing-masing kasus. Hasil-output analisis timbul pada SPSS Output Navigator.

Kebanyakan mekanisme Base System membentuk pivot tables, pada mana kita mampu memperbaiki tampilan menurut keluaran yang diberikan oleh SPSS. Untuk memperbaiki hasil, maka kita bisa memperbaiki hasil sesuai dengan kebutuhan. Beberapa kemudahan yg lain yang dimiliki SPSS pada pengoperasiannya merupakan lantaran SPSS menyediakan beberapa fasilitas seperti berikut ini:

- a. Data Editor
- b. Viewer
- c. Multidimensional Pivot Tables
- d. High-Resolution Graphics
- e. Database Access
- f. Data Transformations
- g. Electronic Distribution
- h. Mapping
- i. Online Help
- j. Akses Data Tanpa Tempat Penyimpanan Sementara

- k. Interface dengan Database Relasional
- l. Analisis Distribusi
- m. Multiple Sesi

## **2.2 Kajian Penelitian yang Relevan**

Penelitian yang dilakukan oleh Dewa Ayu Kade Wida, Kadek Sumaja, dan Pande Putu Hadi Wiguna pada tahun 2019 adalah analisis hubungan intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari dengan parameter cuaca di stasiun meteorologi ngurah rai serta pengaruhnya terhadap potensi pembangkit listrik tenaga surya di Bali Selatan. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pola hubungan intensitas radiasi matahari dan lama penyinaran matahari terhadap deklinasi matahari, suhu udara, curah hujan, serta jumlah hari hujan di Bali Selatan. Selain itu juga dilihat potensi pembangkit listrik tenaga surya di Bali Selatan.

Penelitian yang dilakukan oleh Dwi Lestari Sanur pada tahun 2015 adalah pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap energi listrik di stasiun pemantau atmosfer global bukit koto tabang. Penelitian ini menggunakan metode statistik berupa korelasi linear sederhana dan metode matematika berupa persamaan garis lurus. Data yang digunakan adalah data intensitas radiasi matahari bulanan Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang Sumatera Barat tahun 2009 sampai 2013 dan data hasil keluaran solar panel tipe monocrystalline.

Penelitian yang dilakukan oleh Rusman Sinaga pada tahun 2011 adalah pengaruh parameter lingkungan dan penempatan posisi modul terhadap luaran energi plts menggunakan solar cell 50 wp, 12 volt. Tujuan penelitian ini adalah

untuk membuktikan pengaruh parameter lingkungan (suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban) dan penempatan posisi modul terhadap luaran energi PLTS. Metode yang digunakan adalah eksperimen dan deskriptif. Pada penelitian ini pengaruh suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban, dan posisi penempatan modul sel surya pada pagi, siang dan sore hari terhadap luaran energi PLTS diteliti. Selain itu bagaimanakah dampak dari posisi penempatan modul PLTS tersebut terhadap energi yang dihasilkan PLTS juga diteliti.

Penelitian yang dilakukan oleh Nanang Endriatno, Sudarsono, Budiman Sudia, Al Ichlas Imran, Aminur, dan Prinob Aksar pada tahun 2019 adalah analisis potensi energi matahari di kota kendari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui total intensitas radiasi matahari dan mengetahui presentase radiasi sorot dan difusi. Penelitian ini menggunakan dua metode, pertama adalah pendekatan secara teori dan kedua adalah pengukuran langsung. Alat yang digunakan dalam pengukuran langsung yaitu Solar Power Meter (SPM), untuk mengukur intensitas radiasi total matahari, dan GPS untuk mengetahui koordinat lintang dan bujur serta ketinggian dari permukaan laut.

Penelitian-penelitian di atas akan menjadi dasar dilakukannya penelitian untuk menganalisis pengaruh/korelasi antara intensitas radiasi matahari terhadap data iklim yang ada di kota medan. data iklim tersebut meliputi : lama penyinaran matahari, kelembaban rata-rata, curah hujan, kecepatan angin rata-rata, suhu rata-rata. Untuk meng-analisisnya, penulis menggunakan metode regresi berganda serta menggunakan alat bantu yaitu berupa software IBM SPSS Statistic 25 yang mana penggunaan metode tersebut belum pernah dilakukan sebelumnya, baik

dalam penelitian-penelitian di atas maupun penelitian-penelitian sebelumnya. Serta diakhir penelitian ini akan menghitung potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang ada di kota Medan.

### **2.3 Kerangka Berpikir/Konseptual**

Pengukuran intensitas radiasi matahari di Indonesia sebagian besar dilakukan di stasiun klimatologi. Berdasarkan situs BMKG yg diakses pada 18 Agustus 2021, jumlah stasiun klimatologi pada Indonesia sendiri relatif terbatas, yaitu hanya kurang lebih 27 stasiun, sehingga pemodelan sebagai solusi yang relatif murah & gampang dibandingkan biaya yang dibutuhkan buat pembangunan stasiun baru agar menyediakan data radiasi.

Belum meratanya ketersediaan data intensitas radiasi matahari pada stasiun klimatologi yang berada di kota Medan mengakibatkan kurangnya data yang dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besarnya potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang ada di kota Medan itu sendiri. Data yang tersedia pada stasiun BMKG yang ada di kota Medan hanya data iklim, yang mana data tersebut antara lain ialah : lama penyinaran matahari, kelembaban rata-rata, curah hujan, kecepatan angin rata-rata, dan suhu rata-rata, dan arah angin. Dari data tersebut penulis dapat mengolahnya untuk mendapatkan estimasi/perkiraan seberapa besar intensitas radiasi harian pada setiap bulannya yang ada di kota medan.

Penulis bertujuan untuk menganalisis pengaruh/korelasi antara intensitas radiasi terhadap seluruh faktor-faktor cuaca, yang meliputi suhu rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran

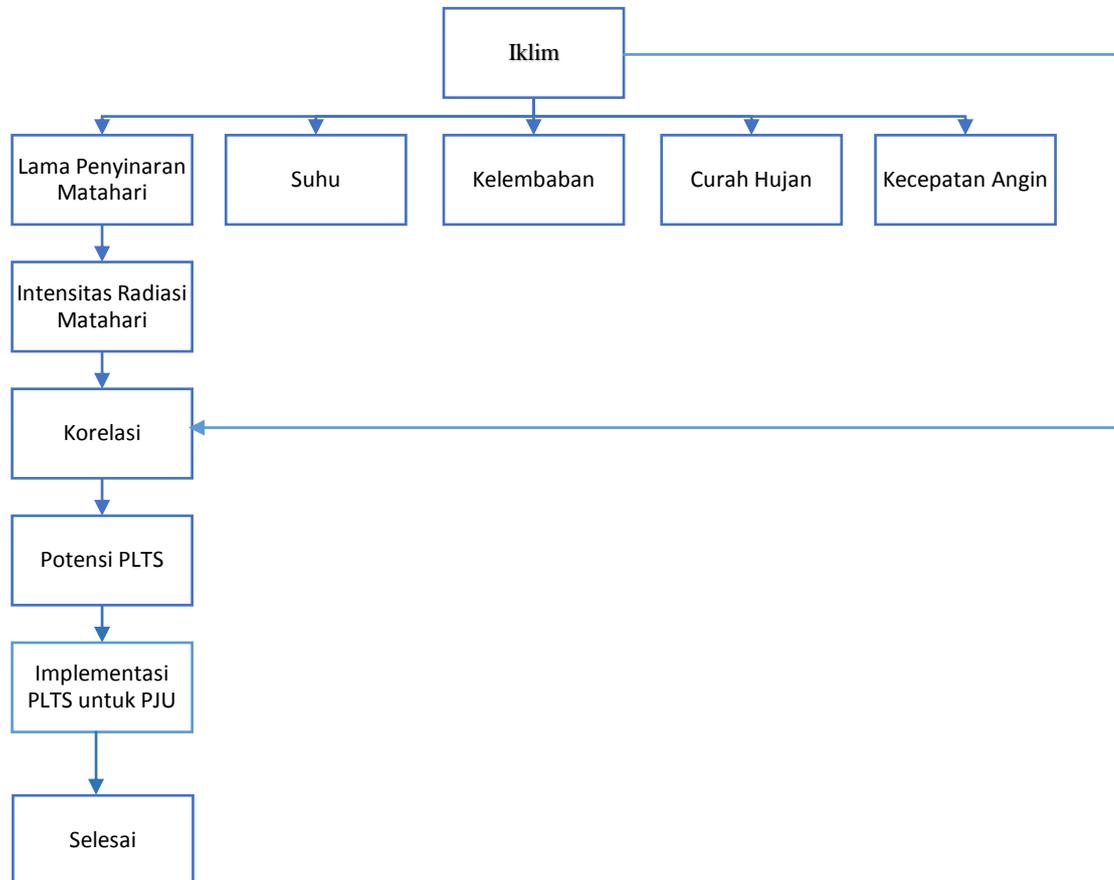
matahari. Serta menghitung potensi pembangkit listrik tenaga surya yang ada dikota Medan.

Sebelum melakukan analisis korelasi, penulis pertama-tama menghitung /mengestimasi nilai dari intensitas radiasi matahari. Setelah nilai estimasi didapati, dilanjutkan dengan menganalisis pengaruh/korelasi antara intensitas radiasi matahari terhadap faktor-faktor cuaca tersebut.

Setelah selesai dalam menganalisis pengaruh/korelasi tersebut, barulah penulis melanjutkan dengan menganalisis potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan estimasi intensitas radiasi yang telah penulis hitung sebelumnya.

Hasil dari potensi yang ada, coba penulis implementasikan dalam penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk penerangan jalan umum (PJU) untuk daerah terdekat dengan pengambilan data yang ada di kota Medan.

Berdasarkan uraian di atas, maka kerangka berpikir dalam penelitian analisis intensitas radiasi terhadap lama penyinaran matahari dengan parameter cuaca serta potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di kota Medan dapat digambarkan dalam bentuk Flowchart sebagai berikut:



**Gambar 2.4** *Flowchart* Kerangka Berpikir

## **BAB 3**

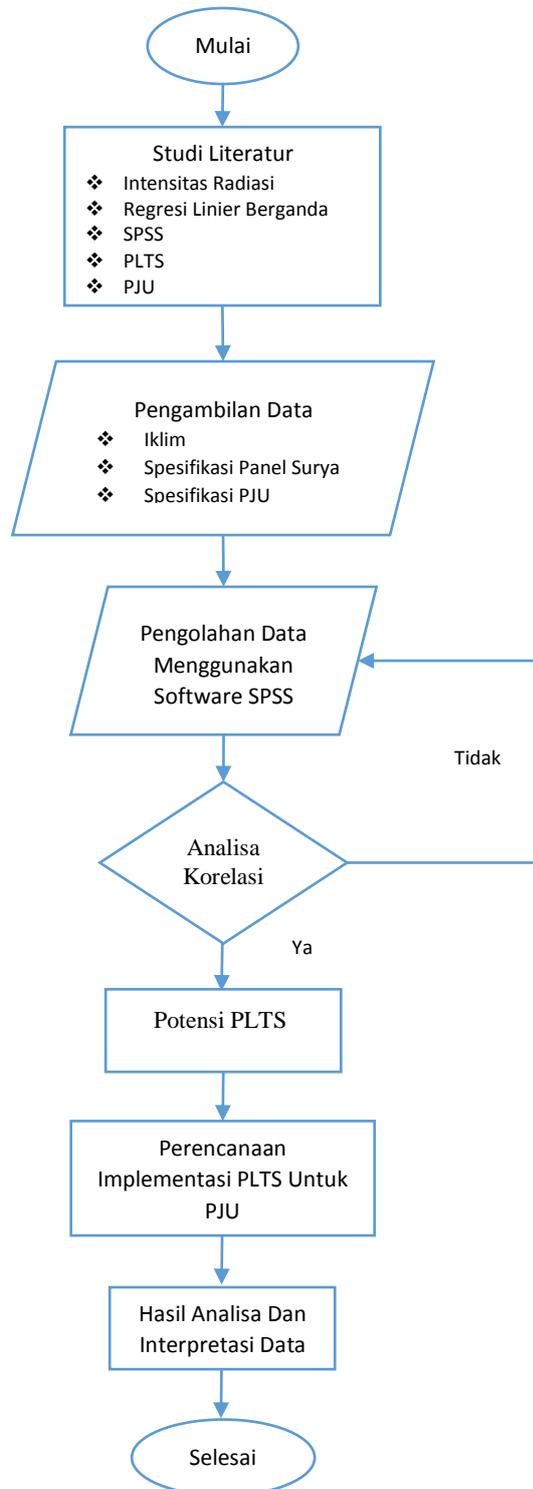
### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendekatan Penelitian**

Pendekatan masalah dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Yang mana Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian dengan pendekatan Deduktif yaitu berasal dari teori umum yang diimplementasikan atau diuji untuk kasus khusus atau disebut uji empiris.

Pendekatan dalam penelitian ini ialah dengan menggunakan metode korelasi regresi berganda dengan menggunakan aplikasi *SPSS Statistic 2.5* untuk membantu dalam melakukan regresi berganda, untuk mendapatkan pengujian dan hasil yang lebih baik. Dan melakukan analisis potensi PLTS yang ada di kota medan dengan berlandaskan estimasi yang dibuat penulis dalam nilai intensitas radiasi matahari yang berada pada dua stasiun BMKG yang ada di kota Medan. Serta melakukan perencanaan implementasi PLTS untuk PJU pada dua ruas jalan di kota Medan.

### Bagan proses penelitian



**Gambar 3.1** Bagan proses penelitian

### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di kota Medan, dengan sumber data dari 2 (dua) stasiun BMKG yang ada di kota Medan, yaitu dari Stasiun Meteorologi Maritim Belawan ( $3^{\circ}47'18.0''\text{N } 98^{\circ}42'53.9''\text{E}$ ) dan Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I ( $3^{\circ}32'23.3''\text{N } 98^{\circ}38'13.5''\text{E}$ ).

Perencanaan implementasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dilakukan disekitar lokasi dua (2) stasiun meteorologi tersebut, yaitu untuk perencanaan penerapan pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I dilakukan pada jalan Ngumban Surbakti yaitu dengan panjang jalan 3,44km. Dan untuk perencanaan penerapan pada Stasiun Meteorologi Maritim Belawan dilakukan pada jalan raya pelabuhan Belawan dengan panjang jalan 1,88km.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2021 sampai dengan selesai. Dan memakai data dari bulan Agustus 2020 – Juli 2021.

### **3.3 Populasi dan Sampel**

Dalam penelitian ini yang dikatakan sebagai populasi ialah data iklim di kota Medan setiap harinya. Dari data populasi iklim tersebut penulis hanya mengambil rata-rata harian setiap bulannya yang mana penulis akan menjadikannya sebagai sampel. Data yang akan di ambil ialah dari bulan Agustus 2020 – Juli 2021.

Untuk perencanaan penerapan pembangkit listrik tenaga surya untuk penerangan jalan umum (PJU) penulis memiliki populasi yaitu seluruh jalan yang ada di kota Medan. dan yang akan dijadikan sampel nya ialah dua ruas jalan yang berdekatan pada dua stasiun BMKG yang penulis uji datanya.

### 3.4 Definisi Operasional Variabel

Penelitian ini memiliki 6 (enam) variable penelitian, yaitu 5 (lima) variable bebas dan 1 (satu) variable terikat. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah intensitas radiasi matahari ( $y$ ). Variabel bebas pada penelitian ini adalah suhu ( $x_1$ ), kelembaban ( $x_2$ ), curah hujan ( $x_3$ ), lama penyinaran matahari ( $x_4$ ), dan kecepatan angin ( $x_5$ ).

### 3.5 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini proses pengumpulan data yang dilakukan ialah dengan mengunjungi webside BMKG yaitu <https://dataonline.bmkg.go.id/-home> dan mengambil data iklim yang dibutuhkan. Data yang diambil ialah dari dua stasiun BMKG yang ada di kota medan.

Dari data yang telah dikumpulkan tersebut dilanjutkan dengan melakukan estimasi nilai intensitas radiasi matahari dengan berdasarkan dari data iklim tersebut. Setelah mendapati nilai intensitas radiasi tersebut, dilanjutkan dengan menganalisis pengaruh/korelasi antara intensitas radiasi terhadap variabel-variabel iklim.

Untuk menganalisis potensi energi listrik tenaga surya (PLTS), penulis menggunakan spesifikasi dari solar panel jenis monokristaline. Adapun *type* yang digunakan ialah *Canadian Solar CS6K-290MS All-Black (290W) Solar Panel* [18]. Dan setelah besar potensi didapati, dilanjutkan dengan melakukan perencanaan PLTS untuk penerapan jalan umum (PJU).

### 3.6 Data Penelitian

Data iklim yang terdapat pada dua stasiun BMKG yang ada di kota Medan. keterangan dari data yang diambil, ialah berupa data iklim harian yang ada di kota Medan. Sehingga penulis membuat data tersebut menjadi data rata-rata dari tiap bulannya. antara lain sebagai berikut :

Nama Stasiun : Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I  
 Lintang : 3.53970  
 Bujur : 98.64000  
 Elevasi : 0

**Tabel 3.1** Data iklim stasiun BMKG Wilayah I

Bulan	T <sub>avg</sub>	RH <sub>avg</sub>	RR	ss	ff <sub>x</sub>
Agustus	27,8	85,13	6,33	4,39	5
September	27,1	85,9	13,66	4,42	5,13
Oktober	27,34	85,36	15,02	3,23	5,52
November	26,69	86,8	11,22	2,89	4,87
Desember	26,58	84,87	12,79	3,74	4,97
Januari	26,33	85,42	17,31	2,26	4,16
Februari	27,59	80,36	3,14	5,14	5,32
Maret	27,44	81,84	6,48	4,01	5,16
April	27,55	82,5	8,72	3,15	5,13
Mei	28,05	82,61	3,22	4,27	4,77
Juni	27,73	81,3	7,69	4,21	5,07
Juli	27,89	80,03	3,92	5,58	5,06

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Belawan  
 Lintang : 3.78824  
 Bujur : 98.71492  
 Elevasi : 3

**Tabel 3.2** Data iklim Stasiun BMKG Maritim Belawan

Bulan	T <sub>avg</sub>	RH <sub>avg</sub>	RR	ss	ff <sub>x</sub>
Agustus	28,23	82,55	4,32	6,73	5,71
September	27,57	83,73	17,37	6,68	4,97
Oktober	27,85	83,81	6,37	5,34	4,9
November	27,14	86,03	7,10	4,44	5,1
Desember	26,9	85,77	13,26	4,33	4,23
Januari	26,85	85,16	7,38	3,75	4,06
Februari	27,99	80,64	1,09	7,94	5,21
Maret	28,1	82,48	4,13	7,08	4,39
April	28,14	83,39	2,07	6,04	4,43
Mei	28,67	81,29	1,11	5,5	4,87
Juni	28,14	81,67	4,69	5,39	4,47
Juli	28,23	80,71	4,82	6,01	5,58

Keterangan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 :

T<sub>avg</sub> : Temperatur rata-rata (°C)  
 RH<sub>avg</sub> : Kelembapan rata-rata (%)  
 RR : Curah hujan (mm)  
 ss : Lamanya penyinaran matahari (jam)  
 ff<sub>x</sub> : Kecepatan angin maksimum (m/s)

Dan untuk menghitung potensi dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di kota Medan, penulis menggunakan panel surya dengan jenis *Mono-crystalline*. Dengan spesifikasi dari solar panel tersebut ialah sebagai berikut :

**Tabel 3.3** Spesifikasi panel surya

Canadian Solar CS6K-290MS All-Black (290W) Solar Panel	
Spesification	Keterangan
Nominal Max. Power (Pmax)	290 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	32.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	39.3 V
Short Circuit Current (Isc)	9.67 A
Module Efficiency	17.72%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)
Max. Series Fuse Rating	15 A
Application Classification	Class A
Power Tolerance	0 ~ + 5 W

### 3.7 Teknik Analisa Data

Pada penelitian ini menggunakan data iklim, yang meliputi data lama penyinaran matahari, suhu udara, kelembaban, curah hujan, dan kecepatan angin. Dari data tersebut, penulis dapat mengestimasi nilai dari intensitas radiasi matahari dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah penulis tuliskan pada bab sebelumnya.

Untuk membuat estimasi dari nilai intensitas radiasi matahari pertama-tama penulis akan menentukan nilai dari radiasi *ekstraterrestrial* ( $R_a$ ) yaitu dengan

menggunakan Persamaan (2.1). Setelah menentukan nilai radiasi ekstraterrestrial ( $R_a$ ) barulah penulis dapat menentukan nilai estimasi dari intensitas radiasi matahari ( $R_s$ ) dengan menggunakan Persamaan (2.7).

Data intensitas radiasi dan data iklim yang telah ada selanjutnya dilakukan proses merata-ratakan data tersebut untuk melihat kondisi per-bulannya. Kondisi data intensitas radiasi dan data iklim yang meliputi lama penyinaran matahari, suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, dan kecepatan angin akan dianalisis hubungan/korelasinya menggunakan metode regresi berganda. Dimana untuk proses melakukan regresi berganda tersebut penulis menggunakan software SPSS Statistic 2.5 untuk memudahkan penulis untuk menganalisis dan mempersingkat waktu.

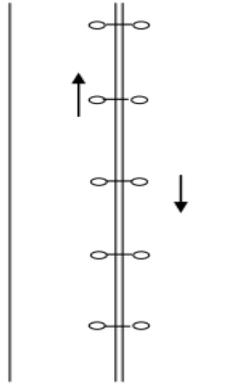
Dalam regresi linier berganda, terdapat empat (4) uji yang akan penulis lakukan. Yang mana uji-uji tersebut antara lain ialah uji korelasi ganda ( $R$ ), uji koefisien regresi secara *simultan* (uji  $F$ ), uji koefisien regresi secara *parsial* (uji  $T$ ), dan yang terakhir ialah uji *determinansi* ( $R^2$ ).

Dengan koefisien korelasi sebagai  $R_{(x,y)}$ , intensitas radiasi matahari sebagai ( $y$ ), temperatur rata-rata ( $x_1$ ), kelembaban ( $x_2$ ), curah hujan ( $x_3$ ), lama penyinaran matahari ( $x_4$ ), dan kecepatan angin ( $x_5$ ) dan banyak data sebagai ( $n$ ). Kuat tidaknya hubungan antara intensitas radiasi matahari dan parameter cuaca tersebut diukur dengan suatu nilai yang disebut koefisien korelasi yang dapat dinyatakan sebagai berikut: hubungan sempurna dengan nilai  $r$  tinggi (mendekati 1 atau -1) mengindikasikan hubungan yang erat antara intensitas radiasi matahari dengan

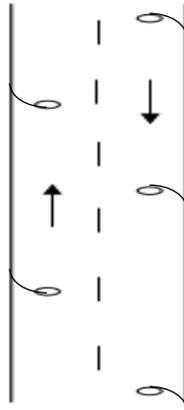
lama penyinaran matahari. Nilai  $r$  rendah (mendekati 0) mengindikasikan hubungan yang lebih lemah antara intensitas radiasi matahari dengan lama penyinaran matahari. Dengan catatan bahwa nilai positif berarti setiap kali nilai intensitas radiasi matahari meningkat maka lama penyinaran matahari juga meningkat dan nilai negatif menandakan bahwa setiap kali nilai intensitas radiasi matahari menurun maka lama penyinaran matahari akan menurun.

Setelah itu, dilakukan interpretasi model regresi dengan menguji koefisien regresi secara *simultan* (uji F), uji koefisien regresi secara *parsial* (uji T), dan yang terakhir ialah uji *determinansi* ( $R^2$ ).

Setelah selesai dengan hubungan/korelasi, dilanjutkan dengan menghitung seberapa besar potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang ada di kota medan dengan menggunakan Persamaan (2.8). Dengan adanya nilai dari potensi tersebut, dilanjutkan dengan perencanaan implementasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk penerangan jalan umum (PJU). Untuk ruas jalan pada jalan ngumban surbakti menggunakan pola pemasangan penerangan jalan umum (PJU) dengan skema seperti gambar 3.2. dan untuk ruas jalan raya pelabuhan belawan menggunakan pola pemasangan penerangan jalan umum (PJU) dengan skema seperti gambar 3.3.



**Gambar 3.2** Skema pemasangan dengan dua lampu satu tiang di tengah jalan



**Gambar 3.3** Skema pemasangan dengan satu tiang satu lampu di pinggir jalan

## **BAB 4**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Korelasi**

Analisis ini membutuhkan data intensitas radiasi dan data faktor-faktor cuaca. Hal pertama yang dilakukan ialah mengestimasi nilai dari intensitas radiasi. Setelah mendapati nilai intensitas radiasi matahari barulah dapat dilakukan analisis korelasi menggunakan metode regresi linier berganda dengan bantuan software SPSS.

##### **4.1.1 Pengolahan Data**

Meng-estimasi nilai intensitas radiasi matahari

Data iklim yang digunakan pada penelitian ini memiliki 2 (dua) sumber data, oleh karenanya untuk nilai estimasi intensitas radiasi matahari juga memiliki 2 (dua) nilai yaitu pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I dan Stasiun Meteorologi Maritim Belawan.

Untuk mengestimasi data penelitian ini hanya menganalisis data untuk nilai rata-rata intensitas radiasi matahari harian pada setiap bulannya. Dapat dianalisis sebagai berikut :

- a. Estimasi nilai harian intensitas radiasi matahari pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I.

Bulan Agustus 2020 ( $\bar{x}_j = 229$ )

Untuk estimasi tersebut dalam mencari intensitas radiasi ( $R_s$ ) menggunakan persamaan 2.7.

$$R_s = (a_s + (b_s \times \frac{n}{N})) \times R_a$$

Sebelum mendapati nilai intensitas radiasi matahari dibutuhkan terlebih dahulu untuk diketahui nilai dari radiasi ekstraterrestrial dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$R_a =$$

$$\frac{(24 \times 60)}{\pi} \times G_{sc} \times dr \times [\omega_s \times \sin(\varphi) \times \sin(\delta) + \cos(\varphi) \times \cos(\delta) \times \sin(\omega_s)]$$

Untuk mendapatkan nilai radiasi ekstraterrestrial tersebut, diharuskan mencari terlebih dahulu garis lintang ( $\varphi$ ) dengan persamaan 2.2, jarak relatif terbalik Bumi-Matahari ( $dr$ ) dengan persamaan 2.3, deklinasi matahari ( $\delta$ ) dengan persamaan 2.4, dan Sudut waktu matahari terbenam ( $\omega_s$ ) dengan persamaan 2.5.

$$\begin{aligned} [\varphi] &= \frac{\pi}{180} \times (\text{Desimal degrees}^\circ) \\ &= \frac{\pi}{180} \times (3,5397^\circ) = 0,061748 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dr &= 1 + (0,033 \times \cos\left(\frac{2\pi}{365} \times j\right)) \\ &= 0,98^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \times \left(\sin\left(\frac{2\pi}{365} \times (j + 284)\right)\right) \\ &= 12,96737812^\circ = 0,226208707 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_s &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)] \\ &= 90,04565356^\circ = 1,570796401 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$G_{sc} = 0,082 \text{ Mj/m}^2\text{d}$$

Setelah mendapati nilai-nilai yang dibutuhkan, dilanjutkan dengan menghitung nilai radiasi ekstraterestrial sebagai berikut :

$$Ra = \frac{(24 \times 60)}{\pi} \times 0,082 \times 0,98 \times [1,57 \times \sin(3,54) \times \sin(12,967) + \cos(3,54) \times \cos(12,967) \times \sin(90,05)]$$

$$= 36,49699857 \text{ Mj/m}^2\text{d}$$

$$N = \frac{24}{\pi} \times \omega s$$

$$= 12,00609$$

Setelah mendapati nilai radiasi ekstraterestrial (Ra) barulah dapat mengestimasi nilai radiasi matahari (Rs) sebagai berikut :

Dengan rekomendasi nilai dari as dan bs berturut – turut ialah 0,25 dan 0,5

$$Rs = (0,25 + (0,5 \times \frac{4,3871}{12,00609})) \times 34,83$$

$$= 15,78586902 \text{ Mj/m}^2\text{d} \approx 183,1160807 \text{ W/m}^2$$

Bulan September 2020 ( $\bar{x}_j = 259,5$ )

$$[\varphi] = \frac{\pi}{180} \times (\text{Desimal degrees}(\circ))$$

$$= \frac{\pi}{180} \times (3,5397^\circ) = 0,061748 \text{ rad}$$

$$dr = 1 + (0,033 \times \cos(\frac{2\pi}{365} \times j))$$

$$= 0,99207462^\circ$$

$$\delta = 23,45^\circ \times (\sin(\frac{2\pi}{365} \times (j + 284)))$$

$$= 1,595567456^\circ = 0,027833788 \text{ rad}$$

$$\omega s = \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)]$$

$$= 90,04564983^\circ = 1,570796336 \text{ rad}$$

$$G_{sc} = 0,082 \text{ MJ/m}^2\text{d}$$

$$\begin{aligned} Ra &= \frac{(24 \times 60)}{\pi} \times 0,082 \times 0,9921 \times [1,57 \times \sin(3,54) \times \sin(1,596) + \\ &\quad \cos(3,54) \times \cos(1,596) \times \sin(90,05)] \\ &= 37,25331393 \text{ MJ/m}^2\text{d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{24}{\pi} \times \omega_s \\ &= 12,00609 \end{aligned}$$

Dengan rekomendasi nilai dari  $a_s$  dan  $b_s$  berturut-turut ialah 0,25 dan 0,5

$$\begin{aligned} R_s &= (0,25 + (0,5 \times \frac{4,4233}{12,00609})) \times 37,25 \\ &= 16,175 \text{ MJ/m}^2\text{d} \approx 187,6321794 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Bulan Oktober 2020 ( $\bar{x}_j = 290$ )

$$\begin{aligned} [\varphi] &= \frac{\pi}{180} \times (\text{Desimal degrees}^\circ) \\ &= \frac{\pi}{180} \times (3,5397^\circ) = 0,061748 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dr &= 1 + (0,033 \times \cos(\frac{2\pi}{365} \times j)) \\ &= 1,01^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \times (\sin(\frac{2\pi}{365} \times (j + 284))) \\ &= -10,2082^\circ = -0,1781 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_s &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)] \\ &= 90,04566^\circ = 1,570796 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$G_{sc} = 0,082 \text{ MJ/m}^2\text{d}$$

$$\begin{aligned} Ra &= \frac{(24 \times 60)}{\pi} \times 0,082 \times 1,01 \times [1,57 \times \sin(3,54) \times \sin(-10,2082) + \\ &\quad \cos(3,54) \times \cos(-10,2082) \times \sin(90,05)] \end{aligned}$$

$$= 36,55902855 \text{ Mj/m}^2\text{d}$$

$$N = \frac{24}{\pi} \times \omega s$$

$$= 12,00609$$

Dengan rekomendasi nilai dari as dan bs berturut-turut ialah 0,25 dan 0,5

$$R_s = (0,25 + (0,5 \times \frac{3,226}{12,00609})) \times 34,83$$

$$= 14,0363 \text{ Mj/m}^2\text{d} \approx 162,821 \text{ W/m}^2$$

Dari analisa di atas didapati estimasi nilai rata-rata harian pada setiap bulannya dari nilai intensitas radiasi matahari yang ada pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I ialah akan ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Nilai intensitas radiasi matahari rata-rata pada BMKG Wilayah I

Bulan	Intensitas radiasi harian (Wh/m <sup>2</sup> )
Agustus	183,1161
September	187,6322
Oktober	162,8209
November	150,4152
Desember	160,6664
Januari	138,9913
Februari	196,5551
Maret	181,8748
April	164,7931
Mei	177,9354
Juni	171,898
Juli	196,7638

b. Estimasi nilai harian intensitas radiasi matahari pada Stasiun Meteorologi Maritim Belawan.

Bulan Agustus 2020 ( $\bar{x}_j = 229$ )

Untuk estimasi tersebut dalam mencari intensitas radiasi ( $R_s$ ) menggunakan persamaan 2.7.

$$R_s = \left( a_s + \left( b_s \times \frac{n}{N} \right) \right) \times R_a$$

Sebelum mendapati nilai intensitas radiasi matahari dibutuhkan terlebih dahulu untuk diketahui nilai dari radiasi ekstraterrestrial dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$R_a =$$

$$\frac{(24 \times 60)}{\pi} \times G_{sc} \times dr \times [\omega_s \times \sin(\varphi) \times \sin(\delta) + \cos(\varphi) \times \cos(\delta) \times \sin(\omega_s)]$$

Untuk mendapatkan nilai radiasi ekstraterrestrial tersebut, diharuskan mencari terlebih dahulu garis lintang ( $\varphi$ ) dengan persamaan 2.2, jarak relatif terbalik Bumi-Matahari ( $dr$ ) dengan persamaan 2.3, deklinasi matahari ( $\delta$ ) dengan persamaan 2.4, dan Sudut waktu matahari terbenam ( $\omega_s$ ) dengan persamaan 2.5.

$$\begin{aligned} [\varphi] &= \frac{\pi}{180} \times (\text{Desimal degrees}^\circ) \\ &= \frac{\pi}{180} \times (3,78824^\circ) = 0,0661 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dr &= 1 + \left( 0,033 \times \cos\left(\frac{2\pi}{365} \times j\right) \right) \\ &= 0,9773^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \times \left( \sin\left(\frac{2\pi}{365} \times (j + 284)\right) \right) \\ &= 12,96737812^\circ = 0,226208707 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_s &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)] \\ &= 90,04589908^\circ = 1,570800684 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$G_{sc} = 0,082 \text{ Mj}/m^2d$$

Setelah mendapati nilai-nilai yang dibutuhkan, dilanjutkan dengan menghitung nilai radiasi ekstraterestrial sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Ra &= \frac{(24 \times 60)}{\pi} \times 0,082 \times 0,9773 \times [1,571 \times \sin(3,78824) \times \sin(12,967) + \\ &\quad \cos(3,78824) \times \cos(12,967) \times \sin(90,05)] \\ &= 36,54304191 \text{ Mj}/m^2d \end{aligned}$$

$$N = \frac{24}{\pi} \times \omega_s$$

$$= 12,00609$$

Setelah mendapati nilai radiasi ekstraterestrial (Ra) barulah dapat mengestimasi nilai radiasi matahari (Rs) sebagai berikut :

Dengan rekomendasi nilai dari as dan bs berturut – turut ialah 0,25 dan 0,5

$$\begin{aligned} Rs &= (0,25 + (0,5 \times \frac{6,729}{12,00609})) \times 34,83 \\ &= 19,36685809 \text{ Mj}/m^2d \approx 224,6555539 \text{ W}/m^2 \end{aligned}$$

Bulan September 2020 ( $\bar{x}_j = 259,5$ )

$$\begin{aligned} [\varphi] &= \frac{\pi}{180} \times (\text{Desimal degrees}^\circ) \\ &= \frac{\pi}{180} \times (3,78824^\circ) = 0,0661 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dr &= 1 + (0,033 \times \cos(\frac{2\pi}{365} \times j)) \\ &= 0,99207462^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \times (\sin(\frac{2\pi}{365} \times (j + 284))) \\ &= 1,595567456^\circ = 0,027834 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\omega_s = \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)]$$

$$= 90,04564983^\circ = 1,570796336 \text{ rad}$$

$$G_{sc} = 0,082 \text{ Mj/m}^2 d$$

$$\begin{aligned} Ra &= \frac{(24 \times 60)}{\pi} \times 0,082 \times 0,9921 \times [1,57 \times \sin(3,54) \times \sin(1,596) + \\ &\quad \cos(3,54) \times \cos(1,596) \times \sin(90,05)] \\ &= 37,2499727 \text{ Mj/m}^2 d \end{aligned}$$

$$N = \frac{24}{\pi} \times \omega_s$$

$$= 12,00609$$

Dengan rekomendasi nilai dari as dan bs berturut-turut ialah 0,25 dan 0,5

$$\begin{aligned} R_s &= (0,25 + (0,5 \times \frac{6,683}{12,00609})) \times 37,25 \\ &= 19,68 \text{ Mj/m}^2 d \approx 228,285 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

**Bulan Oktober 2020** ( $\bar{x}_j = 290$ )

$$\begin{aligned} [\varphi] &= \frac{\pi}{180} \times (\text{Desimal degrees}^\circ) \\ &= \frac{\pi}{180} \times (3,78824^\circ) = 0,0661 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dr &= 1 + (0,033 \times \cos(\frac{2\pi}{365} \times j)) \\ &= 1,01^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \times (\sin(\frac{2\pi}{365} \times (j + 284))) \\ &= -10,208^\circ = -0,1781 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_s &= \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)] \\ &= 90,04566^\circ = 1,570796 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$G_{sc} = 0,082 \text{ Mj/m}^2 d$$

$$Ra = \frac{(24 \times 60)}{\pi} \times 0,082 \times 1,01 \times [1,57 \times \sin(3,54) \times \sin(-10,2082) + \cos(3,54) \times \cos(-10,2082) \times \sin(90,05)]$$

$$= 36,50296999 \text{ Mj/m}^2\text{d}$$

$$N = \frac{24}{\pi} \times \omega s$$

$$= 12,00609$$

Dengan rekomendasi nilai dari as dan bs berturut-turut ialah 0,25 dan 0,5

$$Rs = (0,25 + (0,5 \times \frac{5,3355}{12,00609})) \times 34,83$$

$$= 17,2071 \text{ Mj/m}^2\text{d} \approx 199,602 \text{ W/m}^2$$

Dari analisa diatas didapati estimasi nilai rata-rata harian pada setiap bulannya dari nilai intensitas radiasi matahari yang ada pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I ialah akan ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Nilai intensitas radiasi matahari rata-rata pada BMKG Maritim Belawan.

Bulan	Intensitas radiasi harian (Wh/m <sup>2</sup> )
Agustus	224,66
September	228,05
Oktober	199,6
November	176,1
Desember	169,76
Januari	163,53
Februari	245,46
Maret	237,5
April	216,85
Mei	199,56
Juni	192,25
Juli	204,6

#### 4.1.2 Deskripsi Data

Implementasi metode regresi linier berganda untuk pengaruh/ korelasi intensitas radiasi matahari terhadap parameter iklim dengan menggunakan SPSS Statistics25.

Untuk mengimplementasikan metode regresi linier berganda yang bertujuan untuk mengetahui korelasi, penulis hanya menggunakan data dari Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I. Adapun penjelasan tentang variabelnya ialah dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

**Tabel 4.3** Data variabel metode regresi linier berganda.

No	$\underline{X}_1$ Temperatur rata-rata (°C)	$\underline{X}_2$ Kelembaban rata-rata (%)	$\underline{X}_3$ Curah hujan (mm)	$\underline{X}_4$ Lamanya penyinaran (jam)	$\underline{X}_5$ Kecepatan angin maksimum (m/s)	$\underline{y}$ Intensitas radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )
1	27,8	85,13	6,33	4,39	5	183,12
2	27,06	85,9	13,66	4,42	5,13	187,63
3	27,34	85,36	15,02	3,23	5,52	162,82
4	26,69	86,8	11,22	2,89	4,87	150,42
5	26,58	84,87	12,79	3,74	4,97	160,67
6	26,33	85,42	17,31	2,26	4,16	138,99
7	27,59	80,36	3,14	5,14	5,32	196,56
8	27,44	81,84	6,48	4,01	5,16	181,88
9	27,55	82,5	8,72	3,15	5,13	164,79
10	28,052	82,61	3,22	4,27	4,77	177,94
11	27,73	81,3	7,69	4,21	5,07	171,9
12	27,89	80,03	3,92	5,58	5,07	196,76

Data pada Tabel 4.3 akan diinput kedalam software SPSS Statistics 25 untuk dilakukan analisis lanjutan. Adapun data yang digunakan ialah data rata-rata harian pada setiap bulannya. Dan hasil dari keluarannya ialah sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Uji regresi linier berganda dan uji koefisien regresi secara *parsial* (uji-T)  
**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-60,064	210,734		-,285	,785
T <sub>avg</sub>	3,638	6,623	,113	,549	,603
RH <sub>avg</sub>	,419	1,274	,054	,329	,753
RR	-,084	,896	-,023	-,094	,929
ss	15,744	3,284	,832	4,794	,003
ff <sub>x</sub>	7,403	6,870	,137	1,078	,323

a. Dependent Variable: Rs

Keterangan :

T<sub>avg</sub> = Temperatur rata-rata (°C)

RH<sub>avg</sub> = Kelembapan rata-rata (%)

RR = Curah hujan (mm)

ss = Lamanya penyinaran matahari (jam)

ff<sub>x</sub> = Kecepatan angin maksimum (m/s)

**Tabel 4.5** Uji korelasi ganda dan uji *determinansi* (R<sup>2</sup>)

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	Change Statistics			Sig. F Change
						F Change	df1	df2	
1	,967 <sup>a</sup>	,936	,883	6,13470	,936	17,557	5	6	,002

a. Predictors: (Constant), ff<sub>x</sub>, RH<sub>avg</sub>, ss, T<sub>avg</sub>, RR

b. Dependent Variable: Rs

**Tabel 4.6** Uji koefisien regresi *simultan* (Uji F)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	3303,739	5	660,748	17,557	,002 <sup>b</sup>
Residual	225,807	6	37,635		
Total	3529,546	11			

a. Dependent Variable: Rs

b. Predictors: (Constant), ff<sub>x</sub>, RH<sub>avg</sub>, ss, T<sub>avg</sub>, RR

### 4.1.3 Hasil Uji Analisis

Pada sub-bab ini penulis akan menjabarkan hasil-hasil dari analisis pada sub bab sebelumnya dan sekaligus melakukan uji persyaratan analisis pada data-data tersebut. Adapun hal-hal yang akan dijabarkan ialah sebagai berikut:

a) Hasil Persamaan Regresi

Berdasarkan pada Tabel 4.4 diatas, dapat diperoleh persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + \varepsilon$$

Dimana :

$$x_1 = T_{\text{avg}}$$

$$x_2 = RH_{\text{avg}}$$

$$x_3 = RR$$

$$x_4 = ss$$

$$x_5 = ff_x$$

$$Y = -60,064 + 3,638(T_{\text{avg}}) + 0,419(RH_{\text{avg}}) - 0,084(RR) + 15,744(ss) + 7,403(ff_x) + \varepsilon$$

Dari persamaan regresi didapati konstanta (  $a$  ) sebesar  $-60,064$ , Koefisien regresi variabel temperatur rata-rata ( $T_{\text{avg}}$ ) sebesar  $3,638$ , koefisien regresi variabel kelembaban rata-rata ( $RH_{\text{avg}}$ ) sebesar  $0,419$ , koefisien regresi variabel curah hujan ( $RR$ ) sebesar  $-0,084$ , koefisien regresi variabel lama penyinaran matahari ( $ss$ ) sebesar  $15,744$ , dan koefisien regresi variabel kecepatan angin ( $ff_x$ ) sebesar  $7,403$ .

Maka dari persamaan regresi tersebut, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Konstanta (  $a$  ) sebesar  $-60,064$ , artinya apabila temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin tidak ada atau nilainya adalah 0, maka intensitas radiasi matahari nilainya sebesar  $-60,064$ . Dan jika dimasukkan nilai real nya, maka akan didapati sebagai berikut:

Untuk input data yang digunakan pada data nomor 1 dan nomor 2 dalam tabel4.3.

1. Data nomor 1

$$Y = -60,064 + 3,638(27,8) + 0,419(85,13) - 0,084(6,33) + 15,744(4,39) + 7,403(5) + \varepsilon$$

$$Y = -60,064 + 101,14 + 35,67 - 0,532 + 69,12 + 37,015$$

$$Y = 182,349$$

Input data nomor 1 dengan nilai  $T_{avg}$  sebesar 27,8,  $RH_{avg}$  sebesar 85,13, RR sebesar 6,33, ss sebesar 4,39, dan  $ff_x$  sebesar 5 didapati nilai intensitas radiasi (Y) sebesar 182,349.

2. Data nomor 2

$$Y =$$

$$-60,064 + 3,638(27,06) + 0,419(85,9) - 0,084(13,66) + 15,744(4,42) + 7,403(5,13) + \varepsilon$$

$$Y = -60,064 + 98,44 + 35,992 - 1,15 + 69,6 + 37,98$$

$$Y = 180,8$$

Input data nomor 1 dengan nilai  $T_{avg}$  sebesar 27,06,  $RH_{avg}$  sebesar 85,9, RR sebesar 13,66, ss sebesar 4,42, dan  $ff_x$  sebesar 5,13 didapati nilai intensitas radiasi (Y) sebesar 180,8.

Koefisien regresi variabel temperatur rata-rata ( $T_{avg}$ ) sebesar 3,638, artinya apabila temperatur rata-rata ditingkatkan 1 satuan, maka intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu sebesar 3,638 satuan. Koefisien bernilai positif artinya ada hubungan searah antara temperatur rata-rata dengan intensitas radiasi matahari. Apabila temperatur rata-rata meningkat maka intensitas radiasi matahari juga meningkat.

Koefisien regresi variabel kelembaban rata-rata ( $RH_{avg}$ ) sebesar 0,419, artinya apabila kelembaban rata-rata ditingkatkan 1 satuan, maka intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu sebesar 0,419 satuan. Koefisien bernilai positif artinya ada hubungan searah antara kelembaban rata-rata dengan intensitas radiasi matahari. Apabila kelembaban rata-rata meningkat maka intensitas radiasi matahari juga meningkat.

Koefisien regresi variabel curah hujan (RR) sebesar  $-0,084$ , artinya apabila curah hujan ditingkatkan 1 satuan, maka intensitas radiasi matahari mengalami penurunan yang relatif besar yaitu sebesar 0,084 satuan. Koefisien bernilai negatif artinya ada hubungan berbanding terbalik antara curah hujan dengan intensitas radiasi matahari. Apabila curah hujan meningkat maka intensitas radiasi matahari akan mengalami penurunan.

Koefisien regresi variabel lama penyinaran matahari (ss) sebesar 15,744, artinya apabila lama penyinaran matahari ditingkatkan 1 satuan, maka intensitas

radiasi matahari mengalami kenaikan yang sangat besar yaitu sebesar 15,744 satuan. Koefisien bernilai positif artinya ada hubungan searah antara lama penyinaran matahari dengan intensitas radiasi matahari. Apabila lama penyinaran matahari meningkat maka intensitas radiasi matahari juga meningkat.

Koefisien regresi variabel kecepatan angin ( $ff_x$ ) sebesar 7,403, artinya apabila kecepatan angin ditingkatkan 1 satuan, maka intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu sebesar 7,403 satuan. Koefisien bernilai positif artinya ada hubungan searah antara kecepatan angin dengan intensitas radiasi matahari. Apabila kecepatan angin meningkat maka intensitas radiasi matahari juga meningkat.

b) Korelasi ganda (R)

Dalam analisa korelasi ganda ini dipermudah dengan adanya penggunaan SPSS. Dikarenakan dari output SPSS kita langsung mendapati nilai dari korelasi ganda (R) tersebut. Adapun berdasarkan Tabel 4.5 di atas diperoleh nilai dari R yaitu sebesar 0,967.

Dilihat berdasarkan Tabel 3.1 untuk melihat interpretasi koefisien korelasi, maka akan menunjukkan bahwa faktor cuaca (temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin) dan intensitas radiasi matahari memiliki hubungan yang sangat kuat.

c) Uji Koefisien regresi secara *simultan* (uji-F)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah variabel independen secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Hasil uji pengaruh variabel temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama

penyinaran matahari dan kecepatan angin secara bersama-sama terhadap intensitas radiasi matahari dapat dilihat pada Tabel 4.6. Proses untuk melakukan uji F akan dijelaskan sebagai berikut :

1) Merumuskan hipotesis

$H_0$  : temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin secara bersamaan tidak memiliki pengaruh ataupun korelasi yang signifikan terhadap intensitas radiasi.

$H_a$  : temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin secara bersamaan memiliki pengaruh ataupun korelasi yang signifikan terhadap intensitas radiasi.

2) Menentukan tingkat signifikansi

F hasil perhitungan ini dibandingkan dengan yang diperoleh dengan memakai tingkat resiko atau signifikan level 5% (0.05). tingkat resiko tersebut ialah standar yang sering digunakan dalam penelitian.

3) Menentukan  $F_{hitung}$  dan  $F_{tabel}$

Dari keluaran SPSS pada Tabel 4.6, dapat diperoleh bahwa  $F_{hitung}$  sebesar 17,557. Untuk mengetahui  $F_{tabel}$  menggunakan Persamaan 2.15. Didapati :  $F = (k ; n-k)$  ( $k$  = jumlah variabel bebas ( $x$ ),  $n$  = banyak data) dimana  $F = (df_1 ; df_2)$  maka  $F = (5 ; 12-5) = (5 ; 7)$

**Tabel 4.7** Distribusi nilai  $F_{\text{tabel}}$ 

df untuk penyebut ( $N_2$ )	Df untuk penyebut ( $N_1$ )								
	1	2	3	4	5	6	7	8	....
1	161	200	216	225	230	234	237	239	....
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	....
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	....
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	....
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	....
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	....
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	....
8	5,32	4,46	4,07	3,84	4,69	3,58	3,50	3,44	....
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	....
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	....
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	....
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	....
13	4,67	3,81	3,41	3,13	3,03	2,92	2,83	2,77	....
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	....
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	....
...	....	....	....	....	....	....	....	....	

Maka akan di dapat nilai  $F_{\text{tabel}}$  sebesar 3,97

4) Menentukan nilai signifikansi

Dari keluaran SPSS didapat nilai signifikansi sebesar 0,002

5) Kriteria pengujian

Dalam penelitian ini menggunakan dua kriteria pengujian, yaitu :

$H_0$  diterima apabila  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$

$H_0$  ditolak apabila  $F_{hitung} > F_{tabel}$

$H_0$  diterima apabila nilai signifikansi  $> 0,05$

$H_0$  ditolak apabila nilai signifikansi  $< 0,05$

Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar 17,557 dengan nilai signifikansi sebesar 0,002. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  3,97 dan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Artinya faktor cuaca yang terdiri dari temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin secara bersama-sama mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap intensitas radiasi matahari.

d) Uji Koefisien Regresi Secara *Parsial* (uji-T)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah variabel independen secara parsial berpengaruh terhadap variabel dependen. Hasil uji pengaruh variabel temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin terhadap intensitas radiasi matahari dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Untuk menentukan  $T_{tabel}$  harus menentukan nilai *degree of freedom* (df) dengan persamaan  $df = n - k$  ( $k$ =jumlah variabel (x),  $n$ =banyak data). Maka  $df = 12 - 5 = 7$ . Dengan taraf signifikansi 5% (pengujian dua sisi sehingga nilai signifikansi menjadi 0,025). Selanjutnya dilihat pada Table 4.10 untuk nilai  $T_{tabel}$ .

**Tabel 4.8** Distribusi nilai  $T_{\text{tabel}}$ 

d.f	$t_{0.10}$	$t_{0.05}$	$t_{0.025}$	$t_{0.01}$	$t_{0.005}$
1	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
....	.....	.....	.....	.....	.....

Maka didapati nilai  $T_{\text{tabel}}$  sebesar 2,365. Dan Berdasarkan Tabel 4.4 di atas dapat diketahui nilai  $T_{\text{hitung}}$  dari setiap variabel.

Penjelasan mengenai pengaruh masing-masing variabel akan dijabarkan sebagai berikut :

1) Pengaruh temperatur rata-rata terhadap intensitas radiasi matahari

Berdasarkan tabel dapat diperoleh nilai  $T_{\text{hitung}}$  sebesar 0,549 dengan nilai signifikansi sebesar 0,603. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $T_{\text{hitung}}$  lebih kecil daripada nilai  $T_{\text{tabel}}$  2,365 dan nilai signifikansi lebih besar daripada 0,05. Dengan demikian  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Artinya variabel

temperatur rata-rata tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap intensitas radiasi matahari.

2) Pengaruh kelembaban rata-rata terhadap intensitas radiasi matahari

Berdasarkan tabel dapat diperoleh nilai  $T_{hitung}$  sebesar 0,329 dengan nilai signifikansi sebesar 0,753. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $T_{hitung}$  lebih kecil daripada nilai  $T_{tabel}$  2,365 dan nilai signifikansi lebih besar daripada 0,05. Dengan demikian  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Artinya variabel kelembaban rata-rata tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap intensitas radiasi matahari.

3) Pengaruh curah hujan terhadap intensitas radiasi matahari

Berdasarkan tabel dapat diperoleh nilai  $T_{hitung}$  absolut sebesar 0,094 dengan nilai signifikansi sebesar 0,929. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $T_{hitung}$  lebih kecil daripada nilai  $T_{tabel}$  2,365 dan nilai signifikansi lebih besar daripada 0,05. Dengan demikian  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Artinya variabel curah hujan tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap intensitas radiasi matahari.

4) Pengaruh lama penyinaran matahari terhadap intensitas radiasi matahari

Berdasarkan tabel dapat diperoleh nilai  $T_{hitung}$  sebesar 4,794 dengan nilai signifikansi sebesar 0,003. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $T_{hitung}$  lebih kecil daripada nilai  $T_{tabel}$  2,365 dan nilai signifikansi lebih besar daripada 0,05. Dengan demikian  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Artinya variabel lama

penyinaran matahari mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap intensitas radiasi matahari.

5) Pengaruh kecepatan angin terhadap intensitas radiasi matahari

Berdasarkan Tabel dapat diperoleh nilai  $T_{hitung}$  sebesar 1,078 dengan nilai signifikansi sebesar 0,323. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $T_{hitung}$  lebih kecil daripada nilai  $T_{tabel}$  2,365 dan nilai signifikansi lebih besar daripada 0,05. Dengan demikian  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Artinya variabel kecepatan angin tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap intensitas radiasi matahari.

**Tabel 4.9** Hasil Uji-T

	Pengujian	Hasil (Terhadap Intensitas Radiasi)
Suhu Rata-rata	$H_0$ diterima dan $H_a$ ditolak	Tidak mempunyai pengaruh yang signifikan
Kelembaban Rata-rata	$H_0$ diterima dan $H_a$ ditolak	Tidak mempunyai pengaruh yang signifikan
Curah Hujan	$H_0$ diterima dan $H_a$ ditolak	Tidak mempunyai pengaruh yang signifikan
Lama Penyinaran	$H_0$ ditolak dan $H_a$ diterima	Mempunyai pengaruh yang signifikan
Kecepatan Angin	$H_0$ diterima dan $H_a$ ditolak	Tidak mempunyai pengaruh yang signifikan

e) Uji Determinansi ( $R^2$ )

Hasil uji *determinansi* ( $R^2$ ) dapat dilihat dari nilai koefisien *determinansi* pada Tabel 4.5. Berdasarkan Tabel 4.5 di atas diperoleh angka  $R^2$  (R Square) sebesar 0,936 atau (93,6%).

Hal ini menunjukkan bahwa persentase sumbangan pengaruh faktor cuaca (temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin) terhadap intensitas radiasi matahari sebesar 93,6%. Oleh sebab itu variabel intensitas radiasi matahari dapat dijelaskan atau dipengaruhi oleh variabel temperatur rata-rata, kelembaban rata-rata, curah hujan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin sebesar 93,6%, sedangkan sisanya sebesar 6,4% dijelaskan atau dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti.

#### **4.1.4 Korelasi Faktor Cuaca Terhadap Potensi PLTS**

Hasil analisis pada sub-bab sebelumnya menyatakan bahwa dari kelima variabel tersebut dapat menjelaskan nilai intensitas radiasi matahari. Oleh karenanya besar atau kecilnya nilai intensitas radiasi matahari juga bergantung pada kelima variabel tersebut. Dan juga pada PLTS besar atau kecilnya daya yang dihasilkan juga bergantung pada besarnya nilai intensitas radiasi matahari. Oleh sebab itu faktor cuaca dapat dikatakan juga sebagai faktor penentu dalam memperhitungkan potensi PLTS yang ada. Sehingga dapat memperhitungkan besar kecilnya daya yang dapat dibangkitkan ketika perubahan cuaca terjadi. Baik itu dari karakteristik panel surya yang bekerja optimal pada suhu 25°C dan akan mengalami penurunan efisiensi jika mengalami kenaikan ataupun penurunan suhu, maupun dari intensitas radiasi matahari yang akan lebih besar nilainya jika curah hujan rendah.

## 4.2 Potensi PLTS Di Kota Medan

Potensi seberapa besar daya yang dapat dibangkitkan PLTS pada 2 (dua) stasiun BMKG untuk harian pada setiap bulannya yang ada di kota medan.

### 4.2.1 Deskripsi Data

Data yang digunakan ialah sebagai berikut :

a. Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I

Pada Tabel 4.1 telah ter-estimasikan nilai dari intensitas radiasi matahari rata-rata harian yang ada/yang ditangkap setiap bulannya dalam kurun waktu 12 bulan terakhir. Oleh karenanya untuk mengetahui seberapa besar daya yang dapat dibangkitkan dengan menggunakan panel surya *type Canadian Solar CS6K-290MS All-Black (290W)* Solar Panel dapat digunakan Persamaan 2.8. Sebelum dilakukannya analisis dengan Persamaan 2.8, data tersebut akan dirubah menjadi total nilai dari intensitas radiasi matahari setiap bulannya. Maka nilai intensitas radiasi pada setiap bulan sebesar :

**Tabel 4.10** Total intensitas radiasi setiap bulan pada BMKG Wilayah I

Bulan	Intensitas radiasi (kW/m <sup>2</sup> )
Agustus	68,12
September	67,55
Oktober	60,57
November	54,15
Desember	59,77
Januari	51,7
Februari	68,4
Maret	67,66
April	59,33
Mei	66,19

Juni	61,88
Juli	73,2
<b>Rata-rata</b>	63,21

b. Stasiun Meteorologi Maritim Belawan

Pada Tabel 4.2 telah ter-estimasi nilai dari intensitas radiasi matahari rata-rata harian yang ada/yang ditangkap setiap bulannya dalam kurun waktu 12 bulan terakhir. Oleh karenanya untuk mengetahui seberapa besar daya yang dapat dibangkitkan dengan menggunakan panel surya *type Canadian Solar CS6K-290MS All-Black (290W)* Solar Panel dapat digunakan Persamaan 2.8. Sebelum dilakukannya analisis dengan Persamaan 2.8, data tersebut akan dirubah menjadi total nilai dari intensitas radiasi matahari setiap bulannya.

Maka nilai intensitas radiasi pada setiap bulan sebesar :

**Tabel 4.11** Total intensitas radiasi setiap bulan pada BMKG Maritim Belawan

Bulan	Intensitas radiasi (kW/m <sup>2</sup> )
Agustus	83,57
September	82,098
Oktober	74,25
November	63,4
Desember	63,15
Januari	60,83
Februari	85,42
Maret	88,35
April	78,1
Mei	74,24
Juni	69,21
Juli	76,11
<b>Rata-rata</b>	74,89

#### 4.2.2 Hasil Uji Analisis

Pada Tabel 4.9 didapati nilai rata-rata intensitas radiasi matahari pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I sebesar  $63,21 \text{ kWh/m}^2$ . Diketahui juga efisiensi modul surya yang digunakan sebesar 17,72%.

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= 1 \times 17,72\% \times 63,21 \times 0,75 \\ &= 8,401 \text{ kWh/m}^2 \end{aligned}$$

Kemudian setelah di interpretasikan menggunakan Persamaan 2.8, maka potensi pembangkit listrik tenaga surya yang ada pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I ialah sebesar  $8,401 \text{ kWh}$  untuk  $1 \text{ m}^2$  perbulannya. Sedangkan untuk potensi perharinya ialah sebesar  $0,28 \text{ kW/m}^2$ .

Pada Tabel 4.10 di dapati nilai rata-rata intensitas radiasi matahari pada Stasiun Meteorologi Maritim Belawan sebesar  $74,89 \text{ kWh/m}^2$ . Diketahui juga efisiensi modul surya yang digunakan sebesar 17,72%.

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= 1 \times 17,72\% \times 74,89 \times 0,75 \\ &= 9,953 \text{ kWh/m}^2 \end{aligned}$$

Kemudian setelah di interpretasikan menggunakan Persamaan 2.8, maka potensi pembangkit listrik tenaga surya yang ada pada Stasiun Meteorologi Maritim Belawan ialah sebesar  $9,953 \text{ kWh}$  untuk  $1 \text{ m}^2$  perbulannya. Sedangkan untuk potensi perharinya ialah sebesar  $0,332 \text{ kW/m}^2$ .

Jadi dapat disimpulkan bahwa potensi yang ada di kota Medan juga bervariasi. Hal ini dikarenakan pada dua stasiun BMKG yang ada di kota Medan memiliki potensi daya yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh luasnya kota Medan

itu sendiri, sehingga mempunyai perbedaan faktor cuaca yang membuat berbedanya potensi yang akan dihasilkan.

#### **4.2.3 Perancangan PLTS Untuk PJU**

Untuk ruas jalan ngumban surbakti dapat disebut juga dengan jalan arteri primer. Karena jalan arteri primer yang dimaksud ialah Jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antara pusat aktivitas nasional dengan sentra aktivitas nasional atau antara sentra aktivitas nasional dengan sentra aktivitas daerah.

Untuk ruas jalan raya pelabuhan belawan dapat disebut juga dengan jalan kolektor primer. Karena jalan kolektor primer yang dimaksud ialah jalan yang dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan kota-kota antar sentra aktivitas daerah dan sentra aktivitas lokal dan atau daerah-daerah berskala kecil dan atau pelabuhan pengumpan regional dan pelabuhan pengumpan lokal.

Pada jalan umum berstatus nasional yang terdiri berdasarkan jalan arteri primer dan jalan kolektor primer dipengaruhi taraf pencahayaan sesuai SNI 7391 tahun 2008 dengan,

1. Kuat pencahayaan 11-20 lux untuk jalan arteri primer
2. Kuat pencahayaan 3-7 lux untuk jalan kolektor primer

Yang memakai variasi dan jenis lampu :

1. Lampu sodium tekanan tinggi (SON): 400Watt, 110lm/watt dan lampu merkuri tekanan tinggi (MBF/U): 400Watt, 53lm/Watt buat PJUN jalan arteri primer.
2. Lampu sodium tekanan tinggi (SON): 100Watt dan 180Watt, 110lm/Watt dan lampu merkuri tekanan tinggi (MBF/U): 100Watt dan 180 Watt, 53lm/Watt untuk PJUN jalan kolektor primer.

3. Lampu ekonomis energi (LED): 50Watt, 60Watt, 80Watt, 100Watt, 120Watt, 150Watt, 130lm/Watt.

Model pemanfaatan daya listrik ini merupakan adalah pemanfaatan sel surya buat memenuhi kebutuhan energi penerangan jalan umum pada kota Medan yang bisa dianalisis berdasarkan nilai energi listrik yang di hasilkan oleh setiap modul sel surya dan secara keseluruhan kebutuhan luasan panel surya yang diperlukan untuk menggantikan energi yang dihasilkan oleh pembangkit energi listrik konvensional.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan lampu ekonomis energi (LED) dengan daya 60 Watt. Dan untuk jarak antar tiang lampu ialah sejauh 40m. Maka dapat dihitung jumlah tiang lampu yang di butuhkan untuk masing-masing jalan.

a. Jalan Ngumban Surbakti

Diketahui bahwa panjang jalan ngumban surbakti ialah 3,44km.

- 1) Jumlah tiang PJU yang diperlukan

$$T = \left( \frac{3440}{40} \right) + 1 = 87 \text{ tiang}$$

- 2) Daya listrik PJU

$$\begin{aligned} P_{PJU} &= 60Watt \times \text{jumlah tiang} \\ &= 60Watt \times 87 \times 2 \\ &= 10440Watt = 10,44kW \end{aligned}$$

- 3) Kebutuhan energi listrik PJU selama satu tahun

Dengan waktu kerja lampu selama 12jam, maka dalam satu tahun PJU memiliki waktu operasi selama 4320jam. Maka kebutuhan energi pju selama satu tahun :

$$W_{PJU} = 60Watt \times \text{jumlah tiang} \times 4320$$

$$= 60Watt \times 87 \times 4320$$

$$= 22.550.400Wh = 22,5504MWh$$

4) Kapasitas modul sel surya

Kapasitas modul sel surya untuk melayani beban PJU-LED, 100Watt selama 12 jam, yaitu dari jam 18.00 - jam 06.00, maka kebutuhan energi untuk memenuhi beban PJU-LED dengan dua buah lampu untuk satu tiang ialah;

$$Energ\ i\ Pembangkitan = 60Watt \times 12jam \times 2$$

$$= 1,44kWh$$

Dengan potensi pembangkitan yang telah diketahui sebesar  $0,28kW/m^2$ , maka jumlah modul yang diperlukan untuk memenuhi beban PJU-LED 60Watt sejumlah lima (5) set modul surya. Untuk memenuhi kebutuhan PJU pada jalan ini dengan 87 tiang lampu ialah membutuhkan total 435 set modul surya.

5) Kapasitas batrai

Beban  $P_{PJU} = 100watt$

Tegangan baterai yang digunakan = 12volt

Diambil waktu pemakaian = 12jam

Efisiensi *tubular battery* ( $\eta_{Batt}$ ) dan losses = 80 %

$$Energ\ i\ Baterai (W_{Batt}) = P_{PJU} \times waktu \times 2$$

$$= 60 \times 12 \times 2$$

$$= 1440Wh$$

Arus baterai ( $I_{Batt}$ ) yang dibutuhkan =  $(W_{Batt} / V_{Batt}) / \eta_{Batt}$

$$= (1440/12) / 0,8$$

$$= 120 / 0,8$$

$$= 150ah$$

Satu tiang PJU dengan dua buah lampu membutuhkan baterai dengan kapasitas,  $I_{Batt} = 150ah$ .

b. Jalan Raya Pelabuhan Belawan

Diketahui bahwa panjang jalan raya pelabuhan belawan ialah 1,88km

1) Jumlah tiang PJU yang diperlukan

$$T = \left( \frac{1880}{40} \right) + 1 = 48 \text{ tiang}$$

2) Daya listrik PJU

$$\begin{aligned} P_{PJU-LED} &= 60Watt \times \text{jumlah tiang} \\ &= 60Watt \times 48 \\ &= 2880Watt = 2,88kW \end{aligned}$$

3) Kebutuhan energi listrik PJU selama satu tahun

Dengan waktu kerja lampu selama 12jam, maka dalam satu tahun PJU memiliki waktu operasi selama 4320jam. Maka kebutuhan energi pju selama satu tahun :

$$\begin{aligned} W_{PJU} &= 60Watt \times \text{jumlah tiang} \times 4320 \\ &= 60Watt \times 48 \times 4320 \\ &= 12.441.600Wh = 12,4416MWh \end{aligned}$$

4) Kapasitas modul sel surya

Kapasitas modul sel surya untuk melayani beban PJU-LED, 60Watt

selama 12 jam, yaitu dari jam 18.00 - jam 06.00, maka kebutuhan energi untuk memenuhi beban PJU-LED dengan satu buah lampu untuk satu tiang ialah;

$$\begin{aligned} \text{Energi Pembangkitan} &= 60\text{Watt} \times 12\text{jam} \\ &= 0,72\text{kWh} \end{aligned}$$

Dengan potensi pembangkitan harian yang telah diketahui sebesar  $0,332\text{kWh/m}^2$ , maka jumlah modul yang diperlukan untuk memenuhi beban PJU-LED 60Watt sejumlah tiga (3) set modul surya. Untuk memenuhi kebutuhan PJU pada jalan ini dengan 48 tiang lampu ialah membutuhkan total 144 set modul surya.

#### 5) Kapasitas batrai

Beban  $P_{\text{PJU}} = 60\text{Watt}$

Tegangan baterai yang digunakan = 12volt

Diambil waktu pemakaian = 12jam

Efisiensi *tubular battery* ( $\eta_{\text{Batt}}$ ) dan losses = 80 %

$$\begin{aligned} \text{Energi Baterai (} W_{\text{Batt}} \text{)} &= P_{\text{PJU}} \times \text{waktu} \\ &= 60 \times 12 = 720\text{Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arus baterai (} I_{\text{BATT}} \text{) yang dibutuhkan} &= (W_{\text{Batt}} / V_{\text{Batt}}) / \eta_{\text{Batt}} \\ &= (720/12) / 0,8 \\ &= 60 / 0,8 = 75\text{ah} \end{aligned}$$

Satu tiang PJU dengan dua buah lampu membutuhkan baterai dengan kapasitas,  $I_{\text{Batt}} = 75\text{ah}$ .

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian pengaruh/korelasi intensitas radiasi matahari terhadap faktor cuaca dengan menggunakan metode regresi linier berganda dengan software SPSS dan potensi PLTS serta perencanaan implementasi PLTS untuk PJU pada dua ruas jalan di kota Medan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Seluruh variabel yang di uji secara simultan memiliki pengaruh terhadap intensitas radiasi matahari dan semua variabel yang di uji dapat menjelaskan variabel intensitas radiasi matahari sebesar 93,6%. Namun, secara parsial hanya satu variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap intensitas radiasi matahari, yaitu lama penyinaran matahari dan juga dari kelima variabel hanya curah hujan yang memiliki hubungan berbanding terbalik terhadap intensitas radiasi matahari.
- 2) Potensi PLTS di kota Medan pada dua stasiun BMKG yang dianalisis ialah sebesar  $8,401\text{kWh/m}^2$  perbulannya dan untuk harian sebesar  $0,28\text{kW/m}^2$  pada Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I dan sebesar  $9,953\text{kWh/m}^2$  perbulannya dan untuk harian sebesar  $0,332\text{kW/m}^2$  pada Stasiun Meteorologi Maritim Belawan. Serta hasil dari perencanaan penerapan PLTS untuk PJU yang telah dilakukan, untuk jalan ngumban surbakti dan jalan raya pelabuhan belawan diperkirakan dapat menghemat

pemakaian energi yang dibangkitkan dari pembangkit konvensional sebesar 22,5504MWh dan 12,4416MWh pertahun.

## 5.2 Saran

Dari hasil penulisan penelitian ini dapat diajukan saran untuk membangun kelanjutan dari penelitian ini, antara lain sebagai berikut :

- 1) Penelitian ini hanya menggunakan data dengan jangka waktu satu tahun terakhir, sehingga belum cukup maksimal dalam mengidentifikasi potensi PLTS yang ada di kota Medan. Sehingga penulis menyarankan untuk melanjutkan penelitian ini dengan referensi jangka waktu pengujian yang lebih dari satu tahun terakhir. Sehingga dapat mengidentifikasi potensi PLTS dengan lebih baik lagi.
- 2) Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan meneliti potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang ada di kota Medan dengan referensi lokasi yang berbeda ataupun pada titik yang berbeda dari titik yang sudah diteliti. Sehingga mendapatkan data potensi yang lebih menyeluruh untuk kota Medan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rifai, L.D., Tongkutut, S.H.J., dan Raharjo,S.S.2014. Analisis Intensitas Radiasi Matahari di Manado dan Maros. Jurnal MIPA UNSRAT Online 3(1).hal.49-52.
- [2] Septiadi, D., dkk. 2009. Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan sekitarnya). Jurnal Meteorologi dan Geofisika.Vol.10.No. 1. Th.2009. hal.22 – 28.
- [3] Nonhebel, S. 1993. The importance of weather data in crop growth simulation models and assessment of climatic change effects. Wageningen.
- [4] Dewa, Kadek, dkk. 2019. Analisis Hubungan Intensitas Radiasi Dan Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Di Stasiun Meteorologi Ngurah Rai Serta Pengaruhnya Terhadap Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Bali. Buletin Meteo Ngurah Rai.
- [5] Hidayat, Bambang, dkk. (1978). Bumi dan Antariksa 1.Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [6] Tjasyono, B., 2004. Klimatologi. Bandung : ITB.
- [7] Prawirowardoyo, Susilo. 1996. Meteorologi. Bandung : ITB.
- [8] Rafi'i, Suryatna.1995.Meteorologi dan Klimatologi.Bandung: Penerbit Angkasa Bandung.
- [9] G. Allen, Richard, dkk. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- [10] Prawirowardoyo, Susilo. 1996. Meteorologi. Bandung : ITB.
- [11] BMG. 2006. Alat-alat Meteorologi di Stasiun Klimatologi Semarang. Semarang : BMG Stasiun Klimatologi Klas 1 Semarang.
- [12] Safitri, Nelly, dkk. 2019. TEKNOLOGI PHOTOVOLTAIC. Banda Aceh : Yayasan Puga Aceh Riset.
- [13] Lorenzo, Eduardo. 1994. Solar Electricity: Engineering of Photovoltaic Systems. Progensa.

- [14] Janter. 2018. Model Pengendalian Pertumbuhan Kebutuhan Daya Listrik dalam Pelayanan Penerangan Jalan Umum Berstatus Nasional Berbasis Ramah Lingkungan. Mei 2018. Universitas Sumatra Utara.
- [15] Suyono. 2018. Analisis Regresi untuk Penelitian. Deepublish.
- [16] Darma, Budi. 2021. Statistika Penelitian Menggunakan SPSS (Uji Validitas, Uji Reliabilitas, Regresi Linier Sederhana, Regresi Linier Berganda, Uji t, Uji F, R<sup>2</sup>). Agustus 2021. GUEPEDIA.
- [17] Ghozali, Imam. 2012. Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 20. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [18] Solar Design Tool. Canadian Solar CS6K-290MS All-Black (290W) Solar Panel <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/-Canadian-Solar/4351/CS6K-290MS-All-Black/specification-data-sheet.html> (Internet).
- [19] Rif'an,M.(2012). Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Malang.
- [20] Stamnes, K. 2015.Radiation Transfer in the Atmosphere -Ultraviolet Radiation. Encyclopedia of Atmospheric Sciences (Second Edition).
- [21] Sara, I. D. 2014. Analisis Potensi Kondisi Suhu dan Radiasi Sinar Matahari di Kota Banda Aceh untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Seminar Nasional Expo Teknik Elektro 2014.
- [22] Page, John. 2012.The Role of Solar Radiation Climatology in the Design of Photovoltaic Systems. Practical Handbook of Photovoltaics (Second Edition)- Fundamentals and Applications.
- [23] Adi, A. C. 2018. Handbook of Energy and Economy Statistics of Indonesia. Ministry of Energy and Mineral Resources of Republic of Indonesia.
- [24] Lysko, Meena D. 2006. Measurement and Models of Solar Irradiance. Norwegian University of Science and Technology Faculty of Natural Sciences and Technology Department of Physics.
- [25] Sunaryo (2014). Analisis Daya Listrik yang Dihasilkan Panel Surya Ukuran 216 cm x 121 cm Berdasarkan Intensitas Cahaya. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau. Riau.

- [26] Z. Arifin, A. J. Tamamy and A. 2018. Analisis Potensi Energi Sinar Matahari dan Energi Angin di Pusat Kota Semarang. Jurnal Ilmiah.
- [27] D. Septiadi, P. Nanlohy, M. Souissa and F. Y. Rumlawang. 2009. Proyeksi Potensi Energi Surya sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya). Jurnal Meteorologi dan Geofisika.
- [28] S. Yuliananda, G. Sarya and R. R. Hastijanti. 2015. Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya.
- [29] Sugiyono. 2012. Statistika untuk Penelitian. Bandung: CV Alfabeta.
- [30] Bristow, C.L., Campbell, G.S. (1984). On The Relationship Between Incoming Solar Radiation and Daily Maximum and Minimum Temperature. Agric. For. Meteorol.
- [31] D. A. Widodo, S. and T. A. 2010. Pemberdayaan Energi Matahari sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas. Jurnal Teknik Elektro.
- [32] Solar Surya Indonesia. 2019. Mengenal Teknologi Solar PV. <http://-solar-suryaindonesia.com/info/mengenal-teknologisolar-pv> (Internet).
- [33] Data Logger Indonesia. 2018. Mengenal Fungsi Automatic Weather Station <https://www.dataloggerindonesia.com/mengenal-fungsi-automatic-weather-station-101> (Internet).
- [34] Data Logger Indonesia. 2018. Automatic Weather Station (AWS). <https://-dataloggerindonesia.com/automatic-weather-station-aws-73> (Internet).

# LAMPIRAN



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**PROGRAM PASCASARJANA**

Jl. Denai No. 217 Medan 20226 Telp. 061 - 88811104 Fax. 061 - 88811111  
Website : [www.umsu.ac.id](http://www.umsu.ac.id) - [www.pascasarjana.umsu.ac.id](http://www.pascasarjana.umsu.ac.id)  
E-mail: [pps@umsu.ac.id](mailto:pps@umsu.ac.id)

**SURAT PERSETUJUAN**

Nomor : 308 /II.3-AU/UMSU-PPs/F/2021

Tentang :

**PENETAPAN JUDUL TESIS DAN PENGHUNJUKAN PEMBIMBING  
BAGI MAHASISWA PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

*Bismillahirrahmanirrahim*

Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sesuai dengan persetujuan judul dan pembimbing tesis mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro UMSU tanggal 04 Maret 2021 dengan ini memutuskan untuk menetapkan Judul Tesis dan Pembimbing :

Nama mahasiswa	: <b>Mhd. Aldi Prima Syukra</b>
NPM	: 1920080014
Prog. Studi	: Magister Teknik Elektro
Judul Tesis	: ANALISIS INTENSITAS RADIASI TERHADAP LAMA PENYINARAN MATAHARI DENGAN PARAMETER CUACA SERTA POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI KOTA MEDAN.
Pembimbing I	: Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno., MT
Pembimbing II	: Assoc. Prof. Dr. Muhammad Fitra Zambak, M.Sc

Surat Persetujuan Penetapan Judul Tesis dan Pembimbing ini berlaku s.d. tanggal **04 Maret 2022**. Surat Persetujuan ini dianggap batal apabila sampai batas waktu yang ditetapkan, yang bersangkutan belum menyelesaikan Tesis.

Demikian Surat Persetujuan ini diterbitkan dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dilaksanakan dan dipatuhi. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan  
Pada Tanggal, 21 Rajab 1442 H  
05 Maret 2021 M



Direktur  
  
**Dr. SYAIFUL BAHRI, M.AP**  
NIDN.0121065801

Tembusan:

1. Ketua Prodi MTE UMSU;
2. Dosen Pembimbing I dan II;



ID WMO : 96033  
 Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Belawan  
 Lintang : 3.78824  
 Bujur : 98.71492  
 Elevasi : 3

Tanggal	Tavg	RH_avg	RR	ss	ff_avg
01-08-2021	27.6	84	25.1	9.5	3
02-08-2021	28.0	76	0.0	8.0	2
03-08-2021	29.5	78	8888.0	5.9	2
04-08-2021	28.0	82	35.1	9.4	2
05-08-2021	29.0	82	0.0	6.1	2
06-08-2021	29.0	81	0.0	8.5	2
07-08-2021	28.7	78	0.1	9.0	1
08-08-2021	28.4	84	0.0	4.4	1
09-08-2021	28.2	83	0.4	1.9	1
10-08-2021	28.7	82	2.6	4.0	2
11-08-2021	27.5	86	2.7	7.7	3
12-08-2021	27.8	84	0.1	3.1	2
13-08-2021	27.5	84	51.7	7.8	2
14-08-2021	26.8	89	54.2	5.2	2
15-08-2021	27.5	83	0.2	2.0	2
16-08-2021	26.2	90	119.5	1.6	1
17-08-2021	27.1	84	23.5	0.7	1
18-08-2021	24.9	91	46.0	3.3	1
19-08-2021	26.6	84	15.1	0.0	2
20-08-2021	26.4	84	8888.0	2.4	2
21-08-2021	27.2	85	0.0	0.0	2
22-08-2021	26.9	85	5.6	9.1	1
23-08-2021	27.2	82	0.1	2.3	3
24-08-2021	25.8	90	1.4	2.7	2
25-08-2021	27.1	86	3.6	0.0	2
26-08-2021	27.6	84	0.0	6.6	4
27-08-2021	27.3	83	0.0	8.9	1
28-08-2021	27.9	86	0.0	2.0	3
29-08-2021	27.8	83	1.2	9.0	2
30-08-2021	27.8	82	0.0	8.8	3
31-08-2021	27.5	83	0.8	9.1	3

Keterangan :

8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

Tavg: Temperatur rata-rata (°C)

RH\_avg: Kelembapan rata-rata (%)

RR: Curah hujan (mm)

ss: Lamanya penyinaran matahari (jam)

ff\_avg: Kecepatan angin rata-rata (m/s)



ID WMO : 96041  
 Nama Stasiun : Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I  
 Lintang : 3.53970  
 Bujur : 98.64000  
 Elevasi : 0

Tanggal	Tavg	RH_avg	RR	ss	ff_avg
01-08-2020	29.0	84		2.2	1
02-08-2020	28.3	84	28.7	7.0	1
03-08-2020	27.5	86		2.8	1
04-08-2020	28.1	82	8.0	7.8	1
05-08-2020	27.6	87	0.0		1
06-08-2020	28.9	82	0.0	3.5	1
07-08-2020	28.9	81	2.7	3.5	1
08-08-2020	29.4	82		8.5	1
09-08-2020	29.1	82	0.0	6.4	1
10-08-2020	29.0	80	0.0		2
11-08-2020	28.7	84	0.0	8.5	1
12-08-2020	25.5	94	47.0	2.1	0
13-08-2020	27.3	86	2.0	0.1	2
14-08-2020	27.7	83	18.4	6.5	1
15-08-2020	28.5	82	0.0	4.5	1
16-08-2020	28.6	83	0.0	3.5	1
17-08-2020	27.4	87		3.1	1
18-08-2020	26.7	86	19.5	5.6	1
19-08-2020	27.3	88	9.7	6.5	1
20-08-2020	27.9	84	1.5	2.7	1
21-08-2020	27.4	88	0.0	3.1	1
22-08-2020	26.4	90	2.6	0.5	1
23-08-2020	27.3	84	3.9	1.2	2
24-08-2020	28.2	83	21.8		1
25-08-2020	28.0	83	0.0	7.8	1
26-08-2020	27.8	86	0.0	4.5	1
27-08-2020	27.4	88	8888.0	5.7	2
28-08-2020	26.9	87	30.3	4.4	0
29-08-2020	27.3	86	8888.0		1
30-08-2020	27.5	85	0.0	1.3	0
31-08-2020	26.3	92	0.0	1.2	1

Keterangan :

8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

Tavg: Temperatur rata-rata (°C)

RH\_avg: Kelembapan rata-rata (%)

RR: Curah hujan (mm)

ss: Lamanya penyinaran matahari (jam)

ff\_avg: Kecepatan angin rata-rata (m/s)