



ANALISIS INTENSITAS CAHAYA MATAHARI SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Amilda^{*1}, Suhadi², Jamiatul Khairunnisa Putri³

^{1,2,3} Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Sumatra Selatan, Indonesia

e-mail^{*1}: amilda_tarbiyah_uin@radenfatah.ac.id

Diterima 31 Oktober 2023

Disetujui 28 April 2024

Dipublikasikan 6 Mei 2024

<https://doi.org/10.33369/jkf.7.1.21-34>

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil yang berkepanjangan menyebabkan berubahnya iklim global. Selain masalah iklim dan lingkungan, penggunaan bahan bakar ini secara berkelanjutan juga menyebabkan menipisnya ketersediaan sumber daya alam tersebut. Tentunya hal ini menuntut solusi guna memenuhi kebutuhan energi baik dalam skala regional maupun global. Salah satunya adalah dengan menggunakan sumber energi alternatif dari radiasi matahari. Universitas Islam Negeri Raden Fatah merupakan salah satu kampus yang menerapkan konsep *Green Campus* (GC). Berkaitan dengan hal tersebut, maka perlu dilakukan analisis Intensitas Cahaya Matahari (ICM) sebagai sumber energi alternatif khususnya di lokasi Universitas Islam Negeri Raden Fatah. Analisis ini menggunakan data ICM re-analisis ERA5 dengan rentang waktu 1950-2022. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis korelasi antara ICM terhadap Dipole Mode Index (DMI) dan ENSO. Selain itu juga, dilakukan proyeksi ICM hingga 2030. Secara klimatologi ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang sepanjang tahun berkisar $3.3kWm^{-2}$ - $4.9kWm^{-2}$ dengan puncak terjadi pada September. Fenomena ENSO dan IOD berkorelasi positif terhadap ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang. ICM sepanjang tahun pengamatan menunjukkan bahwa sepanjang tahun ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang relatif konstan. Hasil ini juga ditunjukkan berdasarkan anomali ICM sebesar -4.01×10^{-16} . Hasil proyeksi menunjukkan bahwa ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar $3.3kWm^{-2}$ hingga tahun 2030. Ini menunjukkan bahwa ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang sangat berpotensi sebagai sumber energi yaitu solar cell.

Kata kunci— Green Campus, Intensitas Cahaya Matahari, Dipole Mode Index, ENSO.

ABSTRACT

Prolonged use of fossil fuels causes global climate change. Apart from climate and environmental problems, the sustainable use of this fuel also causes the depletion of the availability of these natural resources. Of course, this requires a solution to meet energy needs both on a regional and global scale. One way is to use alternative energy sources from solar radiation. Raden Fatah State Islamic University is one of the campuses that applies the Green Campus (GC) concept. In this regard, it is necessary to analyze Solar Light Intensity (ICM) as an alternative energy source, especially at the Raden Fatah State Islamic University location. This analysis uses ICM ERA5 reanalysis data with a time span of 1950-2022. The data analysis technique used is correlation analysis between ICM and the Dipole Mode Index (DMI) and ENSO. Apart from that, ICM projections were carried out until 2030. Climatologically, the ICM received at the UIN Raden Fatah Palembang location throughout the year ranged from $3.3kWm^{-2}$ - $4.9kWm^{-2}$ with the peak occurring in September. The ENSO and IOD phenomena are positively correlated with the ICM received at the UIN Raden Fatah Palembang location. ICM throughout the year observations show that throughout the year the ICM received at the location of UIN Raden Fatah Palembang is relatively constant. This result is also shown based on the ICM anomaly of -4.01×10^{-16} . The projection results show that the ICM received at the UIN Raden Fatah Palembang location is around $3.3kWm^{-2}$ until 2030. This shows that the ICM received at the UIN Raden Fatah Palembang location has great potential as an energy source, namely solar cells.

Keywords— Green Campus, Solar Irradiance Intensity, Dipole Mode Index, ENSO.

I. PENDAHULUAN

Pemanasan Global, merupakan isu yang erat sekali kaitannya dengan penggunaan sumber energi fosil. Hal ini dikarenakan polutan (Hydrocarbon, Nitrogen Oksida dan Karbon Monoksida)

penyebab pemanasan global berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (1,2). Salah satu upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca ini adalah dengan mengurangi penggunaan energi fosil sebagai sumber energi utama. Selain pemanasan global sebagai efek dari penggunaan energi fosil, kekhawatiran akan semakin menipisnya ketersediaan sumber energi ini juga merupakan latar belakang negara – negara di dunia untuk mencari sumber energi baru terbarukan (EBT). Salah satu sumber EBT ini adalah tenaga matahari/sel surya.

Letak geografis Indonesia yang berada di khatulistiwa menyebabkan penyinaran matahari sepanjang tahun pada negara ini. Sehingga tidak heran jika Indonesia memiliki potensi yang sangat besar akan EBT, khususnya tenaga Surya. Data menunjukkan bahwa potensi intensitas cahaya matahari di wilayah Indonesia adalah 4.8 kWh/m^2 (3,4). Sedangkan untuk wilayah Sumatera Selatan potensi ini sebesar $4.0 - 6.5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ (5,6).

Kesadaran akan ketergantungan kepada lingkungan, telah membuat manusia lebih bijak dalam pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam. Pada dunia akademis, kesadaran ini muncul dalam konsep *Green Campus* (GC), yang fokus kepada bagaimana penggunaan transportasi, hemat energi, pengelolaan sampah, air, tata letak, dan infrastruktur (7). Lebih dari itu, GC adalah kampus dengan visi dan misi yang berwawasan lingkungan dan integrasi keilmuan (8). GC merupakan salah satu program yang mendukung terwujudnya *sustainable development*, yang dapat diwujudkan dengan penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Hal ini juga tentu didukung dengan potensi sumber daya EBT dan perkembangan Sel Surya yang semakin baik (9–11).

Karena Radiasi Matahari merupakan fenomena yang terkait langsung dengan keadaan atmosfer, maka sangat penting untuk meninjau Radiasi Matahari ini dengan fenomena terkait atmosfer lainnya, seperti *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). ENSO mengacu pada fenomena naik turunnya Suhu Permukaan Laut (SPL) di Samudra Pasifik akibat interaksi dengan atmosfer. IOD merupakan fenomena yang sama, yang terjadi di Samudra India. Pada daerah $0^\circ \rightarrow 30^\circ \text{LS}$, selain sirkulasi Hadley yang bergerak dari utara ke selatan, juga terdapat sel Walker yang bersikulasi mengontrol pergerakan udara di lapisan atmosfer dari barat ke timur (12). Sirkulasi Walker ini, merupakan komponen utama yang mempengaruhi sistem iklim global (13). Sirkulasi ini kemudian berinteraksi dengan laut dalam mengontrol perubahan iklim tropis yang terjadi di daerah ekuator. Salah satunya adalah anomali perubahan iklim tersebut terjadi di samudera Pasifik yang kemudian dinamakan *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) (14). El Niño sendiri merupakan representasi dari pemanasan di bagian tropis samudera Pasifik, sedangkan *Southern Oscillation* menyatakan naik turunnya SPL tropis di bagian timur dan barat samudera Pasifik (15). ENSO sendiri merupakan interaksi antara dua fenomena ini yang terjadi dalam skala tahunan.

Indian Ocean Dipole (IOD) merupakan fenomena yang ditandai dengan meningkatnya SPL di sebagian besar cekungan barat Samudera Hindia (daerah $50^\circ - 70^\circ \text{BT}$ dan $10^\circ \text{LS} - 10^\circ \text{LU}$); dan menurunnya suhu di bagian timur Samudera Hindia (daerah $90^\circ - 110^\circ \text{BT}$ dan $10^\circ \text{LS} - 0^\circ \text{LU}$) (16). Keadaan ini menyebabkan peningkatan curah hujan di bagian timur Afrika dan bagian barat Samudera Hindia, sementara curah hujan di kepulauan Indonesia berkurang, yang menyebabkan kekeringan parah (17). Kenaikan SPL ini sering direpresentasikan oleh Indeks IOD (18). Selain dipengaruhi perubahan iklim (monsoon), sel Hadley yang berada di BBS juga berpengaruh pada IOD ini (19). Siklus IOD berawal pada bulan Mei/Juni dan berakhir pada November/Desember dengan puncaknya pada Oktober-November. IOD diukur dengan *Dipole Mode Index* (DMI). DMI dikembangkan oleh Hameed et al., (1999) untuk menentukan besar Indeks pada fenomena perubahan iklim yang berkaitan dengan SPL dan atmosfer yang terjadi di samudera Hindia. DMI ini kemudian digunakan di berbagai penelitian yang berkaitan dengan perubahan iklim, diantaranya-nya: musim panas India; aktivitas siklon tropis; *Indian summer monsoon*; variasi curah hujan yang terjadi di Afrika, Indonesia, timur laut Asia, Australia bagian selatan, timur dan barat, Eropa, Amerika utara dan Amerika Selatan (20). DMI awalnya ditentukan berdasarkan perbedaan anomali SPL antara bagian barat tropis samudera Hindia ($50^\circ \text{E} - 70^\circ \text{E}, 10^\circ \text{S} - 10^\circ \text{N}$) (*Western Tropical Indian Ocean* – WTIO) dan tenggara ($90^\circ \text{E} - 110^\circ \text{E}, 10^\circ \text{S} - \text{Equator}$) (*South-Eastern Tropical Indian Ocean* – SETIO) (17).

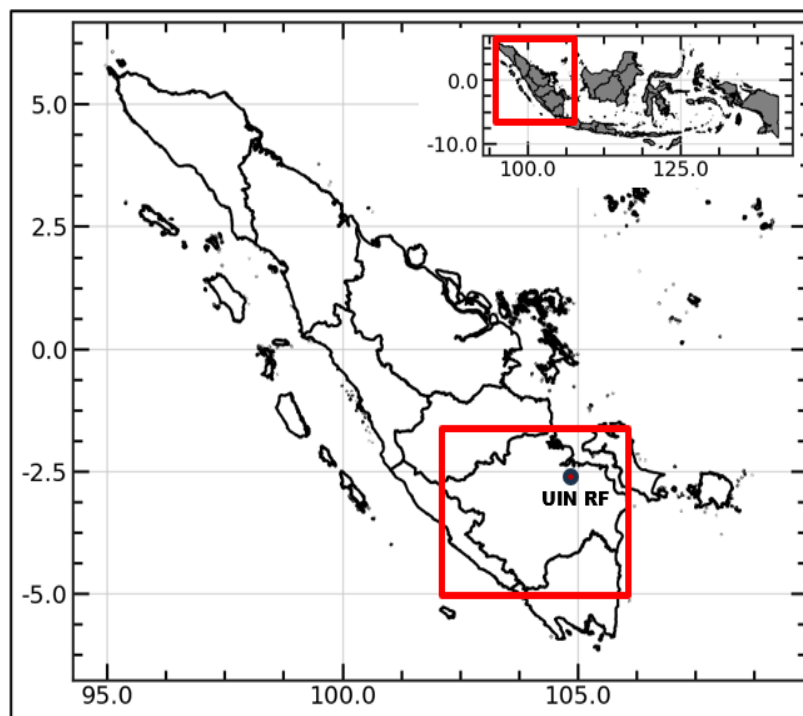
Universitas Islam Negeri Raden Fatah (UIN RF) Palembang, merupakan universitas yang bertransformasi dari Institut Agama Islam Negeri pada tahun 2015. Sejalan dengan itu, maka pembangunan infrastruktur juga dilakukan tepatnya di Kawasan Jakabaring Palembang. Kampus B UIN RF ini terletak pada koordinat -3.0104128,104.7028184 (*latitude, longitude*). Sebagai universitas yang mendukung terwujudnya GC, pengembangan sumber energi EBT yang paling potensial adalah penggunaan PLTS, mengingat letak geografis UIN RF yang berada di sekitar *equator*. Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti akan melakukan analisa tingkat radiasi sinar matahari sebagai sumber energi di kampus B UIN RF.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Data dan Tempat

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data radiasi Matahari re-analisis ERA5 dengan rentang waktu 1950-2022. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data anomali Suhu Permukaan Laut yang menggambarkan ENSO dan IOD dengan rentang waktu yang sama.

Penelitian ini dilakukan di Sumatra Selatan dengan fokus wilayah adalah UIN Raden Fatah Palembang seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.1 Teknik Analisa Data

Analisis potensi PLTS berdasarkan radiasi sinar Matahari dilakukan dengan mengamati data sepanjang tahun penelitian, klimatologi dan anomali radiasi tersebut. Klimatologi merupakan teknik analisa yang merepresentasikan rata-rata data pada tiap bulan sepanjang tahun pengamatan. Melalui klimatologi ini, kita dapat melihat kecenderungan data (Radiasi Cahaya Matahari) setiap bulan. Anomali merupakan representasi penyimpangan data dari keadaan mestinya. Selain itu, keterkaitan radiasi matahari ini dengan fenomena ENSO dan IOD diamati dengan melakukan analisis korelasi parsial.

Korelasi antara radiasi Matahari dengan ENSO dan IOD dihitung berdasarkan persamaan korelasi parsial

$$R_{13,2} = \frac{R_{13} - R_{12}R_{23}}{\sqrt{(1 - R_{12}^2)(1 - R_{23}^2)}} \quad (1)$$

dengan R_{12}, R_{13}, R_{23} adalah korelasi IOD terhadap radiasi Matahari, korelasi ENSO terhadap radiasi Matahari dan korelasi IOD terhadap ENSO. Korelasi masing-masing variabel dihitung dengan persamaan

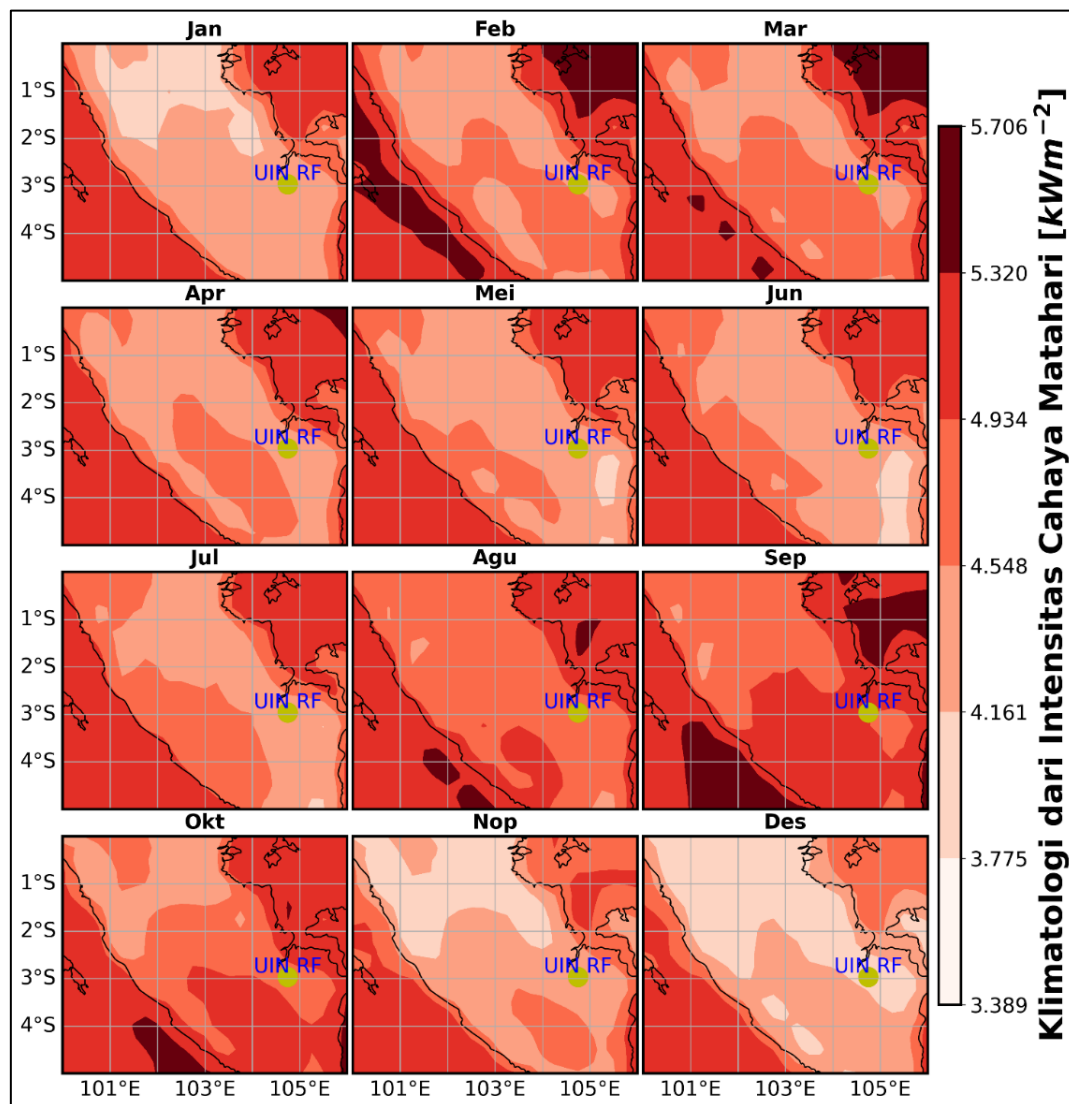
$$R = \frac{\sum_{k=1}^n (O_k - \bar{O}) \sum_{k=1}^n (S_k - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (O_k - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (S_k - \bar{S})^2}} \quad (2)$$

dengan O dan S menyatakan variabel masing-masing pengukuran. Untuk melihat potensi pada beberapa tahun mendatang, dilakukan analisa menggunakan teknik *Fast Fourier Transform* (FFT).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Intensitas Cahaya Matahari

Hasil perhitungan yang menunjukkan keadaan Intensitas Cahaya Matahari (ICM) di wilayah Sumatra Selatan, khususnya pada lokasi UIN RF ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Klimatologi Intensitas Cahaya Matahari di kawasan Sumatra Selatan. Titik hijau menandakan lokasi UIN Raden Fatah Palembang

Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata ICM di Sumatra Selatan berkisar 3.3 kWm^{-2} - 5.7 kWm^{-2} . Pada lokasi UIN RF rata-rata ICM berkisar 3.3 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} , dengan nilai puncak terjadi pada bulan Agustus-September-November dan paling rendah terjadi bulan Desember. Ini berarti rata-rata potensi Daya listrik berkisar di lokasi UIN RF berkisar berkisar 3.3 kWhm^{-2} - 4.9 kWhm^{-2} . Sebagaimana diketahui bahwa Indonesia mengalami musim hujan dan kemarau pada

periode Desember-Mei dan Juni-Nopember. Ketika musim hujan tentunya posisi awan cenderung menghalangi intensitas Cahaya Matahari yang sampai ke permukaan bumi. Sehingga pada Desember-Mei intensitas Cahaya Matahari merupakan intensitas yang terendah sepanjang tahun. Sebaliknya Indonesia mengalami musim kemarau, langit cenderung cerah sehingga tidak menghalangi Cahaya Matahari yang sampai ke permukaan bumi, dan pada Juni-November merupakan periode puncak tingginya intensitas Cahaya Matahari yang sampai ke bumi, demikian juga pada lokasi UIN Raden Fatah Palembang.

3.2. Korelasi Intensitas Cahaya Matahari terhadap Niño3.4 dan DMI.

Seperti diungkapkan pada bagian awal, bahwa musim kering dan basah di Indonesia sangat erat kaitannya dengan Indian Ocean Dipole dan ENSO yang dikuantisasi berdasarkan DMI dan Niño3.4. Kuantisasi ini mengacu pada indeks yang menunjukkan anomali SPL yang ada di Samudra India dan Pasifik.

Tabel 1. Korelasi ICM terhadap DMI dan Niño3.4

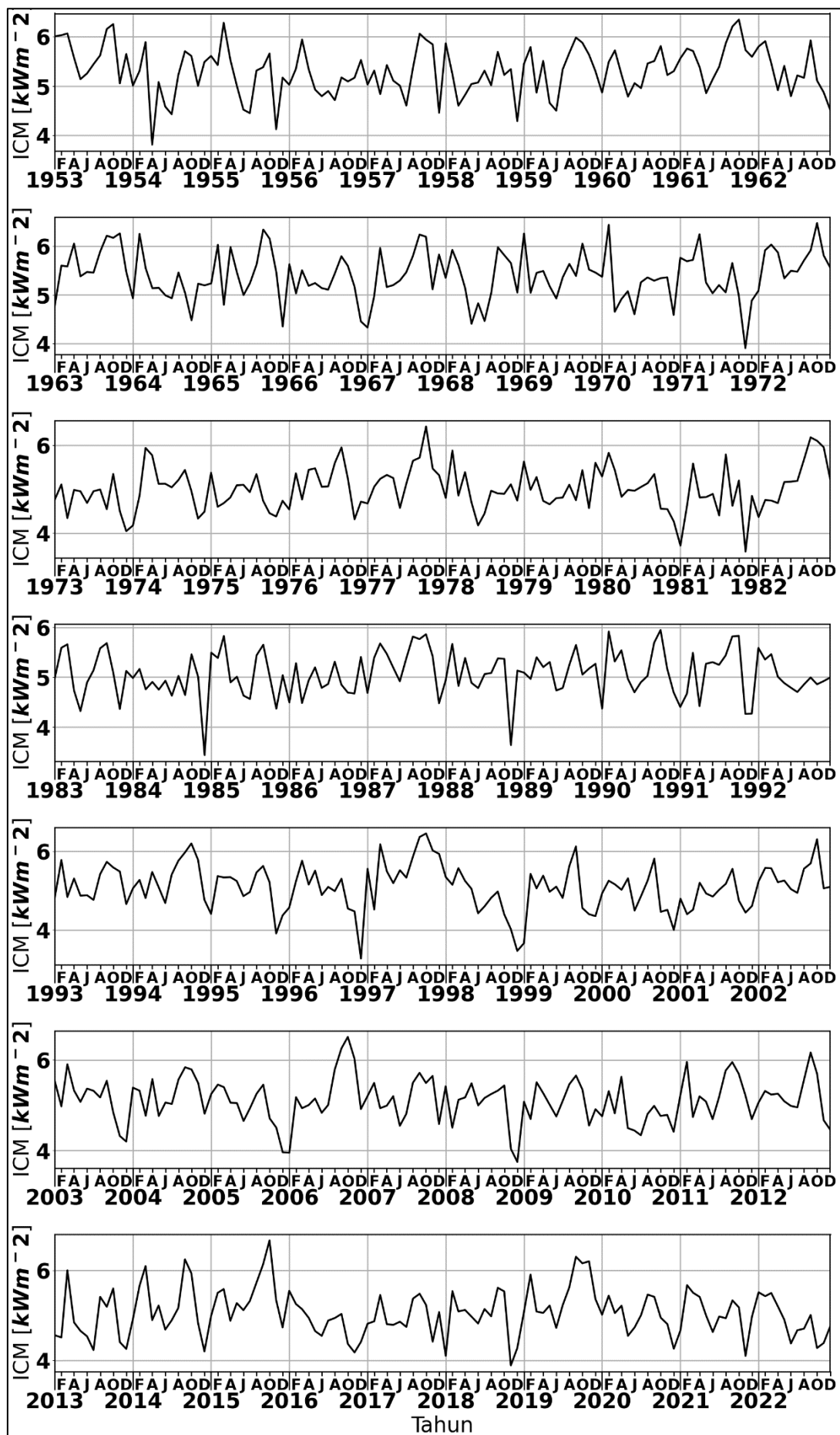
	ICM	DMI	Niño3.4
ICM	1.000000	0.262411	0.203849
DMI	0.262411	1.000000	0.241466
Niño3.4	0.203849	0.241466	1.000000

Seperti pada bagian sebelumnya, telah dibicarakan bahwa intensitas Cahaya Matahari ini sangat erat kaitannya dengan musim kering dan basah di Indonesia, yang tentunya juga berkaitan dengan DMI dan Niño3.4 seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan korelasi parsial antara ICM, DMI dan Niño3.4. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa baik DMI dan Niño3.4 berkorelasi positif terhadap ICM dengan nilai masing-masing 0.26 dan 0.20. Ini menunjukkan bahwa DMI dan Niño3.4 berperan penting dalam menentukan besarnya ICM yang sampai ke permukaan bumi. Meskipun besar korelasi ini tergolong pada kategori rendah.

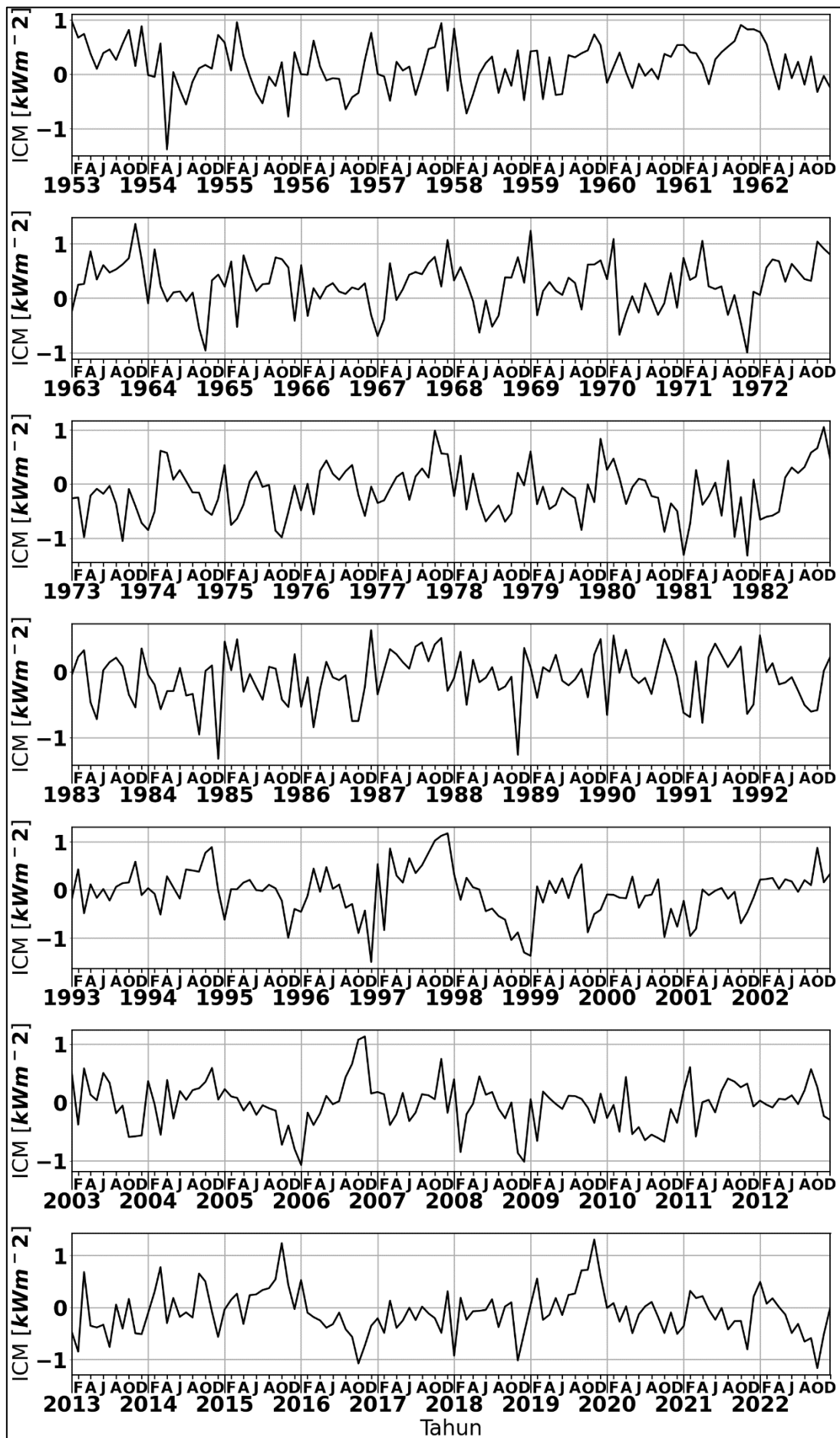
3.3. Time-Series Intensitas Cahaya Matahari dan Anomalinnya.

Time-Series ICM dari tahun 1953-2022 ditunjukkan pada Gambar 3. Rata-rata ICM selama 70 tahun tersebut adalah 5.15 kWm^{-2} . Sesuai dengan klimatologi pada bagian sebelumnya bahwa ICM terendah terjadi pada periode Desember-Mei. Hal ini juga ditunjukkan berdasarkan *Time-Series* tersebut, tepatnya pada April-1954, Nopember-1955, Desember-1959, Desember-1962, Desember-1965, Januari-1967, Nopember-1971, Desember-1973, Januari-1981, Nopember-1982, Desember-1984, Nopember-1988, Desember-1997, Desember-1998, Januari-1999, Nopember-Desember-2003, Desember-2005, Januari-2006, Nopember-Desember-2009, Nopember-Desember-2014, Desember-2015, Januari-2018, Nopember-2018, Desember-2021, dan Nopember-2021.

Selain itu, anomali negatif ICM dominan terjadi pada periode tersebut, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Rata-rata anomali ICM ini adalah -4.01×10^{-16} . Ini menunjukkan bahwa selama 70 tahun pengamatan, tidak terjadi penurunan ICM terhadap rata-ratanya (5.15 kWm^{-2}). Seperti halnya diketahui bahwa dalam rentang 1953-2022 terjadi fenomena Niño3.4 dalam skala ekstrim, seperti misalnya pada tahun 1997/98. Berdasarkan hasil sebelumnya menunjukkan bahwa puncak ICM terjadi pada musim kering. Namun hal ini bertolak belakang dengan hasil *Time-Series* khususnya pada tahun 1997/98. Hasil *Time-Series* menunjukkan ICM nilai yang lebih kecil dari rata-ratanya. Kondisi ini dikarenakan kemarau ekstrim pada tahun 1997/98 (21), menyebabkan kebakaran hutan dan berdampak pada menebalnya kabut asap, sehingga menutupi dan mengurangi ICM yang sampai ke Bumi, khususnya di lokasi UIN Raden Fatah Palembang.



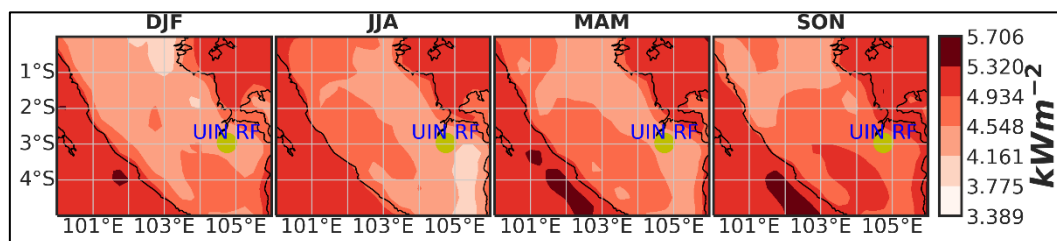
Gambar 3. Time-Series Intensitas Cahaya Matahari selama 70 tahun (1953-2022)



Gambar 4. Anomali Intensitas Cahaya Matahari selama 70 tahun (1953-2022)

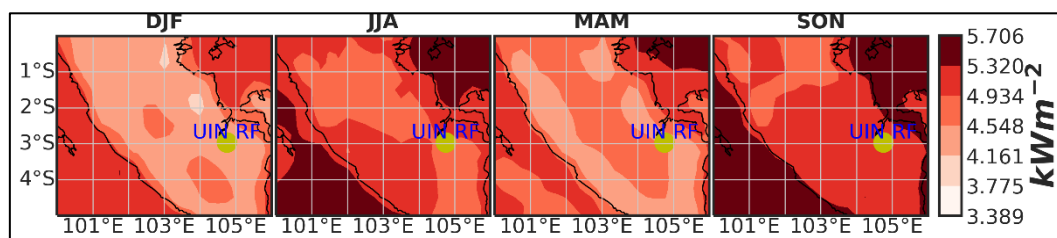
3.4. Intensitas Cahaya Matahari ketika La Niña dan El Niño.

Cuplikan yang menunjukkan ICM ketika La Niña dan El Niño pada 1953-2022 ditunjukkan pada Gambar 5 sampai Gambar 16. Pada periode 1954-1957 La Niña terjadi selama 44 bulan dengan puncak La Niña terjadi pada Nopember-1955. Pada setiap musim (DJF, JJA, MAM, dan SON) dalam kurun waktu 3.6 tahun tersebut, terlihat bahwa ICM pada lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} (Gambar 5). Pada periode SON La Niña ini, lokasi UIN Raden Fatah Palembang menerima ICM sekitar 4.5 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} . Sedangkan pada musim DJF, JJA dan MAM, ICM di lokasi ini berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} . Ini berarti selama La Niña 1954-1957, ICM di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkurang sebesar 1.05 kWm^{-2} - 0.6 kWm^{-2} saja.



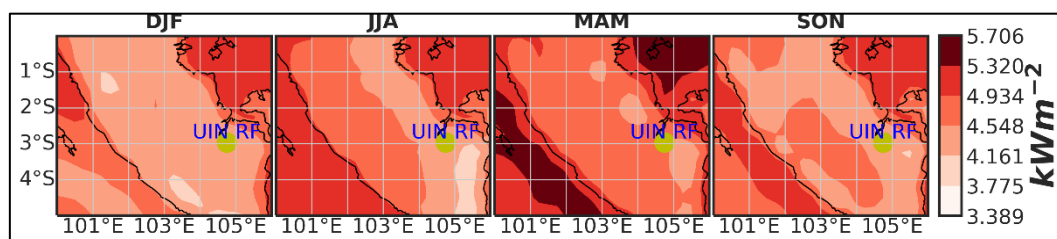
Gambar 5. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika La Niña 1954/57.

Ketika terjadi El Niño selama 11 bulan pada 1972/73 dengan puncak pada Desember 1972, ICM di lokasi UIN Raden Fatah Palembang mengalami peningkatan sebesar 0.3 kWm^{-2} , khususnya pada periode SON (Gambar 6). Sedangkan pada musim lainnya cenderung stabil atau bahkan menurun sebesar -1.05 kWm^{-2} . Hasil ini menunjukkan bahwa ICM pada lokasi UIN Raden Fatah cenderung stabil ketika terjadi El Niño pada 1972/73. Hasil ini juga mengindikasikan bahwa pada periode Desember 1972, yang merupakan puncak El Niño, Cahaya Matahari tidak tertutup oleh awan akibat terjadinya kebakaran hutan, khususnya di Kawasan Sumatra Selatan.



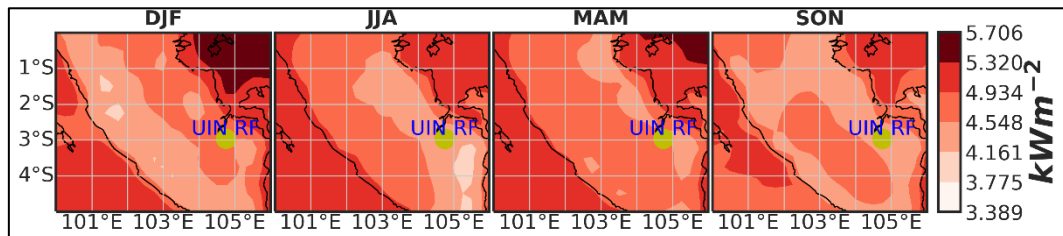
Gambar 6. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika El Niño 1972/73.

ICM pada periode La Niña 1973/74 yang terjadi selama 15 bulan ditunjukkan pada Gambar 7. Hampir sepanjang masa La Niña ini, ICM di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} , terutama pada musim DJF, JJA dan SON. Pada periode MAM, ICM di lokasi UIN Raden Fatah berkisar 4.5 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} , kecuali di bagian selatan lokasi UIN RF yang berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} .



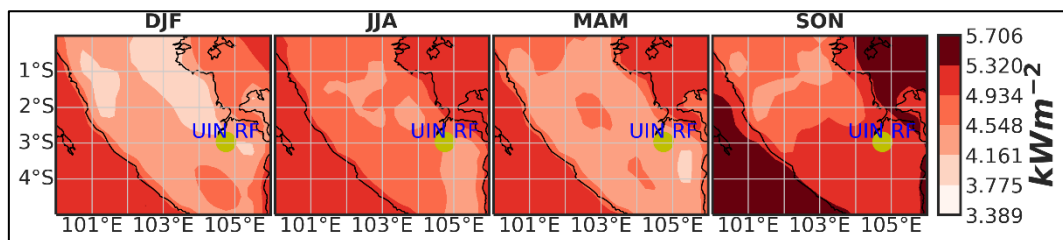
Gambar 7. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika La Niña 1973/74.

La Niña yang terjadi selama 12 bulan pada 1975/76, juga tidak mempengaruhi ICM di lokasi UIN Raden Fatah Palembang, seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Hal ini ditunjukkan berdasarkan nilai ICM yang berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} di sepanjang musim La Niña tersebut. Sedikit berbeda dengan La Niña pada periode sebelumnya, pada periode ini, ICM yang berkisar 4.5 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} terjadi pada periode DJF dan MAM di lokasi UIN Raden Fatah Palembang. Sedangkan pada periode JJA dan SON, UIN Raden Fatah Palembang menerima ICM yang berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} .



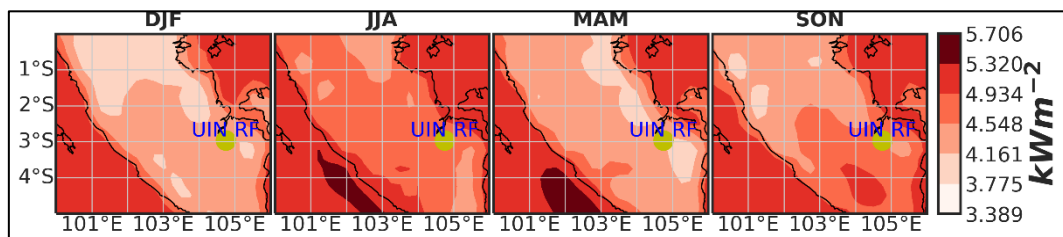
Gambar 8. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika La Niña 1975/76.

ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang pada ketika terjadi El Niño 1982/83 ditunjukkan pada Gambar 9. El Niño pada masa ini berlangsung selama 15 bulan dengan puncaknya pada DJF 1982/83. Berdasarkan hasil ICM pada periode El Niño ini, UIN Raden Fatah Palembang menerima ICM yang berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} dengan puncak pencahayaan terjadi pada periode SON. Pada musim DJF sendiri, UIN Raden Fatah Palembang menerima ICM berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} . Kondisi ini juga menunjukkan bahwa pada masa El Niño ini, UIN Raden Fatah Palembang hanya mengalami pengurangan ICM sebesar 1.01 kWm^{-2} - 0.6 kWm^{-2} .



Gambar 9. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika El Niño 1982/83.

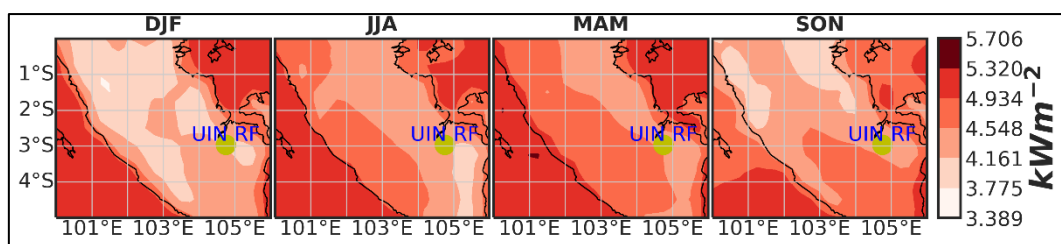
Hampir sama dengan El Niño pada periode sebelumnya, El Niño pada periode 1986/87 yang terjadi selama 16 bulan tidak memberikan perubahan ICM yang diterima UIN Raden Fatah Palembang secara signifikan, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Meskipun pada puncak El Niño yang terjadi pada musim JJA. Pada periode JJA ini ICM yang sampai di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar 4.5 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} . Ketika terjadi El Niño, mestinya ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang meningkat dari rata-rata.



Gambar 10. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika El Niño 1986/87.

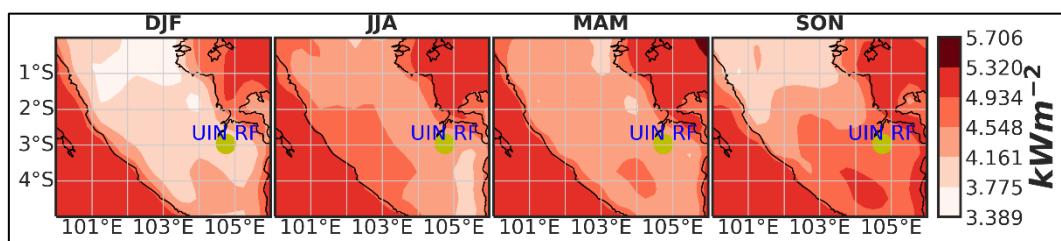
Namun pada El Niño 1986/87 terlihat bahwa ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berada di bawah rata-rata, meskipun menurun sebesar 0.25 kWm^{-2} - 0.65 kWm^{-2} . Penurunan ini kemungkinan disebabkan kabut asap yang menghalangi ICM yang sampai ke Bumi, khususnya di lokasi UIN Raden Fatah Palembang, akibat kebakaran hutan.

Pada tahun 1988/89 terjadi La Niña yang berlangsung selama 15 bulan dengan puncaknya pada November 1988. Pada periode La Niña ini, ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar 3.7 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} , dengan ICM terendah terjadi pada musim DJF yaitu berkisar 3.7 kWm^{-2} - 4.1 kWm^{-2} , seperti ditunjukkan pada Gambar 11. Pada periode JJA, MAM dan SON, ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar 4.1 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} . Hasil ini juga mengindikasikan bahwa terjadi penurunan ICM terhadap rata-ratanya yaitu sebesar 0.65 kWm^{-2} - 1.05 kWm^{-2} . Namun demikian pengurangan ini tidaklah berpengaruh secara signifikan terhadap ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang.



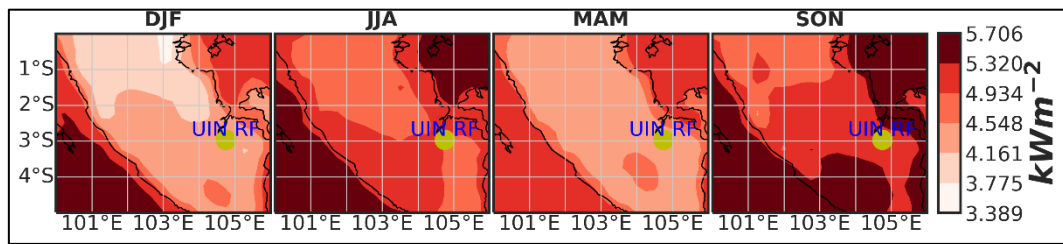
Gambar 11. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika La Niña 1988/89.

Pada tahun 1991/92, El Niño hanya berlangsung selama 9 bulan dengan puncak terjadi pada musim DJF. Pada masa El Niño ini, ICM terendah yang diterima di UIN Raden Fatah terjadi pada periode DJF, seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Pada musim DJF ini, ICM tersebut berkisar 3.7 kWm^{-2} - 4.1 kWm^{-2} . ICM tertinggi yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah berkisar 4.5 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} terjadi pada periode SON, sedangkan pada periode JJA dan MAM, ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah adalah 4.1 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} . Hal menarik terjadi pada periode DJF yang merupakan puncak El Niño. Pada musim ini terjadi anomali ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah. Ini juga mengindikasikan adanya kabut yang menutupi sampainya ICM di lokasi UIN Raden Fatah.



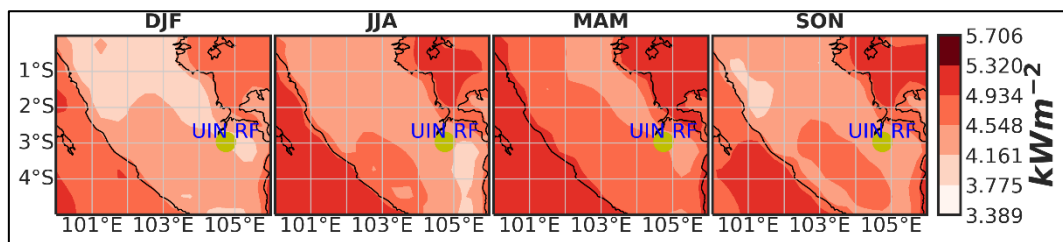
Gambar 12. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika El Niño 1991/92.

El Niño pada tahun 1997/98 merupakan salah satu yang paling kuat sepanjang sejarah dengan puncak terjadi pada SON. Pada El Niño ini, puncak penerimaan ICM di lokasi UIN Raden Fatah yang berkisar 4.9 kWm^{-2} - 5.3 kWm^{-2} terjadi pada musim SON seperti ditunjukkan pada Gambar 13. Seperti pada periode El Niño sebelumnya, ICM terendah yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah terjadi pada periode DJF. Hal ini juga mengindikasikan bahwa pada periode tersebut, terjadi pengurangan ICM yang sampai ke permukaan bumi akibat kabut asap dari kebakaran hutan dan lahan. Namun demikian ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah lebih tinggi dari periode El Niño sebelumnya, terutama pada periode DJF. ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah pada El Niño ini berkisar 3.7 kWm^{-2} - 5.3 kWm^{-2} .



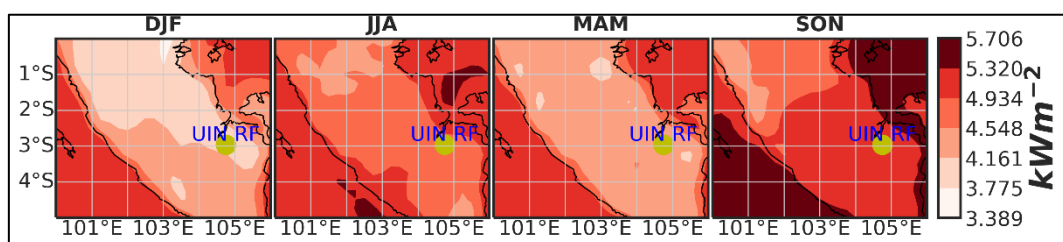
Gambar 13. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika El Niño 1997/98.

Setelah mengalami El Niño selama 13 bulan, Kawasan Indonesia mengalami La Niña selama 25 bulan pada tahun 1998-2000. Pada periode La Niña, puncaknya terjadi pada Januari 1999 dan 2000. ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar 3.1 kWm^{-2} - 4.1 kWm^{-2} seperti ditunjukkan pada Gambar 14. Hasil ini menunjukkan bahwa ICM yang terendah, yaitu sebesar 3.1 kWm^{-2} - 3.7 kWm^{-2} terjadi pada periode DJF yang merupakan puncak La Niña. Hal ini sangat wajar, karena pada musim ini curah hujan sangat tinggi dan tentunya menghalangi ICM yang sampai ke bumi, khususnya di lokasi UIN Raden Fatah Palembang. Pada musim La Niña ini, ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah terjadi pada periode JJA, MAM, dan SON adalah sebesar 3.1 kWm^{-2} - 3.7 kWm^{-2} .



Gambar 14. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika La Niña 1998/00.

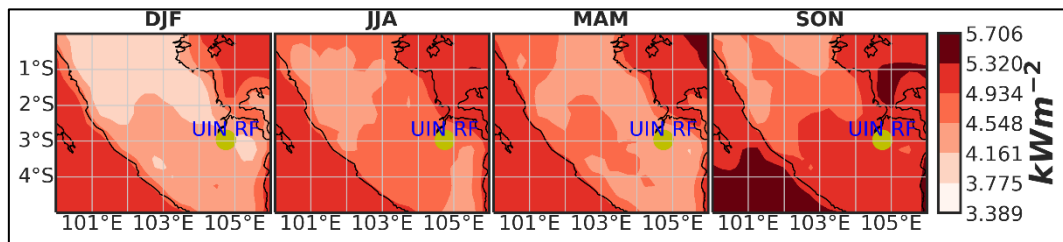
Pada tahun 2015/16, terjadi El Niño Godzilla (22) yang selama 13 bulan dengan puncaknya pada DJF. Gambar 15 menunjukkan ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah pada musim El Niño ini. Hasil ini menunjukkan bahwa ICM terendah yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah terjadi pada November, Desember dan Januari (NDJ). Nilai ini sebesar sebesar 3.7 kWm^{-2} - 4.1 kWm^{-2} . Hal ini juga mengindikasikan bahwa pada periode tersebut, ICM yang sampai ke permukaan bumi tertutup oleh kabut asap akibat kebakaran hutan dan lahan. Setidaknya terdapat 10.000 hotspot yang terdeteksi pada puncak El Niño ini (23). SON, merupakan periode terjadinya ICM tertinggi yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang. Pada periode ini ICM yang diterima sebesar 4.9 kWm^{-2} - 5.3 kWm^{-2} . Sementara pada periode JJA dan MAM, ini ICM yang diterima berturut-turut sebesar 4.5 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} dan 4.9 kWm^{-2} - 5.3 kWm^{-2} .



Gambar 15. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika El Niño 2015/16.

El Niño tahun 2018/19 berlangsung selama 17 bulan dengan puncak terjadi SON. Secara umum ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah pada musim El Niño ini adalah sama dengan musim

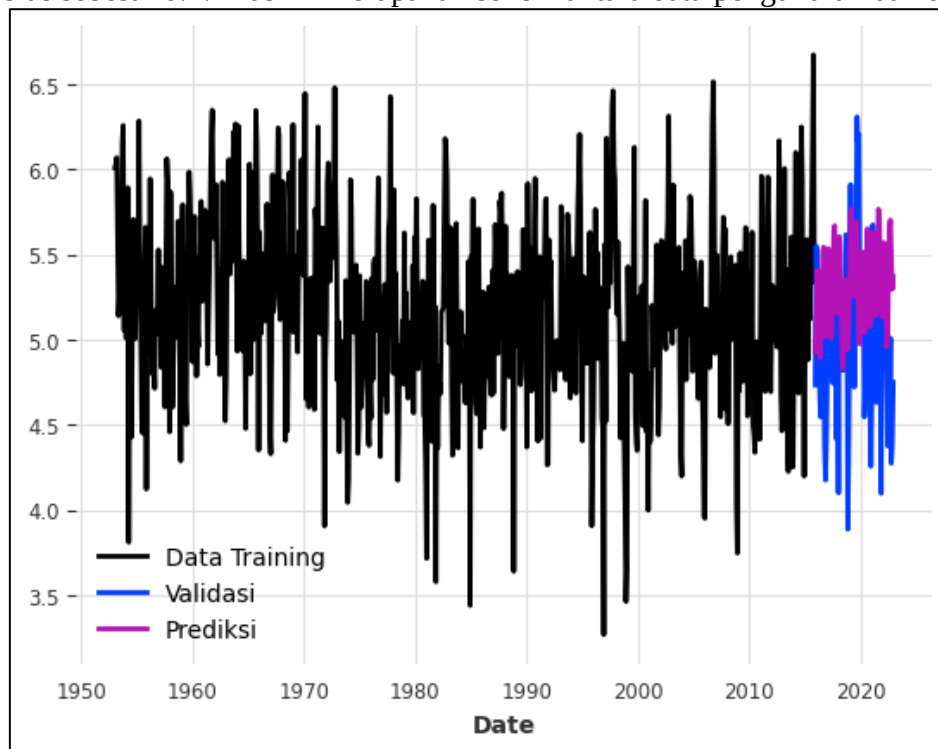
lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 16. ICM terendah yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah terjadi pada musim DJF, sementara yang tertinggi terjadi pada periode SON dengan nilai masing-masing berkisar 3.7 kWm^{-2} - 4.1 kWm^{-2} dan 4.9 kWm^{-2} - 5.3 kWm^{-2} . Sementara pada periode JJA dan MAM, nilai ini berkisar 4.5 kWm^{-2} - 4.9 kWm^{-2} dan 4.1 kWm^{-2} - 4.5 kWm^{-2} .



Gambar 16. Intensitas Cahaya Matahari pada Desember-Januari-Februari(DJF), Juni-Juli-Agustus(JJA), Maret-April-Mei(MAM), dan September-Oktober-Nopember(SON) ketika El Niño 2018/19.

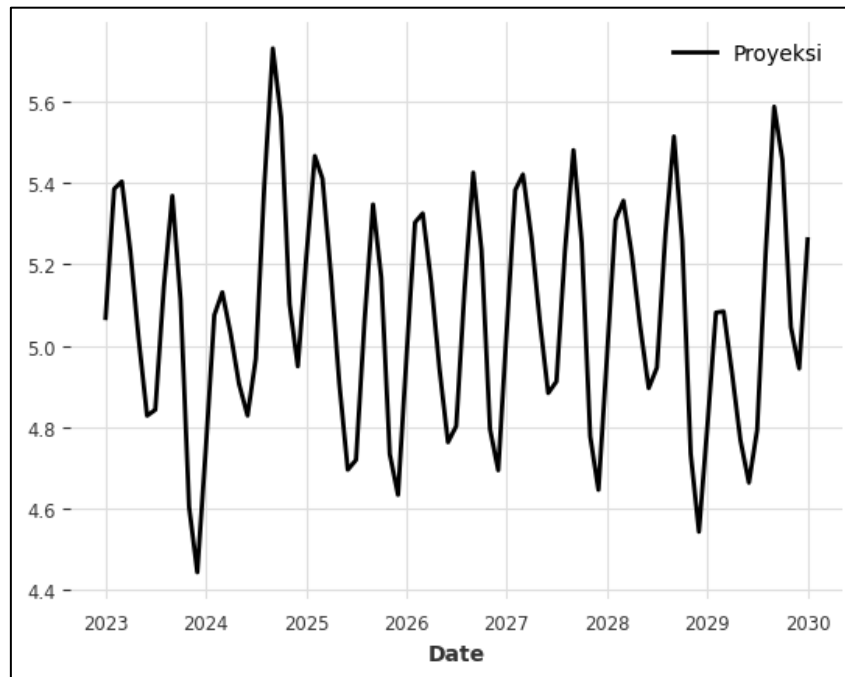
3.5. Proyeksi Intensitas Cahaya Matahari

Hasil proyeksi ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah hingga tahun 2030 ditunjukkan pada Gambar 18. Proyeksi ini dihitung berdasarkan model yang sudah diprediksi dan dibandingkan dengan data asli sepanjang 5 tahun terakhir (garis ungu), seperti ditunjukkan pada Gambar 17. Pemodelan ini didasarkan *training* menggunakan data dari tahun 1953 hingga 2015 yang ditunjukkan dengan Garis hitam. Selanjutnya hasil pemodelan ini disandingkan dengan data ICM dalam periode yang sama sebagai hasil validasi. Hasil pemodelan ini relatif sama, yang ditunjukkan dengan nilai bias sebesar 0.2. Bias ini merupakan selisih antara data pengukuran dan data prediksi.



Gambar 17. Perbandingan data Intensitas Cahaya Matahari hasil prediksi dan pengukuran.

Berdasarkan pemodelan ini kemudian dilakukan perhitungan proyeksi nilai ICM hingga tahun 2030, seperti disebutkan sebelumnya. Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata nilai ICM tersebut adalah 5.07 kWm^{-2} . Nilai ini tidak jauh berbeda dengan rata-rata ICM selama 70 tahun terakhir (1953-2022).



Gambar 18. Proyeksi Intensitas Cahaya di UIN Raden Fatah Palembang hingga tahun 2030.

Bahkan proyeksi ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah cenderung meningkat. Hal ini juga diindikasikan nilai terendah ICM adalah sekitar 4.45 kWm^{-2} yang terjadi pada tahun 2024. Hasil ini juga menunjukkan *trend* kenaikan ICM untuk 7 tahun berikutnya (hingga 2030).

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Secara klimatologi ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang sepanjang tahun berkisar 3.3 kWm^{-2} – 4.9 kWm^{-2} dengan puncak terjadi pada September. Fenomena ENSO dan IOD berkorelasi positif terhadap ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang. Data *Time-Series* menunjukkan bahwa rata-rata ICM terendah terjadi pada bulan Desember. Selisih nilai terendah dan rata-rata ICM sepanjang tahun pengamatan menunjukkan bahwa sepanjang tahun ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang relatif konstan. Hasil ini juga ditunjukkan berdasarkan anomali ICM sebesar -4.01×10^{-16} . Fluktuasi berkurangnya ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang dominan terjadi pada periode La Niña. Namun demikian fluktuasi tidak mempengaruhi secara signifikan ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang. Hasil proyeksi menunjukkan bahwa ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang berkisar 3.3 kWm^{-2} hingga tahun 2030. Ini menunjukkan bahwa ICM yang diterima di lokasi UIN Raden Fatah Palembang sangat berpotensi sebagai sumber energi (solar cell).

4.2 Saran

Sebagai saran, hendaknya penelitian ini juga menggunakan purwarupa sel surya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan *outcome* dari Penelitian Berbasis Standar Biaya Keluaran dengan Sumber Dana DIPA BLU Tahun Anggaran 2023, berdasarkan SK Rektor UIN Raden Fatah Palembang Nomor : 730 Tahun 2023, dengan ID Registrasi: 231090000066284.

DAFTAR PUSTAKA

1. Astra IM. Energi Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. J Meteorol dan Geofis. 2010;II.

2. Sugiyono A. Penggunaan Energi dan Pemanasan Global: Prospek bagi Indonesia. 2002 [cited 2021 Apr 14]; Available from: <http://rgdoi.net/10.13140/2.1.2755.2646>
3. Hasan MH, Mahlia TMI, Nur H. A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. *Renew Sustain Energy Rev.* 2012 May 1;16(4):2316–28.
4. Ridho MA, Winardi B, Nugroho A. Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43. *Transient.* 2018;7(4):884–90.
5. Kananda K. Studi Awal Potensi Energi Surya Wilayah Lampung: Studi Kasus Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) Menuju Smart Campus. *J Sci Appl Technol.* 2017;1(2):75–81.
6. Masterplan T. Master Plan Provinsi Sumatera Selatan Sebagai Lumbung Energi Nasional Tahun 2006 - 2025. 2006.
7. Emma, Nur Diyanti S, Akmalah, Irawati I. Implementasi Konsep Green Campus di Kampus Itenas Bandung Berdasarkan Kategori Tata Letak dan Infrastruktur. *Reka Racana.* 2017;3(4):139–50.
8. Puspadi NA, Wimala M, Sururi MR. Perbandingan Kendala dan Tantangan Penerapan Konsep Green Campus di Itenas dan Unpar. *Reka Racana.* 2016;2(2):23–35.
9. Nurussaniah;, Cari AS, Risa SR, Boisandi A. Studi Pengaruh Penggunaan Poly(3-Hexylthiophene) P3HT dan Grafit Terhadap Kinerja Sel Surya. *J Fis.* 2013;3(1):9–14.
10. Setyawan L. Perkembangan dan Prospek Sel Fotovoltaik Organik: Sebuah Telaah Ilmiah. *Techné J Ilm Elektrotek.* 2018;17:93–100.
11. Sutrisno H. Sel Fotovoltaik Generasi Ke-III: Pengembangan Sel Fotovoltaik Berbasis Titanium Dioksida. *Pros Semin Nas Penelit.* 2010;
12. Irkhos. Pengaruh Suhu Muka Laut Samudera Pasifik Zona Nino-3 Terhadap Curah Hujan Wilayah Sumatera. *Gradien.* 2007;3.
13. Wang X-Y, Zhu J, Chang C-H, Johnson NC, Liu H, Li Y, et al. Underestimated responses of Walker circulation to ENSO-related SST anomaly in atmospheric and coupled models. *Geosci Lett [Internet].* 2021 [cited 2021 Jun 12];8(1):17. Available from: <https://geoscienceletters.springeropen.com/articles/10.1186/s40562-021-00186-8>
14. Talley L, Pickard G, Emery W, Swift J. *Descriptive Physical Oceanography: An Introduction Sixth Edition.* USA: Elsevier Ltd; 2011.
15. Wang C. Special Topic: Advances in E Nino Research A review of ENSO theories. *Natl Sci Rev.* 2018;5(6):813–25.
16. Hameed S, Yamagata T. Possible impacts of Indian Ocean Dipole Mode events on global climate. *Clim Res - Clim RES.* 2003;25:151–69.
17. Hameed S, Goswami BN, Vinayachandran P, Yamagata T. A dipole mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature.* 1999;401:360–3.
18. Zheng X-T, Xie S-P, Vecchi G, Liu Q, Hafner J. Indian Ocean Dipole Response to Global Warming: Analysis of Ocean-Atmospheric Feedbacks in a Coupled Model. *J Clim - J Clim.* 2010;23.
19. Iskandar I, Reza M. Mengenal Indian Ocean Dipole (IOD) dan dampaknya pada perubahan iklim. *Oseana.* 2014;XXXIX(2):13–21.
20. Verdon-Kidd D. On the classification of different flavours of Indian Ocean Dipole events. *Int J Climatol.* 2018;
21. Suhadi, Supari, Iskandar I, Irfan M, Akhsan H. Drought Assessment in Aceh and North Sumatra Using Effective Drought Index. *Sci Technol Indones [Internet].* 2023;8(2). Available from: <https://sciencetechindonesia.com/index.php/jsti/article/view/666>
22. Supari S, Muharsyah R, Wahyuni N. Impact of the 2015 Godzilla El Niño event on the Indonesian rainfall. *Sci J PPI - UKM [Internet].* 2016;3(1). Available from: <http://www.kemalapublisher.com/index.php/ppi-ukm/article/view/160>
23. Nurdianti S, Sopaheluwakan A, Septiawan P. Spatial and Temporal Analysis of El Niño Impact on Land and Forest Fire in Kalimantan and Sumatra. *Agromet.* 2021;35:1–10.