

TUGAS AKHIR

POTENSI RADIASI MATAHARI DI SUMATERA UTARA BERDASARKAN PENDEKATAN MATEMATIKA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD DAUD
1507230212



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

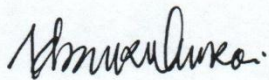
Nama : Muhammad Daud
Npm : 1507230212
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Potensi Radiasi Matahari Di Sumatra Utara Berdasarkan Pendekatan Matematika
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 april 2021

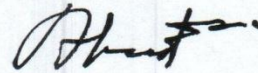
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



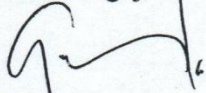
Khairul Umurani, S.T.,M.T

Dosen Penguji II



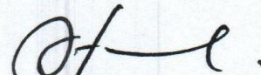
Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T

Dosen Penguji III



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Affandi, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Daud
Tempat /Tanggal Lahir: Gambus Laut /10 Oktober 1996
NPM : 1507230212
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Potensi Raidasi Matahari Di Sumatera Utara Berdasarkan Pendekatan Matematika”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 April 2021

Saya yang menyatakan,


Muhammad Daud

ABSTRAK

Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di matahari. Dengan demikian potensi radiasi di setiap wilayah itu memiliki nilai radiasi yang berbeda-beda. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi radiasi matahari di 33 kabupaten/ kota yang terdapat di Sumatera Utara. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pendekatan secara matematika dengan melakukan perhitungan secara teori. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah koordinat lintang dan bujur serta ketinggian daerah dari permukaan laut setiap kota/kabupaten di Sumatera Utara dan diperoleh dari *website* setiap kabupaten di Sumatera Utara. Disini untuk memudahkan dalam perhitungan peneliti menggunakan *software microsoft excel 2010*. Pada penelitian ini, perhitungan teori dilakukan selama 12 bulan. Kemudian data hasil perhitungan di rata-ratakan setiap 1 bulan dari pukul 09:00 sampai 18:00. Dari hasil dari perhitungan secara teori diperoleh bahwa kota yang memiliki potensi radiasi total terbesar adalah simalungun dengan radiasi total sebesar 560,0373 W/m². sedangkan kota yang memiliki radiasi terkecil yaitu langkat, dengan nilai radiasi sebesar 275,1115 W/m².

Kata Kunci: Potensi Radiasi, Pendekatan Matematika, Radiasi Total

ABSTRACT

Solar radiation is a radiant energy that comes from thermonuclear processes that occur in the sun. Thus the radiation potential in each region has different radiation values. The purpose of this study was to determine the potential for solar radiation in 33 districts / cities in North Sumatra. The method used in this study is a mathematical approach by calculating theoretically. The data used in this study are the coordinates of latitude and longitude as well as the height of the area above sea level for each city / district in North Sumatra and obtained from the website of each district in North Sumatra. Here to facilitate the calculations the researchers used Microsoft Excel 2010 software. In this study, theoretical calculations were carried out for 12 months. Then the calculation data is averaged every 1 month from 09:00 to 18:00. From the theoretical calculation, it is found that the city which has the greatest total radiation potential is the Simalungun with a total radiation of 560,0373 W / m². while the city that has the smallest radiation is lift, with a radiation value of 275.1115 W / m².

Keywords: Potential Radiation, Mathematical Approach, Total Radiation

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Potensi Raidasi Matahari Di Sumatera Utara Berdasarkan Pendekatan Matematika” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.Tselaku Dosen Pembimbing I dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Affandi S.T., M.Tselaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.Tselaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Orang tua penulis: Rusman S. dan Sitam, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Mesin.

Medan, 22 April 2021

Muhammad Daud

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	1
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Potensi Radiasi Matahari	3
2.2. Pengertian Radiasi	4
2.3. Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi	4
2.4. Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi	5
2.4.1. Jarak antara matahari dan bumi	6
2.4.2. Panjang hari dan sudut datang	6
2.4.3. Pengaruh atmosfer bumi	6
2.5. Lama Penyinaran Matahari	6
2.6. <i>Solstice</i>	7
2.7. Perhitungan Secara Teori	7
BAB 3 METODE PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu	12
3.1.1. Tempat	12
3.1.2. Waktu	12
3.2 Alat yang Digunakan	12
3.2.1. Komputer	13
3.2.2. Software <i>microsoft excel 2010</i>	13
3.3 Diagram Alir Penelitian	14
3.4 Prosedur Penelitian	15
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Prosedur Penelitian	16
4.2 Perhitungan Data	17
4.2.1 Kota Medan	17
4.2.2 Kota Asahan	26
4.2.3 Kota Batubara	36

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Urutan hari berdasarkan bulan	9
Tabel 2.2.	Faktor Koreksi untuk berbagai kondisi iklim	10
Tabel 3.1.	Jadwal dan Kagiatan Saat Melakukan Penelitian	12
Tabel 4.1.	Hasil perhitungan sudut deklinasi selama 1 bulan pada bulan Januari	18
Tabel 4.2.	Tabel jam standart dan sudut jam pada 1 januari	19
Tabel 4.3.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 09 :00 pada bulan januari	19
Tabel 4.4.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 12 :00 pada bulan januari	20
Tabel 4.5.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 15 :00 pada bulan januari	21
Tabel 4.6.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 18 :00 pada bulan januari	22
Tabel 4.7.	Hasil perhitungan radiasi setelah dirata-ratakan selama 1 bulan Untuk Kota medan pada bulan januari	25
Tabel 4.8.	Hasil perhitungan sudut deklinasi selama 1 bulan pada bulan Januari	27
Tabel 4.9.	Tabel jam standart dan sudut jam pada 1 januari	28
Tabel 4.10.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Asahan pada pukul 09 :00 pada bulan januari	29
Tabel 4.11.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Asahan pada pukul 12 :00 pada bulan januari	30
Tabel 4.12.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 15 :00 pada bulan januari	31
Tabel 4.13.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Asahan pada pukul 18 :00 pada bulan januari	32
Tabel 4.14.	Hasil perhitungan radiasi setelah dirata-ratakan selama 1 bulan Untuk Kota Asahan pada bulan januari	35
Tabel 4.15.	Hasil perhitungan sudut deklinasi selama 1 bulan pada bulan Januari	36
Tabel 4.16.	Tabel jam standart dan sudut jam pada 1 januari	38
Tabel 4.17.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Batubara pada pukul 09 :00 pada bulan januari	38
Tabel 4.18.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Batubara pada pukul 12 :00 pada bulan januari	39
Tabel 4.19.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Batubara pada pukul 15 :00 pada bulan januari	40
Tabel 4.20.	Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Batubara pada pukul 18 :00 pada bulan januari	41
Tabel 4.21.	Hasil perhitungan radiasi setelah dirata-ratakan selama 1 bulan Untuk Kota Batubara pada bulan januari	44
Tabel 4.22.	Radiasi total rata-rata kabupaten/kota	45
Tabel 4.23.	Radiasi total rata-rata kabupaten/kota	46
Tabel 4.24.	Radiasi total rata-rata kabupaten/kota	46

Tabel 4.25.	Radiasi total rata-rata kabupaten/kota	47
Tabel 4.26.	Radiasi total rata-rata kabupaten/kota	47
Tabel 4.27.	Radiasi total rata-rata kabupaten/kota	47
Tabel 4.28.	Radiasi total rata-rata kabupaten/kota	48
Tabel 4.29.	Rata-rata Radiasi total Selama 12 Bulan	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Radiasi Matahari	3
Gambar 2.2.	Radiasi Pada Permukaan Bumi	4
Gambar 2.3.	Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi	5
Gambar 4.1.	Komputer Dan <i>Microsoft excel</i> 2010	16
Gambar 4.2.	Website Badan Pusat Statistik Kabupaten	16
Gambar 4.3.	Grafik Perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara	49
Gambar 4.4.	Grafik Perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara	50
Gambar 4.5.	Grafik Perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara	50

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
δ	Sudut Deklinasi	°
τ_b	Fraksi Radiasi Beam	-
τ_d	Fraksi Radiasi Difusi	-
ω	Sudut jam	°
n	Urutan Hari Pada suatu Tahun	-
$\cos \theta_z$	Cosinus Sudut Zenith	°
θ_z	Sudut Zenith	°
ϕ	Sudut Latitude	°
ST	Jam Matahari	-
STD	Jam Standart	-
G_{sc}	Konstanta Matahari	watt/m ²
E	<i>Equation Of Time</i>	Menit
A	Ketinggian Daerah	Km
$G_{cl.b}$	Radiasi Beam	watt/m ²
$G_{cl.d}$	Radiasi Difusi	watt/m ²
G_{cl}	Radiasi Langsung	watt/m ²
L_{st}	Standar Meridian Waktu Indonesia barat	°
L_{loc}	Derajat Bujur Kabupaten yang Dihitung	°

BAB 1

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Matahari adalah salah satu fenomena alam yang memiliki manfaat bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Intensitas radiasi matahari merupakan salah satu fenomena fisis dari matahari yang memiliki banyak kegunaan dan manfaat. Matahari juga merupakan sumber energi yang tidak akan habis dan belum banyak dimanfaatkan oleh manusia. Seperti yang kita ketahui matahari memiliki banyak manfaat, baik itu pada bumi dan pada manusia secara tidak langsung,

Radiasi yang dipancarkan matahari sudah dimanfaatkan sebagai sumber energi. Hal ini dikarenakan jumlah bahan bakar fosil yang semakin menipis sehingga memanfaatkan energi matahari merupakan suatu cara untuk mendapatkan energi listrik untuk kebutuhan manusia. Pemanfaatan radiasi matahari sama sekali tidak menimbulkan polusi ke atmosfer. Berbeda dengan sumber energi lainnya, energi matahari bisa dijumpai di seluruh permukaan bumi.

Pemanfaatan radiasi matahari sebagai sumber energi dengan menggunakan solar sel yang terdiri dari satu satuan peralatan untuk membangkitkan daya listrik dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi listrik dasar yaitu dengan mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik melalui konversi photovoltaic sel surya.

Sumatera Utara merupakan wilayah yang terdiri dari 33 kabupaten/kota. Wilayah ini memiliki letak geografis yang berbeda-beda sehingga terdapat perbedaan radiasi matahari. Atas dasar itulah maka penelitian ini mencoba untuk menghitung potensi radiasi matahari melalui pendekatan matematika.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah “Seberapa besar nilai potensi radiasi matahari di 33 kabupaten/kota yang terdapat di Sumatera Utara berdasarkan pendekatan matematika”.

1.3 Ruang lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data melalui website setiap kabupaten di Sumatera Utara. Metode yang digunakan dengan melakukan pendekatan secara matematika.
2. Perhitungan analisa dilakukan pada pukul 09:00, 12:00, 15:00, dan 18:00

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui potensi radiasi matahari di 33 kabupaten/ kota yang terdapat di Sumatera Utara.
2. Untuk membandingkan nilai radiasi total antara kabupaten satu dengan kabupaten lainnya yang terdapat di Sumatera Utara

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari tugas akhir ini yaitu:

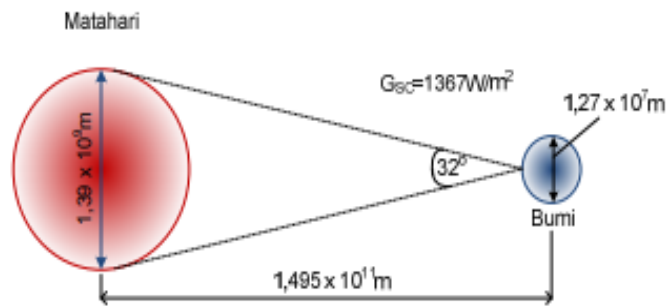
1. Agar dapat dijadikan rujukan sebagai bahan referensi dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir bagi mahasiswa-mahasiswa teknik.
2. Untuk mengetahui potensi radiasi matahari di seluruh kabupaten Sumatera Utara.
3. Memperoleh pengalaman dalam menganalisis data
4. Bagi penulis sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Radiasi Matahari

Matahari adalah salah satu fenomena alam yang memiliki manfaat bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Matahari setiap menit memancarkan energi sebesar 56×10^{26} kalori. Dari energi ini bumi menerima $2,55 \times 10^{18}$ kalori atau hanya $\frac{1}{2} \times 10^9$ nya. Matahari mempunyai diameter $11,39 \times 10^6$ m. Jarak rata-rata matahari dari permukaan bumi adalah $1,495 \times 10^8$ m seperti pada Gambar 2.1. Waktu tempuh sinar matahari sampai ke permukaan bumi sekitar 8 menit 20 detik.



Gambar 2.1. Hubungan antara Matahari dan Bumi

Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di Matahari. Energi radiasi matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar x, sinar gamma, sinar ultra violet, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah. (Djenal, 2015)

Berikut ini adalah beberapa penelitian tentang radiasi matahari yang telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti;

- Nanang Endriatno, DKK (2019). Melakukan penelitian tentang Analisis Potensi Energi Matahari Di kota Kendari.
- Muliadi, DKK (2018). Melakukan penelitian tentang Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah kota Makasar.
- Baharudin, M. dan Ishak, T. (2012). Melakukan penelitian Tentang Analisis Ketersediaan Radiasi Matahari di Kota Makassar.

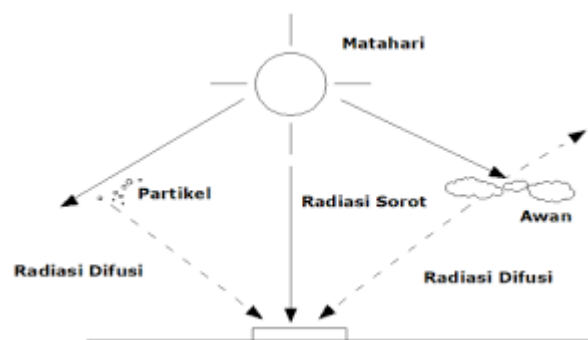
2.2 Pengertian Radiasi

Radiasi adalah sebuah mekanisme perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan benda ke permukaan lain tanpa adanya material (medium) yang membawa panas, perpindahan panas terjadi dengan gelombang elektromagnetik dan dapat menempati ruang hampa (vakum).

Pengertian lain dari radiasi adalah suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang mempunyai suhu di atas nol mutlak dan merupakan satu-satunya bentuk energi yang dapat menjalar di dalam vakum angkasa luar.(Yuliatmaja, 2009)

2.3 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi

Radiasi matahari yang tiba di bumi telah mengalami pelemahan yang disebabkan oleh refleksi dan penyebaran di atmosfer bumi. Radiasi yang mencapai permukaan bumi, radiasi yang tak mengalami perubahan arah disebut radiasi sorot (beam radiation) sedang radiasi yang telah mengalami perubahan arah karena refleksi dan penyebaran disebut radiasi difusi (diffuse radiation) seperti pada Gambar 2.2. Jumlah radiasi sorot dan radiasi difusi disebut radiasi global. Radiasi matahari diukur berdasarkan atas fluks yang tiba pada permukaan horizontal di bumi yang menghadap ke atas. Fluks radiasi diukur dengan menggunakan alat *Solar Power Meter*.(Endriatno et al., 2019)



Gambar 2.2 Radiasi Pada Permukaan Bumi(Endriatno et al., 2019)

Ada tiga macam cara radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, yaitu :

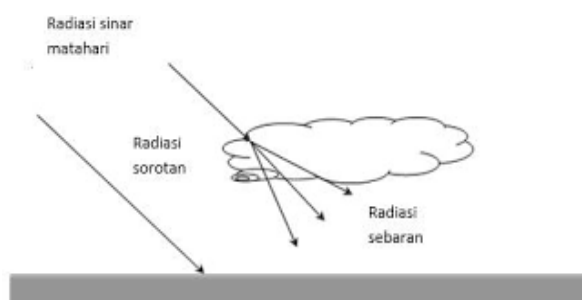
- a. Radiasi langsung (Beam/Direct Radiation) Adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.
- b. Radiasi hambur (Diffuse Radiation) Adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.

- c. Radiasi total (Global Radiation) Adalah penjumlahan radiasi langsung (direct radiation) dan radiasi hambur (diffuse radiation).

Radiasi yang dipancarkan oleh matahari ke setiap sudut di angkasa berbentuk gelombang elektromagnetik yang membawa energi dengan kecepatan cahaya. Radiasi matahari ini mengalami penyerapan, pemantulan, dan hamburan di semua lokasi 7 vertikal horizontal penjarannya yang memasuki atmosfer bumi. Hal tersebut ditimbulkan oleh adanya banyak aktifitas seperti cuaca dan iklim. Selain radiasi matahari yang sampai ke permukaan berbeda di setiap tempat disebabkan oleh geometri bumi, jaraknya terhadap matahari, keadaan geografis, perbedaan lintang, dan bujur, dan komposisi atmosfer.

2.4 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

Radiasi matahari yang tersedia di luar atmosfer bumi atau sering disebut konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang- gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang- gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul- molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi. Dengan adanya faktor-faktor di atas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat. Faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan radiasi matahari di permukaan bumi adalah :

2.4.1 Jarak antara matahari dan bumi

Bumi mengelilingi matahari (berevolusi) dengan lintasan yang berbentuk elips. Revolusi bumi berakibat terjadinya kemiringan sumbu bumi yang selalu searah sehingga menyebabkan adanya pergantian musim dan perubahan lamanya siang dan malam. (Yuliatmaja, 2009)

2.4.2 Panjang hari dan sudut datang

Radiasi matahari yang di terima permukaan bumi pada suatu waktu tertentu di sebabkan oleh sudut datang matahari. Perbedaan tempat menurut lintang dapat menyebabkan perbedaan periode penerimaannya yang disebut panjang hari. Sudut datang sinar matahari selalu berubah setiap saat. Semakin besar sudut datang sinar matahari makin besar pula intensitas radiasi matahari yang diterima bumi.

2.4.3 Pengaruh atmosfer bumi

Pada waktu radiasi matahari memasuki atmosfer menuju permukaan bumi (daratan dan lautan), radiasi tersebut akan dipengaruhi oleh gas-gas aerosol serta awan yang ada di atmosfer, sebagian akan dipantulkan kembali ke luar angkasa, sebagian akan diserap dan sisanya akan diteruskan ke permukaan bumi berupa radiasi langsung maupun radiasi baur (diffuse). Sumber-sumber aerosol atmosfer yaitu partikel-partikel padat yang mengapung di atmosfer. Awan juga merupakan komponen penting dalam mempengaruhi penerimaan radiasi matahari oleh permukaan bumi. Lama matahari bersinar cerah (jam) selama sehari disebut lama penyinaran yang ditentukan oleh ada atau tidaknya penutupan awan.

2.5 Lama Penyinaran Matahari

Lama penyinaran matahari (sunshine duration) adalah lamanya matahari bersinar sampai permukaan bumi dalam periode satu hari yang diukur dalam jam. Periode satu hari disebut panjang hari (jangka waktu matahari berada di atas 20 horison). Lama matahari bersinar ini dalam periode harian adalah bervariasi dari bulan ke bulan. Pengukuran durasi sinar matahari merupakan jenis pengukuran radiasi yang tertua, tetapi meskipun demikian, penyinaran matahari tetap bermanfaat karena dua hal. Pertama, durasi penyinaran adalah salah satu parameter yang penting dari iklim suatu tempat (lokasi). Penggunaan data ini misalnya dalam bidang pertanian, perkebunan, karena durasi sinar matahari berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Kedua, dari data durasi penyinaran matahari dapat diturunkan fluksi

total dari radiasi matahari yang jatuh pada permukaan horizontal dari suatu lokasi.(Yuliatmaja, 2009)

2.6 *Solstice*

Solstice merupakan saat dimana perbedaan panjang siang dan malam mencapai maksimum. Panjang siang dan malam berubah-ubah secara periodik dari hari ke hari. Dalam satu tahun, pada waktu tertentu siang akan lebih panjang dari malam, dan sebaliknya. Dua kali dalam satu tahun, siang dan malam sama panjang. Perbedaan panjang siang dan malam, dan perubahannya dari hari ke hari sepanjang tahun lebih mudah diamati dari daerah-daerah lintang tinggi, namun di daerah dengan lintang rendah pun dapat diamati walaupun selisihnya sedikit. Terjadinya perubahan panjang siang dan malam ini disebabkan oleh bidang katulistiwa bumi yang tidak sebidang dengan bidang orbitnya (yang dinamakan 16 ekliptika), tetapi membentuk sudut sekitar $23,5^\circ$. Kedua bidang ini (katulistiwa dan ekliptika) membentuk sudut, sedangkan bumi mengelilingi matahari, maka pada waktu-waktu tertentu, matahari berada di sebelah utara katulistiwa, dan di waktu yang lain di sebelah selatan katulistiwa.(Yuliatmaja, 2009)

Perbedaan panjang siang dan malam ini selain bergantung pada ketinggian matahari dari katulistiwa, juga ditentukan oleh lintang geografis lokasi dipermukaan bumi, semakin jauh dari katulistiwa bumi, semakin besar perbedaan panjang siang dan malam. Negara-negara yang berada pada lintang tinggi, saat matahari terbenam atau terbit dalam satu tahun bisa berbeda beberapa jam. Indonesia yang berada di sekitar katulistiwa, hampir tidak merasakan perbedaan lamanya siang dan malam.

2.7 Perhitungan Secara Teori

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan intensitas radiasi matahari total, radiasi langsung dan radiasi difusi, seperti dibawah ini:

1. Radiasi global yang tiba pada permukaan yang tegak lurus terhadap arah sinar matahari (Gon)

Variasi Perbedaan pada jarak matahari dan bumi akibat dari lintasan bumi yang berbentuk elips, menyebabkan variasi radiasi permukaan diluar atmosfer bumi (Variation of extraterrestrial radiation). Persamaan sederhana diberikan oleh Spencer (1971) yang memberikan akurasi persamaan ($\pm 0.01\%$):

$$G_{on} = G_{sc} (1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B) \quad (2.1)$$

Dimana :

G_{sc} = Nilai konstanta matahari (1367 W/m²)

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} \quad (2.2)$$

n = jumlah hari sepanjang tahunnya (Misalnya 3 Januari, n = 3, dst)

n adalah urutan hari pada suatu tahun. Berdasarkan bulan yang diketahui ditampilkan pada Tabel 2.1.

2. Solar time atau jam matahari

Solar time atau jam matahari Adalah waktu berdasarkan pergerakan semu matahari di langit pada tempat tertentu. Jam matahari (disimbolkan ST) berbeda dengan penunjukkan jam biasa (standard time, disimbolkan STD). Hubungannya adalah:

$$ST = STD + 4(L_{st} - L_{loc}) + E \quad (2.3)$$

Dimana:

L_{st} = standard meridian waktu indonesia bagian barat (105°)

L_{loc} = derajat bujur kabupaten yang sedang dihitung(°BT)

jika daerah yang dihitung ada pada bujur timur, maka gunakan tanda minus didepan angka 4 dan jika bujur barat adalah tanda plus.

E = *Equation Of time*.

dalam satuan menit dirumuskan oleh Spencer (1971):

$$E = 229,2(0,00075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B) \quad (2.4)$$

Parameter B dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2).

3. Sudut Jam

Sudut jam ω adalah sudut pergeseran semu matahari dari dari garis siang. Perhitungan berdasarkan jam matahari (ST), setiap berkurang 1 jam, ω berkurang 15° dan setiap bertambah 1 jam, ω bertambah 15°. Artinya tepat pukul 12.00 siang, $\omega = 0$, pukul 11.00 pagi $\omega = -15^\circ$ dan pukul 14.00, $\omega = 30^\circ$.

4. Sudut Deklinasi

Sudut deklinasi adalah kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya, Sudut deklinasi dapat dihitung dengan persamaan yang diajukan Cooper (1969) :

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360}{365}(284 + n)\right) \quad (2.5)$$

n = jumlah hari sepanjang tahunnya (Misalnya 3 Januari $n= 3$, dst)

n adalah urutan hari pada suatu tahun.

Tabel 2.1 Urutan hari berdasarkan bulan

Bulan	Nilai n pada hari yang ke- i
Januari	i
Februari	$31 + i$
Maret	$59 + i$
April	$90 + i$
Mei	$120 + i$
Juni	$151 + i$
Juli	$181 + i$
Agustus	$212 + i$
September	$243 + i$
Oktober	$273 + i$
November	$304 + i$
Desember	$334 + i$

Sumber: (Endriatno et al., 2019)

5. Sudut Zenith

Sudut Zenith adalah sudut antara garis vertikal keatas dan garis matahari atau sudut jatuh radiasi langsung pada permukaan horizontal .

$$\cos \theta_z = \cos \phi . \cos \delta . \cos \omega + \sin \phi . \sin \delta \quad (2.6)$$

Dimana: Sudut latitud (ϕ) = koordinat lintang (diperoleh dari website setiap kabupaten), tanda positif menunjukkan kearah atas, sedangkan tanda minus dikoordinat latitud menuju kutub selatan($^{\circ}$ LS)

6. Fraksi radiasi langsung pada kondisi cerah

Hottel (1976) merumuskan fraksi radiasi langsung yang pada kondisi cerah menggunakan persamaan berikut:

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right) \quad (2.7)$$

a_0, a_1, k , dan k^* digunakan untuk ketinggian hingga 23 km diberikan oleh persamaan 2.8 berikut:

$$a_0^* = 0,4237 - 0,00821(6 - A)^2 \quad (2.8a)$$

$$a_1^* = 0,5055 - 0,00595(6,5 - A)^2 \quad (2.8b)$$

$$k^* = 0,271 - 0,01858(2,5 - A)^2 \quad (2.8c)$$

Faktor koreksi untuk jenis iklim ditunjukkan pada tabel 2.2 dan diperoleh dari rumus berikut:

$$r_0 = \left(\frac{a_0}{a_0^*}\right); \quad r_1 = \left(\frac{a_1}{a_1^*}\right); \quad r_k = \left(\frac{k}{k^*}\right) \quad (2.9)$$

Dimana r_0 , r_1 dan r_k adalah koreksi akibat iklim yang ditampilkan pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Faktor Koreksi untuk berbagai kondisi iklim.

Jenis iklim	r_0	r_1	r_k
<i>Tropical</i>	0,95	0,98	1,02
<i>Midlatitude</i>	0,97	0,99	1,02
<i>Summer</i>			
<i>Subarctic Summer</i>	0,99	0,99	1,01
<i>Midlatitude</i>	1,03	1,01	1,00
<i>Winter</i>			

Sumber: (Endriatno et al., 2019)

7. Fraksi radiasi difusi pada kondisi cerah

$$\tau_d = 0,271 - 0,294\tau_b \quad (2.10)$$

8. Radiasi Langsung pada kondisi cerah

$$G_{cl,b} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_b \quad (2.11)$$

9. Radiasi Difusi pada kondisi cerah

$$G_{cl,d} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_d \quad (2.12)$$

10. Radiasi total pada kondisi cerah

$$G_{cl} = G_{cl,b} + G_{cl,d} \quad (2.13)$$

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Study literature	■	■	■				
2	Pengambilan data tugas akhir				■	■		
3	Pengolahan/perhitungan data				■	■		
4	Menganalisa hasil perhitungan data					■	■	
5	Penyelesaian penulisan						■	■
6	Seminar hasil dan sidang sarjana							■

3.2 Alat yang digunakan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut;

3.2.1 Komputer

Komputer disini berfungsi untuk mengambil data yang bersumber dari *website* setiap kabupaten/kota dan sebagai alat untuk melakukan pengolahan data dengan menggunakan *microsoft excel2010*.



Gambar 3.1.komputer

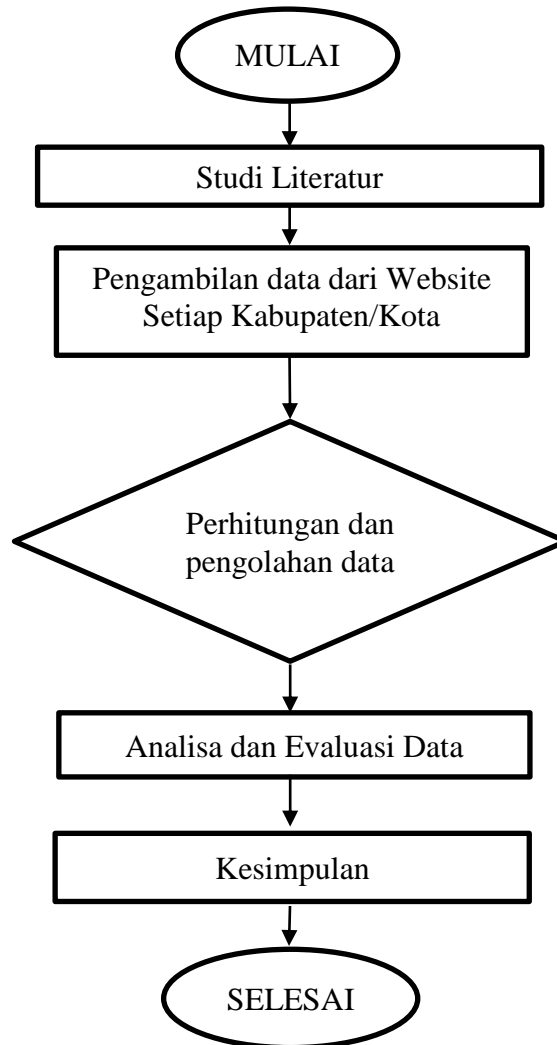
3.2.2 Software *Microsoft excel*

Microsoft excel digunakan untuk melakukan pengolahan data yang di dapat dari *website* setiap kabupaten/kota.



Gambar 3.2. Software *Microsoft excel2010*

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3. Diagram alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari gambar 3.1 diatas:

1. Study Literatur, merupakan bagian sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Studi literature dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.
2. Pengambilan data diambil melalui website setiap kabupaten/kota
3. Melakukan perhitungan dan pengolahan data guna mengetahui besarnya potensi radiasi di kabupaten yang terdapat di Sumatera Utara.

4. Menganalisa perhitungan intensitas radiasi dan mengevaluasi jika diperlukan akibat kesalahan dalam perhitungan.
5. Menyimpulkan hasil yang telah di evaluasi sebelumnya
6. Selesai

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

1. Mempersiapkan alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu komputer dan *software microsoft excel 2010*.

2. Mengambil/meng-input data

Data yang diambil yaitu bersumber dari *website* setiap kabupaten.

3. Melakukan pengolahan/perhitungan data

Pada penelitian ini menggunakan metode perhitungan secara teori, yang bertujuan untuk mengetahui besar radiasi total yang terjadi di kabupaten yang terdapat di Sumatera utara.

4. Selesai.

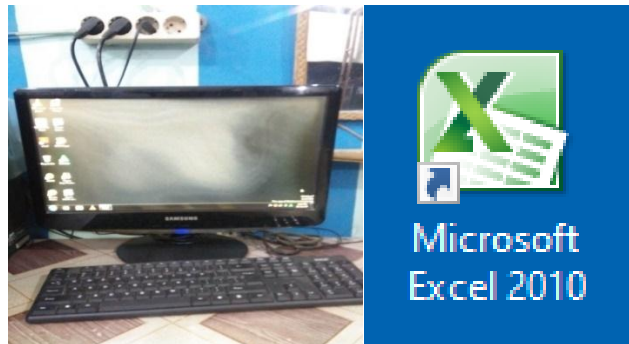
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

1. Mempersiapkan alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu komputer dan *software microsoft excel 2010* seperti pada Gambar 4.1.

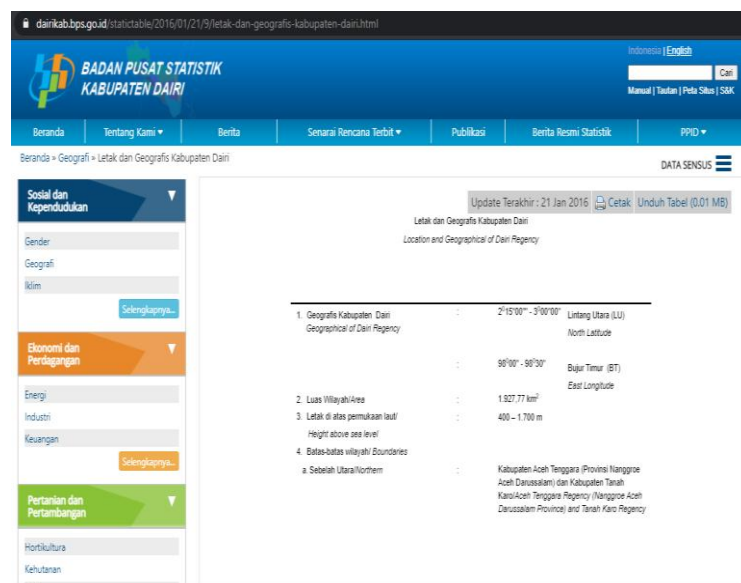


Gambar 4.1. Komputer Dan *Microsoft excel2010*

Hal ini bertujuan untuk memudahkan peneliti mengakses data dari *website* setiap kabupaten dan memudahkan peneliti melakukan pengolahan data menggunakan *microsoft excel*.

2. Mengambil/meng-input data

Data yang diambil yaitu bersumber dari *website* setiap kabupaten seperti Pada Gambar 4.2.

The screenshot shows the website of the Badan Pusat Statistik Kabupaten Dairi. The page title is 'Letak dan Geografis Kabupaten Dairi'. It displays geographical data for the Dairi Regency, including coordinates, area, and elevation. The data is presented in a table format.

No	Geografis Kabupaten Dairi Geographical of Dairi Regency	2°15'00"-3°00'00" Lintang Utara (LU) North Latitude	98°00' - 98°30' Bujur Timur (BT) East Longitude
1	Luas Wilayah/Area	1.927,77 km ²	
2	Letak di atas permukaan laut/ Height above sea level	400 - 1.700 m	
3	Batas-batas wilayah/ Boundaries a. Sebelah Utara/Northern	Kabupaten Aceh Tenggara (Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam) dan Kabupaten Tanah Karai-Aceh Tenggara Regency (Nanggroe Aceh Darussalam Province) and Tanah Karai Regency	

Gambar 4.2. Website Badan Pusat Statistik Kabupaten

Hal ini bertujuan untuk memudahkan peneliti untuk melakukan perhitungan guna mengetahui kota yang memiliki nilai radiasi total terbesar di Sumatera Utara.

3. Melakukan pengolahan/perhitungan data

Pada penelitian ini menggunakan metode perhitungan secara teori, yang bertujuan untuk mengetahui besar radiasi total yang terjadi di kabupaten yang terdapat di Sumatera Utara.

4.2 Perhitungan data

Pada penelitian ini perhitungan dilakukan secara teori yang bertujuan untuk mengetahui sudut deklinasi, radiasi beam, radiasi difusi dan radiasi total di seluruh kabupaten di Sumatera Utara pada saat kondisi cerah. Adapun data dalam perhitungan ini diperoleh dari *website* setiap kabupaten Sumatera Utara. data yang dimaksud yaitu meliputi koordinat lintang dan bujur serta ketinggian kabupaten dari permukaan laut. Disini untuk memudahkan dalam perhitungan peneliti menggunakan *software microsoft excel 2010*. Pada penelitian ini, perhitungan teori dilakukan selama 12 bulan. Kemudian data hasil perhitungan di rata-ratakan setiap 1 bulan dari pukul 09:00 sampai 18:00. Berikut ini adalah perhitungan selama 12 bulan pada kota Medan ;

4.2.1 Kota Medan

Dimana : Letak Kota Medan $3^{\circ}43'00''$ LU atau $3,71^{\circ}$ LU dan $98^{\circ}44'$ BT atau $98,73^{\circ}$ BT dan memiliki ketinggian (A)= 37,5 m dpl.(data diperoleh dari website kota medan, medankab.bps.go.id)

- Bulan Januari

Pada tanggal 1 januari pada pukul 09:00 WIB

$$n = i \rightarrow n = 1$$

dimana n adalah urutan hari setiap tahun dan i adalah urutan hari pada setiap bulan. Rumus n dapat dilihat dari tabel 2.1. pada bab 2.

Kemudian langkah selanjutnya menghitung sudut deklinasi (δ) menggunakan persamaan 2.5 pada bab 2.

$$\begin{aligned}\delta &= 23,45 \sin\left(\frac{360}{365}(284 + 1)\right) \\ &= -23,0116^{\circ}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan hari selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel 2010*. Hasil perhitungan sudut deklinasi pada bulan januari dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini;

Tabel 4.1. Hasil perhitungan sudut deklinasi selama 1 bulan pada bulan Januari

Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)	Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)	Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)
1	-23,0116	12	-21,7509	23	-19,7125
2	-22,9305	13	-21,5968	24	-19,4910
3	-22,8427	14	-21,4363	25	-19,2636
4	-22,7480	15	-21,2695	26	-19,0306
5	-22,6466	16	-21,0963	27	-18,7919
6	-22,5385	17	-20,9170	28	-18,5477
7	-22,4237	18	-20,7314	29	-18,2979
8	-22,3023	19	-20,5397	30	-18,0428
9	-22,1742	20	-20,3419	31	-17,7823
10	-22,0396	21	-20,1380		
11	-21,8985	22	-19,9282		

Langkah berikutnya yaitu mencari nilai B dengan menggunakan persamaan 2.2. maka;

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} = 0$$

Kemudian dengan menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Spencer (1971) pada persamaan 2.4. mencari nilai E sehingga diperoleh;

$$E = 229,2(0,00075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B)$$

$$E = -2,90$$

Dengan diperolehnya nilai E, kemudian menghitung jam matahari dengan menggunakan persamaan 2.3 pada bab 2. Jam matahari (disimbolkan ST) berbeda dengan penunjukkan jam biasa (standard time, disimbolkan STD).

Maka;

$$ST = STD \pm 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

Dimana:

L_{st} = standard meridian waktu indonesia bagian barat (105°)

L_{loc} = derajat bujur kota medan (°BT)

jika daerah yang dihitung ada pada bujur timur, maka gunakan tanda minus didepan angka 4 dan jika bujur barat adalah tanda plus.

Sehingga,

$$ST = STD - 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

$$ST = 8,60 - 4(100 - 98,73) + (-2,90) = 8,38$$

maka jam matahari diperoleh 8,38

Tabel 4.2 Tabel jam standart dan sudut jam pada 1 januari

Jam biasa (STD)	Sudut jam (ω)	Jam matahari (ST)
8,60	-45	8,38
11,60	0	11,38
14,60	45	14,38
17,60	90	17,38

Dimana ; ω adalah sudut pergeseran semu matahari dari dari garis siang.setiapberkurang 1 jam, ω berkurang 15° dan setiap bertambah 1 jam, ω bertambah 15° . Artinya tepat pukul 12.00 siang, $\omega = 0$. Dan dalam perhitungan ini dimulai dari pukul 8:00, dan nilai ω yaitu -60°

Maka dengan demikian sudut jam permenit pada pukul 09:00 adalah

$$\omega / \text{menit} = -15 / 60 = -0,25$$

Selanjutnya menghitung ω°

$$\omega^\circ = \left[\omega + (STD - ST) \times 100 \times \omega / \text{menit} \right]$$

$$= -50,5439$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada bulan januari

Tabel 4.3 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 09 :00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	deklinasi	B	08:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	-50,5439	-0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	-50,4321	-0,25

3	-22,8427	1,9726	-3,79	-50,3213	-0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	-50,2118	-0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	-50,1035	-0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	-49,9965	-0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	-49,8911	-0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	-49,7872	-0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	-49,6849	-0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	-49,5844	-0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	-49,4858	-0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	-49,3891	-0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	-49,2944	-0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	-49,2018	-0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	-49,1114	-0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	-49,0233	-0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	-48,9375	-0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	-48,8541	-0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	-48,7733	-0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	-48,6949	-0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	-48,6192	-0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	-48,5462	-0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	-48,4759	-0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	-48,4085	-0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	-48,3438	-0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	-48,2821	-0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	-48,2234	-0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	-48,1676	-0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	-48,1149	-0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	-48,0652	-0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	-48,0186	-0,25

Tabel 4.4 Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 12 :00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	deklinasi	B	11:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	5,54389	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	5,43208	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	5,32134	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	5,21177	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	5,103466	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	4,996532	0,25

7	-22,4237	5,9178	-5,52	4,891066	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	4,787167	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	4,684928	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	4,584442	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	4,485802	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	4,389095	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	4,294408	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	4,201825	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	4,11143	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	4,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	3,937513	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	3,854142	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	3,77326	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	3,694934	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	3,619231	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	3,546213	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	3,475939	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	3,408466	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	3,343847	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	3,28213	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	3,22337	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	3,167601	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	3,114868	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	3,065206	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	3,018648	0,25

Tabel 4.5 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 15:00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	deklinasi	B	14:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	50,5439	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	50,4321	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	50,3213	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	50,2118	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	50,1035	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	49,9965	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	49,8911	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	49,7872	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	49,6849	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	49,5844	0,25

11	-21,8985	9,8630	-7,14	49,4858	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	49,3891	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	49,2944	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	49,2018	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	49,1114	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	49,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	48,9375	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	48,8541	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	48,7733	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	48,6949	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	48,6192	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	48,5462	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	48,4759	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	48,4085	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	48,3438	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	48,2821	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	48,2234	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	48,1676	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	48,1149	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	48,0652	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	48,0186	0,25

Tabel 4.6 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada pukul 18:00 pada bulan januari

Jam/ Tanggal	deklinasi	B	17:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	95,5439	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	95,4321	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	95,3213	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	95,2118	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	95,1035	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	94,9965	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	94,8911	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	94,7872	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	94,6849	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	94,5844	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	94,4858	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	94,3891	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	94,2944	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	94,2018	0,25

15	-21,2695	13,8082	-8,63	94,1114	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	94,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	93,9375	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	93,8541	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	93,7733	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	93,6949	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	93,6192	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	93,5462	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	93,4759	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	93,4085	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	93,3438	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	93,2821	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	93,2234	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	93,1676	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	93,1149	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	93,0652	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	93,0186	0,25

Dengan menggunakan persamaan 2.6 pada bab 2 selanjutnya menghitung sudut zenith.

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta$$

(ϕ) = koordinat lintang (diperoleh dari website kabupaten medan) yaitu 3,71°LU

Jadi, besar sudut zenit yaitu

$$\begin{aligned} \cos \theta_z &= \cos 3,71 \cdot \cos(-23,0116) \cdot \cos -50,5439 + \sin 3,71 \cdot \sin(-23,0116) \\ &= 0,558 \end{aligned}$$

$$\theta_z = 56,05495$$

Langkah berikutnya yaitu mencari koefisien pada persamaan 2.8 pada bab 2. Dengan ketinggian kota medan(A) = 37,5 m diatas permukaan laut sehingga diperoleh;

A = 37,5 m → 0,375 km (diperoleh dari website data Badan pusat Statistik Sumut. pada posisi tertinggi di kabupaten medan)

$$a_0^* = 0,4237 - 0,00821(6 - 0,375)^2 = 0,1639$$

$$a_1^* = 0,5055 - 0,00595(6,5 - 0,375)^2 = 0,7287$$

$$k^* = 0,271 - 0,01858(2,5 - 0,375)^2 = 0,355$$

Karena medan dikategorikan sebagai daerah yang ber-iklim tropis maka digunakan faktor koreksi iklim tropical. Faktor koreksi iklim tropical dapat dilihat pada tabel 2.2 bab 2. Dengan menggunakan persamaan 2.9 pada bab 2 maka diperoleh:

$$r_0 = \left(\frac{a_0}{a_0^*} \right) \rightarrow a_0 = r_0 \cdot a_0^* = 0,1557$$

$$r_1 = \left(\frac{a_1}{a_1^*} \right) \rightarrow a_1 = r_1 \cdot a_1^* = 0,714$$

$$r_k = \left(\frac{k}{k^*} \right) \rightarrow k = r_k \cdot k^* = 0,362$$

Setelah itu menghitung Fraksi radiasi langsung pada kondisi cerah dengan menggunakan yang dirumuskan Hottel(1976) pada persamaan 2.7 diperoleh;

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right)$$

$$\tau_b = 0,1557 + 0,714 \exp\left(\frac{-(0,362)}{0,558}\right) = 0,529$$

Menghitung fraksi radiasi difusi pada kondisi cerah dengan menggunakan persamaan 2.10 pada bab 2 sehingga diperoleh;

$$\tau_d = 0,271 - 0,294\tau_b = 0,115$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung radiasi sebelum memasuki atmosfer dengan menggunakan persamaan 2.1 rumus yang di ajukan oleh Spencer(1971) sehingga di peroleh;

$$G_{on} = G_{sc} (1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B)$$

dimana;

$$G_{sc} = \text{Nilai konstanta matahari (1367 W/m}^2 \text{)}$$

Dan nilai B dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2. maka;

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} = 0 \quad \text{Sehingga,}$$

$$\begin{aligned} G_{on} &= 1367 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} (1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B) \\ &= 1414,913 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

Maka radiasi Langsung pada kondisi cerah pada pukul 09:00 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11 pada bab 2;

$$G_{cl.b} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_b$$

$$G_{cl.b} = 1414,913 \frac{W}{m^2} \times 0,558 \times 0,529 = 418,0517 \frac{W}{m^2}$$

Selanjutnya menghitung radiasi difusi pada kondisi cerah pada pukul 09:00 menggunakan persamaan 2.12 pada bab 2 berikut ini;

$$G_{cl.d} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_d$$

$$G_{cl.d} = 1414,913 \frac{W}{m^2} \times 0,558 \times 0,115 = 91,2056 \frac{W}{m^2}$$

Maka Radiasi total dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13 pada bab 2. Sehingga diperoleh;

$$G_{cl} = G_{cl.b} + G_{cl.d}$$

$$G_{cl} = 418,0517 + 91,2056 = 509,2573 \frac{W}{m^2}$$

Hasil perhitungan diatas adalah hasil perhitungan pada pukul 08:60 wib pada hari ke-1 di bulan januari. Untuk hasil perhitungan radiasi matahari total ,radiasi beam, dan radiasi difusi selama 1 bulan pada bulan januari dari pukul 8:60 sampai pukul 17:60 dapat dilihat pada tabel 4.6. semua parameter dihitung setiap 1 jam, lalu dirata-ratakan selama satu bulan, sehingga data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.7. Hasil perhitungan radiasi setelah dirata-ratakan selama 1 bulan untuk kota medan pada bulan januari

Tanggal	Jam	Fraksi radiasi Beam τ_b	Fraksi radiasi Difusi τ_d	Radiasi beam $G_{cl.b}$ $(\frac{W}{m^2})$	Radiasi difusi $G_{cl.d}$ $(\frac{W}{m^2})$	Radiasi total $G_{cl.}$ $(\frac{W}{m^2})$
1	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	399.925	63.758	463.683
2	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	401.338	63.946	465.284
3	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	402.769	64.134	466.903

	17,60					
4	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	404.216	64.323	468.538
5	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	405.678	64.511	470.189
6	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	407.154	64.699	471.853
7	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	408.644	64.887	473.531
8	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	410.145	65.074	475.219
9	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	411.657	65.261	476.917
10	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	413.178	65.447	478.624
11	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	414.707	65.631	480.338
12	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	416.244	65.814	482.058
13	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	417.786	65.996	483.782
14	8,60 –					
	17,60	0.471	0.133	419.333	66.176	485.509
15	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	420.884	66.354	487.237
16	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	422.436	66.530	488.966
17	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	423.989	66.703	490.692
18	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	425.542	66.874	492.416
19	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	427.093	67.043	494.136

	17,60					
20	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	428.641	67.208	495.849
21	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	430.185	67.371	497.556
22	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	431.723	67.530	499.253
23	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	433.254	67.686	500.940
24	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	434.777	67.838	502.615
25	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	436.291	67.987	504.277
26	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	437.793	68.132	505.924
27	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	439.283	68.272	507.555
28	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	440.760	68.409	509.168
29	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	442.221	68.541	510.762
30	8,60 –					
	17,60	0.476	0.131	443.667	68.668	512.335
31	8,60 –					
	17,60	0.476	0.131	445.094	68.791	513.886

4.2.2 Kota Asahan

Letak Kota Asahan 3°10'00'' LU atau 3,16°LU dan 100°00'BT dan memiliki ketinggian (A)= 1000 m dpl.(data diperoleh dari website kota asahan, asahankab.bps.go.id)

- Bulan Januari

Pada tanggal 1 januari pada pukul 09:00 WIB

$$n = i \rightarrow n = 1$$

dimana n adalah urutan hari setiaptahun dan i adalah urutan hari pada setiap bulan. Rumus n dapat dilihat dari tabel 2.1. pada bab 2.

Kemudian langkah selanjutnya menghitung sudut deklinasi (δ) menggunakan persamaan 2.5 pada bab 2.

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45 \sin\left(\frac{360}{365}(284 + 1)\right) \\ &= -23,0116^\circ \end{aligned}$$

Untuk perhitungan hari selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel 2010*. Hasil perhitungan sudut deklinasi pada bulan januari dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini;

Tabel 4.8. Hasil perhitungan sudut deklinasi selama 1 bulan pada bulan Januari

Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)	Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)	Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)
1	-23,0116	12	-21,7509	23	-19,7125
2	-22,9305	13	-21,5968	24	-19,4910
3	-22,8427	14	-21,4363	25	-19,2636
4	-22,7480	15	-21,2695	26	-19,0306
5	-22,6466	16	-21,0963	27	-18,7919
6	-22,5385	17	-20,9170	28	-18,5477
7	-22,4237	18	-20,7314	29	-18,2979
8	-22,3023	19	-20,5397	30	-18,0428
9	-22,1742	20	-20,3419	31	-17,7823
10	-22,0396	21	-20,1380		
11	-21,8985	22	-19,9282		

Langkah berikutnya yaitu mencari nilai B dengan menggunakan persamaan 2.2. maka;

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} = 0$$

Kemudian dengan menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Spencer (1971) pada persamaan 2.4. mencari nilai E sehingga diperoleh;

$$E = 229,2(0,00075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B)$$

$$E = -2,90$$

Dengan diperolehnya nilai E, kemudian menghitung jam matahari dengan menggunakan persamaan 2.3 pada bab 2. Jam matahari (disimbolkan ST) berbeda dengan penunjukkan jam biasa (standard time, disimbolkan STD).

Maka;

$$ST = STD \pm 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

Dimana:

L_{st} = standard meridian waktu indonesia bagian barat (105°)

L_{loc} = derajat bujur kota asahan ($^\circ$ BT)

jika daerah yang dihitung ada pada bujur timur, maka gunakan tanda minus didepan angka 4 dan jika bujur barat adalah tanda plus.

Sehingga,

$$ST = STD - 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

$$ST = 8,60 - 4(105 - 100) + (-2,90) = 8,43$$

maka jam matahari diperoleh 8,43

Tabel 4.9 Tabel jam standart dan sudut jam pada 1 januari

Jam biasa (STD)	Sudut jam (ω)	Jam matahari (ST)
8,60	-45	8.43
11,60	0	11.43
14,60	45	14.43
17,60	90	17.43

Dimana ; ω adalah sudut pergeseran semu matahari dari garis siang. setiap berkurang 1 jam, ω berkurang 15° dan setiap bertambah 1 jam, ω bertambah 15° . Artinya tepat pukul 12.00 siang, $\omega = 0$. Dan dalam perhitungan ini dimulai dari pukul 8:00, dan nilai ω yaitu -60°

Maka dengan demikian sudut jam permenit pada pukul 09:00 adalah

$$\omega / \text{menit} = -15 / 60 = -0,25$$

Selanjutnya menghitung ω°

$$\omega^\circ = \left[\omega + (STD - ST) \times 100 \times \frac{\omega}{\text{menit}} \right]$$

$$= -50,5439$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota asahan pada bulan januari

Tabel 4.10 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota asahan pada pukul 09 :00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	deklinasi	B	08:60 E	ω	$\frac{\omega}{\text{menit}}$
1	-23,0116	0	-2,90	-50,5439	-0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	-50,4321	-0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	-50,3213	-0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	-50,2118	-0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	-50,1035	-0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	-49,9965	-0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	-49,8911	-0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	-49,7872	-0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	-49,6849	-0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	-49,5844	-0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	-49,4858	-0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	-49,3891	-0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	-49,2944	-0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	-49,2018	-0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	-49,1114	-0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	-49,0233	-0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	-48,9375	-0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	-48,8541	-0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	-48,7733	-0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	-48,6949	-0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	-48,6192	-0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	-48,5462	-0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	-48,4759	-0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	-48,4085	-0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	-48,3438	-0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	-48,2821	-0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	-48,2234	-0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	-48,1676	-0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	-48,1149	-0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	-48,0652	-0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	-48,0186	-0,25

Tabel 4.11 Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota asahan pada pukul 12 :00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	Deklinasi	B	11:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	5,54389	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	5,43208	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	5,32134	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	5,21177	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	5,103466	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	4,996532	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	4,891066	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	4,787167	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	4,684928	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	4,584442	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	4,485802	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	4,389095	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	4,294408	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	4,201825	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	4,11143	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	4,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	3,937513	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	3,854142	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	3,77326	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	3,694934	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	3,619231	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	3,546213	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	3,475939	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	3,408466	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	3,343847	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	3,28213	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	3,22337	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	3,167601	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	3,114868	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	3,065206	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	3,018648	0,25

Tabel 4.12 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota asahan pada pukul 15:00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	Deklinasi	B	E	ω	ω / /menit
			14:60		
1	-23,0116	0	-2,90	50,5439	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	50,4321	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	50,3213	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	50,2118	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	50,1035	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	49,9965	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	49,8911	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	49,7872	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	49,6849	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	49,5844	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	49,4858	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	49,3891	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	49,2944	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	49,2018	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	49,1114	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	49,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	48,9375	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	48,8541	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	48,7733	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	48,6949	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	48,6192	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	48,5462	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	48,4759	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	48,4085	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	48,3438	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	48,2821	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	48,2234	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	48,1676	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	48,1149	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	48,0652	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	48,0186	0,25

Tabel 4.13 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota asahan pada pukul 18:00 pada bulan januari

Jam/ Tanggal	Deklinasi	B	17:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	95,5439	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	95,4321	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	95,3213	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	95,2118	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	95,1035	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	94,9965	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	94,8911	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	94,7872	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	94,6849	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	94,5844	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	94,4858	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	94,3891	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	94,2944	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	94,2018	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	94,1114	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	94,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	93,9375	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	93,8541	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	93,7733	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	93,6949	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	93,6192	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	93,5462	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	93,4759	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	93,4085	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	93,3438	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	93,2821	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	93,2234	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	93,1676	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	93,1149	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	93,0652	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	93,0186	0,25

Dengan menggunakan persamaan 2.6 pada bab 2 selanjutnya menghitung sudut zenith.

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta$$

(ϕ) = koordinat lintang (diperoleh dari website kabupaten asahan) yaitu $3,71^\circ\text{LU}$

Jadi, besar sudut zenit yaitu

$$\cos \theta_z = \cos 3,71 \cdot \cos(-23,0116) \cdot \cos -50,5439 + \sin 3,71 \cdot \sin(-23,0116)$$

$$= 0,558$$

$$\theta_z = 56,05495$$

Langkah berikutnya yaitu mencari koefisien pada persamaan 2.8 pada bab 2.

Dengan ketinggian kota asahan(A) = 1000 m diatas permukaan laut sehingga diperoleh;

A = 1000 m \rightarrow 10 km (diperoleh dari website data Badan pusat Statistik Sumut. pada posisi tertinggi di kabupaten asahan)

$$a_0^* = 0,4237 - 0,00821(6 - 10)^2 = 0,292$$

$$a_1^* = 0,5055 - 0,00595(6,5 - 10)^2 = 0,578$$

$$k^* = 0,271 - 0,01858(2,5 - 10)^2 = 1,316$$

Karena asahan dikategorikan sebagai daerah yang ber-iklim tropis maka digunakan faktor koreksi iklim tropical. Faktor koreksi iklim tropical dapat diliha pada tabel 2.2 bab 2. Dengan menggunakan persamaan 2.9 pada bab 2 maka diperoleh:

$$r_0 = \left(\frac{a_0}{a_0^*} \right) \rightarrow a_0 = r_0 \cdot a_0^* = 0,2777$$

$$r_1 = \left(\frac{a_1}{a_1^*} \right) \rightarrow a_1 = r_1 \cdot a_1^* = 0,567$$

$$r_k = \left(\frac{k}{k^*} \right) \rightarrow k = r_k \cdot k^* = 1,342$$

Setelah itu menghitung Fraksi radiasi langsung pada kondisi cerah dengan menggunakan yang dirumuskan Hottel(1976) pada persamaan 2.7 diperoleh;

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right)$$

$$\tau_b = 0,1557 + 0,714 \exp\left(\frac{-(1,342)}{0,578}\right) = 0,333$$

Menghitung fraksi radiasi difusi pada kondisi cerah dengan menggunakan persamaan 2.10 pada bab 2 sehingga diperoleh;

$$\tau_d = 0,271 - 0,294\tau_b = 0,173$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung radiasi sebelum memasuki atmosfer dengan menggunakan persamaan 2.1 rumus yang di ajukan oleh Spencer(1971) sehingga di peroleh;

$$G_{on} = G_{sc} (1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B)$$

dimana;

$$G_{sc} = \text{Nilai konstanta matahari (1367 W/m}^2)$$

Dan nilai B dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2. maka;

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} = 0$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} G_{on} &= 1367 \frac{W}{m^2} (1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B) \\ &= 1414,913 \frac{W}{m^2} \end{aligned}$$

Maka radiasi Langsung pada kondisi cerah pada pukul 09:00 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11 pada bab 2;

$$G_{cl,b} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_b$$

$$G_{cl,b} = 1414,913 \frac{W}{m^2} \times 0,578 \times 0,333 = 272.599 \frac{W}{m^2}$$

Selanjutnya menghitung radiasi difusi pada kondisi cerah pada pukul 09:00 menggunakan persamaan 2.12 pada bab 2 berikut ini;

$$G_{cl,d} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_d$$

$$G_{cl,d} = 1414,913 \frac{W}{m^2} \times 0,578 \times 0,173 = 141.509 \frac{W}{m^2}$$

Maka Radiasi total dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13 pada bab 2. Sehingga diperoleh;

$$G_{cl} = G_{cl,b} + G_{cl,d}$$

$$G_{cl} = 272.599 + 141.509 = 414.108 \frac{W}{m^2}$$

Hasil perhitungan diatas adalah hasil perhitungan pada pukul 08:60 wib pada hari ke-1 di bulan januari. Untuk hasil perhitungan radiasi matahari total ,radiasi beam, dan radiasi difusi selama 1 bulan pada bulan januari dari pukul 8:60 sampai pukul 17:60 dapat dilihat pada tabel 4.6. semua parameter dihitung setiap 1 jam, lalu dirata-ratakan selama satu bulan, sehingga data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.14. Hasil perhitungan radiasi setelah dirata-ratakan selama 1 bulan untuk kota Asahan pada bulan januari

Tanggal	Jam	Fraksi radiasi Beam τ_b	Fraksi radiasi Difusi τ_d	Radiasi beam $G_{cl.b}$ (W/m^2)	Radiasi difusi $G_{cl.d}$ (W/m^2)	Radiasi total $G_{cl.}$ (W/m^2)
1	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	399.925	63.758	463.683
2	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	401.338	63.946	465.284
3	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	402.769	64.134	466.903
4	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	404.216	64.323	468.538
5	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	405.678	64.511	470.189
6	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	407.154	64.699	471.853
7	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	408.644	64.887	473.531
8	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	410.145	65.074	475.219
9	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	411.657	65.261	476.917
10	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	413.178	65.447	478.624

	17,60					
11	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	414.707	65.631	480.338
12	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	416.244	65.814	482.058
13	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	417.786	65.996	483.782
14	8,60 –					
	17,60	0.471	0.133	419.333	66.176	485.509
15	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	420.884	66.354	487.237
16	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	422.436	66.530	488.966
17	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	423.989	66.703	490.692
18	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	425.542	66.874	492.416
19	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	427.093	67.043	494.136
20	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	428.641	67.208	495.849
21	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	430.185	67.371	497.556
22	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	431.723	67.530	499.253
23	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	433.254	67.686	500.940
24	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	434.777	67.838	502.615
25	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	436.291	67.987	504.277
26	8,60 –	0.474	0.132	437.793	68.132	505.924

	17,60					
27	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	439.283	68.272	507.555
28	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	440.760	68.409	509.168
29	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	442.221	68.541	510.762
30	8,60 –					
	17,60	0.476	0.131	443.667	68.668	512.335
31	8,60 –					
	17,60	0.476	0.131	445.094	68.791	513.886

4.2.3 KotaBatubara

Dimana : Letak Kota Batubara $3^{\circ}26'00''$ LU atau $3,43^{\circ}$ LU dan $100^{\circ}00'$ BTdan memiliki ketinggian (A)= 50 m dpl..(data diperoleh dari website kota batubara, batubarakab.bps.go.id)

Bulan Januari

Pada tanggal 1 januari pada pukul 09:00 WIB

$$n = i \rightarrow n = 1$$

dimana n adalah urutan hari setiap tahun dan i adalah urutan hari pada setiap bulan. Rumus n dapat dilihat dari tabel 2.1. pada bab 2.

Kemudian langkah selanjutnya menghitung sudut deklinasi (δ) menggunakan persamaan 2.5 pada bab 2.

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45 \sin\left(\frac{360}{365}(284 + 1)\right) \\ &= -23,0116^{\circ} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan hari selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel 2010*. Hasil perhitungan sudut deklinasi pada bulan januari dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini;

Tabel 4.15. Hasil perhitungan sudut deklinasi selama 1 bulan pada bulan Januari

Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)	Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)	Urutan hari/ Tanggal	Sudut Deklinasi (δ)
1	-23,0116	12	-21,7509	23	-19,7125
2	-22,9305	13	-21,5968	24	-19,4910
3	-22,8427	14	-21,4363	25	-19,2636
4	-22,7480	15	-21,2695	26	-19,0306
5	-22,6466	16	-21,0963	27	-18,7919
6	-22,5385	17	-20,9170	28	-18,5477
7	-22,4237	18	-20,7314	29	-18,2979
8	-22,3023	19	-20,5397	30	-18,0428
9	-22,1742	20	-20,3419	31	-17,7823
10	-22,0396	21	-20,1380		
11	-21,8985	22	-19,9282		

Langkah berikutnya yaitu mencari nilai B dengan menggunakan persamaan 2.2. maka;

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} = 0$$

Kemudian dengan menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Spencer (1971) pada persamaan 2.4. mencari nilai E sehingga diperoleh;

$$E = 229,2(0,00075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B)$$

$$E = -2,90$$

Dengan diperolehnya nilai E, kemudian menghitung jam matahari dengan menggunakan persamaan 2.3 pada bab 2. Jam matahari (disimbolkan ST) berbeda dengan penunjukkan jam biasa (standard time, disimbolkan STD).

Maka;

$$ST = STD \pm 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

Dimana:

L_{st} = standard meridian waktu indonesia bagian barat (105°)

L_{loc} = derajat bujur kota medan ($^\circ$ BT)

jika daerah yang dihitung ada pada bujur timur, maka gunakan tanda minus didepan angka 4 dan jika bujur barat adalah tanda plus.

Sehingga,

$$ST = STD - 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

$$ST = 8,60 - 4(105 - 100) + (-2,90) = 8,43$$

maka jam matahari diperoleh 8,38

Tabel 4.16 Tabel jam standart dan sudut jam pada 1 januari

Jam biasa (STD)	Sudut jam (ω)	Jam matahari (ST)
8,60	-45	8.43
11,60	0	11.43
14,60	45	14.43
17,60	90	17.43

Dimana ; ω adalah sudut pergeseran semu matahari dari dari garis siang.setiapberkurang 1 jam, ω berkurang 15° dan setiap bertambah 1 jam, ω bertambah 15° . Artinya tepat pukul 12.00 siang, $\omega = 0$. Dan dalam perhitungan ini dimulai dari pukul 8:00, dan nilai ω yaitu -60°

Maka dengan demikian sudut jam permenit pada pukul 09:00 adalah

$$\omega / \text{menit} = -15 / 60 = -0,25$$

Selanjutnya menghitung ω°

$$\omega^\circ = \left[\omega + (STD - ST) \times 100 \times \omega / \text{menit} \right]$$

$$= -50,5439$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota medan pada bulan januari

Tabel 4.17 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Batubara pada pukul 09 :00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	deklinasi	B	08:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	-50,5439	-0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	-50,4321	-0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	-50,3213	-0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	-50,2118	-0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	-50,1035	-0,25

6	-22,5385	4,9315	-5,09	-49,9965	-0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	-49,8911	-0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	-49,7872	-0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	-49,6849	-0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	-49,5844	-0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	-49,4858	-0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	-49,3891	-0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	-49,2944	-0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	-49,2018	-0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	-49,1114	-0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	-49,0233	-0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	-48,9375	-0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	-48,8541	-0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	-48,7733	-0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	-48,6949	-0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	-48,6192	-0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	-48,5462	-0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	-48,4759	-0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	-48,4085	-0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	-48,3438	-0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	-48,2821	-0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	-48,2234	-0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	-48,1676	-0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	-48,1149	-0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	-48,0652	-0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	-48,0186	-0,25

Tabel 4.18 Hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Batubara pada pukul 12 :00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	deklinasi	B	11:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	5,54389	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	5,43208	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	5,32134	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	5,21177	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	5,103466	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	4,996532	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	4,891066	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	4,787167	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	4,684928	0,25

10	-22,0396	8,8767	-6,74	4,584442	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	4,485802	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	4,389095	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	4,294408	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	4,201825	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	4,11143	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	4,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	3,937513	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	3,854142	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	3,77326	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	3,694934	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	3,619231	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	3,546213	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	3,475939	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	3,408466	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	3,343847	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	3,28213	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	3,22337	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	3,167601	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	3,114868	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	3,065206	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	3,018648	0,25

Tabel 4.19 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota batubara pada pukul 15:00 pada bulan januari

Jam/ tanggal	deklinasi	B	14:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	50,5439	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	50,4321	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	50,3213	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	50,2118	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	50,1035	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	49,9965	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	49,8911	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	49,7872	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	49,6849	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	49,5844	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	49,4858	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	49,3891	0,25

13	-21,5968	11,8356	-7,90	49,2944	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	49,2018	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	49,1114	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	49,0233	0,25
17	-20,9170	15,7808	-9,33	48,9375	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	48,8541	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	48,7733	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	48,6949	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	48,6192	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	48,5462	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	48,4759	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	48,4085	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	48,3438	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	48,2821	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	48,2234	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	48,1676	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	48,1149	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	48,0652	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	48,0186	0,25

Tabel 4.20 hasil perhitungan sudut deklinasi dan ω untuk kota Batubara pada pukul 18:00 pada bulan januari

Jam/ Tanggal	deklinasi	B	17:60 E	ω	ω / menit
1	-23,0116	0	-2,90	95,5439	0,25
2	-22,9305	0,9863	-3,35	95,4321	0,25
3	-22,8427	1,9726	-3,79	95,3213	0,25
4	-22,7480	2,9589	-4,23	95,2118	0,25
5	-22,6466	3,9452	-4,67	95,1035	0,25
6	-22,5385	4,9315	-5,09	94,9965	0,25
7	-22,4237	5,9178	-5,52	94,8911	0,25
8	-22,3023	6,9041	-5,93	94,7872	0,25
9	-22,1742	7,8904	-6,34	94,6849	0,25
10	-22,0396	8,8767	-6,74	94,5844	0,25
11	-21,8985	9,8630	-7,14	94,4858	0,25
12	-21,7509	10,8493	-7,52	94,3891	0,25
13	-21,5968	11,8356	-7,90	94,2944	0,25
14	-21,4363	12,8219	-8,27	94,2018	0,25
15	-21,2695	13,8082	-8,63	94,1114	0,25
16	-21,0963	14,7945	-8,99	94,0233	0,25

17	-20,9170	15,7808	-9,33	93,9375	0,25
18	-20,7314	16,767	-9,66	93,8541	0,25
19	-20,5397	17,753	-9,99	93,7733	0,25
20	-20,3419	18,7397	-10,30	93,6949	0,25
21	-20,1380	19,726	-10,60	93,6192	0,25
22	-19,9282	20,7123	-10,90	93,5462	0,25
23	-19,7125	21,6986	-11,18	93,4759	0,25
24	-19,4910	22,6849	-11,45	93,4085	0,25
25	-19,2636	23,6712	-11,70	93,3438	0,25
26	-19,0306	24,6575	-11,95	93,2821	0,25
27	-18,7919	25,6438	-12,19	93,2234	0,25
28	-18,5477	26,6301	-12,41	93,1676	0,25
29	-18,2979	27,6164	-12,62	93,1149	0,25
30	-18,0428	28,6027	-12,82	93,0652	0,25
31	-17,7823	29,589	-13,01	93,0186	0,25

Dengan menggunakan persamaan 2.6 pada bab 2 selanjutnya menghitung sudut zenith.

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta$$

(ϕ) = koordinat lintang (diperoleh dari website kabupaten Batubara) yaitu 3,71°LU

Jadi, besar sudut zenit yaitu

$$\begin{aligned} \cos \theta_z &= \cos 3,71 \cdot \cos(-23,0116) \cdot \cos -50,5439 + \sin 3,71 \cdot \sin(-23,0116) \\ &= 0,576 \end{aligned}$$

$$\theta_z = 56,05495$$

Langkah berikutnya yaitu mencari koefisien pada persamaan 2.8 pada bab 2. Dengan ketinggian kota batubara(A) = 50 m diatas permukaan laut sehingga diperoleh;

A = 50 m → 0,5 km (diperoleh dari website data Badan pusat Statistik Sumut. pada posisi tertinggi di kabupaten batubara)

$$a_0^* = 0,4237 - 0,00821(6 - 0,5)^2 = 0,166$$

$$a_1^* = 0,5055 - 0,00595(6,5 - 0,5)^2 = 0,705$$

$$k^* = 0,271 - 0,01858(2,5 - 0,5)^2 = 0,352$$

Karena medan dikategorikan sebagai daerah yang ber-iklim tropis maka digunakan faktor koreksi iklim tropical. Faktor koreksi iklim tropical dapat dilihat pada tabel 2.2 bab 2. Dengan menggunakan persamaan 2.9 pada bab 2 maka diperoleh:

$$r_0 = \left(\frac{a_0}{a_0^*} \right) \rightarrow a_0 = r_0 \cdot a_0^* = 0,166$$

$$r_1 = \left(\frac{a_1}{a_1^*} \right) \rightarrow a_1 = r_1 \cdot a_1^* = 0,705$$

$$r_k = \left(\frac{k}{k^*} \right) \rightarrow k = r_k \cdot k^* = 0,352$$

Setelah itu menghitung Fraksi radiasi langsung pada kondisi cerah dengan menggunakan yang dirumuskan Hottel(1976) pada persamaan 2.7 diperoleh;

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right)$$

$$\tau_b = 0,166 + 0,714 \exp\left(\frac{-(0,352)}{0,576}\right) = 0,549$$

Menghitung fraksi radiasi difusi pada kondisi cerah dengan menggunakan persamaan 2.10 pada bab 2 sehingga diperoleh;

$$\tau_d = 0,271 - 0,294\tau_b = 0,109$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung radiasi sebelum memasuki atmosfer dengan menggunakan persamaan 2.1 rumus yang di ajukan oleh Spencer(1971) sehingga di peroleh;

$$G_{on} = G_{sc} (1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B)$$

dimana;

$$G_{sc} = \text{Nilai konstanta matahari (1367 W/m}^2 \text{)}$$

Dan nilai B dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2. maka;

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} = 0 \quad \text{Sehingga,}$$

$$\begin{aligned} G_{on} &= 1367 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} (1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B) \\ &= 1414,913 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

Maka radiasi Langsung pada kondisi cerah pada pukul 09:00 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11 pada bab 2;

$$G_{cl,b} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_b$$

$$G_{cl,b} = 1414,913 \frac{W}{m^2} \times 0,576 \times 0,549 = 447.632 \frac{W}{m^2}$$

Selanjutnya menghitung radiasi difusi pada kondisi cerah pada pukul 09:00 menggunakan persamaan 2.12 pada bab 2 berikut ini;

$$G_{cl,d} = G_{on} \cdot \cos \theta_z \tau_d$$

$$G_{cl,d} = 1414,913 \frac{W}{m^2} \times 0,576 \times 0,109 = 89.282 \frac{W}{m^2}$$

Maka Radiasi total dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13 pada bab 2. Sehingga diperoleh;

$$G_{cl} = G_{cl,b} + G_{cl,d}$$

$$G_{cl} = 447.632 + 89.282 = 536.914 \frac{W}{m^2}$$

Hasil perhitungan diatas adalah hasil perhitungan pada pukul 08:60 wib pada hari ke-1 di bulan januari. Untuk hasil perhitungan radiasi matahari total ,radiasi beam, dan radiasi difusi selama 1 bulan pada bulan januari dari pukul 8:60 sampai pukul 17:60 dapat dilihat pada tabel 4.6. semua parameter dihitung setiap 1 jam, lalu dirata-ratakan selama satu bulan, sehingga data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.21. Hasil perhitungan radiasi setelah dirata-ratakan selama 1 bulan untuk kota batubara pada bulan januari

Tanggal	Jam	Fraksi radiasi Beam τ_b	Fraksi radiasi Difusi τ_d	Radiasi beam $G_{cl,b}$ $(\frac{W}{m^2})$	Radiasi difusi $G_{cl,d}$ $(\frac{W}{m^2})$	Radiasi total G_{cl} $(\frac{W}{m^2})$
1	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	399.925	63.758	463.683
2	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	401.338	63.946	465.284
3	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	402.769	64.134	466.903

	17,60					
4	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	404.216	64.323	468.538
5	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	405.678	64.511	470.189
6	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	407.154	64.699	471.853
7	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	408.644	64.887	473.531
8	8,60 –					
	17,60	0.469	0.133	410.145	65.074	475.219
9	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	411.657	65.261	476.917
10	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	413.178	65.447	478.624
11	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	414.707	65.631	480.338
12	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	416.244	65.814	482.058
13	8,60 –					
	17,60	0.470	0.133	417.786	65.996	483.782
14	8,60 –					
	17,60	0.471	0.133	419.333	66.176	485.509
15	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	420.884	66.354	487.237
16	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	422.436	66.530	488.966
17	8,60 –					
	17,60	0.471	0.132	423.989	66.703	490.692
18	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	425.542	66.874	492.416
19	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	427.093	67.043	494.136

	17,60					
20	8,60 –					
	17,60	0.472	0.132	428.641	67.208	495.849
21	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	430.185	67.371	497.556
22	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	431.723	67.530	499.253
23	8,60 –					
	17,60	0.473	0.132	433.254	67.686	500.940
24	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	434.777	67.838	502.615
25	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	436.291	67.987	504.277
26	8,60 –					
	17,60	0.474	0.132	437.793	68.132	505.924
27	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	439.283	68.272	507.555
28	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	440.760	68.409	509.168
29	8,60 –					
	17,60	0.475	0.131	442.221	68.541	510.762
30	8,60 –					
	17,60	0.476	0.131	443.667	68.668	512.335
31	8,60 –					
	17,60	0.476	0.131	445.094	68.791	513.886

Berikut ini adalah hasil perhitungan radiasi total dari bulan januari hingga desember. ini. Perhitungan teori ini dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel 2010* guna memudahkan penulis dalam penyelesaian perhitungan. Adapun hasil perhitungan radiasi total di seluruh kabupaten yg terdapat di Sumatera Utara dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah.

Tabel 4.22 Radiasi total rata-rata kabupaten/kota

Bulan	Kabupaten				
	Medan	Deli serdang	Asahan	Batubara	Dairi
Januari	448.74	546.239	388.097	509.041	518.61
Februari	531.655	590.702	421.518	551.362	561.434
Maret	541.266	598.346	427.672	560.511	567.752
April	514.551	567.347	404.592	532.844	536.46
Mei	483.025	532.577	378.524	499.838	502.233
Juni	476.266	525.455	373.088	491.918	495.52
Juli	494.153	545.107	387.851	509.898	515.003
Agustus	511.184	563.535	401.896	528.369	533.05
September	497.480	549.616	391.940	517.017	519.583
Oktober	456.764	508.301	362.068	478.141	480.087
November	429.327	481.209	341.946	451.034	454.681
Desember	442.968	496.983	352.322	463.985	470.566

Tabel 4.23 Radiasi total rata-rata kabupaten/kota

Bulan	Kabupaten				
	Humbang hasundutan	Karo	Langkat	Tanjung balai	Tebing tinggi
Januari	564.484	523.727	272.764	485.78	485.730
Februari	607.361	566.232	298.504	527.362	527.396
Maret	611.966	575.045	305.063	537.07	535.267
April	577.193	544.748	290.497	510.866	506.81
Mei	539.596	511.473	273.392	479.017	474.308
Juni	531.573	504.016	270.470	471.22	467.401
Juli	551.961	523.491	280.986	488.614	485.613
Agustus	572.456	541.547	289.536	506.571	503.298
September	560.792	527.252	279.586	495.592	490.528
Oktober	521.462	486.416	255.247	457.674	451.208
November	496.650	459.099	239.077	430.680	425.29
Desember	514.597	474.552	246.216	442.387	439.865

Tabel 4.24 Radiasi total rata-rata kabupaten/kota

Bulan	Kabupaten				
	Sibolga	Simalungun	Toba Samosir	Samosir	Pakpak barat
Januari	501.526	564.293	432.266	384.023	454.331
Februari	540.125	609.239	468.172	418.217	494.610
Maret	542.837	617.157	473.243	425.593	502.374
April	508.498	585.879	446.039	403.892	475.971

Mei	471.746	550.482	416.139	378.899	446.405
Juni	463.396	542.983	409.766	373.966	441.011
Juli	482.739	562.717	426.348	388.534	458.504
Agustus	503.579	581.655	442.678	401.672	473.687
September	495.235	567.852	432.951	390.352	459.629
Oktober	460.917	525.763	401.394	359.122	422.232
November	439.267	498.129	380.419	338.054	397.716
Desember	456.106	514.299	392.713	348.042	410.788

Tabel 4.25 Radiasi total rata-rata kabupaten/kota

Bulan	Kabupaten				
	Padang lawas	Padang lawas utara	Nias	Nias selatan	Nias utara
Januari	436.742	478.38	463.655	477.642	559.691
Februari	473.588	516.933	499.034	512.924	600.034
Maret	475.977	522.145	499.226	513.038	601.267
April	444.808	492.363	464.926	478.184	563.289
Mei	413.095	459.448	429.881	442.088	523.475
Juni	407.623	452.065	422.333	433.679	514.446
Juli	425.895	469.981	440.998	452.378	535.269
Agustus	442.395	488.222	460.582	473.048	557.654
September	430.599	478.664	453.305	467.310	464.473
Oktober	396.933	445.222	423.44	438.462	514.649
November	376.949	422.65	405.063	420.058	492.914
Desember	393.219	435.819	421.140	435.557	511.33

Tabel 4.26 Radiasi total rata-rata kabupaten/kota

Bulan	Kabupaten				
	Nias Barat	Madina	Labuhan Batu	Labuhan batu utara	Labuhan batu selatan
Januari	461.838	396.903	482.034	508.38	567.131
Februari	498.596	427.991	521.244	549.571	609.431
Maret	500.907	430.483	524.104	555.786	614.180
April	468.786	403.423	490.995	525.243	579.724
Mei	435.214	374.406	456.644	491.220	541.679
Juni	428.221	367.676	450.115	483.771	532.615
Juli	446.564	382.998	469.431	502.542	552.681
Agustus	464.977	399.487	487.707	521.130	574.089
September	455.878	393.269	476.246	510.066	564.923
Oktober	423.947	367.280	440.840	473.665	528.242
November	403.840	350.033	419.21	449.158	503.618

Desember	419.501	361.689	436.044	463.094	519.398
----------	---------	---------	---------	---------	---------

Tabel 4.27 Radiasi total rata-rata kabupaten/kota

Bulan	Kabupaten				
	P. Siantar	Pdg. Sidempuan	Gunung Sitoli	Binjai	Sergai
Januari	541.623	345.062	523.756	487.797	538.829
Februari	585.446	372.216	563.017	530.269	585.851
Maret	591.934	374.309	563.862	539.976	597.356
April	559.843	350.516	526.85	513.484	570.508
Mei	524.620	325.120	488.705	481.933	538.766
Juni	517.596	319.285	480.576	474.92	532.867
Juli	537.484	332.709	500.978	492.657	551.865
Agustus	556.119	347.124	522.09	509.888	567.853
September	542.402	341.654	513.263	496.838	550.255
Oktober	501.641	318.953	479.121	456.759	504.845
November	475.515	303.997	458.289	429.381	474.490
Desember	492.149	314.28	476.460	442.514	488.839

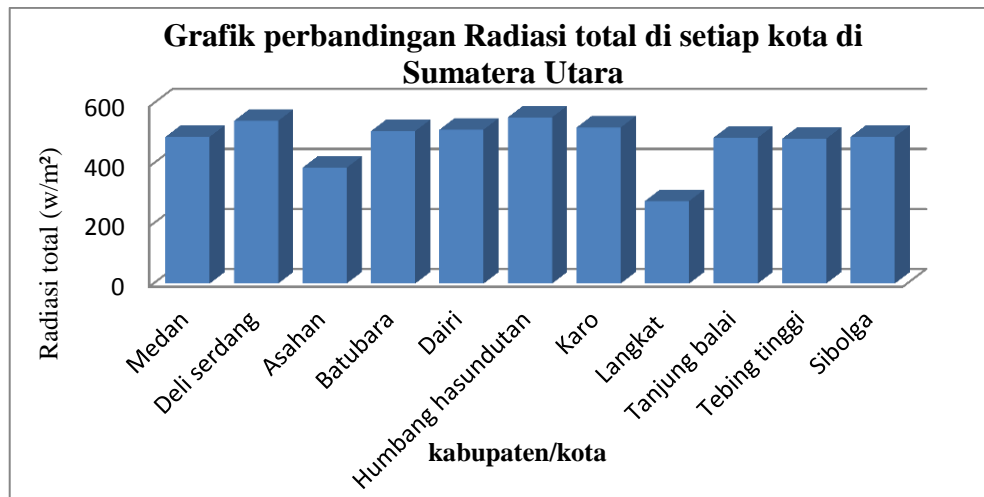
Tabel 4.28 Radiasi total rata-rata kabupaten/kota

Bulan	Kabupaten		
	Tapanuli Tengah	Tapanuli Utara	Tapanuli Selatan
Januari	420.752	428.598	439.457
Februari	455.761	464.443	475.202
Maret	459.418	469.409	480.049
April	431.229	442.234	452.362
Mei	401.294	412.541	421.790
Juni	395.317	406.367	414.930
Juli	412.078	422.957	431.560
Agustus	428.213	439.056	448.552
September	418.379	429.025	439.759
Oktober	387.41	397.335	408.861
November	367.670	376.472	388.017
Desember	381.045	388.958	400.124

Dengan demikian jika hasil perhitungan radiasi total dirata-ratakan dari bulan januari sampai bulan desember maka hasil rata-rata radiasi total selama 12 bulan di seluruh kabupaten/kota yang terdapat di provinsi Sumatera Utara dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4.29 Rata-rata radiasi total selama 12 bulan

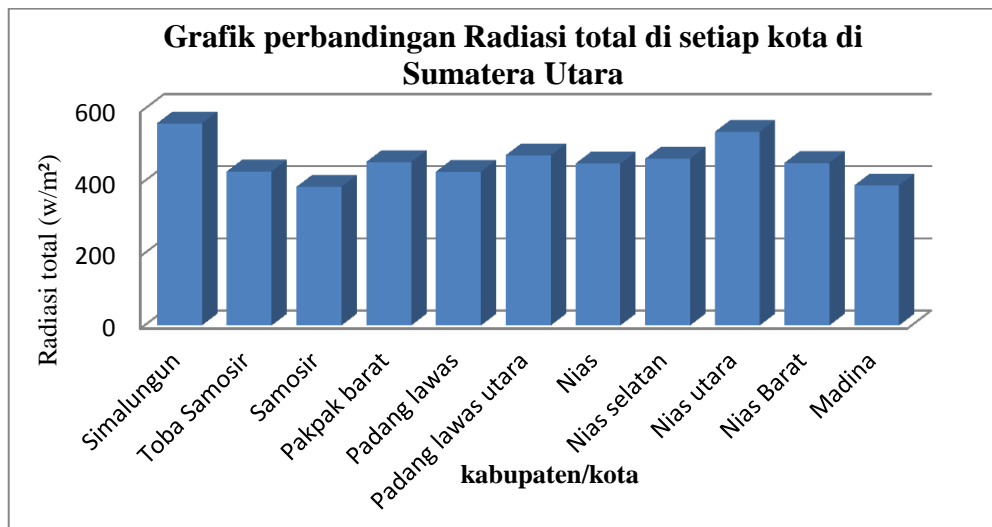
Kabupaten/Kota	Total radiasi selama 12 bulan	Kabupaten/Kota	Total radiasi selama 12 bulan
Medan	488,9618	Nias	448,6319
Deli serdang	542,1181	Nias selatan	462,0307
Asahan	385,9595	Nias utara	536,5409
Batubara	507,8298	Nias Barat	450,6891
Dairi	512,9149	Madina	387,9698
Humbang hasundutan	554,1743	Labuhan Batu	471,2178
Karo	519,7998	Labuhan batu utara	502,8022
Langkat	275,1115	Labuhan batu selatan	557,3093
Tanjung balai	486,0694	P. Siantar	535,531
Tebing tinggi	482,7262	Pdg. Sidempuan	337,1021
Sibolga	488,8309	Gunung Sitoli	508,0806
Simalungun	560,0373	Binjai	488,0347
Toba Samosir	426,844	Sergai	541,8603
Samosir	384,1972	Tapanuli Tengah	413,2138
Pakpak barat	453,1048	Tapanuli Utara	423,1163
Padang lawas	426,4853	Tapanuli Selatan	433,3886
Padang lawas utara	471,8243		



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara

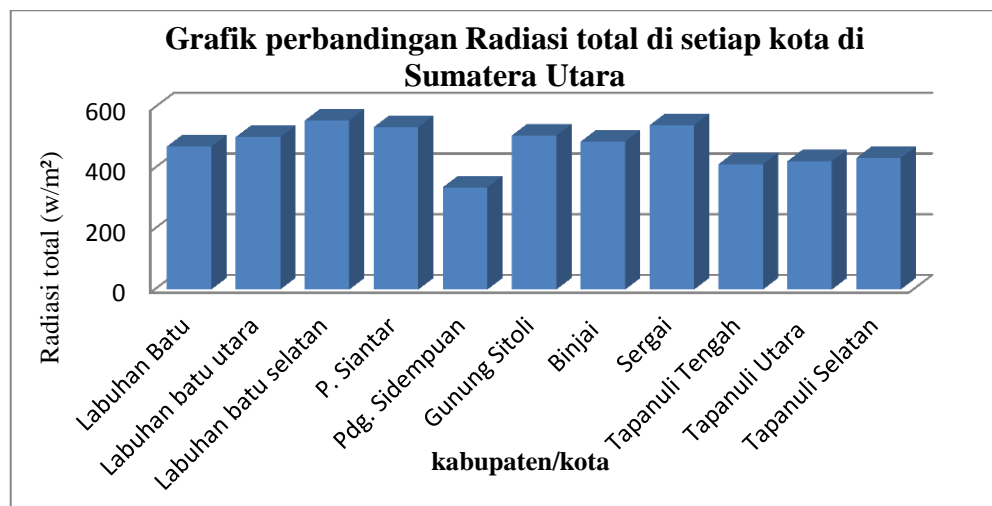
Dari gambar 4.3 grafik perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara menunjukkan bahwa kota yang memiliki potensi radiasi total terbesar di Sumatera Utara yaitu Humbang Hasundutan dengan radiasi total sebesar 554,1743

W/m². sedangkan kota yang memiliki radiasi terkecil yaitu langkat, dengan nilai radiasi sebesar 275,1115 W/m².



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara

Dari gambar 4.4 grafik perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara menunjukkan bahwa kota yang memiliki potensi radiasi total terbesar di Sumatera Utara yaitu Simalungun dengan radiasi total sebesar 560,0373 W/m². Sedangkan kota yang memiliki radiasi terkecil yaitu Samosir, dengan nilai radiasi sebesar 384,1972 W/m².



Gambar 4.5. Grafik Perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara

Dari gambar 4.5 grafik perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara menunjukkan bahwa kota yang memiliki potensi radiasi total terbesar di Sumatera Utara yaitu Labuhan batu selatan dengan radiasi total sebesar 557,3093 W/m².

W/m². sedangkan kota yang memiliki radiasi terkecil yaitu padang sidempuan, dengan nilai radiasi sebesar 337,1021 W/m².

Jika dilihat dan dibandingkan dari hasil perhitungan, pada tabel 4.29 dan gambar 4.3, 4.4, 4.5 grafik perbandingan radiasi total setiap kota di Sumatera Utara menunjukkan bahwa kota yang memiliki potensi radiasi total terbesar di Sumatera Utara yaitu Simalungun dengan radiasi total sebesar 560,0373 W/m². sedangkan kota yang memiliki radiasi terkecil yaitu Langkat, dengan nilai radiasi sebesar 275,1115 W/m².

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat di ambil beberapa kesimpulan bahwa :

- Dari hasil perhitungan secara teori yang telah dilakukan pada 33 kota yang terdapat di Sumatera Utara dan telah dirata-ratakan dari bulan januari hingga desember diperoleh bahwa Kota yang memiliki potensi radiasi total terbesar yaitu kota Simalungun sebesar $560,0373 \text{ W/m}^2$. sedangkan kota yang memiliki potensi radiasi terkecil yaitu langkat, dengan nilai radiasi sebesar $275,1115 \text{ W/m}^2$.
- Dari setiap perhitungan yang dilakukan nilai radiasi beam lebih besar dibandingkan dengan nilai radiasi difusi disebabkan karena fraksi radiasi difusi yang lebih kecil dari fraksi radiasi beam.

5.2 Saran

Dari proses pengujian yang telah dilakukan, Saran yang dapat diberikan :

- Pada penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dalam hal penulisan maupun hal yang lainnya. Diharapkan untuk peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini dapat lebih mengembangkan penelitian ini dalam hal penulisan maupun yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. (2020). Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik Di Wilayah Pantai Bunga Kabupaten Batubara. *Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 56.
- BPS Sumut, (2015). "Letak Kabupaten Di atas permukaan Laut". Sumatera utara
- BPS Kab. Asahan,(2015). "Letak dan Geografis Kabupaten Asahan". *Sumatera Utara Kab. Asahan*
- BPS Kab. Batubara,(2015). "Letak dan Geografis Kabupaten Batubara". *Sumatera Utara Kab. Batubara*
- BPS Kab. Dairi, (2015). "Letak dan Geografis Kabupaten dairi". *Sumatera Utara Kab. Dairi*
- BPS Kab. Binjai,(2016). "Letak dan Geografis Kabupaten Binjai". *Sumatera Utara Kab. Binjai*
- BPS Kab. Labuhan Batu,(2015). "Letak dan Geografis Kabupaten Labuhan Batu". *Sumatera Utara Kab. Asahan*
- BPS Kab. Serdang Berdagai,(2015). "Letak dan Geografis Kabupaten Serdang *Sumatera Utara Kab. Asahan*
- BPS Kab. Gunung Sitoli,(2015). "Letak dan Geografis Kabupaten Gunung Sitoli". *Sumatera Utara Kab. Asahan*
- BPS Kab. Pematang Siantar,(2017). "Letak dan Geografis Kabupaten Pematang Siantar". *Sumatera Utara Kab. Asahan*
- BPS Kab. Padang Sidempuan,(2015). "Letak dan Geografis Kabupaten Padang Sidempuan". *Sumatera Utara Kab. Asahan*
- BPS Kab. Sibolga,(2015). "Letak dan Geografis Kabupaten Sibolga". *Sumatera Utara Kab. Asahan*

- BPS Kab. Tebing Tinggi,(2015)."Letak dan Geografis Kabupaten Tebing Tinggi".
Sumatera Utara Kab. Asahan
- BPS Kab. Toba Samosir,(2015)."Letak dan Geografis Kabupaten Toba Samosir".
Sumatera Utara Kab. Asahan
- BPS Kab. Samosir,(2015)."Letak dan Geografis Kabupaten Samosir". *Sumatera
Utara Kab. Samosir*
- BPS Kab. Mandailing Natal,(2015)."Letak dan Geografis Kabupaten Mandailing
Natal". *Sumatera Utara Kab. Mandailing Natal*
- BPS Kab. Tapanuli Tengah,(2015)."Letak dan Geografis Kabupaten Tapanuli
Tengah". *Sumatera Utara Kab. Tapanuli Tengah*
- BPS Tapanuli Utara,(2015)."Letak dan Geografis Kabupaten Tapanuli Utara".
Sumatera Utara Kab. Tapanuli Utara
- Djenal, D. P. (2015). Sistem Monitoring Intesitasi Radisi Matahari. *Jurnal
Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 5, 10.
- Endriatno, N., Sudarsono, S., Sudia, B., Imran, A. I., Aminur, A., & Aksar, P.
(2019). Analisis Potensi Energi Matahari Dikota Kendari. *DINAMIKA :
Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*,11(1). <https://doi.org/10.33772/djitm.v11i1.9055>
- Yuliatmaja, M. R. (2009). Kajian Lama Penyinaran Matahari Dan Pergerakan
Semu Matahari Saat Solstice Di Semarang (Studi Kasus Badan Meteorologi
dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang Pada Bulan Juni dan
September Tahun 2005 Sampai Dengan 2007). *Skripsi, Unuversitas Negeri
Semarang*, 71.

LAMPIRAN

Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan microsoft excel 2010;

1. Kota Batubara

Dimana : Letak Kota Batubara 3°26'00'' LU atau 3,43°LU dan 100°00'BT dan memiliki ketinggian (A) = 50 m dpl. (data diperoleh dari website kota batubara, batubarakab.bps.go.id)

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	8.6170	23.9229	0.5129	442.7977	66.2436	509.0412
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	481.8229	69.5396	551.3625
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	560.2132
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	532.844
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	499.383
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	491.918
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	510.286
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	528.567
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	517.017
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	478.141
November	-19.051	314.137	14.584	26.823	0.458	393.345	57.689	451.034
Desember	-23.129	344.712	4.143	25.518	0.469	403.550	60.881	464.432

2. Kota Asahan

Dimana : Letak Kota Asahan 3°10'00'' LU atau 3,16°LU dan 100°00'BT dan memiliki ketinggian (A) = 1000 m dpl.(data diperoleh dari website kota asahan, asahankab.bps.go.id)

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.9229	0.5147	270.5020	117.5950	388.0970
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5572	297.2416	124.2770	421.5186
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5695	303.5749	123.7903	427.3652
April	9.8702	104.0548	-0.0604	24.9925	0.5486	285.9477	117.6591	403.6068
Mei	19.1912	134.6301	3.5922	25.4490	0.5255	265.2466	112.2400	377.4867
Juni	23.1464	164.2192	-0.3982	24.9502	0.5264	261.1436	112.0673	373.2109
Juli	20.8930	194.7945	-5.7858	24.2768	0.5465	273.1860	115.6051	388.7910
Agustus	12.8297	225.3699	-4.0704	24.4912	0.5333	284.7618	117.5305	402.2923
September	1.5979	254.9589	5.2086	25.6511	0.534	277.3415	113.9261	391.2676
Oktober	-10.4097	285.5342	14.5572	26.8196	0.4864	253.5390	106.9521	360.4911

November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.8069	0.458	237.6026	103.9852	341.5878
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4642	0.4720	244.6799	108.7283	353.4082

3. Kota Medan

Dimana : Letak Kota Medan $3^{\circ}43'00''$ LU atau $3,71^{\circ}$ LU dan $98^{\circ}44'$ BT atau $98,73^{\circ}$ BT dan memiliki ketinggian (A) = 37,5 m dpl.(data diperoleh dari website kota medan, medankab.bps.go.id)

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.847	14.795	-8.617	24.558	0.498	451.121	72.565	523.686
Februari	-13.325	43.890	-13.857	23.903	0.541	461.849	69.806	531.655
Maret	-2.389	72.986	-9.159	24.490	0.555	472.474	68.792	541.266
April	9.493	103.068	-0.338	25.593	0.536	449.272	65.280	514.551
Mei	18.806	133.151	3.549	26.079	0.515	419.847	63.178	483.025
Juni	23.077	163.233	-0.205	25.609	0.516	412.275	63.991	476.266
Juli	21.101	193.315	-5.580	24.294	0.535	428.183	65.970	494.153
Agustus	13.296	223.890	-4.302	24.471	0.545	445.368	65.816	511.184
September	1.994	253.973	4.847	26.241	0.520	434.997	62.484	497.480
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	27.409	0.472	397.880	58.884	456.764
November	-19.051	314.137	14.584	27.458	0.441	371.301	58.026	429.327
Desember	-23.129	344.712	4.143	25.518	0.453	381.912	61.056	442.968

4. Kota Dairi

Dimana : Letak Kota Dairi $3^{\circ}00'00''$ LU dan $98^{\circ}30'$ BT atau $98,5^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 600 m dpl. (data diperoleh dari website kota Dairi, dairikab.bps.go.id)

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	8.6170	24.6729	0.5002	463.2625	55.3474	518.61
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	24.0179	0.5420	503.6064	57.8279	561.434
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	24.6529	0.5529	510.4877	56.7788	567.752
April	9.8702	104.0548	-0.0604	25.7425	0.5312	481.3232	53.8240	536.46
Mei	19.1912	134.6301	3.5922	26.1990	0.5081	448.9323	51.9528	502.233
Juni	23.1464	164.2192	-0.3982	25.7002	0.5095	443.2137	52.4806	495.52
Juli	21.1015	193.3151	-5.5802	25.0525	0.5287	461.0280	53.9752	515.003
Agustus	13.2960	223.8904	-4.3017	25.2123	0.5397	478.9048	54.1456	533.05
September	1.9936	253.9726	4.8470	26.3559	0.5169	467.7371	51.8463	519.583

Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	27.5242	0.4714	431.0668	49.0198	480.087
November	-19.0505	314.1370	14.5838	27.5730	0.4430	406.2886	48.3929	454.681
Desember	-23.0956	344.2192	4.3555	26.2944	0.4557	419.5368	51.0293	470.566

5. Kota Deli Serdang

Dimana : Letak Kota Deli Serdang $3^{\circ}16'00''$ LU atau $3,27^{\circ}$ dan $98^{\circ}27'$ BT dan memiliki ketinggian (A) = 500 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	24.2879	0.5064	499.0021	47.2373	546.2394
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.6329	0.5490	541.2952	49.4067	590.7019
Maret	-2.3892	72.9863	-9.1592	24.2201	0.5613	549.8246	48.5217	598.3464
April	9.4932	103.0685	-0.3378	25.3228	0.5416	521.3832	45.9642	567.3474
Mei	18.8058	133.1507	3.5487	25.8086	0.5189	488.1140	44.4629	532.5768
Juni	23.0771	163.2329	-0.2050	25.3394	0.5191	480.4411	45.0136	525.4547
Juli	21.1015	193.3151	-5.5802	24.6675	0.5384	498.7391	46.3684	545.1075
Agustus	13.2960	223.8904	-4.3017	24.8273	0.5492	517.2363	46.2987	563.5350
September	1.9936	253.9726	4.8470	25.9709	0.5260	505.5683	44.0477	549.6159
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	27.1392	0.4797	466.6684	41.6327	508.3011
November	-19.0505	314.1370	14.5838	27.1880	0.4502	440.0107	41.1993	481.2100
Desember	-23.0956	344.2192	4.3555	25.9094	0.4621	453.5104	43.4723	496.9827

6. Kota Karo

Dimana : Letak Kota Karo $3^{\circ}19'00''$ LU atau $3,32^{\circ}$ dan $98^{\circ}38'$ BT atau $98,63^{\circ}$ BT dan memiliki ketinggian (A) = 1200 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	24.6079	0.4994	469.6843	53.1625	522.8468
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.9529	0.5419	510.4344	55.7978	566.2323
Maret	-2.3892	72.9863	-9.1592	24.5401	0.5541	520.6391	54.4060	575.0451
April	9.4932	103.0685	-0.3378	25.6428	0.5344	493.1051	51.6426	544.7476
Mei	18.8058	133.1507	3.5487	26.1286	0.5121	461.7279	49.7448	511.4727
Juni	23.0771	163.2329	-0.2050	25.6594	0.5126	453.3734	50.6433	504.0167
Juli	21.1015	193.3151	-5.5802	24.9875	0.5316	470.1895	52.4401	522.6296
Agustus	13.2960	223.8904	-4.3017	25.1473	0.5423	489.6283	51.9191	541.5474
September	1.9936	253.9726	4.8470	26.2909	0.5185	477.3838	49.5841	526.9679
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	27.4592	0.4719	439.7918	46.6245	486.4162
November	-19.0505	314.1370	14.5838	27.5080	0.4426	412.7957	46.3040	459.0997

Desember	-23.0956	344.2192	4.3555	26.2294	0.4548	425.6830	48.8691	474.5521
----------	----------	----------	--------	---------	--------	----------	---------	----------

7. Kota Tanjung Balai

Dimana : Letak Kota Tanjung Balai $3^{\circ}01'32''$ LU atau $3,55^{\circ}$ dan $99^{\circ}50'16''$ BT atau 100.09° dan memiliki ketinggian (A) = 3 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	485.6231
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2229	0.5563	447.6194	79.7432	527.3626
Maret	-2.3892	72.9863	-9.1592	23.8101	0.570	491.9056	458.4332	78.6370
April	9.4932	103.0685	-0.3378	24.9128	0.5515	436.2359	74.6305	510.8664
Mei	18.8058	133.1507	3.5487	25.3986	0.5293	406.9074	72.1102	479.0176
Juni	23.0771	163.2329	-0.2050	24.9294	0.5295	398.3392	72.8809	471.2201
Juli	21.1015	193.3151	-5.5802	24.2575	0.5486	413.5530	75.0607	488.6137
Agustus	13.2960	223.8904	-4.3017	24.4173	0.5592	431.4649	75.1059	506.5708
September	1.9936	253.9726	4.8470	25.5609	0.5355	424.0980	71.4946	495.5925
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7292	0.4884	390.3598	67.3144	457.6742
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	364.3688	66.3117	430.6805
Desember	-23.0956	344.2192	4.3555	25.4994	0.4688	372.5430	69.8441	442.3871

8. Kota Binjai

Dimana : Letak Kota Binjai $3^{\circ}40'22''$ LU atau $3,69^{\circ}$ dan $98^{\circ}32'32''$ BT atau 99.06° dan memiliki ketinggian (A) = 28 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	418.950	68.847	487.797
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	457.940	72.329	530.269
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	468.681	71.296	539.976
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	445.826	67.657	513.484
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	416.476	65.457	481.933
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	408.647	66.272	474.920
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	424.350	68.307	492.657
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	441.698	68.191	509.888
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	432.077	64.761	496.838
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	395.757	61.002	456.759
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	369.280	60.101	429.381
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	379.257	63.257	442.514

9. Humbang Hasundutan

Dimana : Letak Kota Humbang Hasundutan $2^{\circ}28'00''$ LU atau 2.47° LU dan $95^{\circ}57'00''$ BT atau 98.95° BT dan memiliki ketinggian (A) = 330 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	523.768	40.717	564.484
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	607.361
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	611.966
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	577.193
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	539.596
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	531.573
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	551.961
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	572.456
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	560.792
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	521.462
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	496.650
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	514.597

10. Kota Gunung Sitoli

Dimana : Letak Kota Gunung Sitoli $1^{\circ}32'00''$ LU atau $1,53^{\circ}$ dan $98^{\circ}00'$ BT dan memiliki ketinggian (A) = 600 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	523.756
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	563.017
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	563.862
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	526.85
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	488.705
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	480.576
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	500.978
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	522.09
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	513.263
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	479.121
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	458.289
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	476.460

11. Kota Labuhan Batu

Dimana : Letak Kota Labuhan Batu $2^{\circ}11'00''$ LU atau $2,18^{\circ}$ dan $97^{\circ}97'$
 BT atau $97,12^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 700 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	482.034
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	521.244
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	524.104
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	490.995
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	456.644
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	450.115
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	469.431
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	487.707
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	476.246
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	440.840
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	419.21
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	436.044

12. Kota Labuhan Batu Utara

Dimana : Letak Labuhan Batu Utara Balai $2^{\circ}50'00''$ LU atau 2.83° dan
 $100^{\circ}05'00''$ BT atau 100.08° dan memiliki ketinggian (A) = 700 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	508.38
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	549.571
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	555.786
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	525.243
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	491.220
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	483.771
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	502.542
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	521.130
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	510.066
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	473.665
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	449.158
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	463.094

13. Kota Labuhan Batu Selatan

Dimana : Letak Kota Labuhan Batu Selatan $1^{\circ}53'27,8''$ LU atau 2.34° dan
 $100^{\circ}05'28,7''$ BT atau 100.56° dan memiliki ketinggian (A) = 500 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	567.131
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	609.431
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	614.180
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	579.724
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	541.679
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	532.615
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	552.681
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	574.089
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	564.923
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	528.242
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	503.618
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	519.398

14. Kota Langkat

Dimana : Letak Kota Langkat $4^{\circ}13'00''$ LU atau $4,22^{\circ}$ dan $98^{\circ}45'00''$ BT atau 98.75° dan memiliki ketinggian (A) = 1200 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.4946	118.0933	154.6711	272.764
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5390	132.7779	165.7269	298.504
Maret	-2.3892	72.9863	-9.1592	24.4801	0.5542	138.1708	166.8925	305.063
April	9.493	103.068	-0.338	25.5828	0.5378	131.2039	159.2932	290.497
Mei	18.8058	133.1507	3.5487	26.0686	0.5179	121.4918	151.9003	273.392
Juni	23.0771	163.2329	-0.2050	25.5994	0.5195	119.0565	151.4140	270.470
Juli	21.1015	193.3151	-5.5802	24.9275	0.5383	124.6775	156.3088	280.986
Agustus	13.2960	223.8904	-4.3017	25.0873	0.5467	130.4307	159.1059	289.536
September	1.994	253.973	4.847	26.2309	0.5199	126.249	153.337	279.586
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	27.3992	0.4702	113.2780	141.9687	255.247
November	-19.0505	314.1370	14.5838	27.4480	0.4384	103.4109	135.6668	239.077
Desember	-23.0956	344.2192	4.3555	26.1694	0.4494	105.1565	141.0594	246.216

15. Kota Madina

Dimana : Letak Kota Mandina $1^{\circ}50'00''$ LU atau $1,83^{\circ}$ dan $100^{\circ}10'00''$ BT atau 100.17° dan memiliki ketinggian (A) = 1000 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
-------	-----------	---	---	----------	-----------------	-----------------	-------------------	------------------

Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	396.903
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	427.991
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	430.483
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	403.423
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	374.406
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	367.676
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	382.998
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	399.487
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	393.269
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	367.280
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	350.033
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	361.689

16. Nias

Dimana : Letak Kota Nias $0^{\circ}32'00''$ LU atau $1,29^{\circ}$ dan $98^{\circ}00'00''$ BT dan memiliki ketinggian (A) = 800 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	463.655
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	499.034
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	499.226
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	464.926
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	429.881
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	422.333
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	440.998
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	460.582
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	453.305
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	423.44
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	405.063
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	421.140

17. Kota Nias Utara

Dimana : Letak Nias Utara $1^{\circ}33'00''$ LU atau $1,55^{\circ}$ dan $99^{\circ}00'00''$ BT dan memiliki ketinggian (A) = 478 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	559.691
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	600.034

Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	601.267
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	563.289
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	523.475
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	514.446
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	535.269
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	557.654
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	464.473
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	514.649
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	492.914
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	511.33

18. Kota Nias Selatan

Dimana : Letak Kota Nias Selatan $0^{\circ}33'35''$ LU atau $1,13^{\circ}$ dan $98^{\circ}48'29''$

BT atau $98,28^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 800 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	477.642
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	512.924
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	513.038
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	478.184
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	442.088
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	433.679
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	452.378
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	473.048
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	467.310
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	438.462
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	420.058
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	435.557

19. Kota Nias Barat

Dimana : Letak Kota Nias Barat $0^{\circ}59'55,8''$ LU atau $1,91^{\circ}$ dan

$97^{\circ}29'42,6''$ BT atau $98,19^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 800 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	461.838
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	498.596
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	500.907

April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	468.786
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	435.214
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	428.221
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	446.564
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	464.977
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	455.878
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	423.947
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	403.840
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	419.501

20. Kota Pematang Siantar

Dimana : Letak Kota Pematang Siantar $3^{\circ}01'00''$ LU atau $3,02^{\circ}$ dan $99^{\circ}06'35''$ BT atau $98,68^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 500 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	541.623
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	585.446
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	591.934
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	559.843
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	524.620
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	517.596
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	537.484
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	556.119
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	542.402
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	501.641
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	475.515
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	492.149

21. Kota Padang Lawas

Dimana : Letak Kota Padang Lawas $2^{\circ}11'00''$ LU atau $2,18^{\circ}$ dan $95^{\circ}53'00''$ BT atau $95,88^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 800m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	436.742
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	473.588
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	475.977
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	444.808
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	413.095

Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	407.623
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	425.895
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	442.395
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	430.599
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	396.933
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	376.949
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	393.219

22. Kota Padang Lawas Utara

Dimana : Letak Kota Padang Lawas Utara $2^{\circ}02'32''$ LU atau $2,56^{\circ}$ dan $100^{\circ}19'00''$ BT atau $100,32^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 800 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	478.38
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	516.933
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	522.145
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	492.363
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	459.448
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	452.065
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	469.981
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	488.222
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	478.664
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	478.141
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	430.1772
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	443.6881

23. Kota Pak-Pak Barat

Dimana : Letak Kota Pakpak Barat $3^{\circ}32'00''$ LU atau $3,53^{\circ}$ dan $98^{\circ}31'00''$ BT atau $98,52^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 800 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	454.331
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	494.610
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	502.374
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	475.971
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	446.405
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	441.011
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	458.504

Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	473.687
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	459.629
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	422.232
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	397.716
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	410.788

24. Kota Padang Sidempuan

Dimana : Letak Kota Padang Sidempuan $1^{\circ}28'19''$ LU atau $1,79^{\circ}$ dan $99^{\circ}20'35''$ BT atau $99,91^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 1100 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	345.062
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	372.216
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	374.309
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	350.516
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	325.120
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	319.285
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	332.709
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	347.124
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	341.654
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	318.953
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	303.997
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	314.28

25. Kota Samosir

Dimana : Letak Kota Samosir $2^{\circ}49'48''$ LU atau $3,62^{\circ}$ dan $99^{\circ}01'48''$ BT atau $99,82^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 1000 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	384.023
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	418.217
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	425.593
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	403.892
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	378.899
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	373.966
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	388.534
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	401.672
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	390.352

Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	359.122
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	338.054
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	348.042

26. Kota Sergai

Dimana : Letak Kota Sergai $3^{\circ}16'00''$ LU dan $99^{\circ}27'00''$ BT dan memiliki ketinggian (A) = 500 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	538.829
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	585.851
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	597.356
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	570.508
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	538.766
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	532.867
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	551.865
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	567.853
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	550.255
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	504.845
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	474.490
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	488.839

27. Kota Simalungun

Dimana : Letak Kota Simalungun $3^{\circ}18'00''$ LU atau $3,3^{\circ}$ dan $99^{\circ}35'00''$ BT atau 99.58° dan memiliki ketinggian (A) = 369 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	24.1329	0.5095	522.9368	41.3568	564.293
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.4779	0.5521	565.8586	43.3802	609.239
Maret	-2.3892	72.9863	-9.1592	24.0651	0.5647	574.6697	42.4876	617.157
April	9.493	103.068	-0.338	25.1678	0.5452	545.7702	40.1087	585.879
Mei	18.8058	133.1507	3.5487	25.6536	0.5225	511.6467	38.8356	550.482
Juni	23.077	163.233	-0.205	25.1844	0.5226	503.509	39.475	542.983
Juli	21.1015	193.3151	-5.5802	24.5125	0.5419	521.942	40.775	562.717
Agustus	13.2960	223.8904	-4.3017	24.6723	0.5527	541.1054	40.5495	581.655
September	1.994	253.973	4.847	25.8159	0.5296	529.5217	38.3302	567.852
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.9842	0.4833	489.5164	36.2466	525.763
November	-19.0505	314.1370	14.5838	27.0330	0.4536	462.1793	35.9504	498.129

Desember	-23.0956	344.2192	4.3555	25.7544	0.4652	476.3546	37.9447	514.299
----------	----------	----------	--------	---------	--------	----------	---------	---------

28. Kota Sibolga

Dimana : Letak Kota Sibolga $1^{\circ}46'00''$ LU atau $1,77^{\circ}$ dan $98^{\circ}48'00''$ BT atau $98,08^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 50 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	501.526
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	540.125
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	542.837
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	508.498
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	471.746
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	463.396
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	482.739
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	503.579
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	495.235
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	460.917
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	439.267
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	456.106

29. Kota Tebing Tinggi

Dimana : Letak Kota Tebing Tinggi $3^{\circ}21'00''$ LU atau $3,25^{\circ}$ dan $98^{\circ}21'00''$ BT atau 98.25° dan memiliki ketinggian (A) = 34 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	485.730
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	527.396
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	535.267
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	506.81
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	474.308
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	467.401
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	485.613
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	503.298
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	490.528
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	451.208
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	425.29
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	439.865

30. Kota Toba Samosir

Dimana : Letak Kota Toba Samosir $2^{\circ}40'00''$ LU atau $2,67^{\circ}$ dan $99^{\circ}40'00''$ BT atau $99,67^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 900 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	432.266
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	468.172
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	473.243
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	446.039
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	416.139
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	409.766
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	426.348
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	442.678
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	432.951
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	401.394
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	380.419
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	392.713

31. Kota Tapanuli Utara

Dimana : Letak Kota Tapanuli Utara $2^{\circ}41'00''$ LU atau $2,68^{\circ}$ dan $99^{\circ}16'00''$ BT atau $99,27^{\circ}$ dan memiliki ketinggian (A) = 900 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	24.288	0.510	330.234	98.364	428.598
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.633	0.552	361.022	103.421	464.443
Maret	-2.389	72.986	-9.159	24.220	0.562	366.806	102.604	469.409
April	9.493	103.068	-0.338	25.323	0.540	344.902	97.332	442.234
Mei	18.806	133.151	3.549	25.809	0.527	319.653	92.888	412.541
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	313.675	92.692	406.367
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	327.460	95.497	422.957
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	341.981	97.075	439.056
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	334.798	94.227	429.025
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	308.425	88.910	397.335
November	-19.051	314.137	14.584	27.188	0.4572	289.721	86.751	376.472
Desember	-23.096	344.219	4.355	25.909	0.4701	298.174	90.784	388.958

32. Kota Tapanuli Tengah

Dimana : Letak Kota Tapanuli Tengah $2^{\circ}22'00''$ LU atau $2,37^{\circ}$ dan $98^{\circ}12'00''$ BT atau 98.29° dan memiliki ketinggian (A) = 900 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	409.6479	75.9751	420.752
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	447.6194	79.7432	455.761
Maret	-1.7972	74.4658	-8.7765	23.9029	0.5692	491.9056	68.3076	459.418
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	468.034	64.810	431.229
Mei	18.936	133.644	3.566	25.446	0.527	436.778	62.605	401.294
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	428.519	63.399	395.317
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	444.881	65.404	412.078
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	463.271	65.297	428.213
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	454.986	62.031	418.379
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	419.686	58.455	387.41
November	-19.3031	315.1233	14.4549	26.7619	0.4572	363.8459	66.3312	367.670
Desember	-23.1876	345.6986	3.7133	25.4192	0.4701	373.5950	70.0930	381.045

33. Kota Tapanuli Selatan

Dimana : Letak Kota Tapanuli Selatan $2^{\circ}03'00''$ LU atau $2,52^{\circ}$ dan $100^{\circ}22'00''$ BT atau 100.37° dan memiliki ketinggian (A) = 900 m dpl.

Bulan	Deklinasi	B	E	ω	$\cos \theta_z$	Radiasi beam	Radiasi difusi	Radiasi Total
Januari	-20.8472	14.7945	-8.6170	23.8779	0.5130	338.874	100.583	439.457
Februari	-13.3253	43.8904	-13.8569	23.2679	0.5559	369.644	105.559	475.202
Maret	-2.389	72.986	-9.159	23.9029	0.5692	375.354	104.695	480.049
April	9.493	103.068	-0.338	24.958	0.550	353.0073	99.3549	452.362
Mei	18.806	133.151	3.549	25.446	0.527	327.001	94.789	421.790
Juni	23.077	163.233	-0.205	24.974	0.528	320.4531	94.4770	414.930
Juli	21.034	193.808	-5.651	24.294	0.547	334.291	97.269	431.560
Agustus	13.142	224.384	-4.228	24.471	0.558	349.571	98.981	448.552
September	1.994	253.973	4.847	25.606	0.534	343.3941	96.3647	439.759
Oktober	-9.8485	284.0548	14.1935	26.7742	0.4878	317.611	91.251	408.861
November	-19.051	314.137	14.584	26.7619	0.4572	298.8551	89.1624	388.017
Desember	-23.096	344.219	4.355	25.4192	0.4701	306.998	93.126	400.124