

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**PENENTUAN RATA-RATA AZIMUTH ANGLE DAN TILT MODUL
SURYA DI SELURUH KABUPATEN DAN
KOTA INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

IMAM SUTEJO PRASTOMO

11755100057

UIN SUSKA RIAU

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2024



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

PENENTUAN RATA-RATA *AZIMUTH ANGLE* DAN *TILT* MODUL SURYA DI SELURUH KABUPATEN DAN KOTA INDONESIA

TUGAS AKHIR

oleh:

IMAM SUTEJO PRASTOMO

11755100057

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 14 Juni 2024

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing

Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc.
NIP. 19760724 200710 1 003

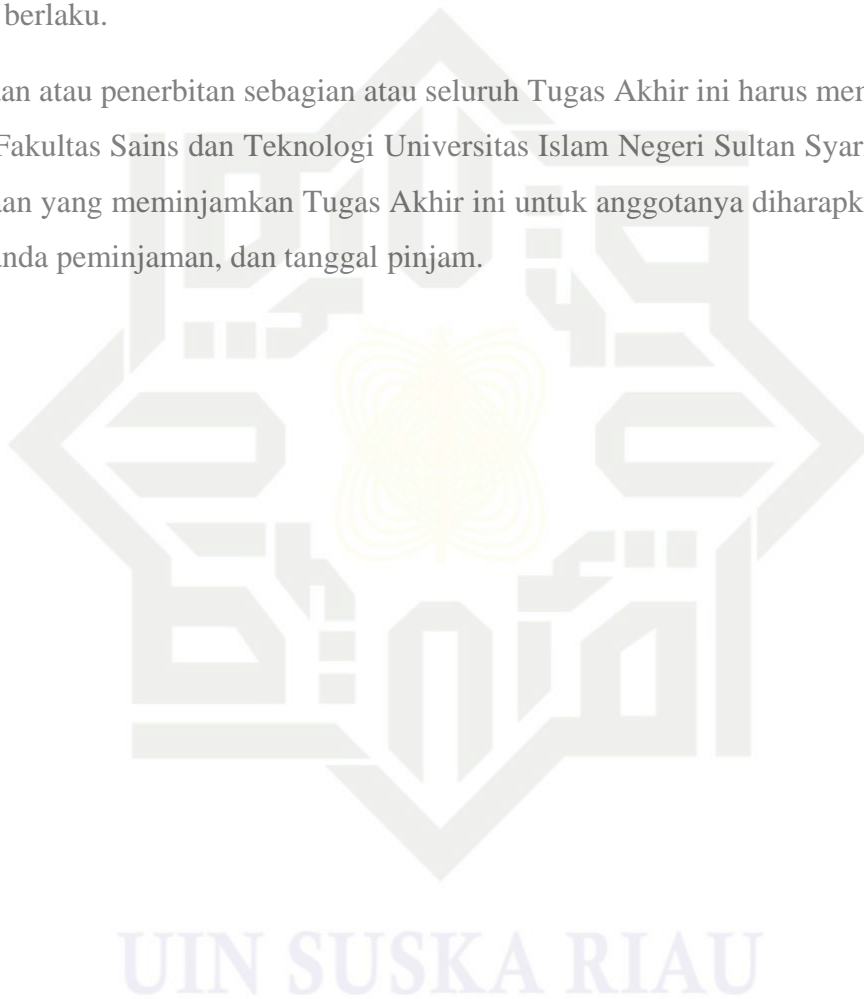
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKRUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman, dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

: Imam Sutejo Prastomo
 : 11755100057
 Tgl. Lahir : Duri, 28 Agustus 1999
 : Sains dan Teknologi
 : Teknik Elektro
 : **Penentuan Rata-Rata Azimuth Angle dan Tilt Modul Surya di Seluruh Kabupaten dan Kota Indonesia**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

UIN SUSKA RIAU

Pekanbaru, 25 Juni 2024

Yang membuat pernyataan



Imam Sutejo Prastomo

NIM : 11755100057

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka. Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 14 Juni 2024

Yang membuat pernyataan

Imam Sutejo Prastomo

NIM. 11755100057

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Alhamdulillahirabbil'alamiin...

Sujud syukur kusembahkan padaMu Tuhanku, Tuhan Yang Maha Agung nan Maha tinggi, Maha Adil dan Maha Penyayang. Atas kasih sayang-Mu memberiku kekuatan, dan membekaliku dengan ilmu, atas karunia dan kemudahan yang telah Engkau limpahkan pulalah akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kehariban Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasalam, yang telah membimbing umatnya menjadi manusia-manusia yang beradab, berfikir dan berilmu pengetahuan.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi Ayahanda tercinta,

Terimakasih atas limpahan kasih sayang, atas bimbingan, atas perjuangan, dan atas semua yang akan selalu ku ingat dan selalu rindukan...

Ibunda tercinta,

Terimakasih atas segala perjuangan tak kenal lelahmu, Terimakasih untuk selalu mendo'akanku,

Terimakasih untuk motivasi dan semangat yang kau berikan padaku, Terimakasih untuk semua pengorbananmu,

Maafkan aku ibu sampai hari ini aku masih banyak menyusahkanmu,

Tetaplah do'akan aku ibu, tetaplah disisiku sampai aku bisa membahagiakanmu di masa tuamu.

Kepada Adikku,

Karya sederhana ini sebagai bukti aku serius akan keinginanmu untuk melanjutkan pendidikanku, aku berhasil sampai di titik ini tidak lepas dari campur tangan kalian.

Keraguan, rasa khawatir kalian selama ini terjawab sudah. Aku berhasil menyelesaikan pendidikanku, dan tidak berhenti di tengah jalan seperti yang kalian takutkan.

Terimakasih untuk kepercayaan, segala dukungan dan do'a dan khususnya terimakasih banyak buat adik yang banyak membantu ibu meringankan beban ibu. Maaf saudara mu ini masih banyak menyusahkan dan membebani kalian.

Kepada Sahabatku...

Hidup terlalu berat untuk kujalani sendiri tanpa petunjuk dan pertolongan Allah dan orang lain.

Tak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah bersama sahabat-sahabat terbaikku.

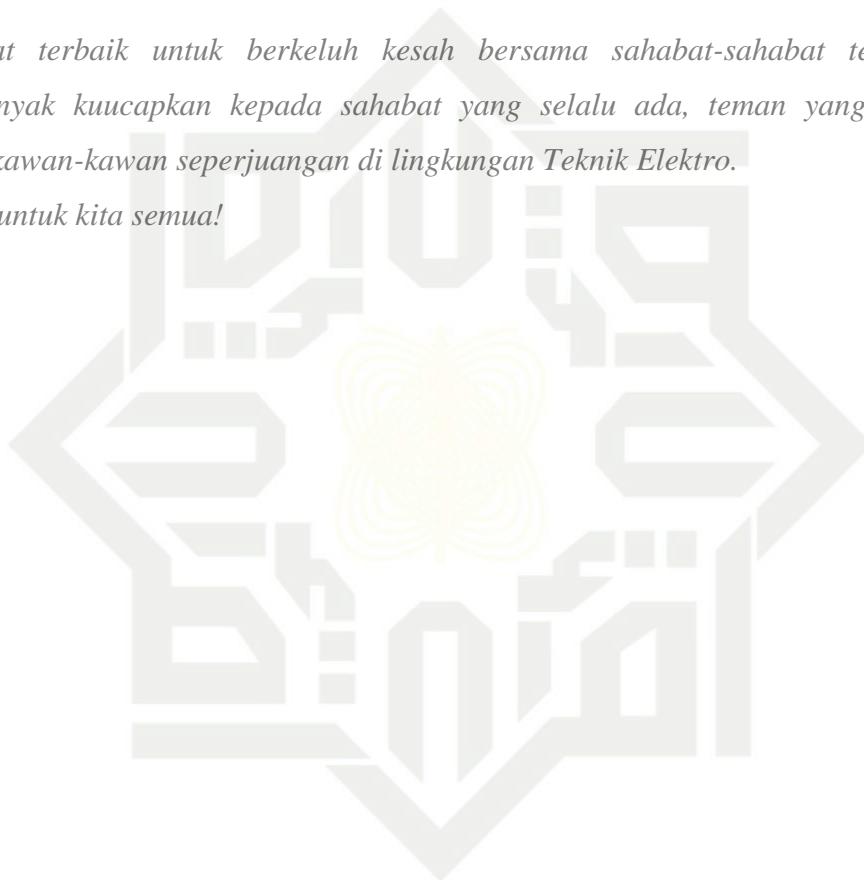
Terimakasih banyak kuucapkan kepada sahabat yang selalu ada, teman yang banyak membantu, dan kawan-kawan seperjuangan di lingkungan Teknik Elektro.

Tetap semangat untuk kita semua!

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

PENENTUAN RATA-RATA *AZIMUTH ANGLE* DAN *TILT* MODUL SURYA DI SELURUH KABUPATEN DAN KOTA INDONESIA

IMAM SUTEJO PRASTOMO

NIM : 11755100057

Tanggal Sidang: 14 Juni 2024

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. HR. Soebrantas No. 155 Panam, Pekanbaru

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki sifat densitas daya yang rendah, sehingga membutuhkan area pemasangan yang relatif besar. Solusi alternatif untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan menentukan *tilt angle* dan *azimuth angle* pada modul surya. Penelitian ini bertujuan mencari *tilt angle* dan *azimuth angle* ideal panel surya di Indonesia. Pada tahap pertama, dilakukan perhitungan nilai rata-rata *tilt angle* dan *azimuth angle* di seluruh Indonesia menggunakan rumus matematis. Kedua, dilakukan pengujian di Kota Pekanbaru untuk mendapatkan nilai optimal di wilayah tersebut. Terakhir, nilai yang diperoleh dibandingkan dengan data dari *Global Solar Atlas* untuk memvalidasi metode penelitian. Hasil penelitian menghasilkan nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* untuk 516 kota dan kabupaten di Indonesia. Nilai-nilai ini dapat menjadi panduan mudah bagi pengguna dalam mengkonfigurasi panel surya. Informasi selengkapnya mengenai nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada lampiran. Pada pengujian di Kota Pekanbaru menunjukkan bahwa sudut optimal untuk *tilt angle* adalah 30° , sedangkan untuk *azimuth angle* adalah 270° . Perbandingan nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* antara perhitungan matematis, pengujian, dan nilai GSA menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh dari pengujian lebih tinggi dibandingkan dengan nilai dari perhitungan matematis dan nilai GSA. Selisih yang signifikan ditemukan pada nilai *azimuth angle*, di mana pengujian menunjukkan hasil yang jauh lebih besar.

Kata Kunci: Sudut Tilt, Sudut Azimuth, Optimalisasi Panel Surya, *Global Solar Atlas*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DETERMINATION OF THE AVERAGE AZIMUTH ANGLE AND TILT OF SOLAR MODULES IN ALL REGENCIES AND CITIES IN INDONESIA

IMAM SUTEJO PRASTOMO

NIM : 11755100057

Date of session : 14 June 2024

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University Sultan of Syarif Kasim Riau

Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Solar Photovoltaic (PV) systems have low power density, requiring a relatively large installation area. An alternative solution to overcome this problem is to determine the tilt angle and azimuth angle of the solar modules. This study aims to find the ideal tilt angle and azimuth angle for solar panels in Indonesia. In the first stage, the average values of tilt angle and azimuth angle were calculated throughout Indonesia using mathematical formulas. Second, testing was conducted in Pekanbaru City to obtain optimal values for the region. Finally, the results were compared with data from the Global Solar Atlas to validate the research method. The results of this study produced tilt angle and azimuth angle values for 516 cities and districts in Indonesia. These values can be an easy guide for users in configuring solar panels. More information on these values can be seen in the appendix. Testing in Pekanbaru City showed that the optimal angle for tilt angle is 30° , while for azimuth angle is 270° . The comparison of tilt angle and azimuth angle values between mathematical calculations, testing, and GSA values shows that the values obtained from testing are higher than the values from mathematical calculations and GSA values. A significant difference was found in the azimuth angle value, where testing showed much larger results.

Keywords: Tilt Angle, Azimuth Angle, Solar Panel Optimization, Global Solar Atlas

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR



Assalamu‘alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamiin, puji syukur penulis panjatkan kepada Rabb, Dzat yang Maha Mulia yakni Allah Subhanahu wa Ta‘ala, yang selalu senantiasa memberikan rahmat yang tiada tara dan karunianya sehingga dapat melaksanakan penelitian dan telah menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Penentuan Rata-Rata Azimuth Angle dan Tilt Modul Surya di Seluruh Kabupaten dan Kota Indonesia”**. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wasallam, keluarga serta para Sahabat beliau, juga kepada orang-orang yang mengikuti sunnah mereka dengan baik hingga hari kiamat kelak.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak baik secara moril maupun materil. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Orang Tua tercinta dan keluarga besar yang telah mendo‘akan serta memberikan semangat dan dorongan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas Rajab, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T.,M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Sutoyo, S.T, M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

6. Bapak Ahmad Faizal S.T., M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau.
7. Bapak Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini maupun dalam proses pendidikan Strata 1 (S1) penulis.
8. Ibu Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc selaku Dosen penasehat akademik yang senantiasa memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Ibu Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc selaku Dosen penguji I yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.
10. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc selaku Dosen penguji II yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.
11. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc selaku Dosen pengampu mata kuliah TA 1 yang telah banyak memberikan arahan serta masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.
12. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat.
13. Pimpinan, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
14. Rekan-rekan Angkatan 2017 dan Konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
15. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis memohon kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala agar usaha ini dijadikan amal shalih sehingga berbuah pahala. Penulis menyadari dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik maupun saran dari berbagai pihak untuk kesempurnaan laporan ini. Bertepatan penulis berharap semoga laporan kerja praktek ini dapat berguna dan bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Pekanbaru, 14 Juni 2024

Penulis,

IMAM SUTEJO PRASTOMO

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta dan Merek Milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.6 Global Solar Atlas	II-12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Prosedur Penelitian	III-1
3.3 Tahapan Perencanaan	III-3
3.3.1 Identifikasi Masalah	III-3
3.3.2 Studi Literatur	III-3
3.3.3 Rumusan Masalah	III-3
3.3.4 Tujuan Penelitian	III-3
3.4 Pengumpulan Data	III-4
3.4.1 Data Primer	III-4
3.4.2 Data Sekunder	III-4
3.5 Teknik Pengolahan Data	III-5
3.5.1 Pengolahan Data	III-5
3.5.2 Uji Validasi	III-5
3.5.2.1 Alat dan Komponen	III-6
3.5.3 Analisa Hasil	III-8
BAB IV HASIL DAN ANALISA	IV-1
4.1 Fitur Global Solar Atlas	IV-1
4.1.1 Website Global Solar Atlas	IV-1
4.1.2 <i>Mapping</i> Dengan Cara Menarik Garis Wilayah Pada Peta	IV-2
4.1.3 Dokumen Hasil <i>Mapping</i>	IV-5
4.2 Parameter Input yang Terdapat di <i>Global Solar Atlas</i>	IV-5
4.3 Pengolahan Data Dengan Metode Matematis Menggunakan Model Liu dan Jordan	IV-6
4.4 Hasil dari Pengolahan Data Di setiap Kabupaten dan Kota di Indonesia	IV-8
4.5 Uji Validasi Secara Langsung	IV-10
4.5.1 Hasil Pengujian di Waktu yang Berbeda Dengan Nilai <i>Tilt Angle</i> dan <i>Azimuth Angle</i> yang Optimal di <i>Global Solar Atlas</i>	IV-11
4.5.2 Hasil Pengujian Tegangan Output Dengan Nilai <i>Azimuth Angle</i> yang Sama dan Variasi Nilai <i>Tilt Angle</i> yang Berbeda	IV-14

4.5.3 Hasil Pengujian Tegangan Output Dengan Nilai <i>Tilt Angle</i> yang Sama dan Variasi Nilai <i>Azimuth Angle</i> yang Berbeda.....	IV-16
4.5.4 Perbandingan Nilai.....	IV-18
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Tilt angle</i> pada panel surya.....	II-3
Gambar 2.2 <i>Azimuth angle</i> pada panel surya	II-4
Gambar 2.3 Hubungan antara matahari – Bumi	II-6
Gambar 2.4 Sudut putar Bumi terhadap bidang Orbit.....	II-7
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	III-2
Gambar 3.2 Mitsuyama MS-10W POLY	III-6
Gambar 3.3 Multimeter digital DT-830B	III-7
Gambar 3.4 Inclinometer	III-7
Gambar 3.5 Aplikasi Kompas dan Info Sensor Pada Smartphone	III-8
Gambar 4.1 Logo <i>Global Solar Atlas</i>	IV-1
Gambar 4.2 Fitur <i>Mapping</i> GSA	IV-2
Gambar 4.3 Proses <i>Mapping</i>	IV-2
Gambar 4.4 Proses <i>Mapping</i> Penuh	IV-3
Gambar 4.5 Tampilan Setelah <i>Mapping</i>	IV-3
Gambar 4.6 Perubahan Nama Area	IV-4
Gambar 4.7 Tampilan Untuk Mengunduh data.....	IV-4
Gambar 4.8 Tampilan untuk Menunduh Hasil Pemetaan.....	IV-5
Gambar 4.9 Hasil unduhan format PDF.....	IV-5
Gambar 4.10 Pengolahan Data Perhitungan Matematis dengan Bantuan <i>Ms Excell</i>	IV-7
Gambar 4.11 Peta Provinsi Riau	IV-9
Gambar 4.12 Pengujian <i>Tilt Angle</i> dan <i>Azimuth Angle</i> Menggunakan 4 Panel Surya	IV-10
Gambar 4.13 Grafik Hasil Tegangan Pengujian 1 November.....	IV-12
Gambar 4.14 Grafik Hasil Tegangan Pengujian 7 November.....	IV-13
Gambar 4.15 Grafik Hasil Tegangan Pengujian 8 November.....	IV-14
Gambar 4.16 Grafik Hasil Tegangan Pengujian <i>Azimuth Angle</i>	IV-15
Gambar 4.17 Grafik Hasil Tegangan Pengujian <i>Tilt Angle</i>	IV-17

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Hitungan hari pada bulan.....	II-9
Tabel 3.1 Data sekunder yang di butuhkan	III-4
Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya Mitsuyama MS-10W POLY	III-6
Tabel 4.1 Parameter Input di <i>Global Solar Atlas</i>	IV-6
Tabel 4.2 Hasil Rata-Rata Bulanan Nilai <i>Tilt Angle</i> dan <i>Azimuth Angle</i> di Kota Pekanbaru	IV-8
Tabel 4.3 Hasil Tegangan 4 Panel Surya	IV-11
Tabel 4.4 Hasil pengujian tanggal 1 November 2023	IV-11
Tabel 4.5 Hasil pengujian tanggal 7 November 2023	IV-12
Tabel 4.6 Hasil pengujian tanggal 8 November 2023	IV-13
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Tegangan Menentukan <i>Azimuth Angle</i> Optimal	IV-15
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Tegangan Menentukan <i>Tilt Angle</i> Optimal	IV-16
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Nilai.....	IV-18

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
2.1 Rumus Radiasi Total pada Bidang Miring	II-7
2.2 Rumus Radiasi Langsung	II-8
2.3 Rumus Rasio Radiasi Langsung pada Bidang Miring Terhadap Bidang Horizontal ...	II-8
2.4 Rumus Sudut Datang	II-8
2.5 Rumus Nilai Sudut Zenith	II-8
2.6 Rumus Sudut Deklinasi	II-8
2.7 Rumus Radiasi Difusi	II-10
2.8 Rumus Model B	II-10
2.9 Rumus Tien et al.....	II-10
2.10 Rumus Model Liu dan Jordan	II-10
2.11 Rumus Anisotropic Reindel et al.....	II-10
2.12 Rumus Radiasi Pantulan	II-10
2.13 Rumus <i>Tilt Angle</i>	II-11
2.14 Rumus <i>Azimuth</i> Permukaan.....	II-11
2.15 Rumus <i>Azimuth</i> Matahari	II-11
2.16 Rumus Sudut Jam	II-11
2.17 Rumus Waktu Matahari	II-11
2.18 Rumus <i>Time Correction</i>	II-11
2.19 Rumus Perhitungan pada Waktu	II-11
2.20 Rumus <i>Local Standard Meridian Time</i>	II-12
2.21 Rumus Sudut Jam	II-12

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi surya merupakan energi terbarukan yang terdapat di alam. Jumlah energi surya tidak terbatas sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan di hampir semua lokasi di permukaan Bumi, kecuali di tempat yang dinaungi mendung dan pada waktu malam hari. Energi surya telah dimanfaatkan dari dulu hingga sekarang, contohnya untuk mengeringkan hasil panen dan menjemur berbagai keperluan sehari-hari [1]. Selain pemanfaatan tersebut, energi surya juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik atau dikenal dengan istilah fotovoltaik, sistem fotovoltaik dapat mengubah sinar matahari menjadi listrik yang bersih dan ramah lingkungan, mengurangi emisi gas rumah kaca dan membantu mengatasi perubahan iklim global.

Indonesia terletak di garis khatulistiwa pada koordinat garis lintang di titik 6° Lintang Utara (LU) sampai 11° Lintang Selatan (LS) dan di garis bujur antara 95° bujur timur (BT) – 141° bujur timur (BT) [2]. Indonesia dikenal sebagai negara tropis, sehingga mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 8 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat dibagi berturut-turut sebagai berikut untuk wilayah sebelah barat Indonesia terpapar energi surya sekitar $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ dengan deviasi bulanan sebesar 10%. Sedangkan untuk wilayah Indonesia sebelah Timur memiliki paparan energi surya hingga $5,1 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ dengan deviasi bulanan sekitar 9%, besarnya deviasi tersebut pada wilayah Indonesia berpotensi menghasilkan sekitar 207.9 GWp (*Gigawatt-peak*) listrik [3][4]. Intensitas radiasi sebesar itu berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai energi surya menjadi listrik.

Pemakaian energi menggunakan *solar cell*/sel surya merupakan alternatif yang sangat berpotensi untuk diterapkan di Indonesia. Pemanfaatan energi surya di Indonesia baru mencapai 0,05% dari potensi yang ada dan kapasitas terpasang untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya baru mencapai 100 MW, sedangkan target RUEN harus mencapai peningkatan sekitar 900 MW [5]. Target Pemerintah membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



sebesar 6,5 GW pada 2025 juga terus dikejar [5]. Untuk melengkapi keperluan suplai energi di Indonesia, PLTS dapat mejadi bagian dari solusi energi alternatif, sekaligus demi menciptakan kualitas udara yang lebih baik, dikarenakan sumber energi surya tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca.

Dalam rangka mencapai target, RUEN memberi arah pengelolaan energi nasional guna mewujudkan kemandirian energi dan ketahanan energi nasional, maka dari itu untuk mendukung pembangunan nasional berkelanjutan perlu adanya berbagai kegiatan salah satunya adalah penelitian yang berkaitan dengan metode untuk merencanakan potensi energi listrik tenaga surya. PLTS memiliki sifat densitas daya yang rendah, sehingga membutuhkan area pemasangan yang relatif besar [6]. Densitas daya pada PLTS adalah ukuran yang menunjukkan jumlah daya yang dihasilkan per satuan luas dari suatu pembangkit listrik tenaga surya. Densitas daya dapat diukur dalam watt per meter persegi (W/m^2). Densitas daya yang lebih tinggi berarti mampu menghasilkan lebih banyak energi dari luas yang sama, Densitas daya dapat ditingkatkan dengan mengatur panel surya secara sejajar dengan arah cahaya matahari jatuh. Lamanya matahari bersinar dalam satu hari dan satu musim akan mempengaruhi jumlah energi yang jatuh pada permukaan datar di permukaan Bumi. Jika permukaan satu meter persegi dimiringkan dan menjadi tegak lurus terhadap arah datang sinar matahari akan membuat densitas energi yang diterima akan semakin bertambah [7].

Perolehan intensitas matahari harus dioptimalkan agar dapat memaksimalkan potensi energi terbarukan dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang tidak berkelanjutan. Intensitas matahari yang optimal terkait erat dengan sudut azimut (*azimuth angle*) dan sudut kemiringan (*tilt angle*) panel surya. Hal ini mengacu pada kuantitas energi matahari yang diterima oleh panel surya, yang ditentukan oleh radiasi matahari yang mencapai permukaan Bumi dalam satuan luas dan waktu tertentu, yang dikenal sebagai insolasi lokal.

Tilt Angle dan *Azimuth angle* terbaik dapat dilacak menggunakan teknologi *solar tracking system* dengan sistem pelacakan yang mengikuti arah matahari untuk memaksimalkan energi matahari harian yang diterima oleh panel surya. Namun, karena perangkat ini mahal dan membutuhkan energi untuk pengoperasiannya, maka diperlukan sebuah ketetapan *tilt angle* dan *azimuth angle* di suatu lokasi. Sudut kemiringan dapat dikoreksi dari waktu ke waktu menggunakan data orientasi sudut dan kemiringan panel surya [8]. Pada umumnya,

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



praktis direkomendasikan bahwa sistem panel surya harus dipasang dengan sudut kemiringan yang sama dengan garis lintang lokasi [8], walaupun tidak selalu akurat.

Pentingnya pengaturan *tilt angle* dan *azimuth angle* panel surya dimaksudkan untuk memaksimalkan dan meningkatkan efisiensi dari radiasi matahari yang diterima tanpa mengeluarkan biaya lebih untuk membeli *Solar Tracking System*. Semakin banyak paparan radiasi matahari yang diterima oleh panel surya, maka akan semakin tinggi produksi energi yang dihasilkan.

Untuk mengelola energi dengan baik, kita tidak bisa hanya mengandalkan metode sederhana. Kita butuh data yang bisa membantu kita dalam memilih sumber energi yang terbaik. Data ini dikumpulkan dan diproses untuk jadi panduan dalam memenuhi kebutuhan energi yang paling tepat. Acuan data dalam menentukan *tilt angle* dan *azimuth angle* untuk pemasangan panel surya sudah banyak beredar di beberapa website online salah satunya yaitu GSA (*Global Solar Atlas*), akan tetapi dalam memprediksi arah matahari bisa saja berubah ubah tak tentu disebabkan beberapa faktor pergerakan Bumi. Untuk memastikan nilai yang dihasilkan selama ini tetap konsisten dan optimal maka dalam hal ini diperlukan adanya perbandingan dengan hasil menggunakan perhitungan matematis secara manual.

Data yang didapat oleh peneliti sebelumnya telah banyak didapatkan, namun bergantung dari daerah yang diteliti oleh masing-masing peneliti. Harapan yang didapatkan dalam penelitian ini adalah data *tilt angle* dan *azimuth angle* di seluruh Kabupaten dan Kota yang terdapat di Indonesia yang terdaftar pada tahun 2023, sehingga pengguna dapat melakukan konfigurasi PV dengan mudah sesuai dengan data yang didapat berdasarkan waktu yang telah ditentukan di masing-masing daerah pengguna yang ada di wilayah Indonesia.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka penulis ingin meneliti *azimuth angle* dan *tilt angle* di seluruh Kabupaten dan Kota di Indonesia. Metode yang digunakan adalah perhitungan secara matematis seperti radiasi langsung, radiasi difusi pada bidang miring, radiasi global pada bidang miring. Kemudian hasil perhitungan matematis dari nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* dibandingkan dengan nilai yang ada di aplikasi *Global Solar Atlas* (GSA). Dari kedua hasil perhitungan matematis dan website GSA, dapat dianalisa perbandingan dari kedua nilai yang di hasilkan. Dua hasil tersebut kemudian divalidasi dengan pengujian menggunakan panel surya. Pengujian secara langsung dilakukan hanya di Kota Pekanbaru karena dekatnya wilayah tersebut dengan peneliti. Uji Validasi digunakan untuk mengetahui tingkat

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Herbandingan dari penggunaan metode perhitungan matematis tersebut. Penjelasan diatas menjadi suatu bahan bagi penulis dalam melakukan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* di berbagai Kabupaten dan Kota di Indonesia, maka dari itu peneliti memilih judul penelitian, “*Penentuan Rata-Rata Azimuth Angle dan Tilt Modul Surya di Seluruh Kabupaten dan Kota Indonesia*”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai rata-rata *tilt angle* dan *azimuth angle* modul surya di seluruh wilayah Kabupaten dan Kota di Indonesia yang dihitung menggunakan rumus matematis dengan bantuan *Microsoft Excel*?
2. Bagaimana cara mendapatkan nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* yang optimal di Kota Pekanbaru dengan melakukan pengujian secara langsung?
3. Berapa perbandingan antara nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* yang diperoleh menggunakan rumus matematis dengan nilai dari *Global Solar Atlas* (GSA)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Menghitung nilai rata-rata *tilt angle* dan *azimuth angle* modul surya di seluruh wilayah Kabupaten dan Kota di Indonesia yang dihitung menggunakan rumus matematis dengan bantuan *Microsoft Excel*.
2. Memperoleh nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* yang optimal bagi modul surya di Kota Pekanbaru dengan melakukan pengujian secara langsung.
3. Mengetahui perbandingan antara nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* yang diperoleh secara manual dengan nilai yang diperoleh dari *Global Solar Atlas* (GSA).

1.4 Batasan Masalah

Walaupun penelitian ini dilakukan di semua Kabupaten dan Kota di Indonesia, data validasi tidak akan diperoleh dari setiap titik di kawasan kabupaten dan kota tersebut. Data validasi yang digunakan hanya dari satu wilayah saja, yaitu Kota Pekanbaru.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yaitu memperoleh hasil akurasi nilai rata-rata *tilt angle* dan *azimuth angle* yang baik dari *software* GSA (*Global Solar Atlas*) dan juga dapat menjadi acuan bagi pemasangan PLTS di Indonesia dalam mendapatkan penyinaran matahari yang lebih baik.

Hak Cipta dan Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Dalam tahap awal penelitian, langkah pertama yang diambil adalah melakukan studi literatur untuk mencari referensi dan teori yang terkait dengan objek serta masalah penelitian. Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik skripsi ini.

Penelitian [9] dilakukan dengan tujuan menentukan kemiringan yang optimal dalam jangka panjang, dan mengetahui perbedaan antara berbagai penerimaan radiasi dengan menyesuaikan sudut kemiringan yang berbeda-beda. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah perhitungan matematis menggunakan model Liu dan Jordan, dengan menggunakan model Liu dan Jordan dapat menghitung radiasi total pada panel miring untuk sudut kemiringan dari 20° hingga 90° . Menurut model ini, radiasi total pada permukaan miring meliputi radiasi langsung, radiasi difusi (difusi), dan radiasi reflektif dari permukaan. Hasil dari penelitian ini menyarankan untuk mengatur permukaan miring untuk mencapai penyerapan energi matahari yang efisien. Di musim panas, permukaan miring disesuaikan dengan sudut kemiringan bulanan. Untuk tahunan diperlukan pengaturan sudut kemiringan tahunan [9].

Penelitian [10] bertujuan mengidentifikasi sudut kemiringan (*tilt/slope angle*) dan orientasi arah (*azimuth angle*) dari suatu alat pemanen energi surya untuk mendapatkan nilai radiasi maksimum pada sepanjang tahun di daerah Semarang, Jawa Tengah. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan perhitungan teoritis nilai estimasi radiasi matahari di wilayah Politeknik Negeri Semarang (Polines), Semarang, Jawa Tengah yang memiliki koordinat geografis di $7^\circ 03' 13.4''$ (7.053715°) Lintang Selatan dan $110^\circ 26' 06.8''$ (110.435220°) Bujur Timur. Hasil yang di dapat yaitu dalam sepanjang tahun, nilai optimum dari sudut-sudut tersebut selalu berubah, tetapi nilai rata-rata dari sudut *tilt/slope* (β) yang menghasilkan nilai radiasi maksimum berada di sudut kemiringan 7° dengan orientasi arah yang menghadap ke utara. Hal ini disebabkan oleh lokasi titik uji yang berada di wilayah selatan bagian Bumi [10].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Sharif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian [11] bertujuan untuk mengoptimalkan teknologi PV surya dengan menggunakan metode penyesuaian posisi panel bulanan di Sulawesi Tenggara. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model matematika dari radiasi matahari yang jatuh pada permukaan bidang miring. Hasil dari penelitian ini pada bulan Januari menunjukkan arah panel optimal ada di Selatan dengan sudut kemiringan 25° . Sudut ini berubah menjadi 15° , dengan arah yang sama pada bulan Februari. Pada bulan Maret, sudut kemiringan optimal adalah sejajar dengan permukaan Bumi. Pada bulan April sampai September sudut optimal berkisar dari 15° sampai 35° ke arah utara, sedangkan pada bulan Oktober sampai Desember sudut optimal berkisar dari 10° sampai 25° ke arah selatan [11].

Penelitian [12] bertujuan untuk mengoptimalkan radiasi matahari yang jatuh pada bidang miring panel *photovoltaic*. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model matematika dari radiasi matahari yang jatuh pada permukaan bidang miring divariasikan pada sudut kemiringan 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , dan 30° , sedangkan pengaturan arah azimuth divariasikan menghadap ke utara dan ke selatan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengaturan arah azimuth dan sudut tilt dari bulan Oktober s.d. Februari adalah menghadap ke selatan dengan sudut tilt berkisar $5^\circ - 10^\circ$ karena pergerakan matahari masih berada di sebelah selatan Bumi dan dari bulan Maret s.d. September adalah menghadap utara dengan sudut tilt berkisar $5^\circ - 25^\circ$ karena pergerakan matahari berada di sebelah utara Bumi. Sedangkan untuk tipe *fixed panel photovoltaic* optimal arah azimuth panel menghadap ke arah utara dengan sudut tilt 10° [12].

Penelitian [13] bertujuan untuk mengetahui nilai sudut ketinggian dan sudut optimal panel surya pada wilayah Meulaboh. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode matematis untuk menentukan sudut altitude matahari di wilayah meulaboh. Hasil dari penelitian ini adalah pada bulan Januari hingga Maret posisi panel surya menghadap tepat ke utara dengan sudut kemiringan $35,54^\circ$, $23,38^\circ$ dan $12,34^\circ$. Khusus pada bulan April sudut kemiringan bernilai $0,22^\circ$ yang berarti posisi panel surya berhimpit dengan bidang horizontal. Pada bulan Mei hingga Desember posisi panel mulai menghadap ke bawah, atau permukaan panel mulai menghadap ke arah selatan dari latitude Meulaboh, hal ini ditandai dengan notasi 'min' pada awalan nilai sudut. Sudut optimal yang diperoleh merupakan nilai optimal saat siang hari, yang berarti posisi matahari tegak lurus terhadap panel [13].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian-penelitian di atas merupakan bahan acuan untuk melakukan penelitian ini. Untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode perhitungan matematis dengan model Liu dan Jordan untuk memperoleh nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* panel surya. Data yang digunakan dalam perhitungan ini bersumber dari website GSA.

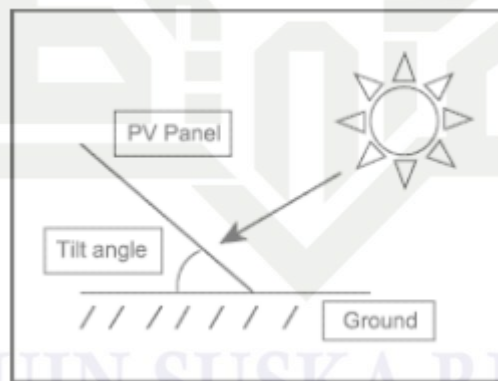
Setelah mengamati beberapa penelitian yang sudah dilakukan, [10] [11] [12] [13] hanya melakukan pada satu wilayah saja, maka dalam penelitian ini peneliti akan melakukan penelitian pada 516 kota dan kabupaten di Indonesia menggunakan metode perhitungan matematis radiasi dengan model Liu dan Jordan. Dilakukannya penelitian ini juga bermanfaat dalam mempermudah bagi mereka yang ingin mengetahui nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* di suatu kota atau kabupaten.

2.2. Teori

2.2.1. Radiasi Matahari yang Optimal

Dalam penentuan arah radiasi yang optimal pada panel surya ada 2 unsur penting yaitu *tilt angle* dan *azimuth angle*.

1. Tilt Angle

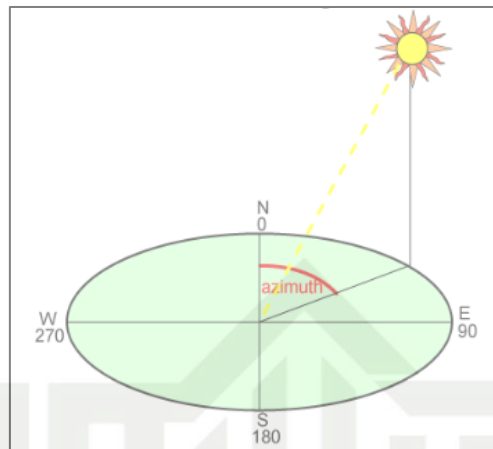


Gambar 2.1 *Tilt angle* pada panel surya [14]

Tilt angle adalah sudut kemiringan panel surya terhadap matahari semata-mata untuk mendapatkan radiasi matahari yang optimal. Orbit Bumi yang mengelilingi matahari berpengaruh besar terhadap pengaturan pada *tilt angle* agar sesuai dengan kedudukannya.

© Azimuth Angle

Hak cipta milik UIN Suska Riau



Gambar 2.2 Azimuth angle pada panel surya [14]

Sudut azimut adalah sudut yang terbentuk dari arah kutub utara/selatan Bumi menuju ke objek, jika suatu koordinat objek ditarik garis menuju permukaan vertikal Bumi yang terpancar matahari maka akan didapat sudut azimut yang terbentuk. Indonesia berada pada 2 garis lintang khatulistiwa, yaitu berada pada utara dan selatan, sehingga didapat acuan sudut azimut yang berbeda pula untuk daerah selatan maka titik 0° pada daerah utara, sebaliknya untuk daerah utara maka titik 0° berada pada daerah selatan [15].

2.2.2 Energi Surya

Cahaya matahari merupakan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh sinar matahari. Cahaya matahari dapat dimanfaatkan menjadi sebuah energi yang berjumlah besar dan bersifat terus-menerus (selagi ada cahaya matahari). Sebagian besar bentuk sumber energi yang diperlukan Bumi berasal dari matahari, saat ini daya matahari telah lebih dari 99,9% dari total energi ditransmisikan ke Bumi, yaitu $1,8 \times 10^{15}$ TW. Perbandingan energi radiasi matahari yang tiba ke Bumi setara dengan 100.000 kali jumlah energi yang dihasilkan seluruh pembangkit listrik di dunia. Jumlah energi matahari saat ini setara dengan 20.000 kali konsumsi kebutuhan daya listrik manusia saat ini. Energi surya juga tidak menyebabkan kerusakan atau pencemaran lingkungan dan dapat menjadi antisipasi dalam masa depan [9]. Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki alat yang telah menyumbang bagian dari total pembangkit listrik dunia yaitu membuat teknologi pembangkit listrik tenaga surya

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Qasim Riau

2.2.3. Pemanfaatan Energi Surya

Istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan kita. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “*photovoltaic*” (*photo* = cahaya, *voltaic* = tegangan), ada berbagai macam cara untuk memanfaatkan energi surya [3]. Pemanfaatan potensi energi surya memiliki 2 teknologi yang sudah ditetapkan yaitu teknologi energi surya fotovoltaik yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik seperti pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lain-lain. Kedua yaitu teknologi energi surya *thermal* yang umumnya digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil perkebunan dan memanaskan air. *Photovoltaic* tenaga matahari yang melibatkan pembangkit listrik dari cahaya, rahasia dari proses ini adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, partikel bermuatan negatif yang membentuk dasar listrik [3].

2.2.4. Solar Photovoltaic

Teknologi *Solar Photovoltaic* (PV) merupakan salah satu metode yang baik untuk mengubah sinar matahari, di mana energi sinar matahari tersedia dalam jumlah besar sepanjang tahun dan kemudian langsung menjadi listrik. Teknik konversi sinar matahari langsung menjadi listrik oleh sel surya yang menggunakan efek *photovoltaic* ramah lingkungan, mudah dirawat dan dioperasikan [16]. Prinsip kerja sel *fotovoltaic* adalah menangkap photon dari sinar matahari yang nantinya dapat menghasilkan listrik. Ada dua jenis panel surya yang dikelompokkan berdasarkan material penyusunnya yaitu *Crystalline silicon* dan *Thin Film*.

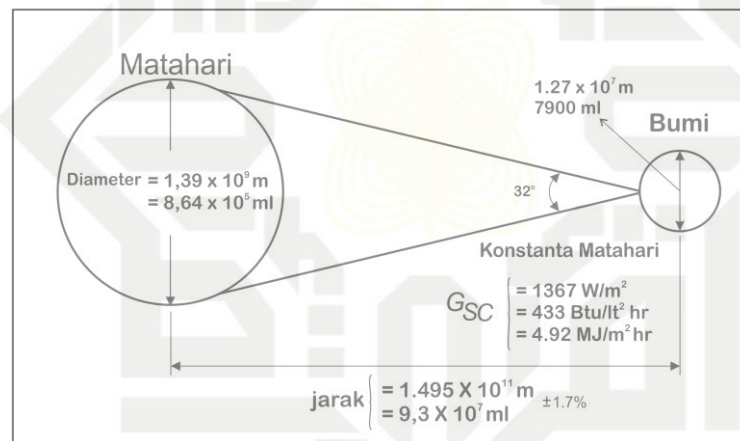
Crystalline silicon memanfaatkan material silikon sebagai bahan dasar penyusun tiap sel surya. *Mono Crystalline Silicon* termasuk jenis yang banyak dipasarkan karena memiliki efisiensi yang paling tinggi [17]. Sedangkan *thin film* memiliki bentuk yang lentur, ketebalannya bisa mencapai nanometer ataupun mikrometer [17]. Sel *monocrystalline* juga merupakan bentuk solar sel silikon yang paling hemat ruang. Selain itu juga keuntungan lainnya adalah menjadi sel yang bertahan paling lama dari semua sel surya berbasis silikon [16].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.5 Teori Dasar Radiasi

Radiasi matahari merupakan salah satu parameter cuaca yang paling berpengaruh dalam sistem iklim, di mana seluruh fenomena cuaca dan iklim pada mulanya disebabkan oleh variasi distribusi penerimaan radiasi matahari. Fluktuasi intensitas radiasi matahari yang diterima di permukaan Bumi membentuk pola iklim dalam berbagai skala waktu [18].

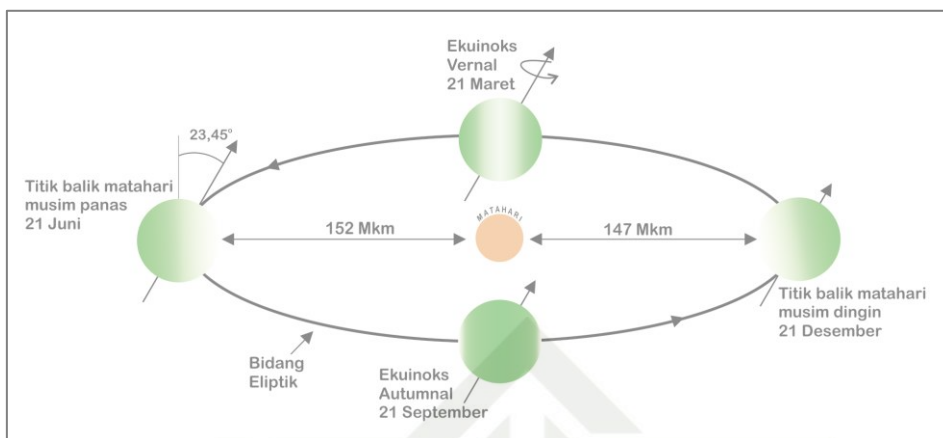
Matahari mempunyai diameter $1,39 \times 10^9$ m atau sama dengan $8,64 \times 10^5$ ml Sedangkan Bumi memiliki diameter $1,27 \times 10^7$ m, perbandingannya matahari kira kira 109 kali diameter Bumi. Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk ellipsis dengan matahari sebagai pusatnya. Jarak rata-rata matahari dari Bumi adalah 1495×10^{11} m dan dari jarak tersebut membentuk sudut 32° .



Gambar 2.3 Hubungan antara matahari – Bumi [15]

Besarnya energi yang dipancarkan oleh matahari persatu satuan waktu pada area satu meter persegi dalam arah tegak lurus terhadap suatu bidang diluar atmosfer Bumi (*extraterrestrial*) disebut dengan *Solar constant* (G_{SC}). Berdasarkan data dari *World Radiation Center* (WOC), nilai yang digunakan adalah 1367 W/m^2 dengan error sebesar 1%. Nilai kontanta G_{SC} tersebut sangat penting dalam melakukan prediksi intensitas radiasi matahari. Akibat adanya variasi jarak antara Bumi dan matahari, maka terjadi perubahan nilai radiasi matahari *extraterrestrial* dalam sepanjang tahun [10].

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.4 Sudut Putar Bumi Terhadap Bidang Orbit [19]

Setiap hari Bumi berputar pada sumbunya sambil melakukan orbit sepanjang elips, seperti yang ditunjukkan Gambar (2.4) di mana sepanjang bidang orbit Bumi disebut bidang ekliptik. Bumi berputar dengan kemiringan 23.45° terhadap bidang edar dengan sudut kemiringan tersebut. Hal ini yang menyebabkan pergantian musim dimana saat 21 maret dan 21 September garis dari pusat matahari ke Bumi melewati equator diseluruh bagian Bumi sehingga terjadi pola ekuinok, dimana terjadi kesetaraan waktu antara siang dan malam yaitu sama-sama 12 jam. Pada tanggal 21 Desember musim dingin terjadi di utara Bumi, dimana kemiringan kutub utara mencapai sudut tertinggi terhadap matahari (23.45°) sementara pad 21 juni terjadi proses sebaliknya [19].

2.2.5.1. Radiasi Total Pada Bidang Miring

Radiasi total pada bidang miring adalah jumlah dari radiasi langsung H_B , radiasi tersebar H_D , dan radiasi pantulan H_R dapat dihitung dengan persamaan (2.1) [20]:

$$H_T = H_B + H_D + H_R \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- H_T = Radiasi Total pada bidang miring (kWh/m^2)
- H_B = Radiasi Langsung (kWh/m^2)
- H_D = Radiasi Tersebar (kWh/m^2)
- H_R = Radiasi Pantulan (kWh/m^2)



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© *Beam Radiation* atau Radiasi langsung

Radiasi langsung adalah radiasi yang mencapai Bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh Bumi dalam arah sejajar sinar datang [21]. Perhitungan radiasi total yang jatuh pada bidang miring salah satu komponennya yaitu menghitung radiasi langsung. Radiasi langsung pada permukaan bidang miring dapat ditunjukkan dengan persamaan (2.2) [12] [20]:

$$H_B = (H_g - H_d)R_b \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- H_B = Radiasi Langsung (kWh/m²)
- H_g = Radiasi global pada bidang miring (kWh/m²)
- H_d = Radiasi difusi pada bidang miring (kWh/m²)
- R_b = Rasio radiasi langsung pada bidang miring terhadap bidang horizontal (kWh/m²)

Dimana H_g dan H_d adalah radiasi global dan radiasi difusi pada bidang horizontal.

Sedangkan R_b adalah rasio radiasi langsung pada bidang miring terhadap bidang horizontal.

R_b dapat dihitung dengan persamaan (2.3) [12]:

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan θ adalah sudut datang, dimana dihitung dengan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \\ & + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \dots\dots\dots(2.4) \end{aligned}$$

Dan nilai θ_z adalah nilai sudut *zenith* dapat dihitung dengan persamaan (2.5):

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana ϕ merupakan latitude lokasi, β merupakan sudut miring permukaan panel surya, γ merupakan azimut permukaan, 0° menghadap selatan dan 180° menghadap utara. Notasi ω merupakan sudut jam, δ merupakan sudut deklinasi matahari yang dapat ditentukan dengan persamaan (2.6) [15]:

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360}{365}(284 + n)\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana n merupakan jumlah hari dari bulan januari terhitung tanggal 1 sampai bulan Desember di tanggal 31 terhitung hari ke 365, terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hitungan hari pada bulan [19].

Bulan	n
Januari	1
Februari	32
Maret	60
April	91
Mei	121
Juni	152
Juli	182
Agustus	213
September	244
Oktober	274
November	305
Desember	335

Keterangan:

- θ = Sudut datang
- θ_z = Sudut *zenith*
- δ = Sudut deklinasi
- ϕ = *Latitude*
- β = Sudut miring permukaan panel
- γ = Azimut Permukaan
- ω = Sudut Jam

2. Radiasi Difusi

Radiasi Difusi adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan oleh Atmosfer [21]. Radiasi difusi pada permukaan bidang miring (H_D), dihitung menggunakan nilai radiasi difusi pada permukaan horizontal (H_d). Secara matematis hubungan terhadap radiasi diusi diberikan pada persamaan (2.7):

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



$$H_D = R_d H_d \dots\dots\dots(2.7)$$

Metode untuk memperkirakan rasio difusi radiasi matahari pada permukaan bidang miring terhadap bidang horizontal diklasifikasikan menjadi model isotropik dan model anisotropik. Model isotropik mengasumsikan bahwa intensitas radiasi difusi di langit adalah seragam dikubah langit. Oleh karena itu, radiasi difusi pada permukaan bidang miring bergantung dari pecahan yang terlihat di kubah langit. Model anisotropic mengasumsikan radiasi difusi di wilayah yang mengelilingi matahari (langit dekat piringan matahari) ditambah dan distribusi komponen difusi dari sisa kubah langit [12].

Terdapat beberapa model isotropic yang diusulkan, diantaranya:

Model Badescu

$$R_d = \frac{3 + \cos(2\beta)}{4} \dots\dots\dots(2.8)$$

Model Tien et al

$$R_d = 1 - \frac{\beta}{180} \dots\dots\dots(2.9)$$

Model Liu and Jordan

$$R_d = \frac{1 + \cos\beta}{2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Sedangkan untuk model anisotropic seperti yang di usulkan oleh Reindel et al. diberikan pada persamaan (2.11):

$$R_d = \frac{H_b}{H_0} R_b + (1 - \frac{H_b}{H_0}) (\frac{1 + \cos\beta}{2}) (1 + \sqrt{\frac{H_b}{H_g}} \sin^3 \frac{\beta}{2}) \dots\dots\dots(2.11)$$

3. Radiasi Pantulan

Radiasi pantulan (H_R) merupakan radiasi yang dipantulkan oleh tanah, yang bergantung pada keadaan lingkungan sekitar. Nilai radiasi pantulan dapat diprediksi menggunakan persamaan (2.12) dibawah, dimana dipersamaan ini *ground albedo* juga dihitung [22].

$$H_R = H_g \rho \frac{1 - \cos \beta}{2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ground albedo atau nilai permukaan merupakan nilai spesifik dari panel surya yang dipasang. nilai ground albedo berbeda pada setiap permukaan tanah, jika permukaan tanah tidak diketahui maka nilai ground albedo dapat di asumsikan sebesar 0,2 [22].

2.5.2. Sudut Perhitungan Radiasi Surya

Sudut Permukaan (*Tilt Angle*), Sudut *Azimuth* Permukaan, dan Sudut *Azimuth* Matahari. Dalam menentukan arah serta kemiringan yang optimal dari bidang miring maka akan dipilih dengan mengatur sudut *tilt/slope* (β), sudut *azimuth* permukaan (γ), dan sudut *azimuth* matahari (γ_s) menggunakan persamaan berikut [10]:

Sudut permukaan (*tilt*):

$$\beta = |\phi - \delta| \dots\dots\dots(2.13)$$

Sudut *azimuth* permukaan:

$$\gamma = \begin{cases} 0^\circ & \text{Jika } \phi - \delta > 0 \\ 180^\circ & \text{Jika } \phi - \delta \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots(2.14)$$

Sudut *azimuth* matahari, pada persamaan dibawah *sign* sama dengan +1 jika ω positif dan sama dengan -1 jika ω negatif [15]:

$$\gamma_s = \text{sign}(\omega) \left| \cos^{-1} \left(\frac{\cos \theta_z \sin \phi - \sin \delta}{\sin \theta_z \cos \phi} \right) \right| \dots\dots\dots(2.15)$$

2. Sudut Jam Matahari

Sudut jam (ω) adalah jarak sudut antara posisi matahari pada waktu tertentu terhadap posisi matahari tertinggi pada hari tersebut yang mana berada pada tengah hari matahari. Karena Bumi berotasi sekali dalam setiap 24 jam, sudut jam berubah sebesar 15° per jam dan bergerak sebesar 360° dalam satu hari. Sudut jam bernilai nol pada tengah hari matahari, bernilai negatif sebelum melewati garis meridian lokal, dan positif setelah melintasi [23].

Sudut jam matahari dapat diperoleh dengan persamaan (2.17) berikut:

$$\omega = (LST - 12) \times \frac{360}{24} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$LST = LT + \frac{TC}{60} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$TC = 4(LTSM - Longitude) + E \dots\dots\dots(2.18)$$

$$E = 9.87 \sin \left(2 \frac{360}{365} (n - 1) \right) - 7.53 \cos \left(\frac{360}{365} (n - 1) \right) - 1.5 \sin \left(\frac{360}{365} (n - 1) \right) \dots\dots\dots(2.19)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$LTSM = 15^\circ \cdot \Delta TGMT \dots\dots\dots(2.20)$$

$$LT = \left(\frac{4(LTSM - Longitude) + 9,87 \sin\left(2\left(\frac{360}{365}(n-1)\right)\right) - 7,53 \cos\left(\frac{360}{365}(n-1)\right) - 1,5 \sin\left(\frac{360}{365}(n-1)\right)}{60} - 12 \right) \frac{360}{24} \dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

- LST (*Local Solar Time*) : Waktu matahari
- LT (*Local Time*) : Waktu local
- TC (*Time Correction*) : Faktor koreksi waktu
- LSTM (*Local Standard Meridian Time*) : Waktu berdasarkan GMT
- E (*Equation of Time*) : Perhitungan waktu
- $\Delta TGMT$: Perbedaan waktu dengan GMT

2.2.6. Global Solar Atlas

Global Solar Atlas (GSA) adalah suatu aplikasi online yang menyediakan dan memberikan informasi tentang sumber daya dan potensi tenaga surya secara global. Aplikasi GSA menyediakan peta interaktif sumber daya surya dan potensi daya fotovoltaik dan berbagai data lingkungan lainnya yang relevan untuk memahami potensi praktis dan teknis sistem tenaga surya di lokasi geografis tertentu seperti *Specific photovoltaic power output, Global horizontal irradiation, Direct normal irradiation, Global tilted irradiation at optimum angle, Optimum tilt of PV modules, Air temperature, Elevation.*

Pada penelitian ini, digunakan website GSA (*Global Solar Atlas*) versi 2.6 berbasis web sebagai media pengambilan data serta parameter-parameter yang diperlukan untuk perhitungan matematis dan sebagai pembanding hasil dari perhitungan tersebut.

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan peneliti merupakan kuantitatif, yaitu menghitung dan memvalidasi suatu data yang sudah didapat dari perhitungan matematis dan pengukuran. Fokus penelitian ini yaitu mengumpulkan data dari website GSA (*Global Solar Atlas*) lalu diolah menggunakan metode perhitungan matematis dengan model Liu dan Jordan, dimana metode perhitungan ini populer digunakan serta simpel untuk menentukan sudut kemiringan yang optimal. Sekaligus melakukan uji akurasi terukur penelitian secara langsung.

3.2. Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, terdapat beberapa tahap perencanaan yang harus dipersiapkan agar semua hal yang direncanakan terstruktur dengan jelas serta memudahkan dalam mencapai tujuan akhir penelitian. Proses pelaksanaan penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah hingga mengkaji penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selanjutnya, data sekunder dan data primer digunakan sebagai pendukung dalam pengolahan data hingga memperoleh hasil dan analisis dari tujuan yang dicapai. Adapun tahap penelitian dapat dilihat dalam *flow chart* pada Gambar (3.1):

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

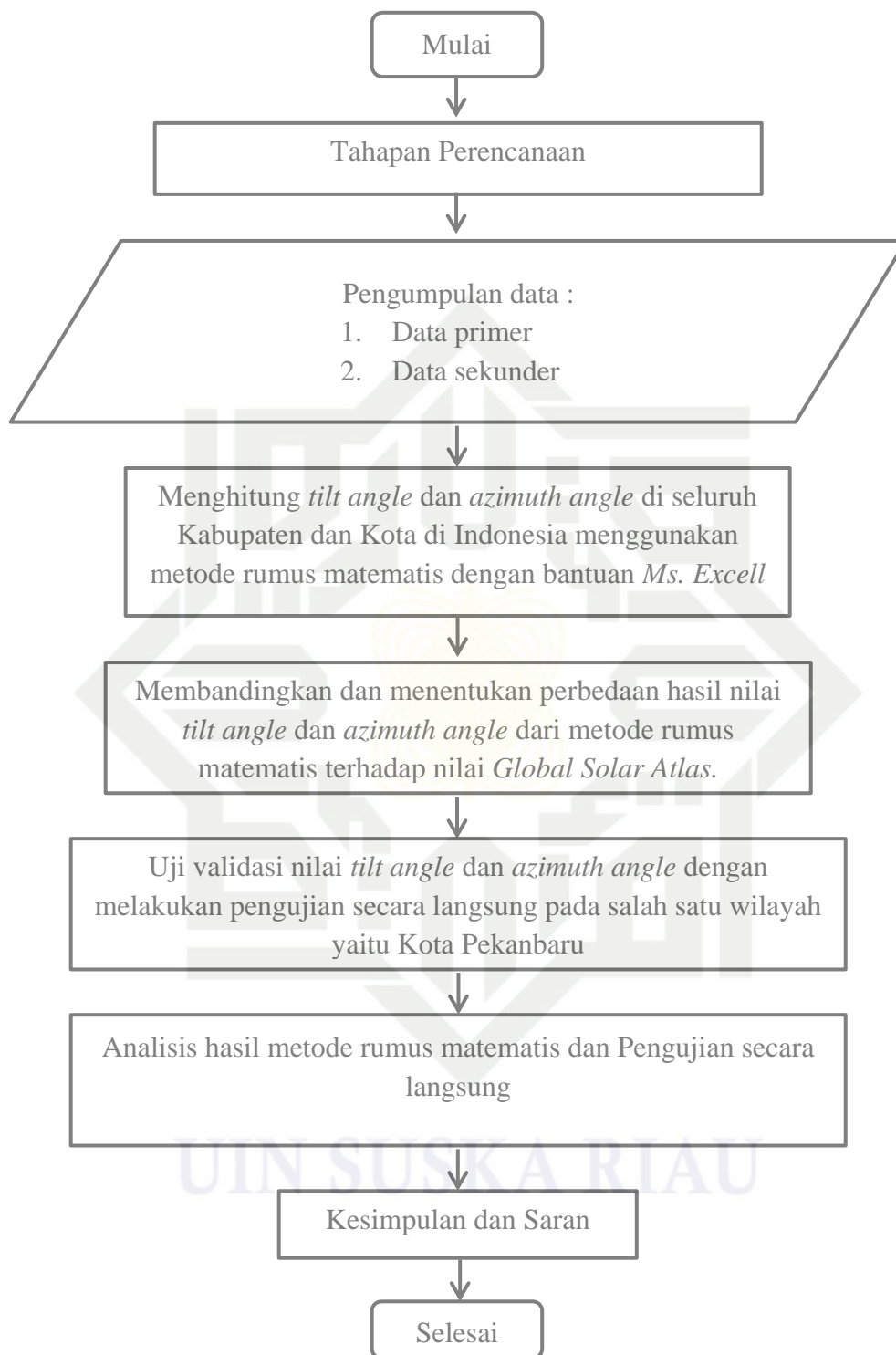
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



3.3. Tahapan Perencanaan

Dalam melaksanakan penelitian, tahapan perencanaan perlu dipersiapkan untuk memperjelas langkah-langkah sebelum melakukan penelitian. Tahap perencanaan yang disusun pada penelitian ini sebagai berikut.

3.3.1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk menentukan permasalahan yang dihadapi pengguna *photovoltaic* (PV) yang terdapat di negara Indonesia agar dapat menentukan sudut rata-rata terbaik yang diperlukan. Panel surya sangat bergantung pada *azimuth angle* dan *tilt angle* panel surya, hal ini sangat berdampak pada produksi daya PV.

3.3.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kajian peneliti terdahulu yang memiliki data-data terkait *azimuth angle* dan *tilt angle* terbaik Panel Surya sebagai pembaruan riset data. Tahapan studi literatur berguna sebagai referensi penelitian dari landasan teori tentang metode yang akan digunakan dalam penelitian ini. Studi literatur berisi tentang penelitian-penelitian yang berkaitan dengan landasan teori radiasi matahari, orientasi matahari, metode perhitungan, analisis data, dan validasi data yang telah diolah.

3.3.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan pengamatan yang telah ditinjau serta didasari dari teori-teori yang diperoleh dari studi literatur, maka akan ditarik perumusan masalah yang akan dianalisa. Pada penelitian ini rumusan masalah yang diperoleh adalah “bagaimana menghitung nilai rata-rata *tilt angle* dan *azimuth angle* di semua Kabupaten dan Kota di Indonesia”, kemudian dilakukan perbandingan data. Hasil validasi nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* didapat menggunakan modul *photovoltaic*.

3.3.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam melaksanakan penelitian ini agar peneliti dapat mencapai tujuan akhir, yaitu sebuah data rata-rata yang menjadi pedoman pengguna PV. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menghitung nilai rata-rata *tilt angle* dan *azimuth angle* di semua Kabupaten dan Kota di Indonesia perhitungan matematis, kemudian dilakukan perbandingan data, dan kemudian mendapatkan data-data nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* yang ada di seluruh Kabupaten dan Kota yang berada di Indonesia.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berguna untuk mengetahui nilai *input* yang diperlukan dalam tiap proses pengolahan data penelitian. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini terdapat dua kategori yaitu data primer dan data sekunder.

3.4.1. Data Primer

Data primer diperoleh dari data dan informasi yang dikumpulkan langsung di lapangan. Salah satu contoh data primer yang akan diambil adalah data tegangan terbuka (VOC) di Kota Pekanbaru, yang mendukung jalannya penelitian. Data ini akan diperlukan pada tahap uji validasi.

3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui perantara suatu pihak yang telah mengumpulkan data. Dalam pengumpulan data sekunder, peneliti menggunakan data yang dibutuhkan, di mana data terkait penelitian ini telah tersedia di <https://globalsolaratlas.info/>, antara lain:

1. Pemetaan 516 wilayah Kabupaten dan Kota yang diperlukan untuk mengetahui informasi data yang dibutuhkan dalam penelitian.
2. Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel (3.1):

Tabel 3.1 Data sekunder yang di butuhkan.

No	Data Pada GSA	Keterangan
1	<i>Global Horizontal Irradiation</i>	Radiasi global pada bidang horizontal
2	<i>Diffuse Horizontal Irradiation</i>	Radiasi difusi pada bidang horizontal
3	<i>Optimum Tilted of PV Modules</i>	Kemiringan yang optimal pada Modul Panel Surya
4	<i>Latitude dan Longitude</i>	Garis lintang dan garis bujur wilayah

3.5. Teknik Pengolahan Data

Teknik yang diterapkan dalam penelitian ini untuk proses pengolahan data sekunder, sehingga menghasilkan nilai keluaran yang diinginkan, dapat dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan yang dilakukan mencakup pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel*, serta perbandingan hasil nilai dari metode perhitungan matematis dengan model Liu & Jordan terhadap nilai yang telah ada di GSA.

3.5.1. Pengolahan Data

Proses penelitian menjadi fokus utama dalam penelitian ini, di mana data yang telah dikumpulkan melalui GSA akan diolah menggunakan metode perhitungan matematis dengan model Liu dan Jordan. Pengolahan data secara matematis dibantu dengan menggunakan *Software Microsoft Excel*, dan setiap perhitungan di daerah Kabupaten dan Kota akan menghasilkan *azimuth angle* serta *tilt angle* yang optimal. Proses pengolahan data pada *Microsoft Excel* akan dilakukan menyesuaikan dengan rumus-rumus perhitungan pada bab 2, terdapat beberapa rumus yang akan dijabarkan di bawah ini:

1. Radiasi Langsung

Perhitungan radiasi langsung menggunakan rumus (2.2), dalam mengetahui nilai radiasi langsung maka juga diperlukan rumus (2.3) serta menggunakan *input* data yang dibutuhkan.

2. Radiasi Difusi

Perhitungan radiasi difusi menggunakan rumus (2.7), dalam mengetahui nilai radiasi difusi maka juga diperlukan rumus (2.10). serta menggunakan *input* data berdasarkan data yang dibutuhkan.

3. Radiasi Pantulan

Perhitungan radiasi pantulan menggunakan rumus (2.12)

4. Radiasi Total Matahari

Perhitungan radiasi total matahari menggunakan rumus (2.1), *input* data selama satu bulan untuk mendapatkan nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* yang terbaik.

3.5.2 Uji Validasi

Uji validasi diperlukan dalam penelitian ini sebagai pembuktian nilai akhir agar mencapai hasil yang diinginkan. Tahap ini berguna semata-mata untuk meningkatkan akurasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai perhitungan dengan mengurangi risiko kesalahan atau keliru dalam data penelitian ini. Validasi dilakukan pada penggunaan panel surya sebagai bahan dalam proses untuk mendapatkan nilai *tilt angle* dan *azimuth angle*, dengan menggunakan alat dan komponen pendukung sebagai berikut:

3.5.2.1. Alat dan Komponen

Panel Surya

Panel Surya yang digunakan dalam uji validasi ini adalah merk Mitsuyama MS-10W POLY yang berjumlah 4 buah.



Gambar 3.2 Mitsuyama MS-10W POLY

Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya Mitsuyama MS-10W POLY

Deskripsi	Spesifikasi
Daya Maximum (Pmax)	10W
Tegangan (VMP)	17,4V
Arus (Imp)	0,57A
Tegangan Rangkaian Terbuka	21,6V
Temperatur	25° C

2. Multimeter digital DT-830B

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.3 Multimeter digital DT-830B

Untuk mendapatkan nilai tegangan pada uji validasi menggunakan modul surya, diperlukan alat ukur. Alat ukur yang digunakan adalah Multimeter Digital dengan tipe DT-830B.

3. Inclinometer



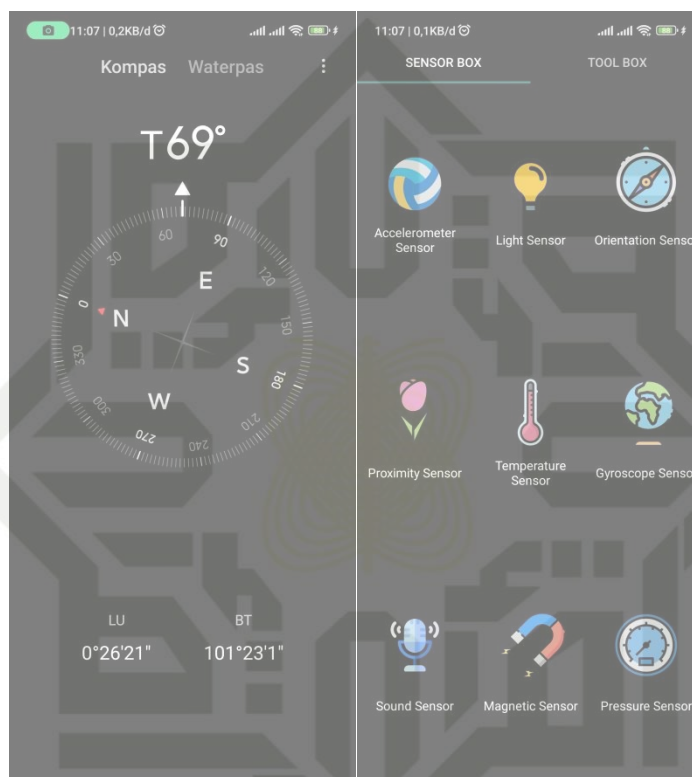
Gambar 3.4 Inclinometer

Inclinometer digunakan untuk mengukur dan mengatur sudut kemiringan dari modul surya

4. Kompas Smartphone Android

Dalam penelitian ini, untuk memposisikan modul surya menghadap dengan nilai *azimuth angle* yang akan diuji, peneliti menggunakan aplikasi kompas pada perangkat *Smartphone Android*. Merek smartphone Android yang digunakan adalah Xiaomi Redmi Note 10 Pro yang dilengkapi dengan sensor magnet dan sensor orientasi. [24].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.5 Aplikasi Kompas dan Info Sensor Pada Smartphone

3.5.3 Analisa Hasil

Setelah memperoleh hasil dan tujuan dari penelitian, tahap selanjutnya adalah menganalisis hasil tersebut. Analisis perbandingan nilai dalam penelitian ini melibatkan hasil pengolahan data menggunakan metode rumus matematis dengan model Liu dan Jordan, kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian lapangan.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini dan memperoleh hasil penelitian maka dapat disimpulkan:

1. Hasil nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* menggunakan pengolahan metode perhitungan matematis menghasilkan rata-rata nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* di 516 Kabupaten dan Kota di Indonesia dapat di lihat pada lampiran. Untuk hasil di Kota Pekanbaru sendiri memperoleh nilai *tilt angle* $14,90^\circ$ dan *azimuth angle* $-90,34^\circ$.
2. Berdasarkan hasil pengujian uji validasi, ditemukan bahwa sudut optimal untuk *tilt angle* adalah 30° , sedangkan untuk *azimuth angle* adalah 270° .
3. Perbandingan nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* antara perhitungan matematis, pengujian, dan nilai GSA menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh dari pengujian lebih tinggi dibandingkan dengan nilai dari perhitungan matematis dan nilai GSA. Selisih yang signifikan ditemukan pada nilai *azimuth angle*, di mana pengujian menunjukkan hasil yang jauh lebih besar.

5.2 Saran

1. Saat mengambil data tegangan pada pengujian 4 panel, disarankan untuk menggunakan 4 alat ukur multimeter secara bersamaan.
2. Pada saat pengujian, pastikan pengambilan data dilakukan saat cuaca cerah tanpa awan atau hujan.

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. A. Nugraha, P. A. Ridhana, and K. Listuayu, "Optimasilasi Pemasangan Panel Solar Home System Untuk Kehidupan Masyarakat Pedesaan Di Ban Kubu Karangasem," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 1, pp. 116–123, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i01.p16.
- [2] A. P. Lestari, "Derajat Letak Astronomis Indonesia, Batas Wilayah, dan Pengaruhnya," *Media Indonesia*, 2021.
- [3] G. Widayana, "Pemanfaatan Energi Surya," *Jur. Pendidik. Tek. Mesin, FTK, UNDIKSHA*, vol. 9, no. 1, pp. 37–46, 2012.
- [4] A. J. Veldhuis and A. H. M. E. Reinders, "Reviewing the potential and cost-effectiveness of off-grid PV systems in Indonesia on a provincial level," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 52, pp. 757–769, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.07.126.
- [5] T. dan K. E. Direktorat Jenderal Energi Baru, "Peluang Besar Kejar Target EBT Melalui Energi Surya," 2019.
- [6] B. Dwinata, G. G. Tabah, and B. Triasdian, "Pemetaan Potensi Energi Listrik Tenaga Surya Berdasarkan Luas Area Permukiman," *Semin. Nas. – XIX Rekayasa dan Apl. Tek. Mesin di Ind. Kampus ITENAS*, pp. 15–22, 2020, [Online]. Available: <http://eprints.itenas.ac.id/841/>
- [7] Hartono B.S and Budiyanto, "Studi Komparasi Kualitas Daya Antara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Dengan Pembangkit Genset Dengan Daya Sama 15 Kva," *J. Tek. Energi*, vol. 6, no. 1, pp. 415–419, 2016, doi: 10.35313/energi.v6i1.1739.
- [8] G. Hailu and A. S. Fung, "Optimum Tilt Angle and Orientation of Photovoltaic Thermal System for Application in Greater Toronto Area, Canada," *Sustain.*, vol. 11, no. 22, pp. 1–21, 2019, doi: 10.3390/su11226443.
- [9] R. Hassanian, M. Riedel, N. Yeganeh, and R. Unnthorsson, "A Practical Approach for Estimating the Optimum Tilt Angle of a Photovoltaic Panel for a Long Period—

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Experimental Recorded Data,” *Solar*, vol. 1, pp. 41–51, 2021, doi:

10.3390/solar1010005.

- [10] B. Sutanto, Y. D. Herlambang, Bono, A. S. Alfauzi, and D. A. Munawwaroh, “OPTIMALISASI ARAH SUDUT TILT DAN SUDUT AZIMUTH DARI ALAT PEMANEN ENERGI RADIASI MATAHARI DI SEMARANG, JAWA TENGAH,” *J. Tek. Energi*, vol. 17, no. 1, pp. 15–24, 2021.
- [11] A. Rachman, “Optimalisasi Teknologi Energi Surya Berbasis Penyesuaian Posisi Panel Bulanan Di Sulawesi Tenggara,” *J. Teknol.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2016, doi: 10.24853/jurtek.8.1.1-8.
- [12] R. Darussalam, A. Rajani, Kusnadi, and T. D. Atmaja, “Pengaturan Arah Azimuth Dan Sudut Tilt Panel Photovoltaic Untuk Optimalisasi Radiasi Matahari, Studi Kasus: Bandung - Jawa Barat,” *Pros. Semin. Nas. Fis. SNF2016*, vol. 5, pp. 31–36, 2016, doi: 10.21009/0305020606.
- [13] S. Ali and T. . Aziz Pandria, “Penentuan Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya Untuk Wilayah Meulaboh,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–29, 2019, doi: 10.35308/jmkn.v5i1.1621.
- [14] Radhika and S. K. Suman, “Effect of Tilt angle and Azimuth angle on Solar Output and Optimum Tilt and Azimuth angle for Chandigarh , India,” *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 4, no. 6, pp. 5104–5110, 2015, doi: 10.15662/ijareeie.2015.0406028.
- [15] J. A. Duffie (Deceased), W. A. Beckman, and N. Blair, *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind*. 2020. doi: 10.1002/9781119540328.
- [16] N. Safitri, T. Rihaat, and S. Riskiana, *Buku Teknologi Photovoltaic*. 2019.
- [17] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems and PSE Projects GmbH, “Photovoltaics Report -2022- Fraunhofer ISE,” no. February, pp. 1–52, 2022. [Online]. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html%0Ahttps://www.ise.fraunhofer.de/conten%0Ant/dam/ise/de/documents/publi>

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- ©cations/studies/Photovoltaics-Report.pdf%0Awww.ise.fraunhofer.de
- [18] Y. Sianturi and C. M. Simbolon, "Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi," *Megasains*, vol. 12, no. 1, pp. 40–47, 2021, doi: 10.46824/megasains.v12i1.45.
- [19] G. M. Masters, *Renewable and efficient electric power systems*. 2004. doi: 10.5860/choice.42-3448.
- [20] T. M. A. Pandria, M. Muzakir, E. Mawardi, S. Samsuddin, M. Munawir, and M. Mukhlizar, "Penentuan Sudut Kemiringan Optimum Berdasarkan Energi Keluaran Panel Surya," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1655–1661, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i1.2665.
- [21] Darmanto, "UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN MODUL SURYA 50 WATT PEAK DENGAN POSISI MEGIKUTI PERGERAKAN ARAH MATAHARI," pp. 6–44, 2011.
- [22] T. M. A. Pandria and M. Mukhlizar, "Penentuan Kemiringan Sudut Optimal Panel Surya," *J. Optim.*, vol. 3, no. 5, pp. 123–131, 2017, doi: 10.35308/jopt.v3i5.277.
- [23] J. Sihite, "STUDI PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP INTENSITAS CAHAYA PANEL SURYA," pp. 1–27, 2021.
- [24] Y. N. D. Yulianto, "Studi Analisis Sensor Magnetik Pada Kompas Android Dalam Menentukan Arah Kiblat," Universitas Islam Negeri Walisongo, 2022. [Online]. Available: <https://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/18035/>

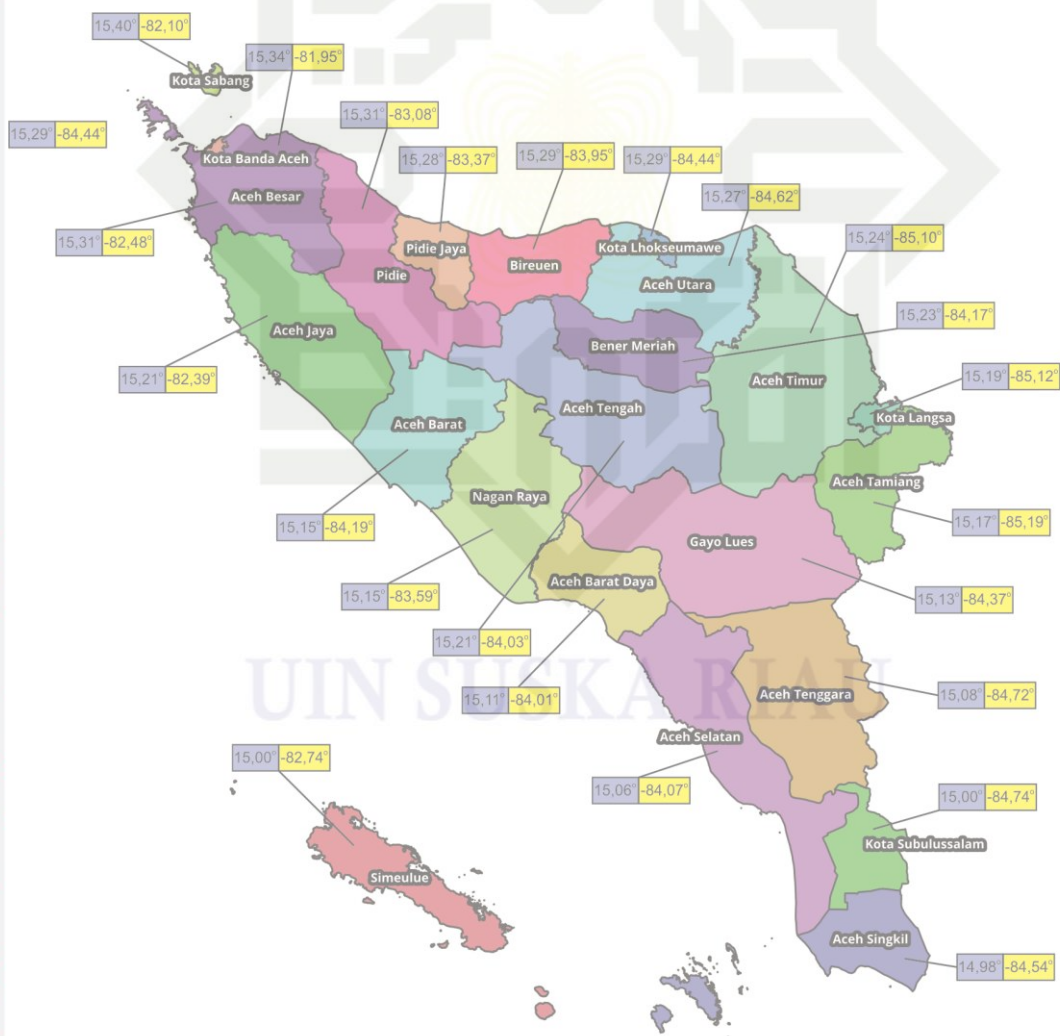
LAMPIRAN

Karena keterbatasan akses untuk melampirkan proses pengolahan data, pengolahan data yang terdapat pada Microsoft Excel dapat diakses melalui tautan ini:

<https://drive.google.com/drive/folders/1MFgZxCopcQ324sTcHDkEpjoWAlxxPkuX?usp=sharing>

2. Nilai *tilt angle* dan *azimuth angle* diseluruh Kabupaten dan Kota Indonesia.

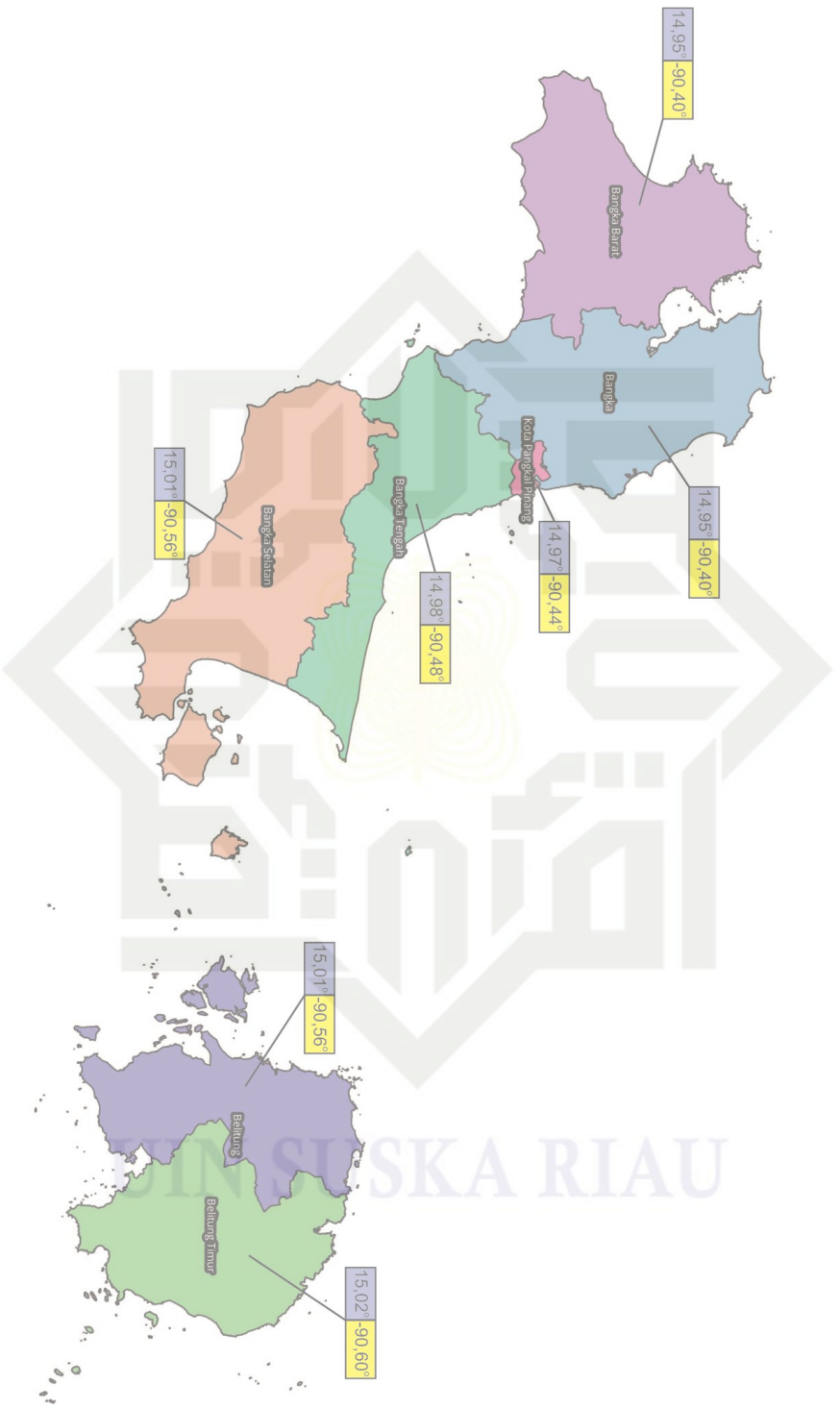
a. Provinsi Aceh



Peta Provinsi Aceh

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Bangka Belitung

b) Provinsi Bangka Belitung

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



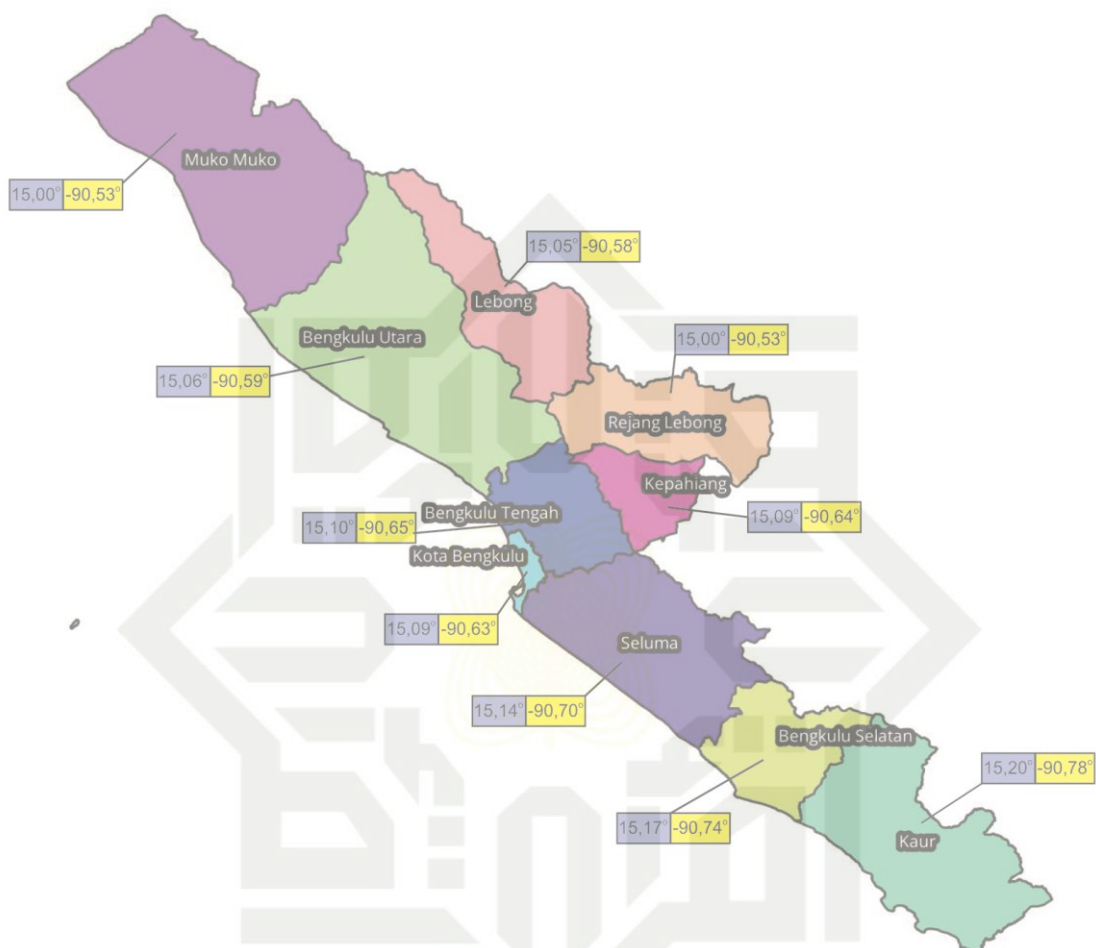
Provinsi Bengkulu

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

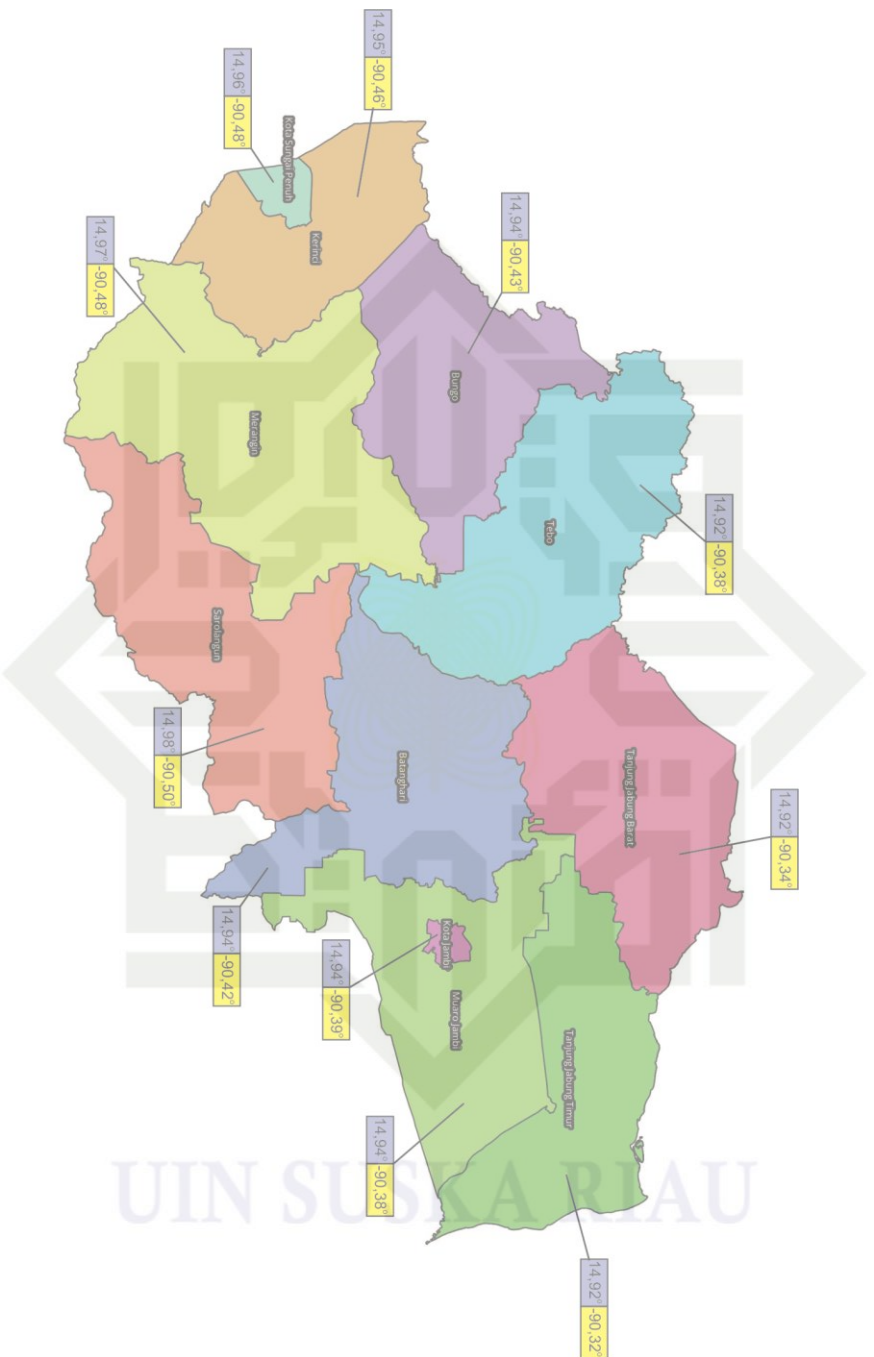
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU
Peta Provinsi Bengkulu

Peta Provinsi Jambi



Provinsi Jambi

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Provinsi Kepulauan Riau

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

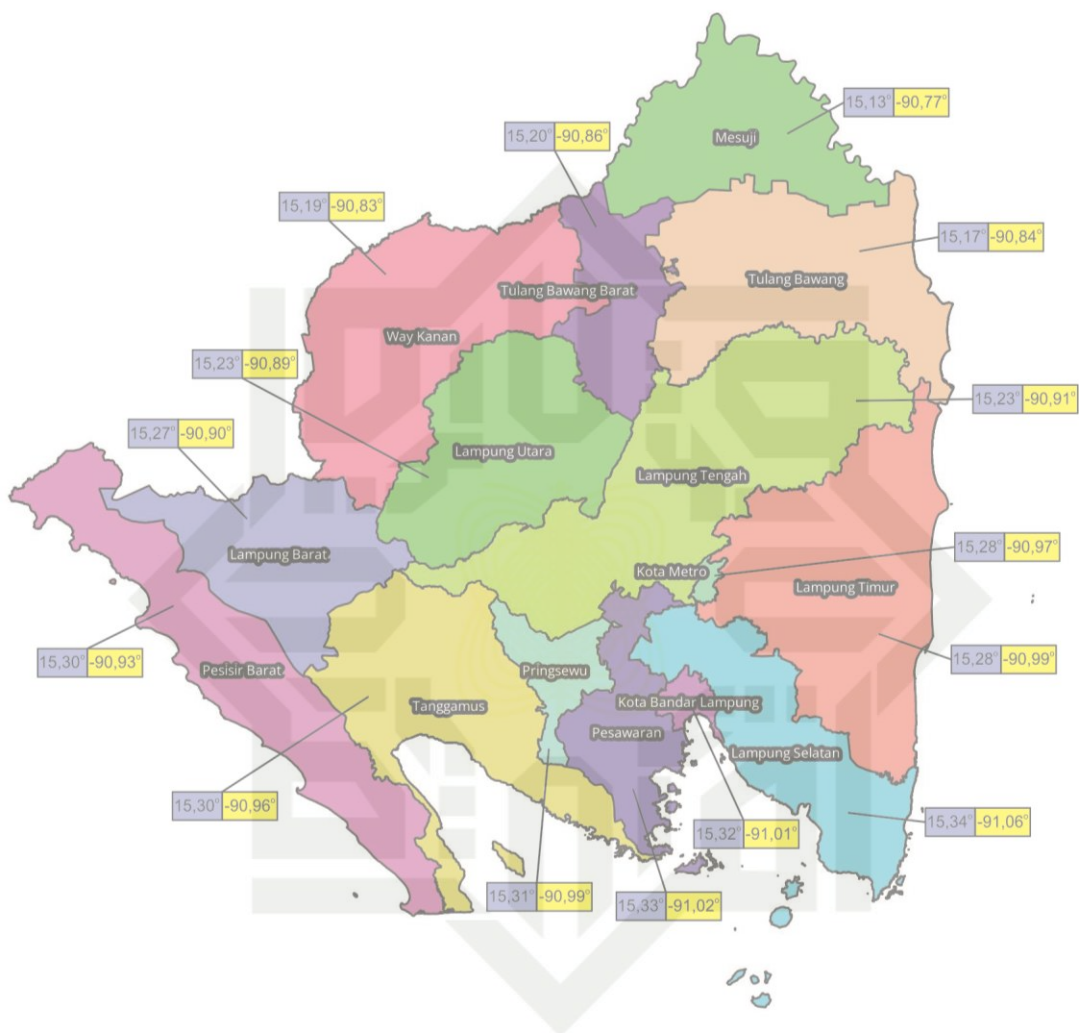
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

f) Provinsi Lampung

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



Peta Provinsi Lampung

UIN SUSKA RIAU

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

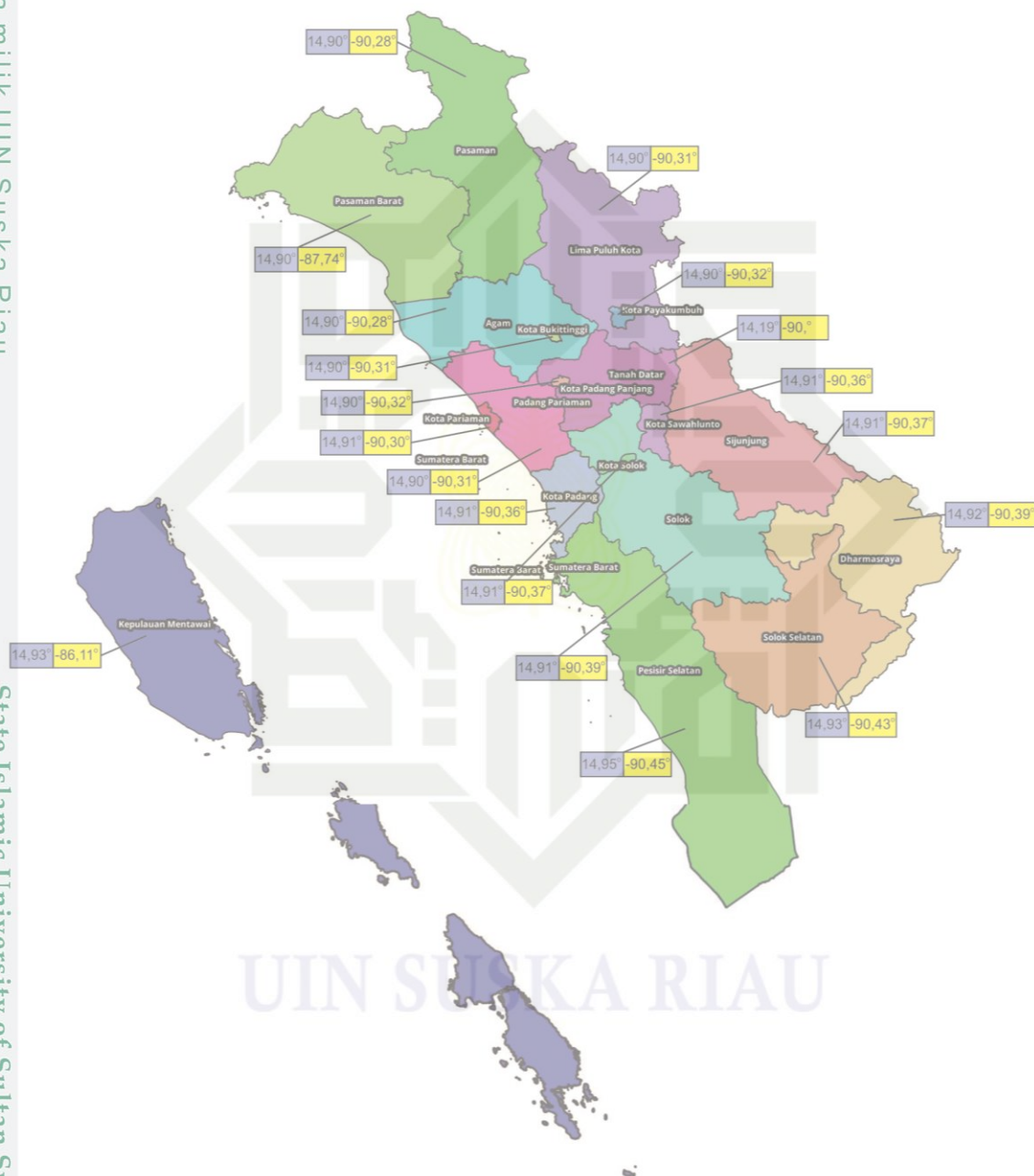
Provinsi Sumatera Barat

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Peta Provinsi Sumatera Barat

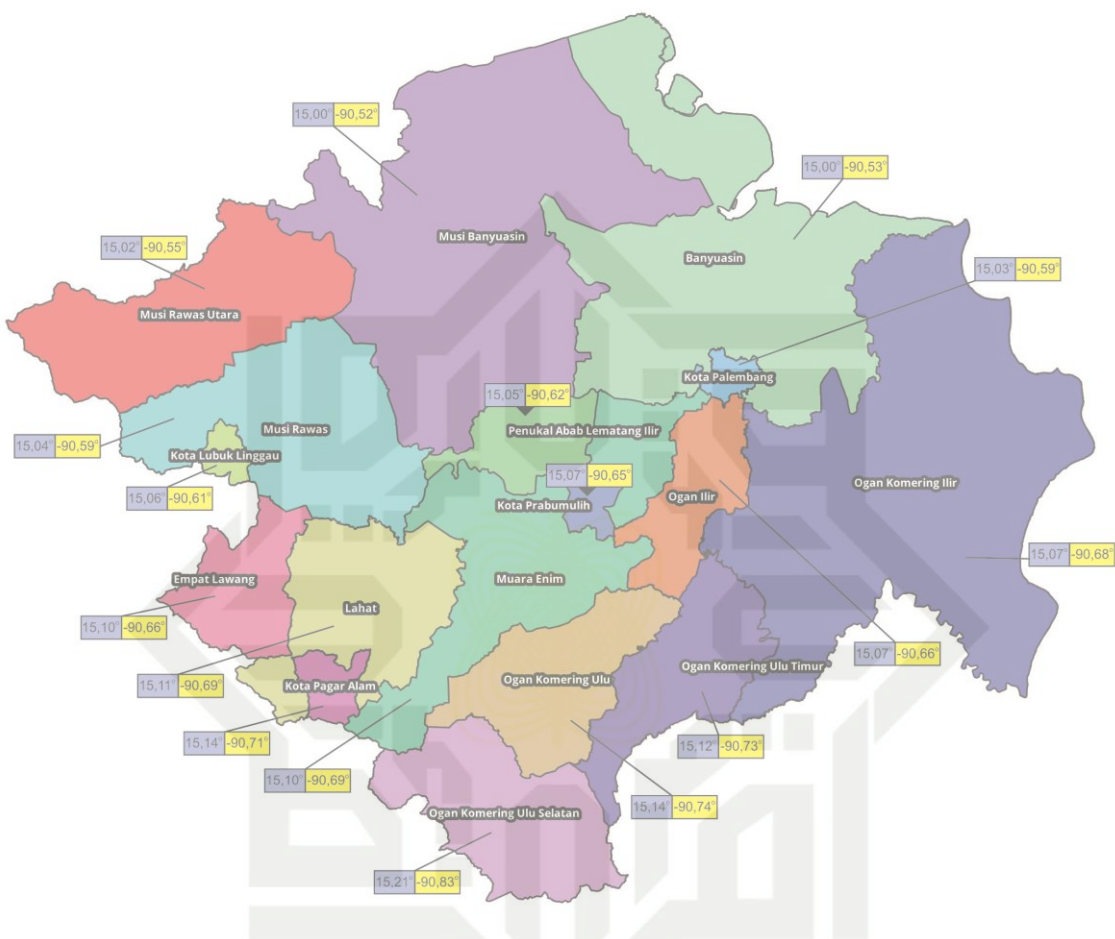
h Provinsi Sumatera Selatan

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



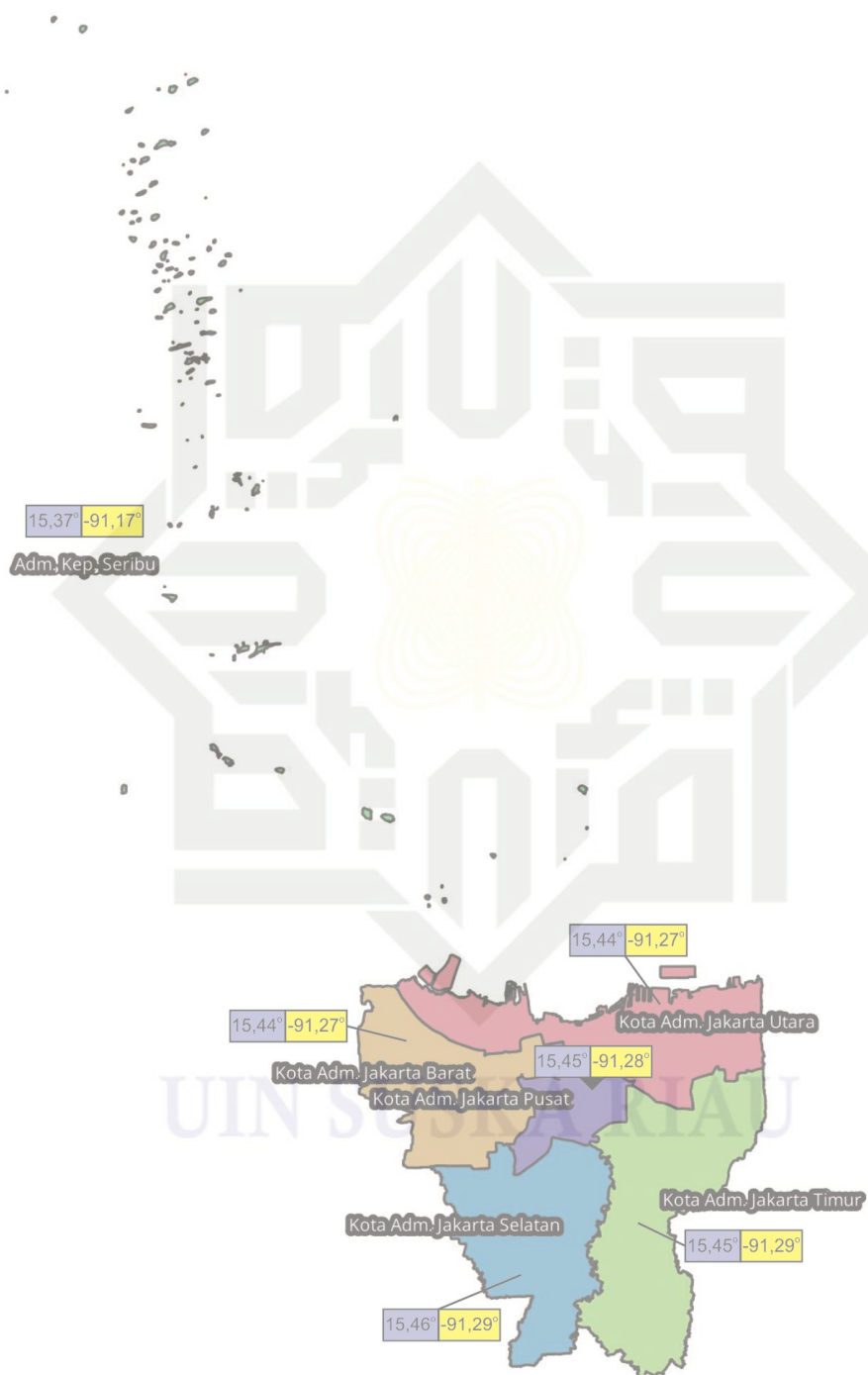
Peta Provinsi Sumatera Selatan

j. Provinsi DKI Jakarta

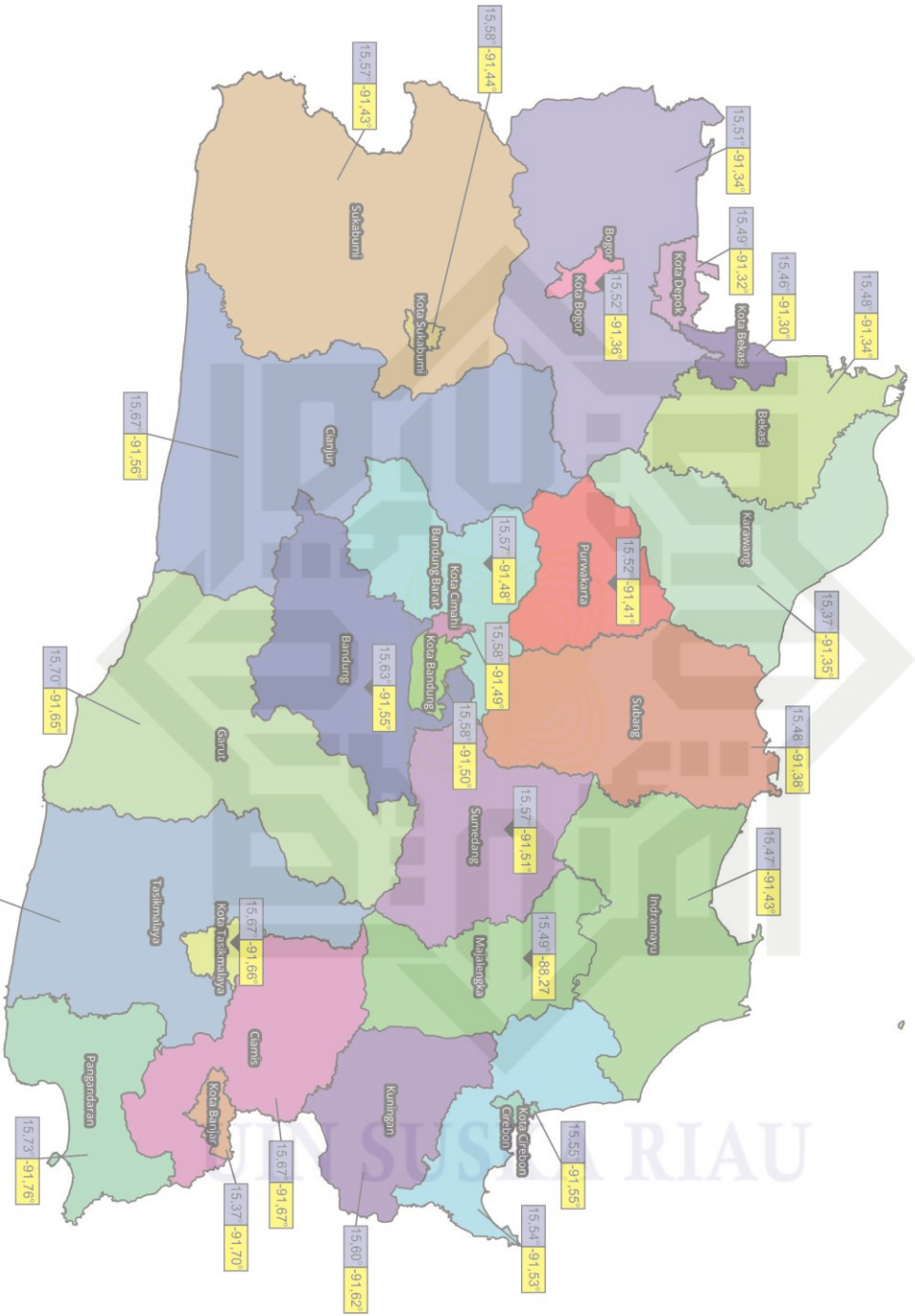
© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi DKI Jakarta



Peta Provinsi Jawa Barat

Provinsi Jawa Barat

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

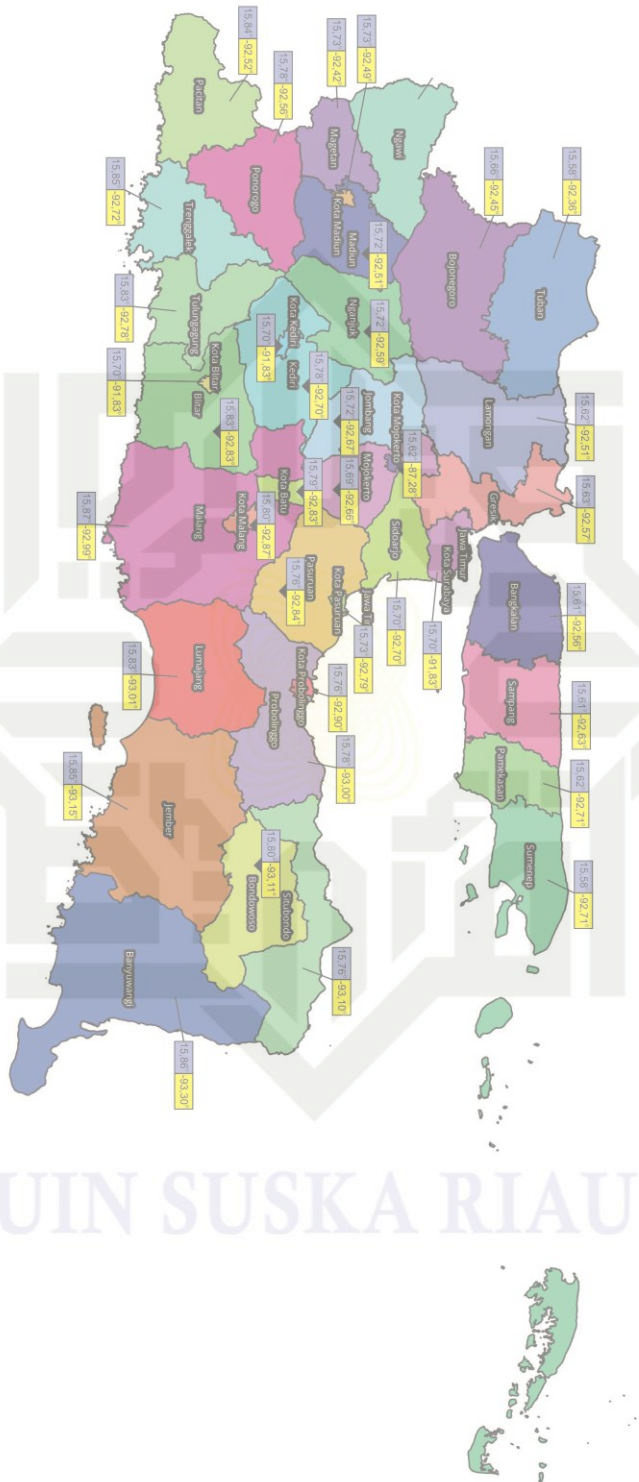


UIN SUSKA RIAU

Provinsi Jawa Timur

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Peta Provinsi Jawa Timur

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

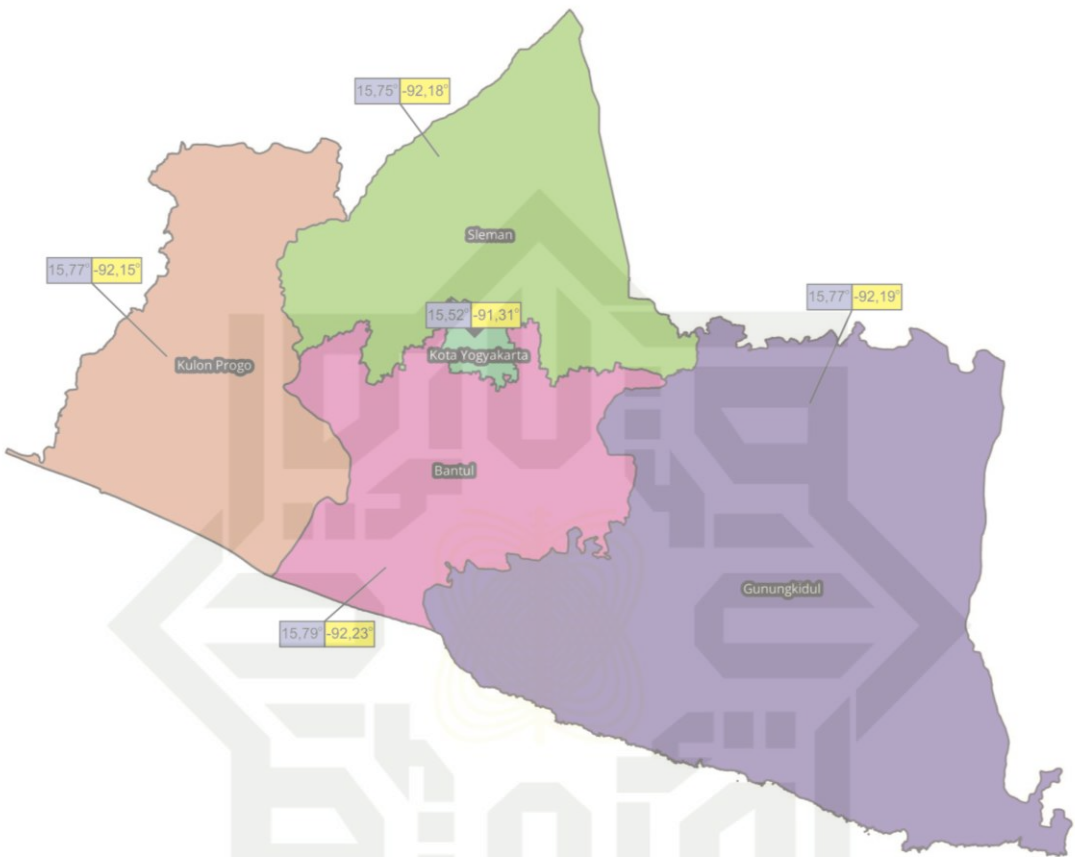
Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

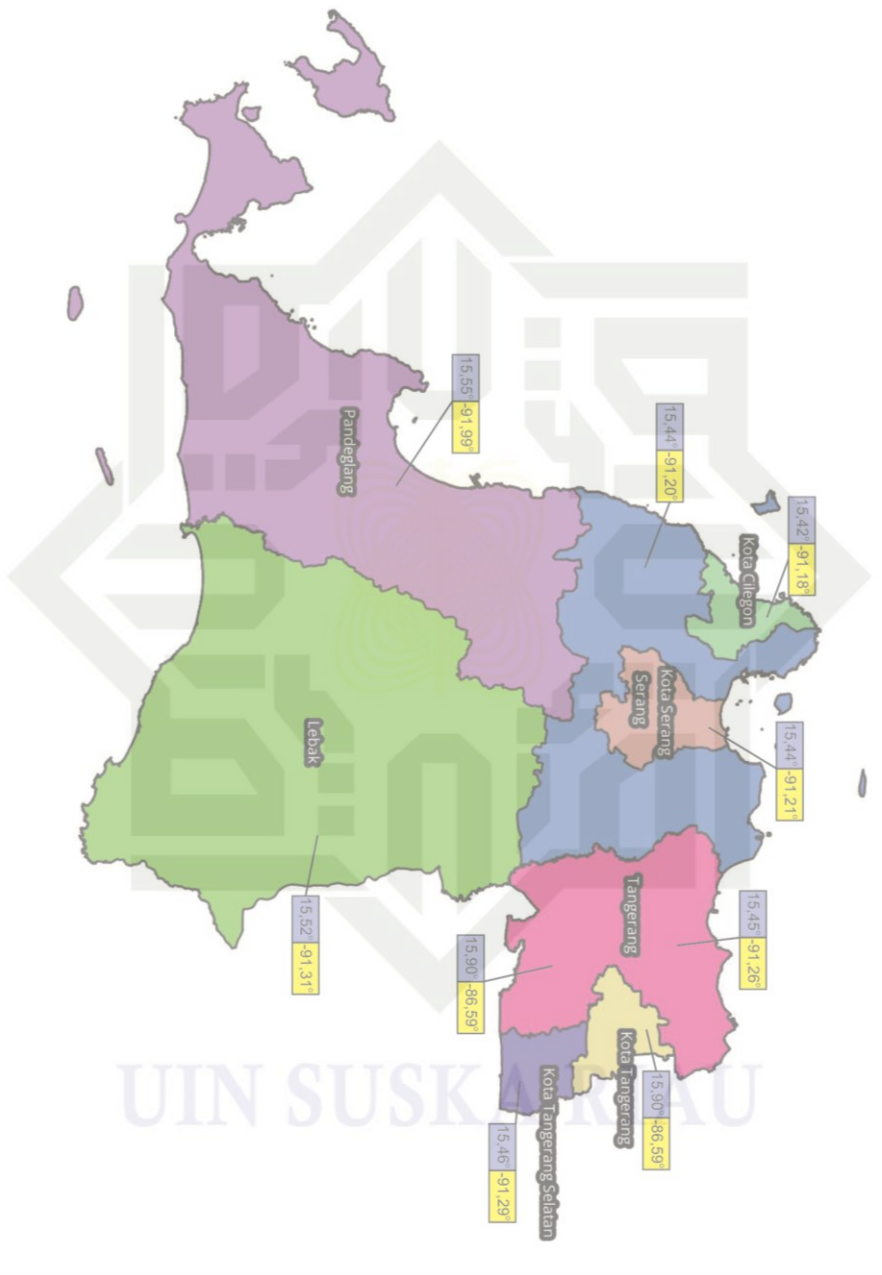
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

UIN SUSKA RIAU



Peta Provinsi Banten

Provinsi Banten

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



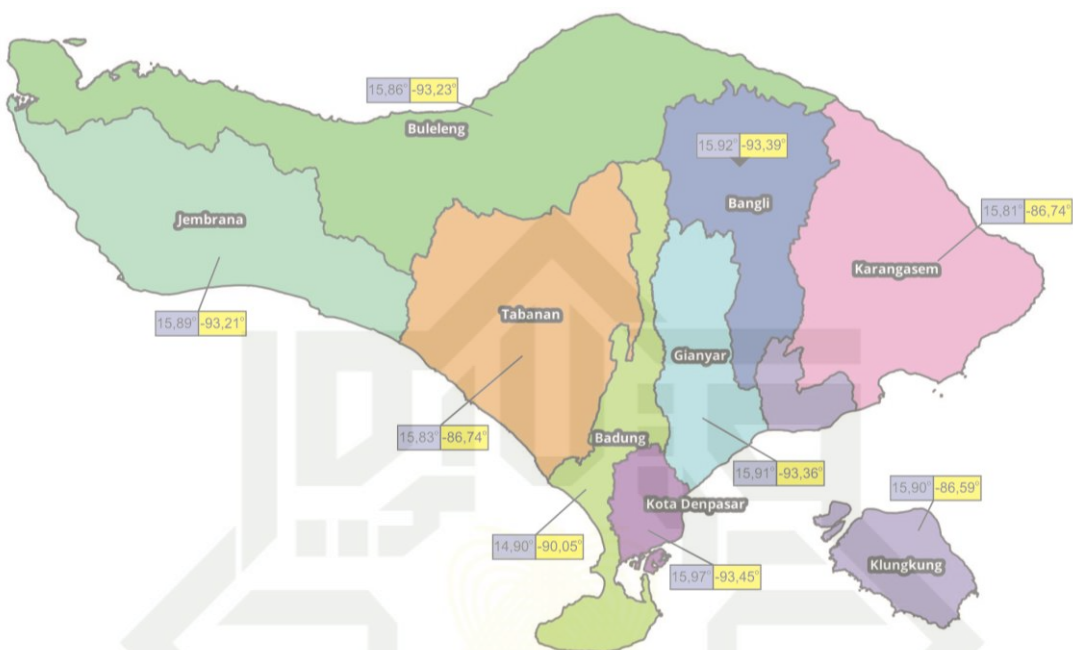
UIN SUSKA RIAU

Provinsi Bali

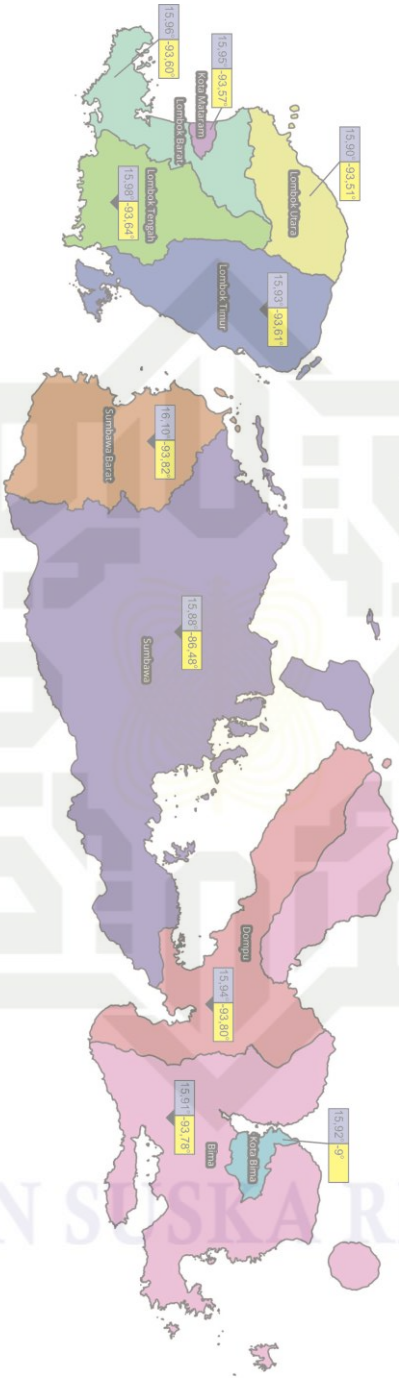
© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Bali



Peta Provinsi Nusa Tenggara Barat

Provinsi Nusa Tenggara Barat

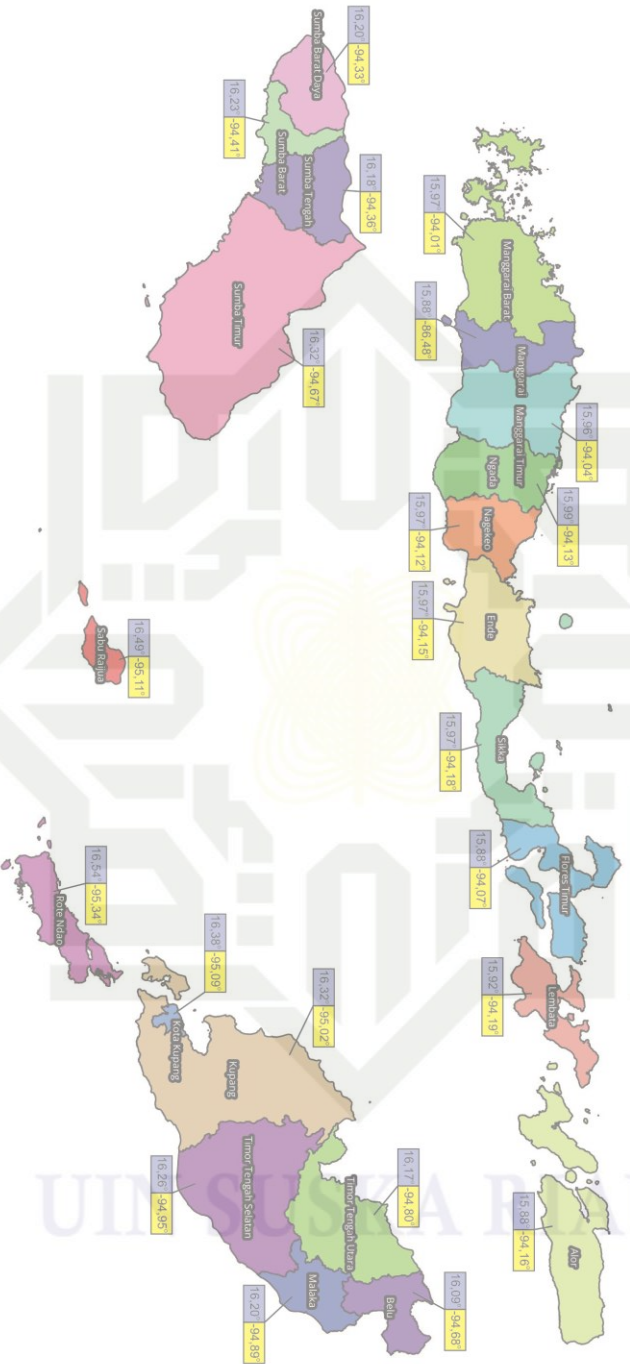
© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Peta Provinsi Nusa Tenggara Timur

Provinsi Nusa Tenggara Timur

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

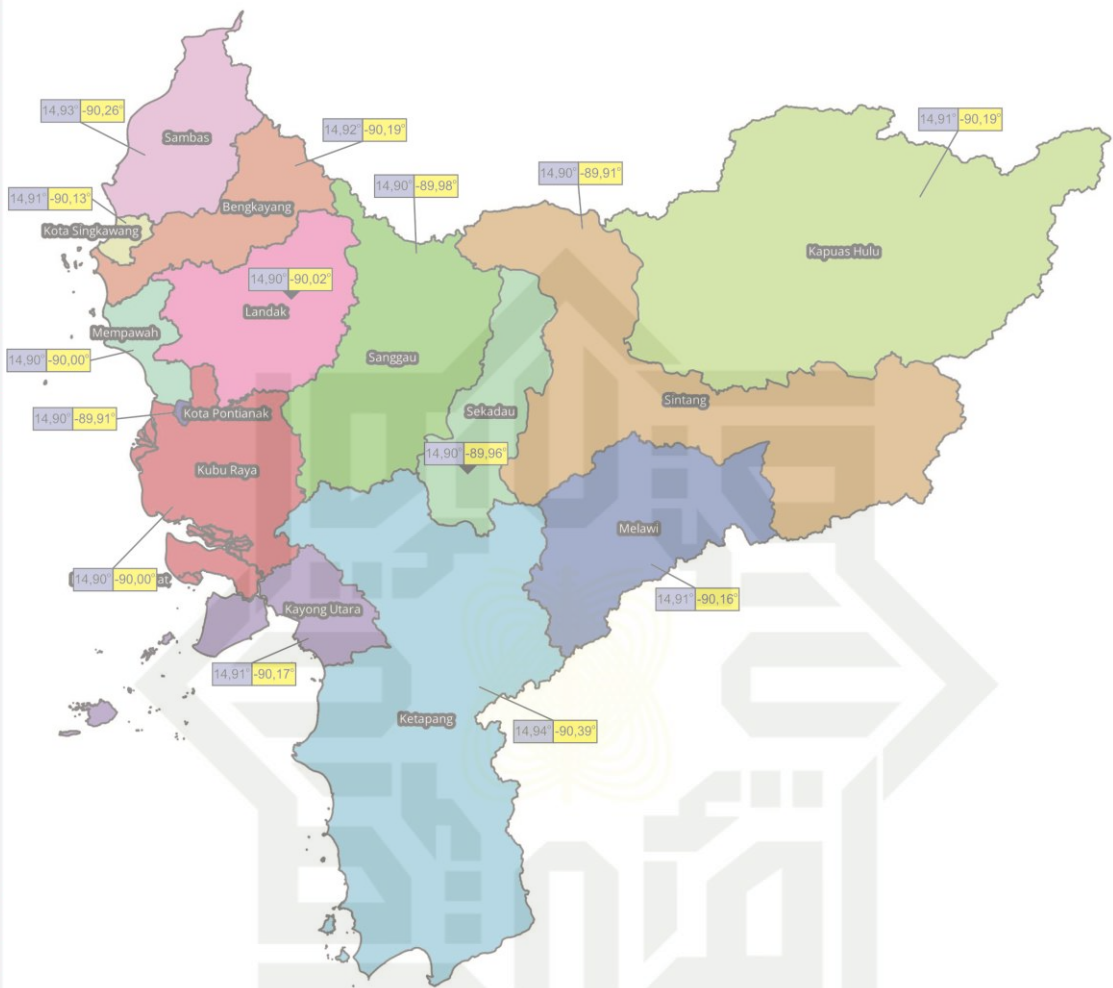
Provinsi Kalimantan Barat

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Kalimantan Barat

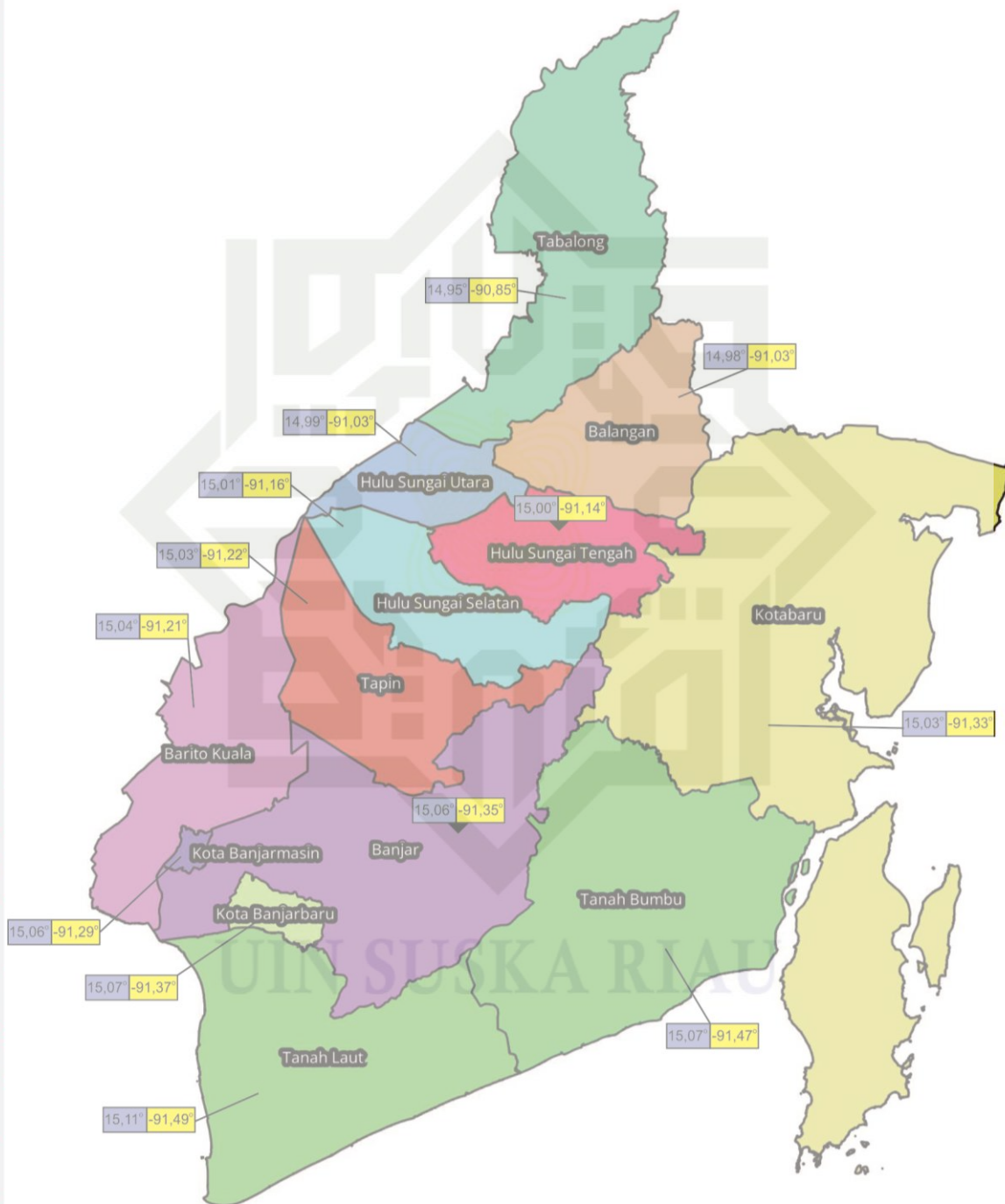
t. Provinsi Kalimantan Selatan

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Kalimantan Selatan

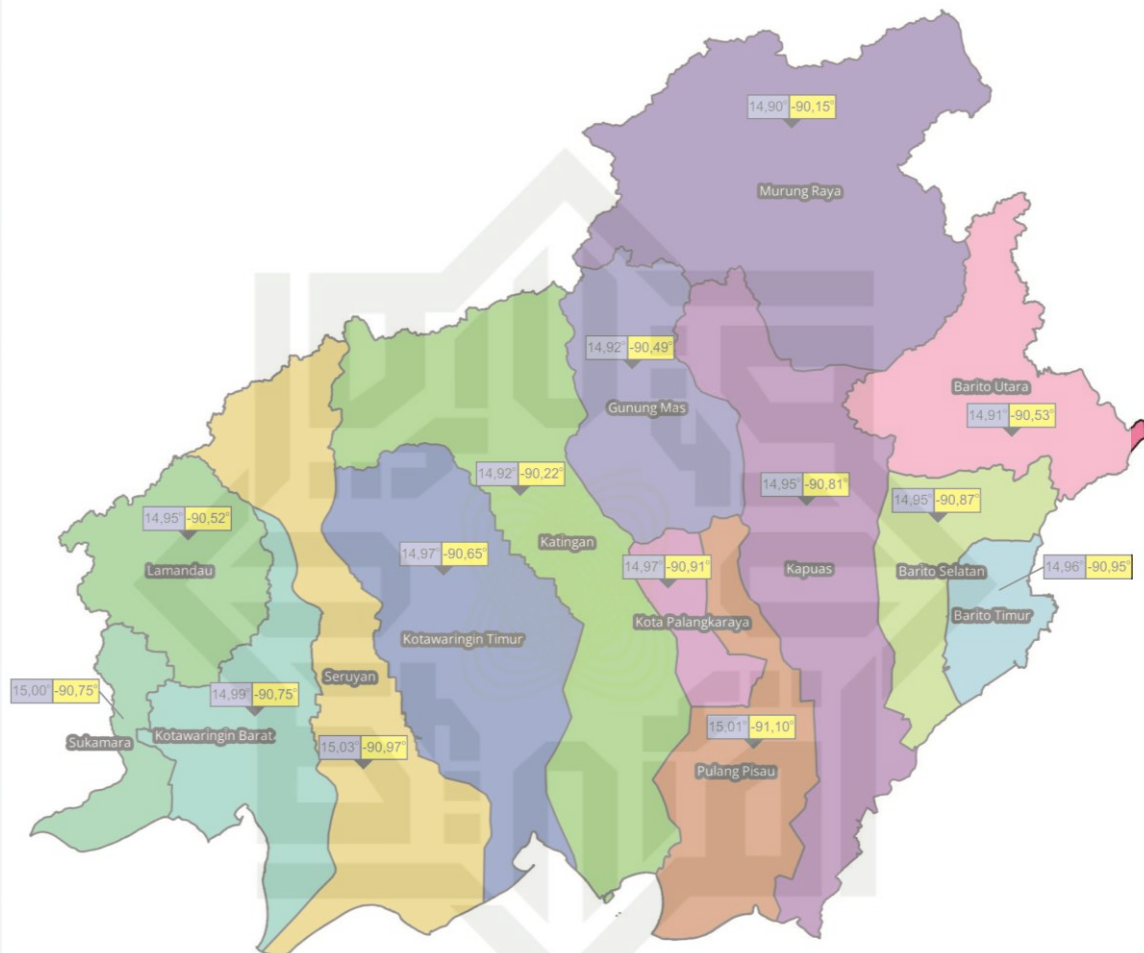
Provinsi Kalimantan Tengah

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Kalimantan Tengah

UIN SUSKA RIAU

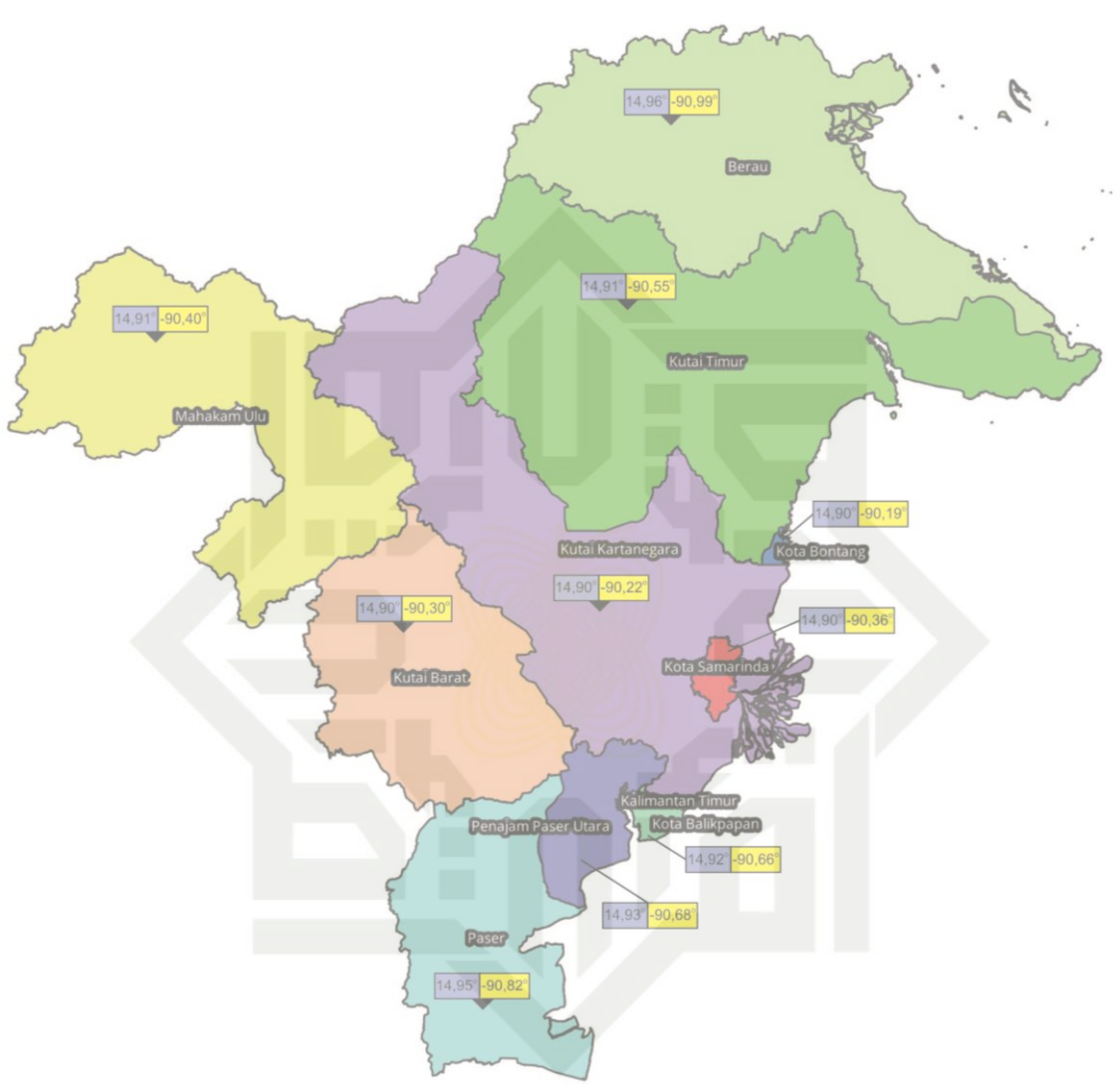
Provinsi Kalimantan Timur

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Kalimantan Timur

Provinsi Kalimantan Utara

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

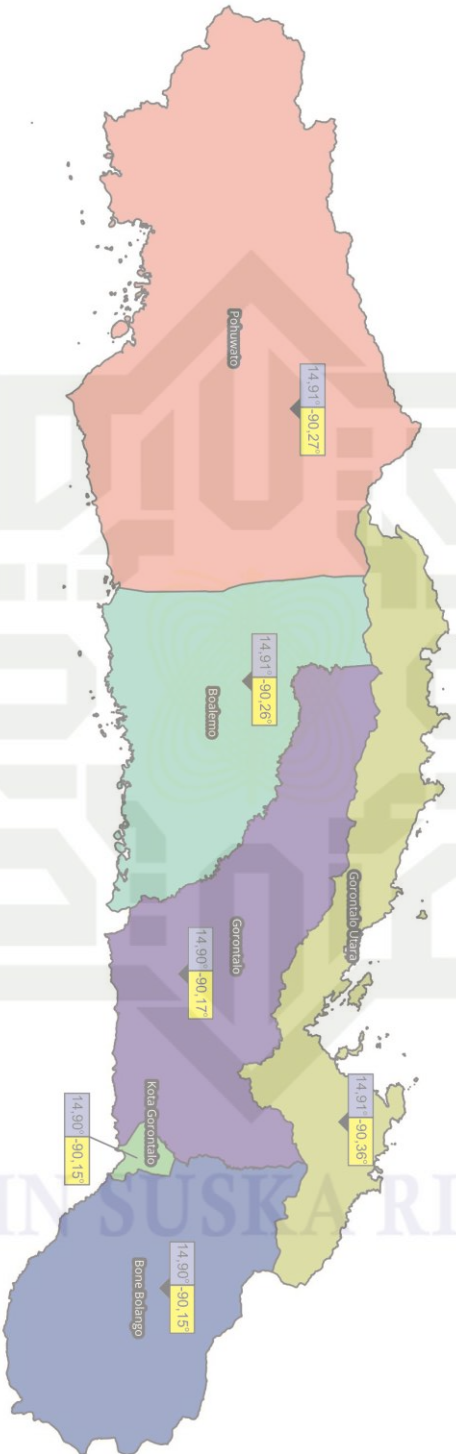
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Kalimantan Utara

UIN SUSKA RIAU



Peta Provinsi Gorontalo

Provinsi Gorontalo

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



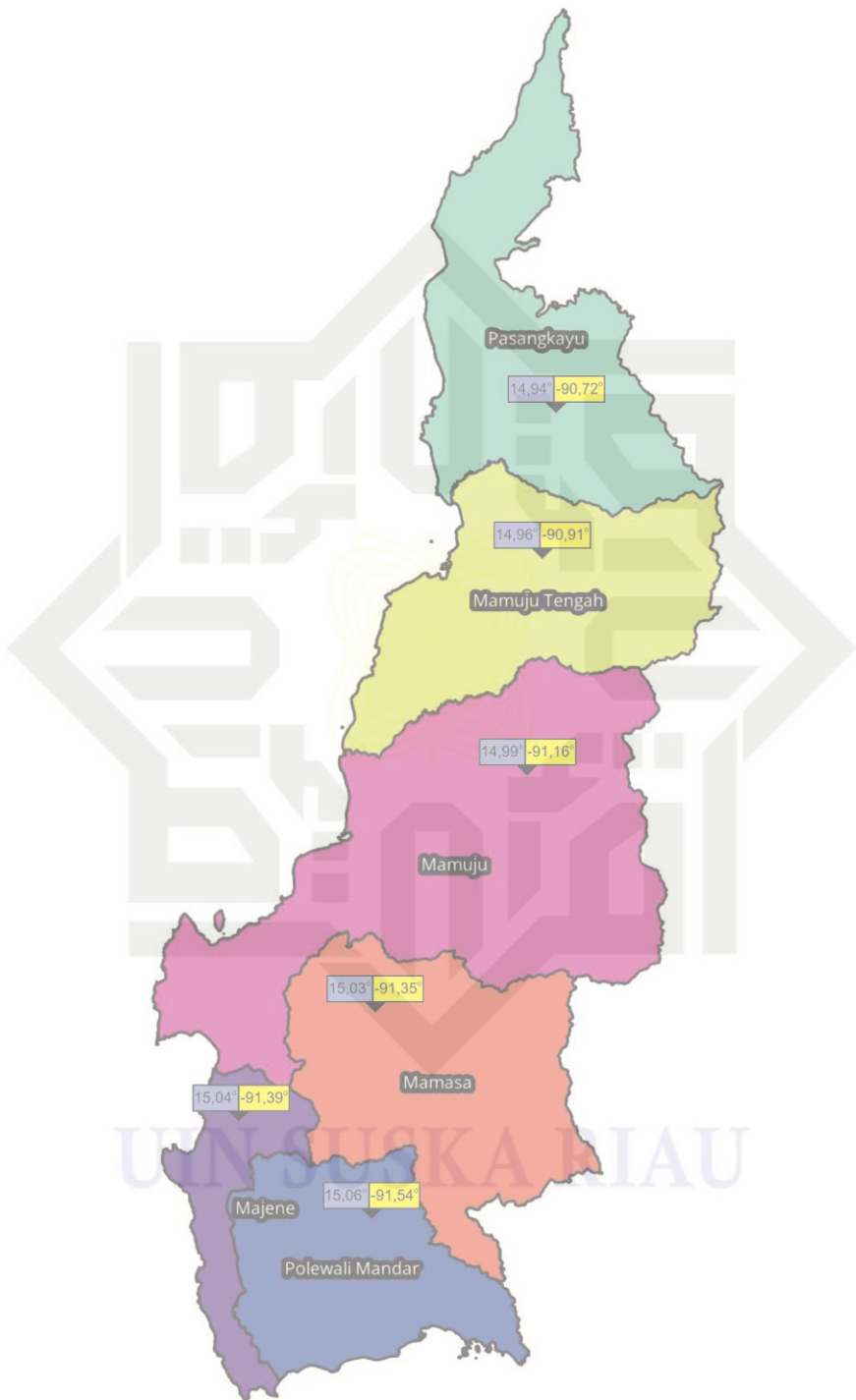
Provinsi Sulawesi Barat

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Sulawesi Barat

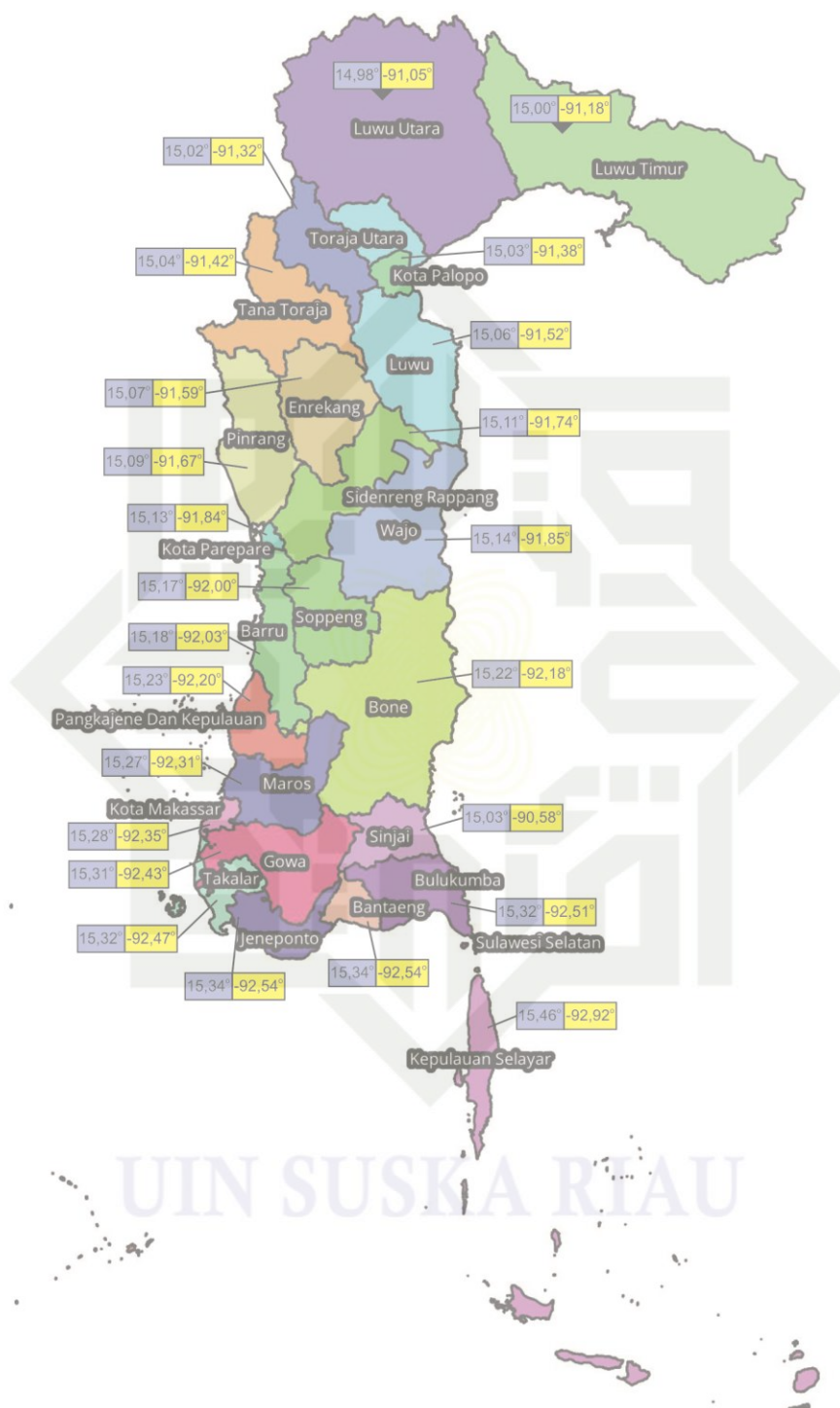
Provinsi Sulawesi Selatan

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Sulawesi Selatan

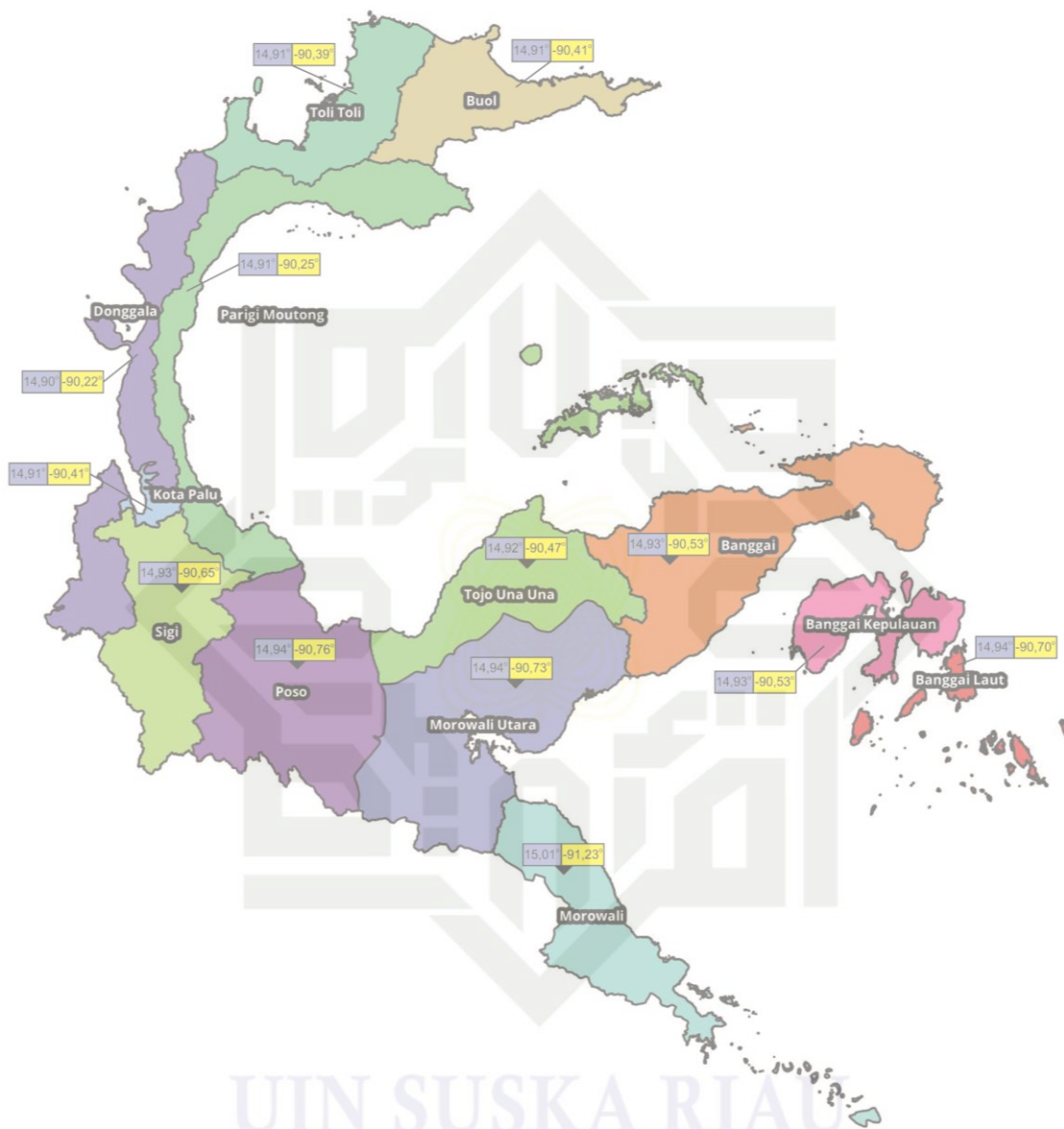
Provinsi Sulawesi Tengah

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Sulawesi Tengah

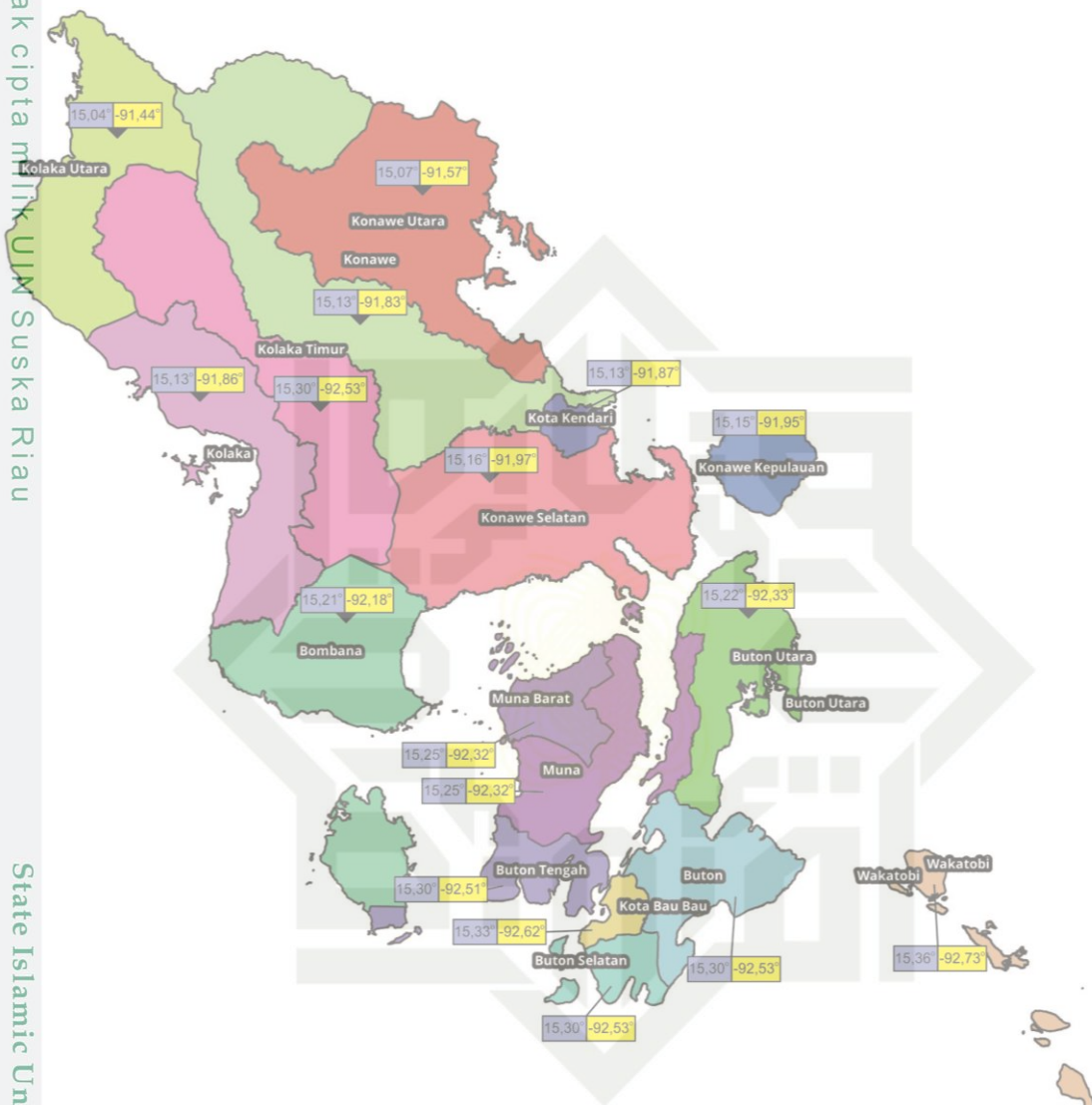
b. Provinsi Sulawesi Tenggara

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Sulawesi Tenggara

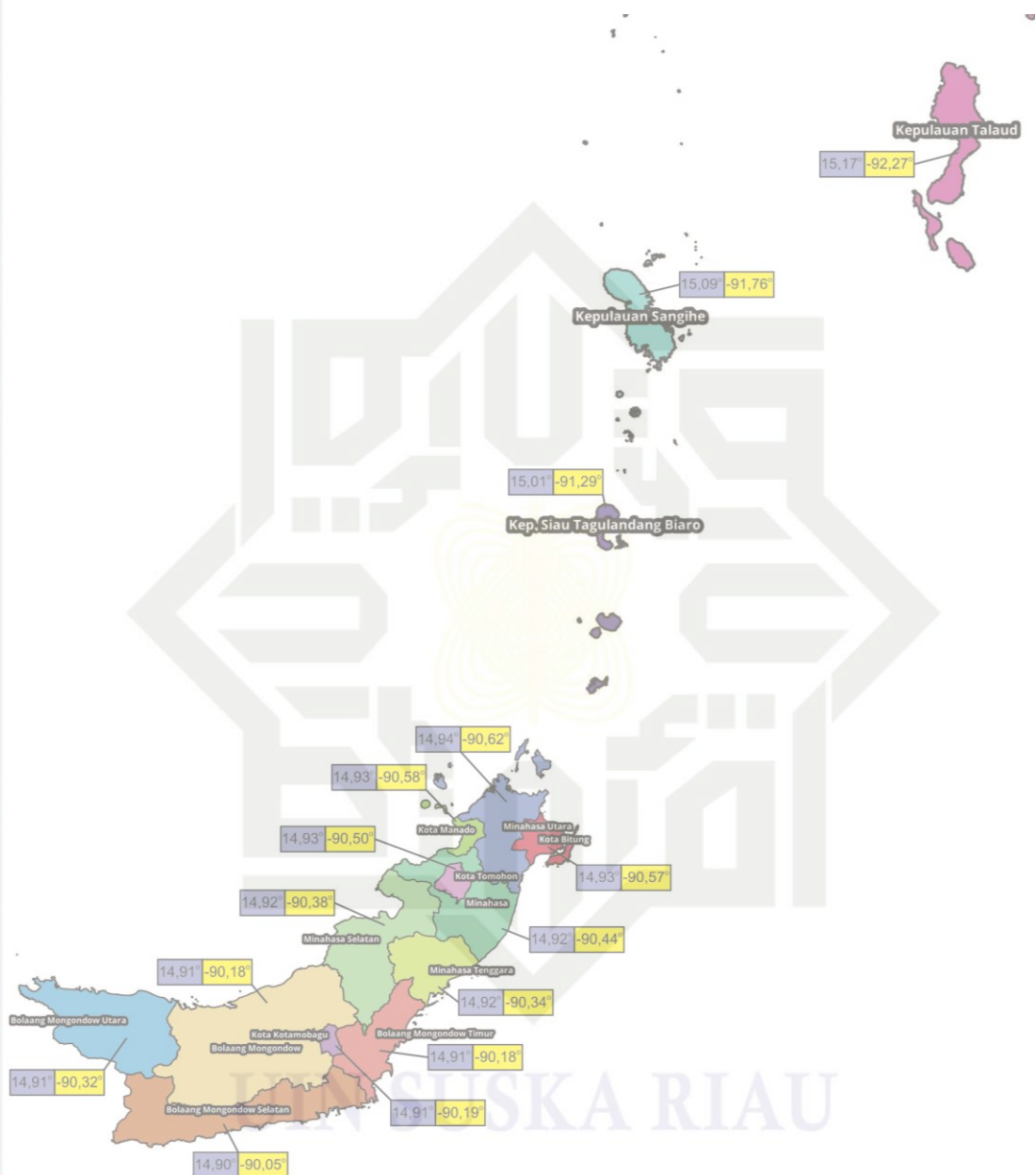
Provinsi Sulawesi Utara

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Sulawesi Utara

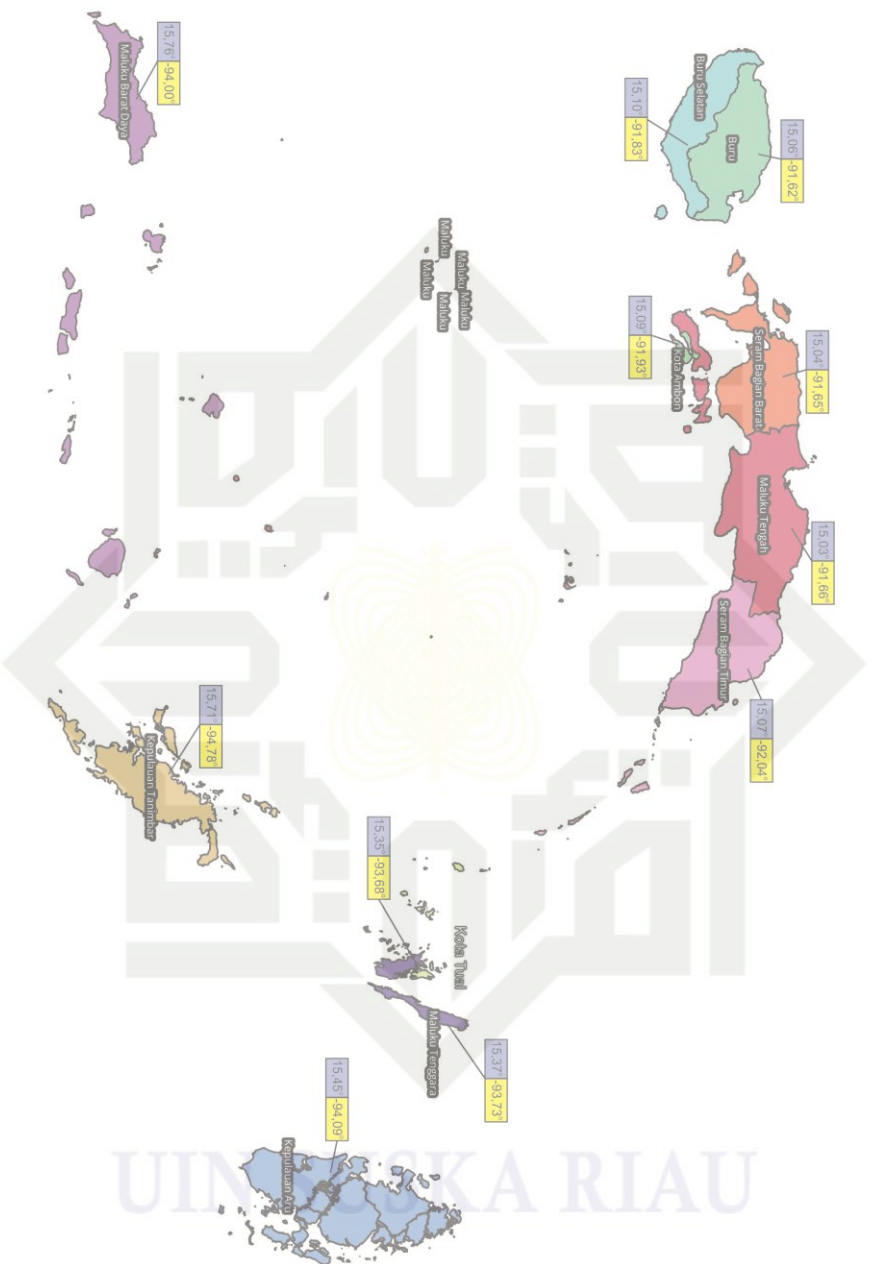
Provinsi Maluku

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Peta Provinsi Maluku

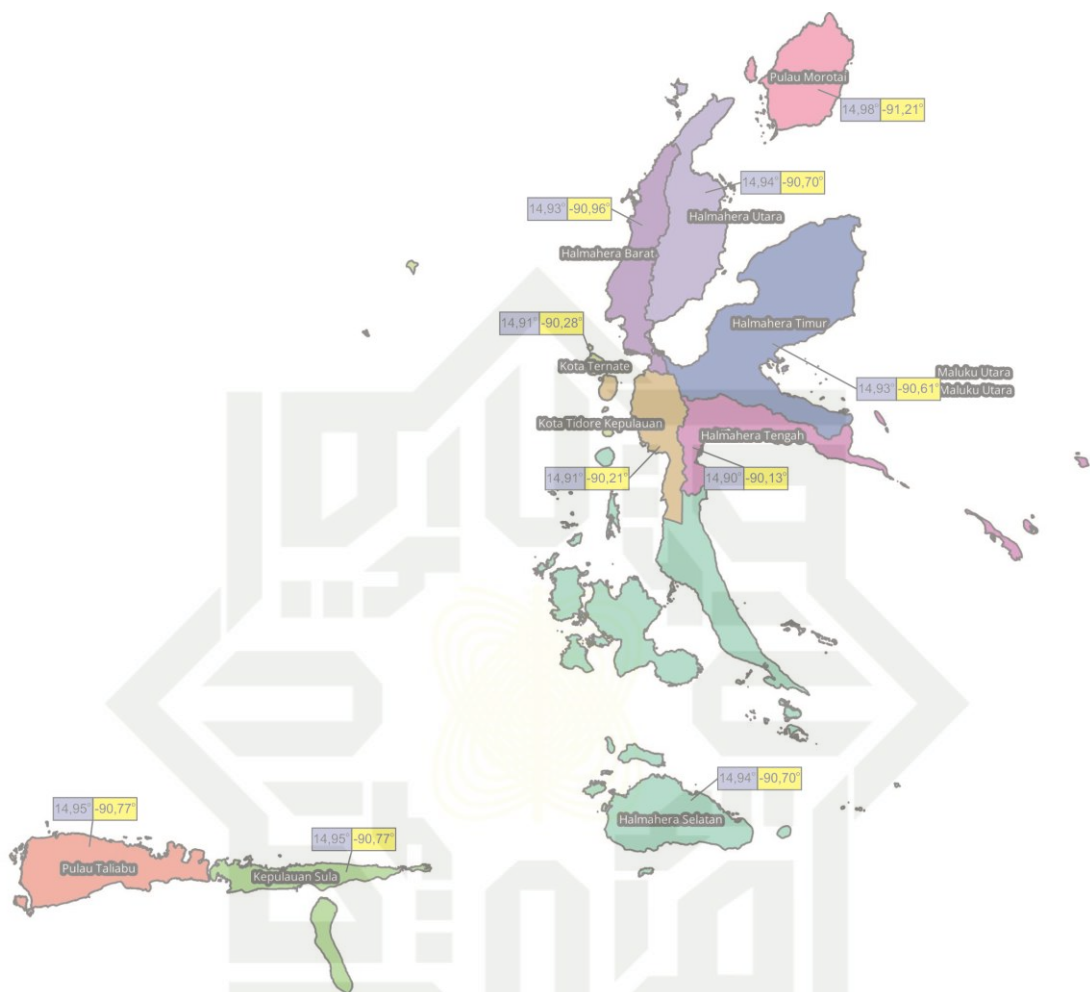
Provinsi Maluku Utara

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

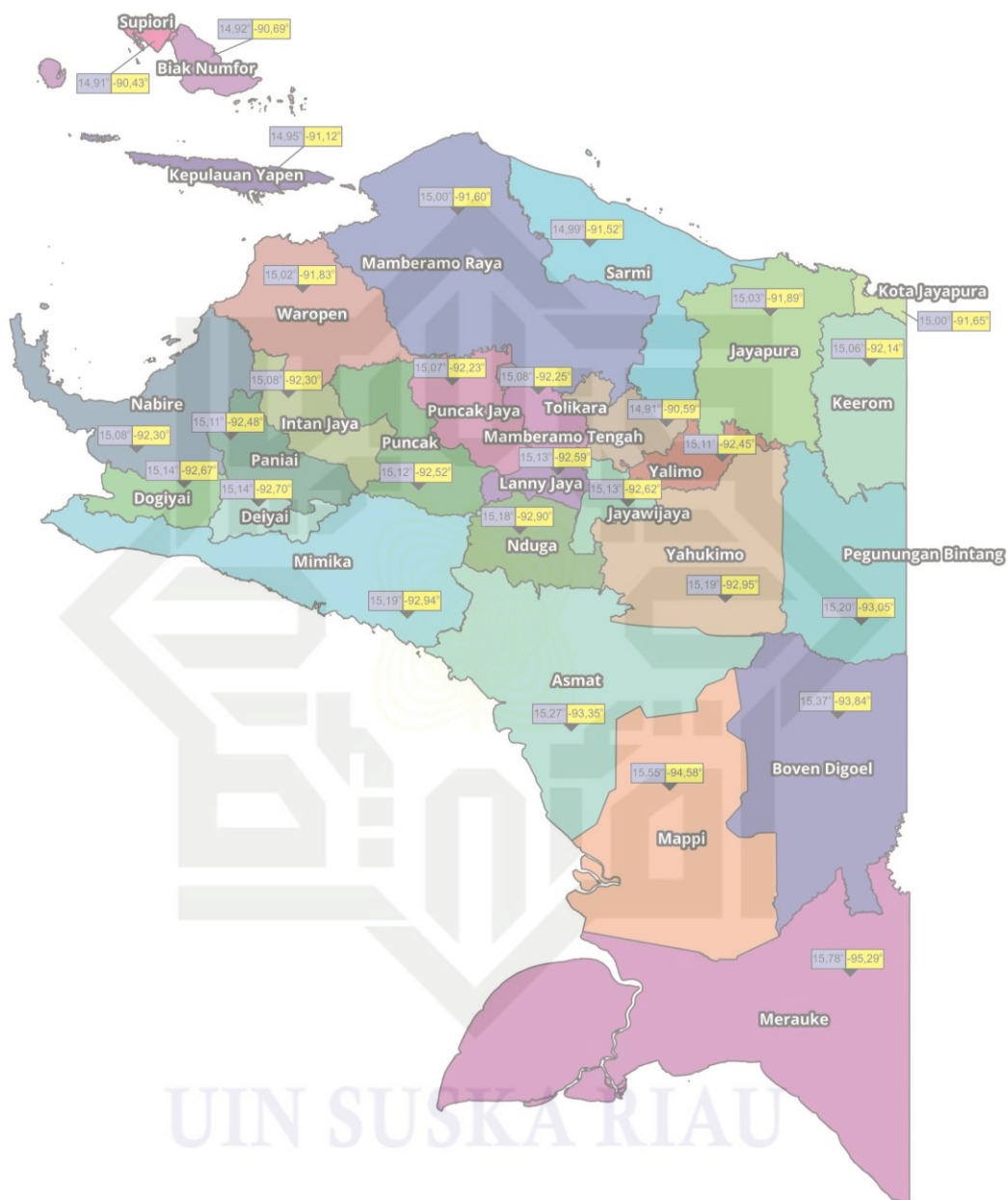


Peta Provinsi Maluku Utara

Provinsi Papua

Hak cipta milik UIN Suska Riau

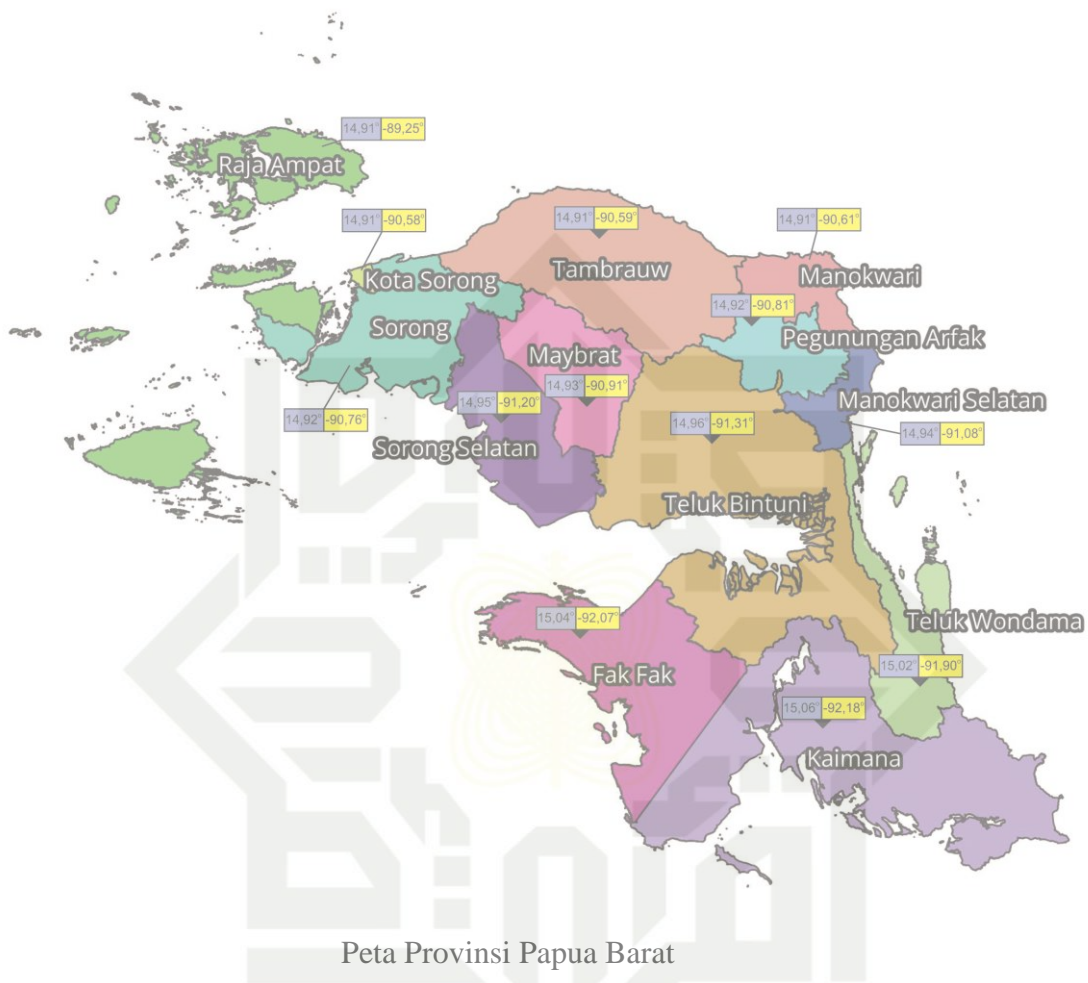
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Peta Provinsi Papua

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Provinsi Papua Barat



Peta Provinsi Papua Barat

3. Dokumentasi Lapangan



Posisi atau tata letak panel surya ketika pengujian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

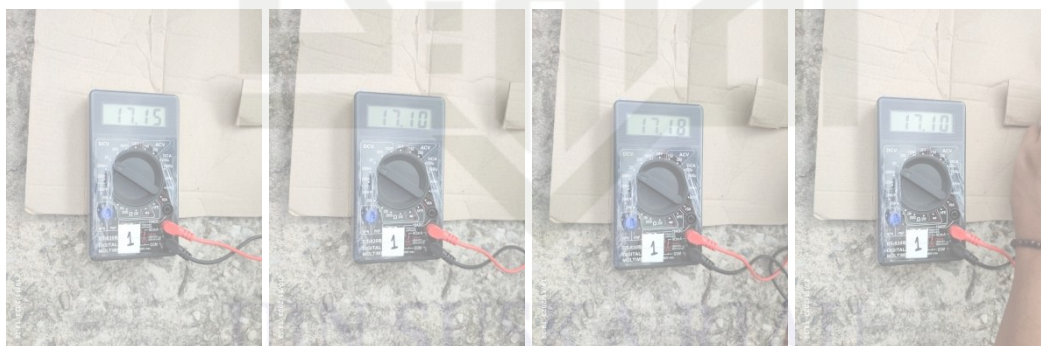
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Kompas handphone pada posisi arah / *azimuth angle* di panel surya



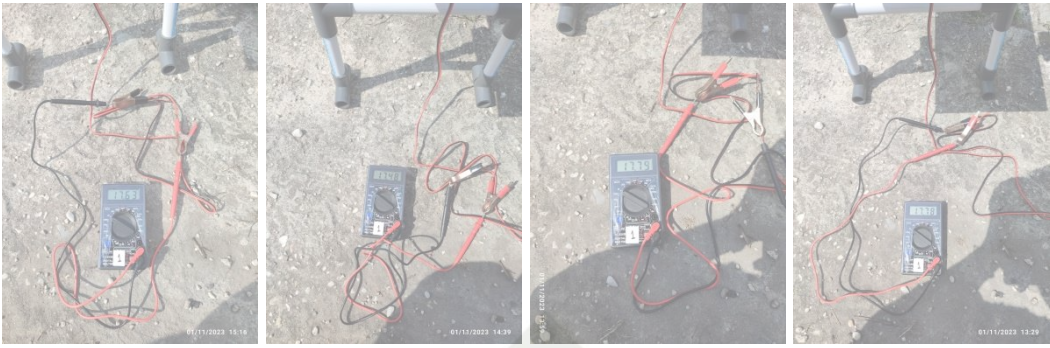
Penyesuaian *tilt angle* pada panel surya menggunakan inclinometer



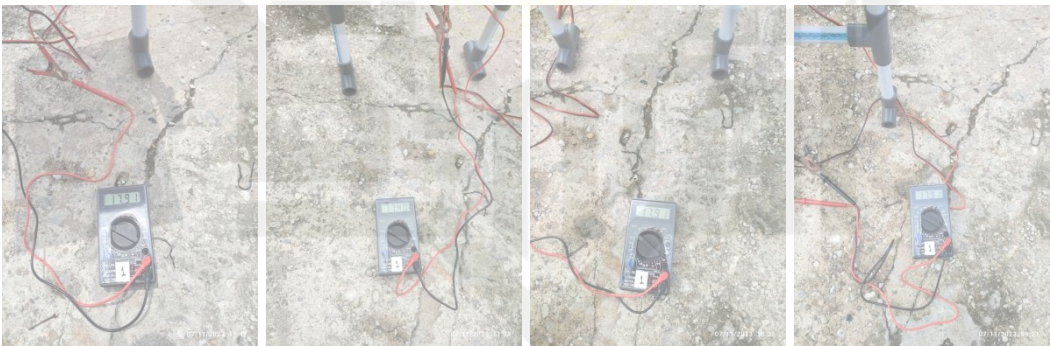
Tegangan terbuka pada pengujian 10 November

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

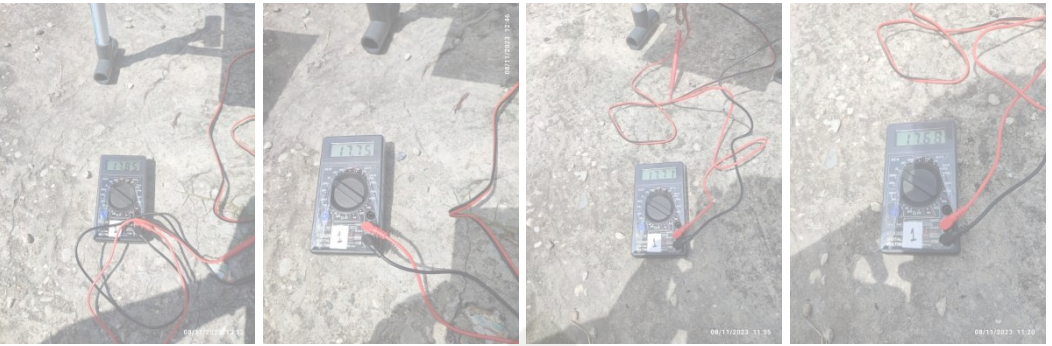
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



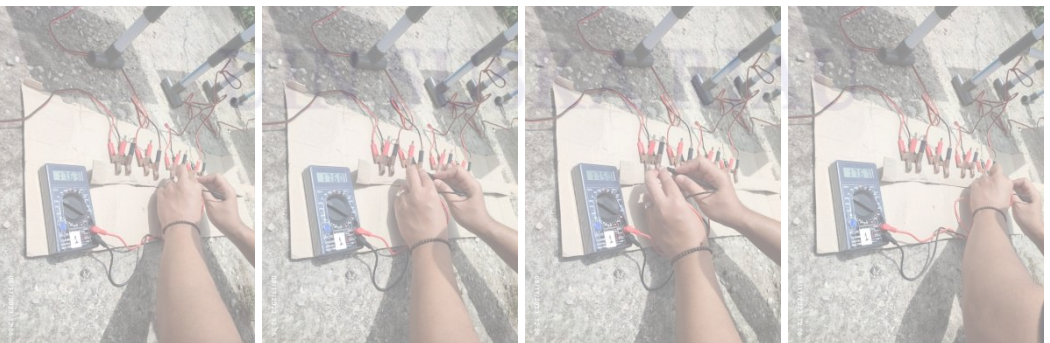
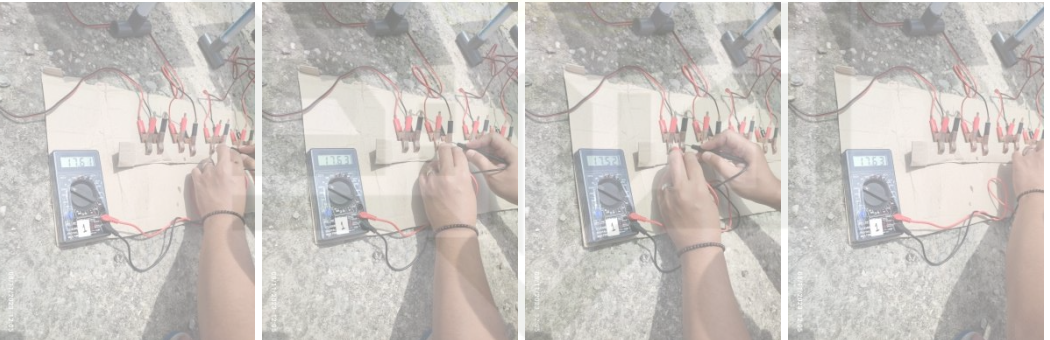
Tegangan terbuka pada pengujian 1 November



Tegangan terbuka pada pengujian 7 November



Tegangan terbuka pada pengujian 8 November



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU



Tegangan pengujian *azimuth angle* optimal



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

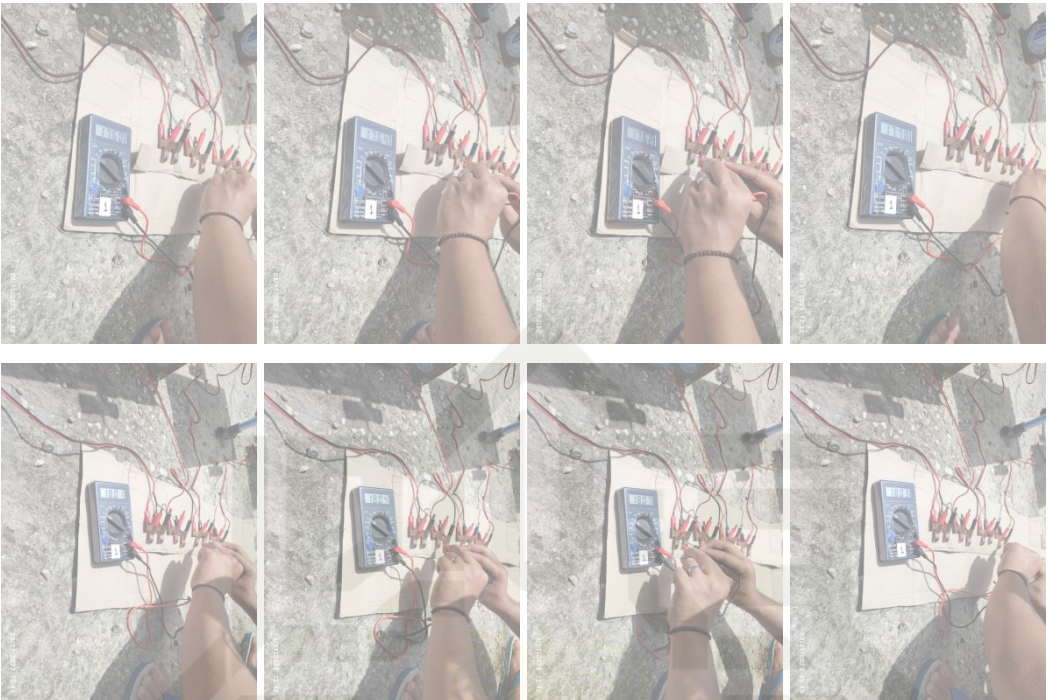
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU



Tegangan pengujian *tilt angle* optimal



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU