

Analisis Pengaruh Temperatur Modul Fotovoltaik Terhadap Efisiensi Inverter pada Sistem PLTS On-Grid 1 MWp Tanjung Uma, Kota Batam

Tagonma Artikasari Manihuruk^{1*}, Didi Istardi²

¹ Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam

² Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam

*Corresponding author: tagonmamnrk@gmail.com, istardi@polibatam.ac.id

Article history

Received:

dd-mm-yyyy

Accepted:

dd-mm-yyyy

Published:

dd-mm-yyyy

Copyright © 20xx
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Temperatur modul fotovoltaik merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), khususnya terhadap efisiensi inverter dalam mengonversi energi listrik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh temperatur modul fotovoltaik terhadap efisiensi inverter pada sistem PLTS On-Grid 1 MWp Tanjung Uma, Kota Batam. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pengukuran temperatur modul menggunakan kamera inframerah FLIR TG165-X, sedangkan data tegangan dan arus sisi DC maupun AC diperoleh melalui sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Analisis data dilakukan menggunakan korelasi Pearson, regresi linear sederhana, dan koefisien determinasi (R^2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur modul berada pada rentang 33,2–47,6 °C dengan rata-rata efisiensi inverter sebesar 97,61%. Nilai koefisien korelasi Pearson sebesar -0,7108 menunjukkan hubungan negatif yang kuat antara temperatur modul fotovoltaik dan efisiensi inverter, sedangkan nilai koefisien determinasi sebesar 50,52% menunjukkan bahwa temperatur modul memberikan kontribusi yang signifikan terhadap variasi efisiensi inverter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur modul fotovoltaik cenderung menurunkan efisiensi inverter sehingga pemantauan temperatur modul diperlukan untuk menjaga kinerja sistem PLTS tetap optimal.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya, temperatur modul fotovoltaik, efisiensi inverter.

Abstract

Photovoltaic (PV) module temperature is one of the factors affecting the performance of photovoltaic power plants, particularly inverter efficiency in converting direct current (DC) into alternating current (AC). This study aims to analyze the effect of PV module temperature on inverter efficiency in the 1 MWp Tanjung Uma On-Grid Photovoltaic Power Plant, Batam City. A quantitative descriptive method was employed by measuring PV module temperature using a FLIR TG165-X infrared camera, while voltage and current data on the DC and AC sides were obtained through the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system. The data were analyzed using Pearson correlation, simple linear regression, and the coefficient of determination (R^2). The results showed that the PV module temperature ranged from 33.2 °C to 47.6 °C, with an average inverter efficiency of 97.61%. The Pearson correlation coefficient of -0.7108 indicated a strong negative relationship between PV module temperature and inverter efficiency, while the coefficient of determination (R^2) of 50.52% indicated that PV module temperature significantly contributed to variations in inverter efficiency. These findings indicate that increasing PV module temperature tends to reduce inverter efficiency, highlighting the importance of temperature monitoring to optimize photovoltaic system performance.

Keywords: Photovoltaic power plant, photovoltaic module temperature, inverter efficiency.

1.0 PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang bersih dan berkelanjutan. Pemanfaatan energi surya semakin meningkat karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta mendukung upaya penurunan emisi karbon [1]. Pada sistem PLTS *On-Grid*, modul fotovoltaik mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik arus searah (*direct current/DC*), kemudian inverter mengonversinya menjadi energi listrik arus bolak-balik (*alternating current/AC*) agar dapat disalurkan ke jaringan listrik [2]. Kinerja inverter dipengaruhi oleh kualitas daya yang dihasilkan modul fotovoltaik, sedangkan keluaran modul dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti intensitas radiasi matahari, temperatur lingkungan, dan temperatur modul fotovoltaik [3]. Di antara faktor tersebut, temperatur modul memiliki pengaruh yang signifikan karena kenaikan temperatur dapat menurunkan tegangan keluaran modul sehingga memengaruhi daya listrik yang dihasilkan dan berdampak pada efisiensi inverter [4].

Beberapa penelitian telah mengkaji pengaruh temperatur terhadap performa sistem PLTS. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa peningkatan temperatur modul fotovoltaik menyebabkan penurunan tegangan keluaran serta efisiensi modul akibat perubahan karakteristik semikonduktor pada sel surya [5]. Penelitian lainnya melaporkan bahwa temperatur modul dan intensitas radiasi matahari merupakan parameter utama yang memengaruhi daya keluaran sistem PLTS [6]. Selain itu, penelitian mengenai performa inverter menunjukkan bahwa efisiensi inverter dipengaruhi oleh kondisi daya masukan dari modul fotovoltaik sehingga perubahan karakteristik listrik pada modul dapat memengaruhi proses konversi energi listrik [7]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada karakteristik modul fotovoltaik atau dilakukan pada sistem PLTS skala laboratorium maupun kapasitas kecil. Penelitian yang menganalisis secara khusus pengaruh temperatur modul fotovoltaik terhadap efisiensi inverter pada PLTS skala utilitas menggunakan data operasi aktual masih relatif terbatas, khususnya pada sistem PLTS yang beroperasi di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia [8].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh temperatur modul fotovoltaik terhadap efisiensi inverter pada sistem PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma, Kota Batam. Analisis dilakukan menggunakan data temperatur modul hasil pengukuran *thermogun* serta data tegangan dan arus sisi DC maupun AC yang diperoleh melalui sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) [9], [10]. Hubungan dan pengaruh kedua variabel dianalisis menggunakan metode korelasi Pearson, regresi linear sederhana, dan koefisien determinasi (R^2) [11], [12]. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi kinerja inverter serta mendukung upaya optimalisasi pengoperasian sistem PLTS *On-Grid* secara lebih efektif dan andal.

2.0 METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk menganalisis pengaruh temperatur modul fotovoltaik terhadap efisiensi inverter pada sistem PLTS

On-Grid 1 MWp Tanjung Uma, Kota Batam. Pengambilan data dilakukan pada Februari 2026 dengan objek penelitian berupa inverter 9 yang terdiri atas 16 *string*.

2.1. Lokasi Penelitian

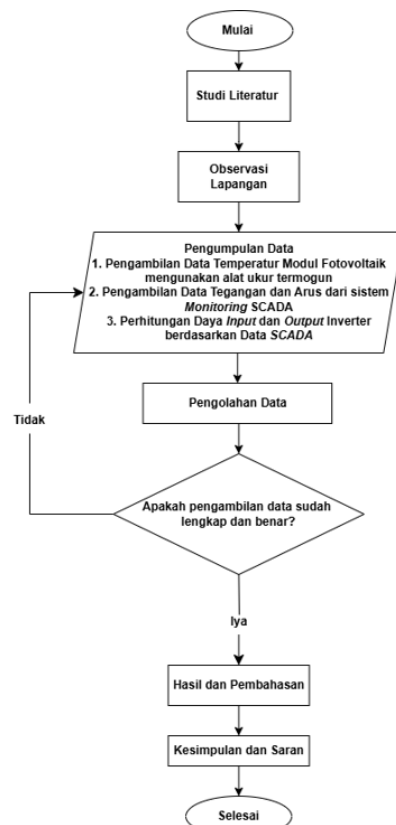
Penelitian ini dilaksanakan di PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma yang berlokasi di Jalan Haji Ungar, Tanjung Uma, Kecamatan Lubuk Baja, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Lokasi PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma

2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan pengumpulan data temperatur permukaan modul fotovoltaik menggunakan *thermogun* FLIR TG165-X serta data tegangan dan arus sisi *Direct Current* (DC) dan *Alternating Current* (AC) yang diperoleh melalui sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

2.3. Objek dan Perangkat Penelitian

Objek penelitian meliputi modul fotovoltaik *monocrystalline* dan inverter Sungrow SG110CX yang digunakan pada sistem PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma. Perangkat penelitian yang digunakan terdiri atas *thermogan* FLIR TG165-X untuk mengukur temperatur modul fotovoltaik dan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) untuk memperoleh data operasional inverter.



Gambar 3: Modul Fotovoltaik *Monocrystalline*

Modul fotovoltaik *monocrystalline* merupakan objek penelitian yang berfungsi mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik arus searah (*Direct Current/DC*).



Gambar 4. Inverter Sungrow SG110CX

Inverter Sungrow SG110CX merupakan objek penelitian yang berfungsi mengonversi energi listrik arus searah (*Direct Current/DC*) menjadi energi listrik arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*).



Gambar 5: *Thermogan* FLIR TG165-X

Thermogan FLIR TG165-X digunakan sebagai perangkat penelitian untuk mengukur temperatur permukaan modul fotovoltaik selama proses pengambilan data.



Gambar 6: Sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA)

Sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) digunakan untuk memperoleh data operasional inverter, meliputi tegangan, arus, dan daya selama penelitian.

2.4. Pengolahan Data

Data temperatur modul fotovoltaik, tegangan, dan arus yang diperoleh dari *thermogan* FLIR TG165-X dan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) diolah untuk menghitung daya input, daya output, dan efisiensi inverter. Selanjutnya dilakukan analisis korelasi Pearson, koefisien determinasi (R^2), dan regresi linear sederhana untuk mengetahui hubungan dan pengaruh temperatur modul fotovoltaik terhadap efisiensi inverter.

Daya masukan inverter dihitung menggunakan Persamaan (1) [9].

$$P_{DC} = V_{DC} \times I_{DC} \quad (1)$$

Daya keluaran inverter dihitung menggunakan Persamaan (2) [9].

$$P_{AC} = \sqrt{3} \times V_{AC} \times I_{AC} \times PF \quad (2)$$

Efisiensi inverter dihitung menggunakan Persamaan (3) [10].

$$\eta = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} \times 100\% \quad (3)$$

Koefisien korelasi Pearson dihitung menggunakan Persamaan (4) [11].

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{([n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2])}} \quad (4)$$

Koefisien determinasi dihitung menggunakan Persamaan (5) [11].

$$R^2 = r^2 \times 100\% \quad (5)$$

Model regresi linear sederhana dinyatakan pada Persamaan (6) [12].

$$Y = a + bX \quad (6)$$

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

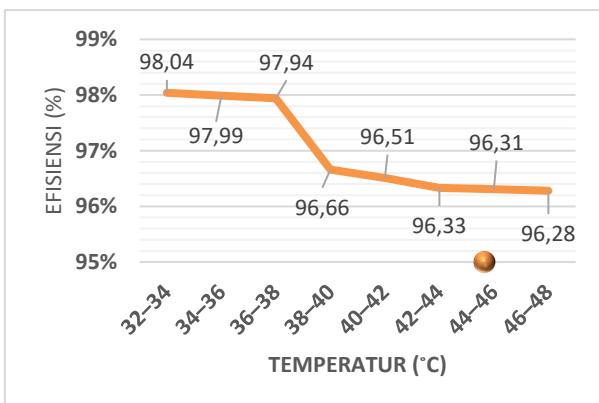
Bagian ini menyajikan hasil pengukuran temperatur modul fotovoltaik, perhitungan efisiensi inverter, serta hasil analisis hubungan antara temperatur modul fotovoltaik terhadap efisiensi inverter pada sistem PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma, Kota Batam. Pembahasan dilakukan berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson, koefisien determinasi (R^2), dan regresi linear sederhana.

3.1. Data Temperatur Modul Fotovoltaik dan Efisiensi Inverter

Data temperatur modul fotovoltaik diperoleh melalui pengukuran menggunakan kamera termal FLIR TG165-X, sedangkan efisiensi inverter dihitung berdasarkan perbandingan daya keluaran AC terhadap daya masukan DC yang diperoleh dari sistem SCADA. Nilai efisiensi tersebut diperoleh berdasarkan perbandingan daya *output* dan daya *input* inverter menggunakan persamaan (3). Hasil pengelompokan rentang temperatur modul beserta nilai efisiensi inverter rata-rata disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Data Temperatur Modul Fotovoltaik dan Efisiensi Inverter

Rentang Temperatur (°C)	Efisiensi Inverter (%)
32 – 34	98.04
34 – 36	97.99
36 – 38	97.94
38 – 40	96.66
40 – 42	96.51
42 – 44	96.33
44 – 46	96.31
46 – 48	96.28



Gambar 7: Grafik Hubungan Temperatur Modul Fotovoltaik dengan Efisiensi Inverter

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 7, efisiensi inverter menunjukkan kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya temperatur modul fotovoltaik. Pada rentang temperatur 32–34°C, efisiensi inverter mencapai nilai tertinggi sebesar 98,04%, kemudian menurun secara bertahap menjadi 97,99% pada rentang 34–36°C dan 97,94% pada rentang 36–38°C. Penurunan yang lebih nyata terjadi pada rentang 38–40°C, dengan efisiensi sebesar 96,66%, kemudian terus menurun hingga mencapai 96,28% pada rentang temperatur 46–48°C. Penurunan efisiensi inverter seiring meningkatnya temperatur modul fotovoltaik terjadi karena kenaikan temperatur menyebabkan tegangan keluaran modul fotovoltaik menurun. Penurunan tegangan pada sisi DC tersebut memengaruhi proses konversi daya oleh inverter sehingga efisiensi inverter ikut menurun.

3.2. Analisis Korelasi Pearson, Koefisien Determinasi (R^2), dan Regresi Linear Sederhana

Analisis korelasi Pearson, regresi linear sederhana, dan koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk menganalisis hubungan temperatur modul fotovoltaik terhadap efisiensi inverter. Korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui arah dan tingkat hubungan kedua variabel, regresi linear sederhana untuk mengetahui hubungan matematis, dan R^2 untuk mengetahui besarnya kontribusi temperatur terhadap variasi efisiensi inverter.

Tabel 2: Perhitungan Korelasi Pearson

Perhitungan Korelasi Pearson	
n	60
$\sum X$ (°C)	2.261,80
$\sum Y$ (%)	5.854,86
$\sum X^2$	86.506,62
$\sum Y^2$	571.366,04
$\sum XY$	220.544,38

3.2.1 Hasil Koefisien Korelasi Pearson

Tabel 3: Hasil Koefisien Korelasi Pearson

Parameter	Nilai
Koefisien Korelasi (r)	-0,7108
Interpretasi	Hubungan negatif kuat

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh nilai koefisien korelasi Pearson (r) sebesar -0,7108 yang dihitung menggunakan Persamaan (4). Nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan negatif kuat antara temperatur modul fotovoltaik dan efisiensi inverter. Semakin tinggi temperatur modul, efisiensi inverter cenderung menurun.

3.2.2 Hasil Koefisien Determinasi

Tabel 4: Hasil Koefisien Determinasi

Parameter	Nilai
Koefisien Determinasi (R^2)	50,52%

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 50,52% yang dihitung menggunakan Persamaan (5). Nilai tersebut menunjukkan bahwa temperatur modul fotovoltaik mampu menjelaskan variasi efisiensi inverter sebesar 50,52%, sedangkan 49,48% sisanya dijelaskan oleh variabel lain di luar model penelitian. Hasil ini menunjukkan bahwa temperatur modul fotovoltaik memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap perubahan efisiensi inverter.

3.2.3 Hasil Regresi Linear Sederhana

Tabel 5: Hasil Regresi Linear Sederhana

Parameter	Nilai
Konstanta (a)	102,56
Koefisien Regresi (b)	-0,132
Persamaan Regresi	$Y = 102,56 - 0,132X$

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh persamaan regresi linear sederhana sebesar $Y = 102,56 - 0,132X$ yang dihitung menggunakan Persamaan (6). Nilai koefisien regresi sebesar -0,132 menunjukkan bahwa setiap kenaikan temperatur modul fotovoltaik sebesar 1°C

menyebabkan efisiensi inverter menurun sebesar 0,132%. Sementara itu, nilai konstanta sebesar 102,56 menunjukkan nilai efisiensi inverter ketika temperatur modul diasumsikan bernilai nol. Koefisien regresi yang bernilai negatif mengindikasikan bahwa temperatur modul fotovoltaik berpengaruh negatif terhadap efisiensi inverter, sehingga peningkatan temperatur modul diikuti oleh penurunan efisiensi inverter.

4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, temperatur modul fotovoltaik memiliki hubungan negatif yang kuat terhadap efisiensi inverter pada sistem PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma, Kota Batam dengan nilai koefisien korelasi Pearson sebesar -0,7108. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 50,52% menunjukkan bahwa temperatur modul fotovoltaik mampu menjelaskan variasi efisiensi inverter sebesar 50,52%, sedangkan 49,48% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar model penelitian. Hasil analisis regresi linear sederhana menghasilkan persamaan $Y = 102,56 - 0,132X$, yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan temperatur modul fotovoltaik sebesar 1°C menyebabkan efisiensi inverter menurun sebesar 0,132%. Dengan demikian, peningkatan temperatur modul fotovoltaik berpengaruh terhadap penurunan efisiensi inverter pada sistem PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma, Kota Batam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan penyertaan-Nya sehingga penelitian dan penyusunan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Didi Istardi, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada PT Pelayanan Energi Batam, khususnya Departemen *Operation and Maintenance*, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian, menyediakan data yang diperlukan, serta memberikan dukungan selama proses pengambilan data di PLTS *On-Grid* 1 MWp Tanjung Uma. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Dewangga, I. A. D. Giriantari, and ..., "Studi Teknis Plts Rooftop 3Kwp Frameless With on-Grid System Di Lingkungan Kori Nuansa Jimbaran," *J. SPEKTRUM* ..., vol. 8, no. 4, pp. 84–93, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/82856/42967>
- [2] C. Analysis, O. F. Inverter, E. In, and X. Y. Z. O. Plts, "Analisis perbandingan efisiensi inverter pada plts On-grid xyz," 2018.
- [3] V. Hudis, "Impact of Temperature on the Efficiency of Monocrystalline and Polycrystalline Photovoltaic Panels : A Comprehensive Experimental Analysis for

- Sustainable Energy Solutions," 2024.
- [4] P. On-grid, "Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada," vol. 11, no. 2, pp. 60–65, 2019.
- [5] S. S. Mohammad Hafidz;, "Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw on Grid Di Yogyakarta," *Jur. Tek. Elektro, Sekol. Tinggi Tek. PLN*, vol. 7, no. JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, JANUARI-MEI 2015, p. 49, 2015.
- [6] D. Almada, M. Akhsin, and Z. Muttaqin, "Analisa dan Perbandingan PLTS on Grid yang Terpasang di Atap Gedung Utama PT Subur Semesta dengan PLTS On Grid yang Bergerak Mengikuti Arah Matahari," vol. 3, no. 2, pp. 57–60.
- [7] A. Sofijan, M. Khor, W. Adipradana, and B. O. Siregar, "Evaluation the Effect of Radiation and Temperature on the Efficiency of Various Types of PV Panels Monocrystalline , Polycrystalline , and Thin Film," vol. 1, no. 1, pp. 38–53, 2025.
- [8] N. Aoun, "Methodology for predicting the PV module temperature based on actual and estimated weather data," *Energy Convers. Manag. X*, vol. 14, no. December 2021, 2022, doi: 10.1016/j.ecmx.2022.100182.
- [9] C. Ventura, G. M. Tina, M. M. De Benedetti, D. Dugo, and N. Abouchabana, "Experimental Tests and Simulations About The Efficiency of Commercial Hybrid Inverters Operating at Variable Power Factor," *Smart Grids Sustain. Energy*, vol. 9, no. 2, pp. 1–13, 2024, doi: 10.1007/s40866-024-00217-1.
- [10] W. A. Nurtiyanto, P. Rosyani, L. Solihin, and W. Prayogo, "Analisis Efisiensi Inverter pada Grid-Connected 50 KWp Unpam Viktor," vol. 3, no. 4, pp. 348–355, 2022, doi: 10.47065/josyc.v3i4.2134.
- [11] B. C. Ngongoloy, M. A. I. Pakereng, T. Informatika, U. Kristen, and S. Wacana, "Penerapan Metode Linear Regression dan Correlation *Pearson* Dalam Menganalisis Pengaruh Kualitas Pembelajaran Online Terhadap Prestasi Akademik," pp. 844–857.
- [12] M. A. Yusuf, H. Trisnawati, A. Abraham, and H. Rukmana, "Analisis Regresi Linier Sederhana dan Berganda Beserta Penerapannya," vol. 06, no. 02, pp. 13331–13344, 2024.