



Prakiraan Perubahan Suhu Permukaan Laut dengan Neuralprophet di Taman Laut Bunaken

Prediction of Sea Surface Temperature Change Using Neural Prophet in Bunaken Marine Park

Khairummin Alfi Syahrin^{a*}, Tiara Emanuella Disera^a, Angelina Serena Gracella Nesty Youwe^a, Juang Merdeka^a, Agung Hari Saputra^a, Yosik Norman^a, Imma Redha Nugraheni^a

^a Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Indonesia

Article Info:

Received: 26 – 07 - 2024

in revised form: 02 – 08 - 2024

Accepted: 11 – 11 - 2024

Available Online: 12 – 11 - 2024

Keywords:

Neuralprophet, model, SST, hyperparameter

Corresponding Author:

*Email:

khairummin19alfisyahrin@gmail.com

DOI:

<https://doi.org/10.30598/jlpvol3iss2pp42-50>

Abstrak: Penelitian ini mengkaji prediksi suhu permukaan laut (SPL) di Taman Laut Bunaken yang diproyeksikan meningkat secara signifikan, dengan dampak yang berpotensi besar bagi sektor pariwisata dan ekonomi. Metode yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan model Neuralprophet, yang merupakan pengembangan dari Facebook Prophet dan menunjukkan peningkatan kinerja prediksi. Tujuan penelitian ini adalah memprediksi SPL hingga tahun 2032, serta mengidentifikasi konfigurasi hyperparameter Neuralprophet yang memberikan performa optimal. Model Neuralprophet dilatih menggunakan 80% data, menghasilkan nilai MAE training sebesar 0.204115, RMSE training sebesar 0.258052, dan Loss training sebesar 0.004066. Pada tahap pengujian dengan 20% sisa data, model menghasilkan MAE validasi sebesar 0.216127, RMSE validasi sebesar 0.27317, dan Loss validasi sebesar 0.003463. Hasil prediksi menunjukkan adanya peningkatan rata-rata SPL sebesar 0.003815°C per bulan selama 120 bulan, dengan estimasi total peningkatan SPL sebesar 0.4578°C pada tahun 2032.

Abstract: *This study examines the prediction of sea surface temperature (SST) in Bunaken Marine Park, which is projected to increase significantly, potentially impacting the tourism and economic sectors. The method used is descriptive quantitative analysis with the Neuralprophet model, an advancement of Facebook Prophet that demonstrates enhanced predictive performance. The purpose of this research is to forecast SST up to the year 2032 and to identify the optimal hyperparameter configuration for Neuralprophet. The Neuralprophet model was trained using 80% of the data, yielding a training MAE of 0.204115, a training RMSE of 0.258052, and a training Loss of 0.004066. In the testing phase, with the remaining 20% of the data, the model achieved a validation MAE of 0.216127, a validation RMSE of 0.27317, and a validation Loss of 0.003463. The prediction results indicate an average SST increase of 0.003815°C per month over 120 months, with an estimated total SST rise of 0.4578°C by the year 2032.*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

PENDAHULUAN

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan variabel iklim esensial yang penting untuk pemantauan dan analisis kondisi permukaan laut (Mulyani, 2021; Putri & Miftahuddin, 2022). SPL dapat mengalami fluktuasi harian, musiman, dan tahunan yang dipengaruhi oleh kondisi alam (Hamuna et al., 2015). Penelitian ini berfokus pada Taman Laut Bunaken, destinasi wisata utama di

Sulawesi Utara yang kaya akan keanekaragaman hayati, termasuk 390 spesies terumbu karang serta berbagai biota laut seperti ikan, moluska, reptil, dan lainnya (Sela et al., 2022). Perubahan SPL dapat memengaruhi berbagai sektor kelautan, baik dalam bidang pariwisata maupun ekonomi, sehingga studi tentang tren SPL sangat penting dilakukan (Malihah, 2022).

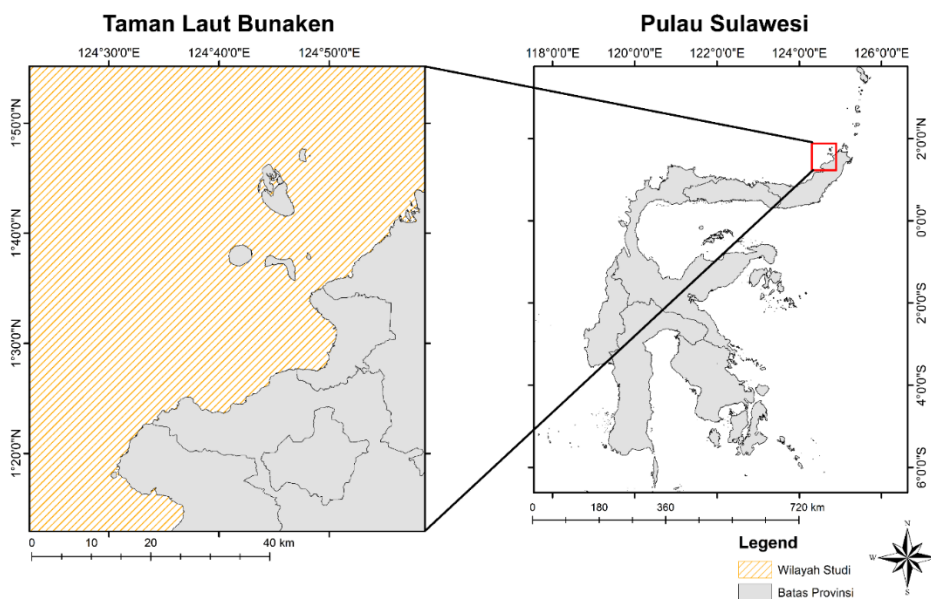
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan model *Neuralprophet* untuk memprediksi SPL di Taman Laut Bunaken. *Neuralprophet* merupakan pengembangan dari model Prophet yang dikembangkan oleh Facebook, yang menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan (Albeladi et al., 2023). Keunggulan utamanya terletak pada kemampuan Autoregressive Neural Network (AR-Net), yang meningkatkan performa dibandingkan model Prophet asli (Sihombing et al., 2022). Dengan menggabungkan lebih banyak parameter, *Neuralprophet* memberikan prediksi yang lebih akurat, terutama untuk jangka waktu prediksi yang lebih panjang (Hamdani & Saputra, 2023).

Model *Neuralprophet* dipilih karena kemudahan penggunaannya, yang menyederhanakan proses prediksi, bahkan bagi pengguna yang bukan ahli, dengan menyediakan pengaturan default yang andal dan mengotomatiskan banyak keputusan pemodelan. Penyesuaian hyperparameter dilakukan untuk mencapai nilai *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan Loss yang rendah pada data latih dan validasi (Hamdani & Saputra, 2023). Selain memberikan prediksi SPL, penelitian ini diharapkan dapat mendukung upaya pelestarian sumber daya laut, mengingat perubahan SPL dapat berdampak signifikan pada lingkungan laut. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi prakirawan selanjutnya dalam menyediakan prediksi SPL.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Provinsi Sulawesi Utara, tepatnya di zona Taman Nasional Bunaken yang terletak pada koordinat geografis 01°14'00" - 02°00'00" Lintang Selatan dan 124°25'00" - 125°00'00" Bujur Timur. Wilayah studi meliputi zona perairan Taman Nasional Bunaken dengan luas wilayah sekitar ±73.983,29 hektar (Balai Taman Nasional Bunaken) (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari situs Climate Data Store dengan mengakses dataset *ERA5 monthly averaged data on single levels from 1940 to present*. Data yang diunduh berupa *Sea Surface Temperature (SST)* dalam format *monthly averaged reanalysis* dengan rentang waktu dari tahun 1940 hingga 2022 (Ayman et al., 2023). Data berformat .nc ini kemudian diubah menjadi format Excel menggunakan aplikasi ArcGIS untuk keperluan pengolahan dan penggabungan data ke dalam satu dataset berformat Excel. Situs Climate Data Store dapat diakses melalui tautan berikut: <https://cds.climate.copernicus.eu/>.

Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, di mana data dianalisis secara statistik untuk penarikan kesimpulan (Sholikhah, 2016; Riyanto & Hatmawan, 2020; Qomusuddin & Romlah, 2021). Analisis dalam penelitian ini menggunakan pemodelan Neuralprophet, yaitu kerangka kerja peramalan yang mengintegrasikan PyTorch dan konsep *deep learning* (Hamdani & Saputra, 2023).

Dataset yang telah diunduh diolah dengan aplikasi Excel. Data raster yang terdiri dari beberapa titik pemantauan pada wilayah tersebut, digabung menjadi satu data titik dengan cara dicari nilai rata – rata data. Lalu data yang telah dirata – ratakan disusun menjadi satu sheet dengan row (ds, y), dimana ds adalah indeks waktu yaitu bulanan dan y adalah nilai dari SST dalam satuan derajat Celsius. Nilai SST yang sebelumnya bersatuan K (Kelvin), terlebih dahulu dikonversi ke derajat Celcius (°C) dengan cara mengurangi data dengan nilai konstanta sebesar 273,15. Pengolahan data ini dimaksudkan agar model neuralprophet dapat membaca dataset yang telah diambil (Wijaya & Suryadibrata 2022; Togatorop et al., 2023).

Tabel 1.. Contoh Dataset

Ds	y
1940-01-01	28.085253
1940-02-01	27.998163
1940-03-01	28.179879

Tuning Hyperparameter

Tuning hyperparameter dimaksudkan agar model neuralprophet dapat memberikan hasil terbaik dibuktikan dengan nilai eror yaitu MAE, RMSE, dan Loss. Pada penelitian ini hyperparameter yang dituning terhadap model adalah Autoregression, Trend Flexibility, Seasonality, Epochs, dan Learning Rate. Pemilihan hyperparameter ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang menganalisis data timeseries sejenis dengan menggunakan neuralprophet (Wang et al., 2022; Hamdani & Saputra 2023; Hindarto et al., 2023).

Tabel 2. Hyperparameter dan konfigurasi uji

Hyperparameter	Konfigurasi Uji
Autoregression	10, 15, 20
Trend Flexibility	10, 15, 20
Seasonality	True, False
Epochs	100, 250, 500
Learning Rate	0.1, 0.001, 0.001
Change Points	10, 20, 40

Pengujian Model

Pengujian model diawali dengan membagi data menjadi dua bagian, yaitu data training dengan proporsi 80%, dan data testing sebesar 20%. Pembagian data dimaksudkan untuk membandingkan hasil prediksi training model yang telah dituning dengan data testing. Setelah itu dilakukan uji akurasi MAE, RMSE, dan Loss untuk melihat keakuratan prediksi dan data testing. Jika hasil uji dirasa kurang baik maka dilakukan proses tuning hyperparameter model kembali (Togatorop et al. 2023). MAE dapat dihitung menggunakan rumus:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |ft - yt|$$

dengan

ft: nilai hasil perkiraan ke-t ($t = 1, \dots, n$),

yt: nilai sebenarnya ke-t ($t = 1, \dots, n$),

n: banyaknya data yang diuji.

Komponen $|ft - yt|$ menunjukkan nilai kesalahan atau perbedaan nilai sebenarnya (aktual) dengan nilai perkiraan (prediksi). Semakin kecil nilai MAE (Mean Absolute Error), maka semakin baik model tersebut dalam melakukan perkiraan (Suryanto and Muqtadir 2019). RMSE dapat dihitung dengan rumus:

$$RMSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y't - Yt)^2}{n}$$

dengan

Y't: nilai data sebenarnya ke-t ($t = 1, \dots, n$),

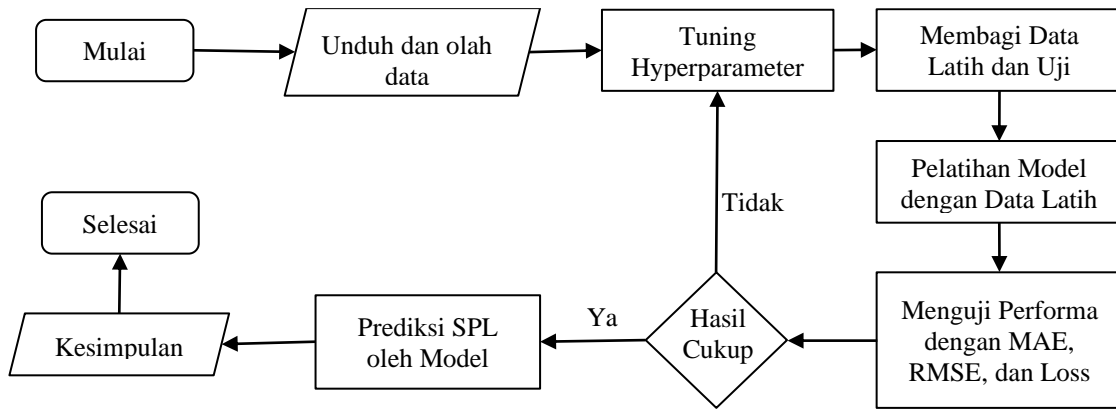
Yt: nilai sebenarnya ke-t ($t = 1, \dots, n$),

n: banyaknya data yang diuji.

Nilai RMSE (Root Mean Square Error) dianggap baik ketika hasil prediksi mendekati nilai yang sebenarnya, dengan nilai RMSE yang semakin rendah menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih kecil (Normah et al. 2022). Loss, atau kerugian, adalah metrik yang digunakan dalam konteks machine learning untuk mengukur sejauh mana model mampu memprediksi nilai output dengan akurat dibandingkan dengan nilai seharusnya. Semakin rendah nilai loss, semakin baik kemampuan model dalam menghasilkan prediksi yang akurat (Afrianto 2022).

Prediksi Model

Model neuralprophet yang telah melalui proses tuning dan pengujian akurasi, akan digunakan untuk melakukan prakiraan SST selama 120 bulan atau 10 tahun kedepan. Data yang digunakan untuk melakukan prediksi, adalah data yang sama saat melakukan proses pelatihan dan pengujian. Hasil yang didapatkan dari prediksi berupa grafik timeseries prediksi, grafik trend, serta grafik yearly seasonality. Untuk mendapatkan visualisasi lebih jelas mengenai langkah pengerjaan, alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

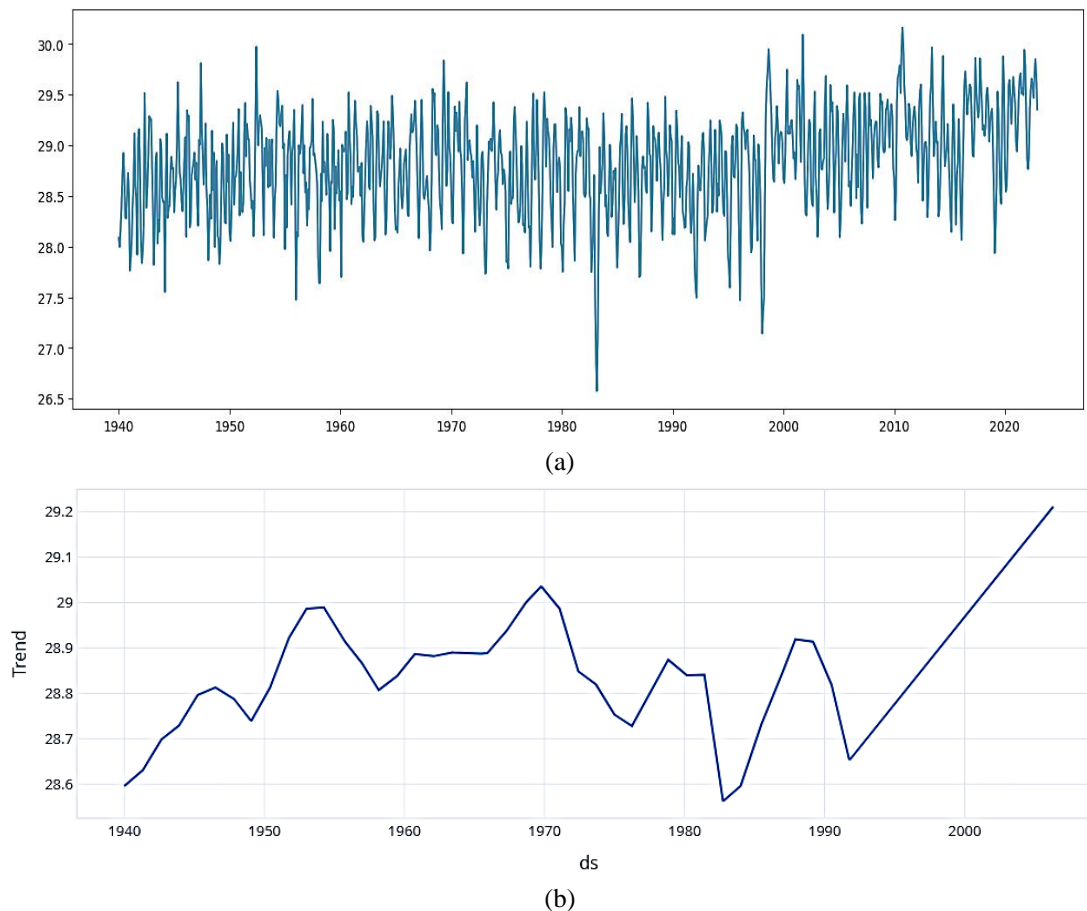


Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Timeseries dan Trend Data

Dataset SST dalam satuan derajat celcius, digabung menjadi satu deret waktu menggunakan aplikasi Excel lalu diplot dalam bentuk grafik, lihat Gambar 3 (a). Terlihat perubahan SST dari tahun 1940 – 2021 mengalami fluktuasi dan memiliki pola tahunan. Gambar 4, adalah grafik trend SST dari tahun 1940 – 2022, terjadi penurunan SST pada rentang tahun 1940 – 1970, lalu terjadi fluktuasi dimana puncak data terjadi pada tahun 1970, lalu terjadi penurunan hingga tahun 1990, namun garis trend pada rentang tahun 1990 – 2022 mengalami peningkatan secara signifikan.



Gambar 3. Timeseries SPL 1940 – 2022 (a), Trend SPL 1940 – 2022 (b)

Tuning Hyperparameter

Proses tuning hyperparameter dari model neuralprophet dilakukan dengan metode pengulangan atau try and error, dimana percobaan dilakukan pada berbagai konfigurasi parameter yang telah direncanakan sebelumnya (Tabel 2.) (Hindarto et al., 2023). Dari percobaan yang dilakukan, didapatkan konfigurasi hyperparameter yang menghasilkan nilai MAE, RMSE, dan Loss (lihat Tabel 3.).

Tabel 3. Hyperparameter Model

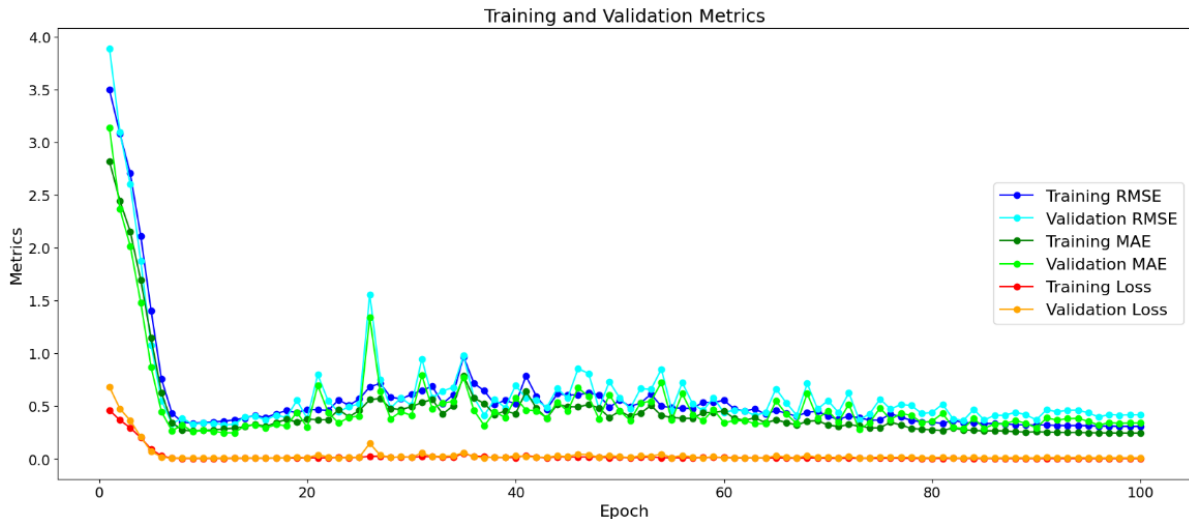
Hyperparameter	Konfigurasi Uji
Autoregression	10
Trend Flexibility	10
Yearly Seasonality	True
Monthly Seasonality	True
Daily Seasonality	True
Learning Rate	0.1
Change Points	40

Training dan Testing Data

Dataset yang telah digabungkan dalam format Excel, dengan konfigurasi ds dan y selanjutnya akan dibagi menjadi data training dan data testing. Masing – masing komposisinya 0,8 dan 0,2. Selanjutnya model akan memprediksi data training, dengan rentang waktu yang sama dengan rentang waktu data testing yaitu 0.2 dari data total. Hasil dari prediksi data training tersebut, akan dilakukan pengujian akurasi MAE, RMSE dan Loss (lihat Tabel 4.). Perbandingan antara MAE training vs MAE validasi dan RMSE training vs RMSE validasi, serta Loss, dapat dilihat pada Gambar 4 di mana nilai MAE validasi, RMSE validasi, dan Loss Validasi mendekati dengan nilai MAE, RMSE, dan Loss training. Hal ini menunjukkan tingkat akurasi yang baik dari sebuah prediksi terhadap data sebenarnya (Wibowo 2022).

Tabel 4. Hasil Pengujian MAE, RMSE, Loss

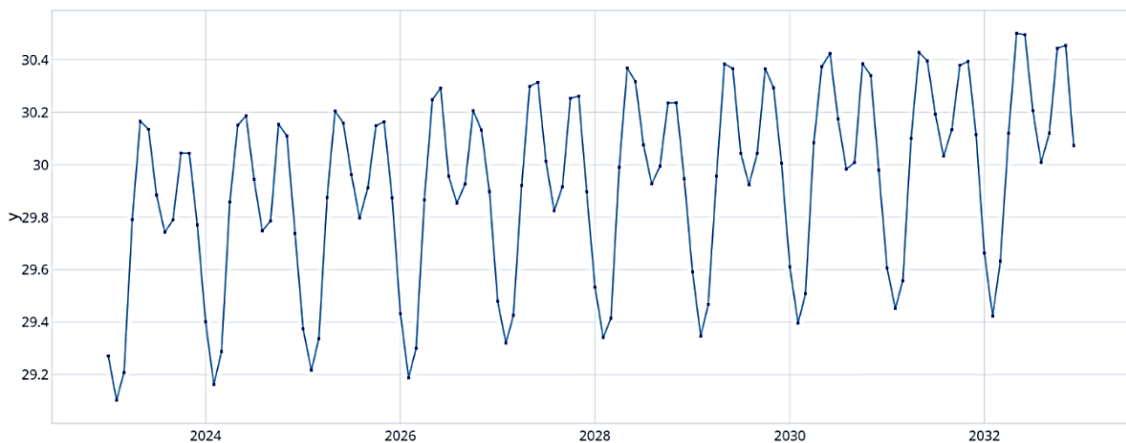
Parameter Akurasi	Nilai
MAE_val	0.204115
RMSE_val	0.258052
Loss_val	0.004066
MAE	0.216127
RMSE	0.27317
Loss	0.003463

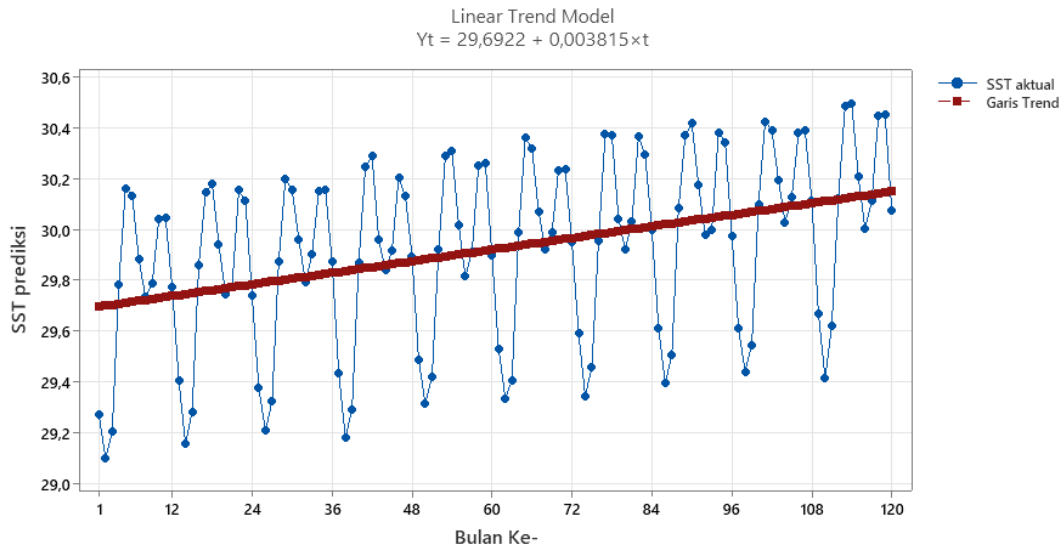


Gambar 4. (MAE, RMSE, Loss) Training dan Testing

Prediksi Suhu Permukaan Laut (2023 – 2032)

Model *NeuralProphet* yang telah melalui proses pelatihan (training) dan pengujian (testing) akan digunakan untuk melakukan prediksi dengan periode 120 bulan atau 10 tahun. Data prediksi disajikan dalam bentuk grafik timeseries yang dapat dilihat pada Gambar 5 (a). Gambar 5 (b) menunjukkan pola tahunan dimana dapat diamati bahwa terjadi peningkatan suhu permukaan laut pada bulan Maret – Mei dan September – November, serta penurunan terjadi pada rentang bulan April – Agustus dan pada Juli – September. Gambar 5 (c) menjelaskan terjadinya trend peningkatan SST sebesar $0,003815^{\circ}\text{C}$ perbulan, dengan estimasi peningkatan suhu permukaan laut pada 2032 mencapai 0.4578°C .





Gambar 5. Grafik Prediksi SST 2023 – 2032 (atas), Yearly seasonality (tengah), Trend prediksi SST (bawah)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, model Neuralprophet yang telah dioptimalkan berhasil memprediksi peningkatan suhu permukaan laut (SPL) di Taman Laut Bunaken, lokasi yang terkenal dengan keanekaragaman hayati lautnya. Prediksi menunjukkan kenaikan SPL sebesar 0,003815°C per bulan, yang diestimasikan mencapai total sekitar 0,4578°C pada tahun 2032. Kenaikan SPL ini berpotensi membawa dampak signifikan bagi ekosistem terumbu karang dan populasi biota laut di Bunaken, yang menjadi daya tarik utama wisata dan sumber ekonomi di kawasan tersebut. Prediksi ini memberikan informasi penting untuk mendukung pelestarian ekosistem laut di Bunaken dan membantu para pemangku kepentingan dalam merancang strategi adaptasi guna menjaga kelestarian pariwisata dan ekonomi lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto N. 2022. *Prediksi Saham dengan Bidirectional LSTM dan Analisis Sentimen*. [Yogyakarta]: Universitas Islam Indonesia.
- Albeladi K, Zafar B, Mueen A. 2023 Nov 13. A Novel Deep-learning based Approach for Time Series Forecasting using SARIMA, Neural Prophet and Fb Prophet. *Preprints.org*:1–12. doi:<https://doi.org/10.20944/preprints202311.0794.v1>.
- Ayman M, Salah Z, Tonbol K, Shaltout M. 2023. Evaluating ERA5 Weather Parameters Data Using Remote Sensing and in Situ Data Over North Red Sea. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 48(1):77–84. doi:<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-77-2023>.
- Hamdani AF, Saputra AJ. 2023. Prediksi Harga Saham Tesla Menggunakan Algoritma Neural Prophet Berbasis Mobile. *STAINS (SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI & SAINS)*. 2(1):129–136. doi:<https://doi.org/10.29407/stains.v2i1.2873>.
- Hamuna B, Paulangan YP, Dimara L. 2015. Kajian suhu permukaan laut menggunakan data satelit Aqua-MODIS di perairan Jayapura, Papua. *Depik*. 4(3):160–167. doi:<https://doi.org/10.13170/depik.4.3.3055>.

- Hindarto D, Hendrata F, Hariadi M. 2023. The application of Neural Prophet Time Series in predicting rice stock at Rice Stores. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*. 5(2):668–681. doi:10.47709/cnahpc.v5i2.2725.
- Malihah L. 2022. Tantangan Dalam Upaya Mengatasi Dampak Perubahan Iklim Dan Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*. 17(2):219–232. doi:https://doi.org/10.47441/jkp.v17i2.272.
- Mulyani AS. 2021. Antisipasi terjadinya pemanasan global dengan deteksi dini suhu permukaan air menggunakan data satelit. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan-CENTECH*. 2(1):22–29. [accessed 2024 Jul 8]. <http://repository.uki.ac.id/id/eprint/13202>.
- Normah N, Rifai B, Vambudi S, Maulana R. 2022. Analisa Sentimen Perkembangan Vtuber Dengan Metode Support Vector Machine Berbasis SMOTE. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*. 8(2):174–180. doi:https://doi.org/10.31294/jtk.v8i2.13041.
- Putri RW, Miftahuddin M. 2022. Perbandingan Data Harian dan Data Bulanan pada Suhu Permukaan Laut di Samudera Hindia Menggunakan Partial Least Square-Structural Equation Modelling. *Jambura Journal of Mathematics*. 4(1):1–16. doi:https://doi.org/10.34312/jjom.v4i1.11191.
- Qomusuddin IF, Romlah S. 2021. Analisis Data Kuantitatif dengan Program IBM SPSS Statistic 20.0. Deepublish.
- Riyanto S, Hatmawan AA. 2020. Metode riset penelitian kuantitatif penelitian di bidang manajemen, teknik, pendidikan dan eksperimen. Deepublish.
- Sela JJ, Supardjo S, Prijadi R. 2022. Akuarium Taman Laut Bunaken Di Manado: Metafora Kombinasi. *Jurnal Arsitektur DASENG*. 11(2):24–32.
- Sholikhah A. 2016. Statistik deskriptif dalam penelitian kualitatif. *KOMUNIKA: Jurnal Dakwah Dan Komunikasi*. 10(2):342–362.
- Sihombing C, Saputra AH, Sari FP, Mulya A. 2022. Prediksi Curah Hujan di Wilayah DKI Jakarta dengan Model NeuralProphet. *Jurnal Aplikasi Meteorologi*. 1(2):9–19. doi:10.36754/jam.v2i1.
- Suryanto AA, Muqtadir A. 2019. Penerapan metode mean absolute error (MEA) dalam algoritma regresi linear untuk prediksi produksi padi. *Saintekbu*. 11(1):78–83. doi:https://doi.org/10.32764/saintekbu.v11i1.298.
- Togatorop JPE, Firdaush RB, Haryanto YD. 2023. Prediksi indeks nitrogen dioksidasi (no2) menggunakan model neural prophet studi kasus DKI JAKARTA. *Indonesian Physics Communication*. 20(3):215–222. doi:http://dx.doi.org/10.31258/jkfi.20.3.215-222.
- Wang Z, Xu X, Zhang W, Trajcevski G, Zhong T, Zhou F. 2022. Learning latent seasonal-trend representations for time series forecasting. *Adv Neural Inf Process Syst*. 35:38775–38787.
- Wibowo A. 2022. Prediksi Kekuatan Gempa Menggunakan Machine Learning Dengan Model Xgboost Sebagai Langkah Strategis Dalam Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa Di Indonesia. *Mesa (Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Arsitektur)*. 6(1):18–29. [accessed 2024 Jul 8]. <https://www.ejournal.unsub.ac.id/index.php/FTK/article/view/1829>.
- Wijaya EY, Suryadibrata A. 2022. Predicting the Case of COVID-19 in Indonesia using Neural Prophet Model. *IJNMT (International Journal of New Media Technology)*. 9(2):78–86. doi:https://doi.org/10.31937/ijnmt.v9i2.2821.