



## Model Prediksi Kenaikan Permukaan Air Laut Menggunakan Data Satelit Altimetry Jason-1 dengan pendekatan Algoritma Long-Short Term Memory (Studi Kasus: Teluk Jakarta)

Amien Rais\*, Della Ayu Lestari, Willdan Aprizal Arifin

Sistem Informasi Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia,  
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

E-mail: [amienrais@upi.edu](mailto:amienrais@upi.edu)

Diterima 12 November 2022, Direvisi 7 Desember 2022, Disetujui Publikasi 30 Desember 2022

### Abstract

*The capital city of Jakarta is the area with the highest population density in Indonesia with a population density of 16,937 people/sq km. Topographically, DKI Jakarta is located in the lowlands and is vulnerable to natural disasters, especially sea level rise. Data on sea level rise records show The trend of sea level rise is clearly visible in this tide gauge record from 1984 to 2004, at a rate of about 10mm/year. This certainly needs special attention to find out how much sea level rise will be so that it can be used as a coastal reference in making Jakarta regional policies. One way to find out the rate of sea level rise is by forecasting. In modeling time series forcing requires a model that can accommodate the time interval and the variables involved in the calculation. Each variable has a value depending on its past value and also on other past value variables. Therefore, we use the Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm for forecasting sea level rise in Jakarta Bay. We use data from the last 30 years to model sea level rise in Jakarta Bay. The results show that there will be a maximum increase of 140 centimeters in 2040 with a maximum area of 6144.2 ha.*

**Keywords:** Forecasting, Sea Level Rise, Jakarta Bay, Long-Short Term Memory

### Abstrak

Daerah Ibukota Jakarta merupakan daerah dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Indoneisa dengan kepadatan penduduk sebesar 16.937 jiwa/km persegi. Secara topografi DKI Jakarta terletak di dataran rendah dan rentan terhadap bencana alam terutama kenaikan muka air laut. Data catatan kenaikan muka air laut menunjukkan Tren kenaikan permukaan air laut terlihat jelas dalam catatan pengukur pasang surut ini dari tahun 1984 hingga 2004, dengan laju sekitar 10mm/tahun. Hal tersebut tentunya perlu mendapatkan perhatian khusus untuk mengetahui seberapa besar tingkat kenaikan muka air laut nantinya agar dapat dijadikan acuan dalam pengambilan kebijakan daerah pesisir Jakarta, Salah satu cara untuk mengetahui laju kenaikan muka air lautnya adalah dengan melakukan forecasting. Dalam melakukan permodelan time series forosting memerlukan model yang dapat mengakomodir intrval waktu dan variabel yang terlibat didalam perhitungan. Setiap variabel memiliki nilai dependent terhadap nilai masa lalunya dan juga pada nilai masa lalu variabel lainnya. Oleh karena itu kami menggunakan algoritma Long Short-Term Memory (LSTM) untuk peramalan kenaikan permukaan air laut di teluk Jakarta. Kami Menggunakan data selama 30 tahun terakhir untuk memodelkan kenaikan muka air laut yang terjadi di teluk Jakarta. Hasilnya menunjukkan bahwa akan terjadi kenaikan maksimum sebesar 140 centimeter pada 2040 dengan area terdampak sebesar 6144,2 ha.

**Kata Kunci:** Forecasting, Kenaikan Muka Air Laut, Teluk Jakarta, Long-Short Term Memory

## A. Pendahuluan

Daerah Ibukota Jakarta merupakan daerah dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia dengan kepadatan penduduk sebesar 16.937 jiwa/km persegi. Tercatat Jakarta berpenduduk sekitar 9 juta jiwa dengan luas wilayah sekitar 661,52 km<sup>2</sup> (Darlan et al. 2020). Secara topografi DKI Jakarta terletak di dataran rendah dan rentan terhadap bencana alam (Lingkungan et al. 2021). Pada dasarnya Jakarta merupakan Kawasan yang datar dengan tingkat kemiringan berkisar antara 0 – 5 derajat kemiringan yang membentang dari daerah utara Jakarta hingga Selatan. Wilayah paling selatan Jakarta memiliki ketinggian dan kemiringan yang relative lebih baik dibandingkan dengan wilayah Jakarta lainnya dengan ketinggian sekitar 50m di atas permukaan laut (MSL) dan kemiringan 5 derajat (Triana & Wahyudi, 2020). Hal tersebut menunjukkan tingkat kerentanan daerah Teluk Jakarta akan potensi untuk terdampak secara langsung oleh kenaikan muka air laut (Mataburu, Azriel, and Rayuna 2022).

Kenaikan muka air laut merupakan fenomena yang terjadi akibat adanya pemanasan global dan merupakan salah satu bencana alam yang dapat mengancam kehidupan masyarakat wilayah pesisir serta berbagai organisme yang bersimbiosis didalamnya. Tidak hanya wilayah pesisir yang terancam oleh kenaikan muka air laut nantinya pulau-pulau kecil yang menjadi habitat dan *nursery ground* bagi bermacam-macam organisme laut pun ikut terancam oleh naiknya permukaan air laut. Pada umumnya kenaikan permukaan air laut atau *sea level rise* merupakan dampak dari pemanasan global yang sedang terjadi saat ini. Pemanasan global serta degradasi ruang terbuka menjadi katalisator utama permasalahan *Sea Level Rise* terutama di daerah pesisir yang padat. Penemuan terbaru yang dikemukakan oleh *International Panel On Climate Change* (IPCC) menyatakan bahwa kenaikan rata-

rata suhu permukaan global meningkat 1.3 °C sejak akhir abad 19 dan diproyeksikan akan meningkat sebesar 1.8°C pada tahun 2100 dan diestimasikan akan menghilangkan sebesar 25% Kawasan pesisir di daerah lautan Indonesia (Cao et al. 2021). Salah satu daerah yang akan terdampak cukup berat adalah Teluk Jakarta dengan efek kenaikan muka air laut ini akan sangat terasa dalam kehidupan sehari-hari.

Selain itu variable perubahan iklim dapat memperbesar kemungkinan serta intensitas berbagai macam bencana atau fenomena alam seperti storm surge, curah hujan yang tinggi, La-Niña, El-Nino, *Madden-Julian Oscillation* serta perubahan *mean sea level* (MSL) yang dapat menyebabkan banjir di wilayah pesisir Jakarta (Triana and Wahyudi 2020). Selain itu fenomena penurunan muka tanah yang setiap tahunnya mengalami penurunan sebesar 1-20 cm pertahun di beberapa daerah terutama daerah pesisir memperparah scenario kenaikan muka air laut nantinya yang dapat merendam berbagai macam area vital di daerah pesisir Jakarta. Selain itu terdapat tren kenaikan muka air laut sekitar 1 cm/tahun di wilayah pesisir Jakarta (Cahyadi, Jaelani, and Dewantoro 2016).

Tingkat kenaikan permukaan laut ini jauh lebih kecil dari laju penurunan muka tanah di wilayah pesisir Jakarta. Untuk mengetahui tingkat kenaikan muka air laut setiap tahunnya dibutuhkan permodelan yang dapat melakukan kalkulasi secara konferhensif dan mendalam untuk memodelkan kenaikan muka air laut secara *sequential* temporal yang dapat mengakomodir data yang bersifat *sequential* temporal dengan tingkat 8 linearitas dan distribusi yang tinggi. Model yang dipilih nantinya diharuskan dalam melakukan reduksi pencilaan yang ada dalam dataset dan mencari korelasi antar variable dalam kurun waktu tertentu, dan salah satu model yang dirasa mampu untuk

memenuhi kebutuhan diatas adalah model *Long-Short Term Memory* (LSTM). LSTM merupakan sebuah algoritma yang memiliki berbasis arsitektur *Recurrent Neuron Network* yang biasanya digunakan dalam permodelan permasalahan kompleks *Deep Learning* (Sherstinsky 2020). LSTM memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode statistikal klasik, terutama dalam melakukan permodelan secara *time series*.

Pada dasarnya dalam melakukan permodelan *time series* data yang digunakan merupakan single data point dalam satu titik waktu yang berarti memiliki sifat diskret, Masalahnya dalam melakukan permodelan *time series* kita perlu data yang bersifat *continues* terhadap interval perhitungan hipotesis. Oleh sebab itu diperlukanya interpolasi untuk merubah data menjadi *continues* atau dalam kasus ini dirubah menjadi *sequence* (Chimmula and Zhang 2020). LSTM Sendiri merupakan model yang berkerja dengan cara *sequential* dengan melakukan kalkulasi pada *input* dan *output gate* secara berurutan dan berkesinambungan.

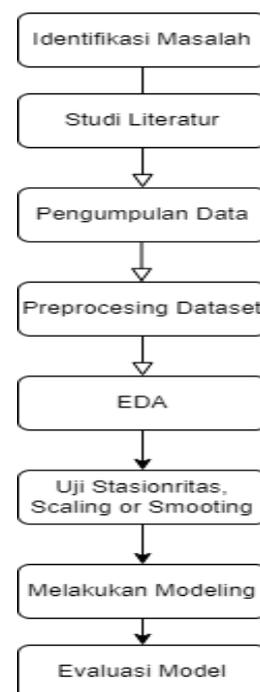
Hal tersebut sangat berguna dalam permodelan *time series* dimana bentuk data yang sudah diinterpolasi menjadi *sequence*. LSTM sendiri saat ini merupakan salah satu algoritma terbaik dalam melakukan *forecasting* terutama dengan variabilitas data yang tinggi dan kompleks, salah satu keunggulanya adalah dapat mengenali *pattern* dan menghubungkan berbagai macam varibael dalam interval yang lama untuk mengetahui sebab dan akibat suatu peristiwa terjadi. Hal ini sangat relevan dengan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat bahaya akibat kenaikan muka air laut di area pesisir Jakarta serta membuat

Model prediksi yang dapat menjadi krangka acuan dalam melakukan estimasi kenaikan muka air laut di daerah Jakarta.

## B. Metode Penelitian

Metodelogi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kami menggunakan Algoritma *multivariate forecasting* yang dapat mengakomodir dataset yang dinamis dari alam oleh sebab itu kami menggunakan algoritma *Long-Short Term Memory*, LSTM sendiri merupakan metode peramalan tren/pola yang akan datang dari kumpulan data historis disajikan secara temporal. Dalam kasus ini untuk melakukan *forecasting* Kenaikan Muka Air Laut, kita harus mengetahui variabel apa yang mempengaruhi kenaikan muka air laut di suatu daerah secara alimetri. Kenaikan muka air laut pada dasarnya disebabkan oleh Naiknya *Mean Sea Level Rise* di Pesisir Jakarta, Kenaikan suhu, degradasi lahan terbuka serta pengaruh dari *global mean sea level rise* yang secara langsung dikalkulasi dengan berbagai macam variabel pendukung lainnya. Komponen prediksi utama tersebut kemudian digabungkan untuk memprediksi seberapa parah kenaikan muka air laut di daerah Pesisir Jakarta.

Secara umum desain penelitian ini digambarkan pada gambar berikut ini;



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Adapun Penjelasan setaip proses yang terdapat didalam *flowchart* tersebut adalah:

a. Identifikasi Masalah Tahapan awal ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi issue permasalahan yang diangkat. Dalam kasus ini permasalahan yang diangkat adalah kenaikan muka air laut di daerah pesisir Jakarta dan bagaimana cara memodelkannya untuk mengetahui kenaikan temporal setiap tahunnya.

b. Studi Literature Tahapan Selanjutnya adalah melakukan studi literatur terkait topik permasalahan yang diangkat. Dalam studi litaratur ini kita mendalami permasalahan secara kompleks mulai dari penyebab, variable pengaruh serta model apa yang tempat digunakan untuk melakukan *forecasting* kenaikan muka air lautnya.

c. Pengumpulan Data Tahapan Selanjutnya adalah pengumpulan data, dimana dalam penelitian ini ada 4 data yang digunakan untuk menentukan kenaikan muka air laut. Diantaranya SLR, GMSL, Pasut serta Kenaikan Permukaan suhu. Data SLR, GMSL didapatkan dari data satellite altimetri Jason 1, Sedangkan data Pasut diapat dari stasiun perekaman pasut di tanjong priok dan yang terkahir suhu temporal diapatkan dari NOAA.

d. Preprocessing Data Selanjutnya adalah melakukan *preprocessing* Data menggunakan package *skit-learn*, yaitu dengan menghilangkan *missing value*, melakuka data manipulation dengan *pandas*, melakukan normalisasi serta *feature scaling* untuk menghilangkan *outliersnya*.

e. Exploratory Data Analysis (EDA) Tahapan berikutnya adalah melakukan EDA untuk mengetahui distribusi data yang digunakan, dalam kasus ini kami menggunakan pendekatan *decomposition*

untuk mengetahui *seasonality*, *trend* serta *error*

f. Uji Stasionaritas dan *Smoothing* Pada tahapan ini dilakukan uji stasioner pada data menggunakan *Augmented Dickey Fuller (ADF)* pada data input selanjutnya dilakukan *smoothing* menggunakan *moving average* pada dataset untuk menghilangkan pencilan antar data point dan menghasilkan *model evaluation* yang baik nantinya.

g. Modeling Selanjutnya adalah melakukan modeling *multivariate time series forecasting* menggunakan LSTM

h. *Model Evaluation* Tahapan yang terkahir adalah model evaluation untuk mengetahui performa algoritma yang digunakan, apakah mampu untuk mengakomodir tingkat kompleksitas dataset dan menghasilkan model yang dapat digunakan.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam melakukan permodelan *time series forecasting* kita dapat melihat kemungkinan nilai output modelling dengan melakukan dekomposisi untuk melihat pola pada *Trend & Seasonality*. Seperti hasil dekomposisi di Figure ke-n kenaikan muka air laut di daerah Teluk Jakarta dalam jangka waktu 1992 - 2020 relative fluktuatif dengan trend cenderung naik setiap 5 tahun sekali, hal tersebut terjadi karena dinamika perairan laut cenderung pasif dan siklus perubahan kenaikan air laut terjadi kurang lebih dalam kurun 3-5 tahun. Dalam 30 tahun terakhir terdapat kenaikan sebesar 200 centimeter atau 2 meter secara teratur dan *seasonal*, Hal tersebut menandakan bahwa data yang dijadikan *point of reffernce* di masa yang akan datang akan mengalami periode regular dan teratur dan kenaikan.

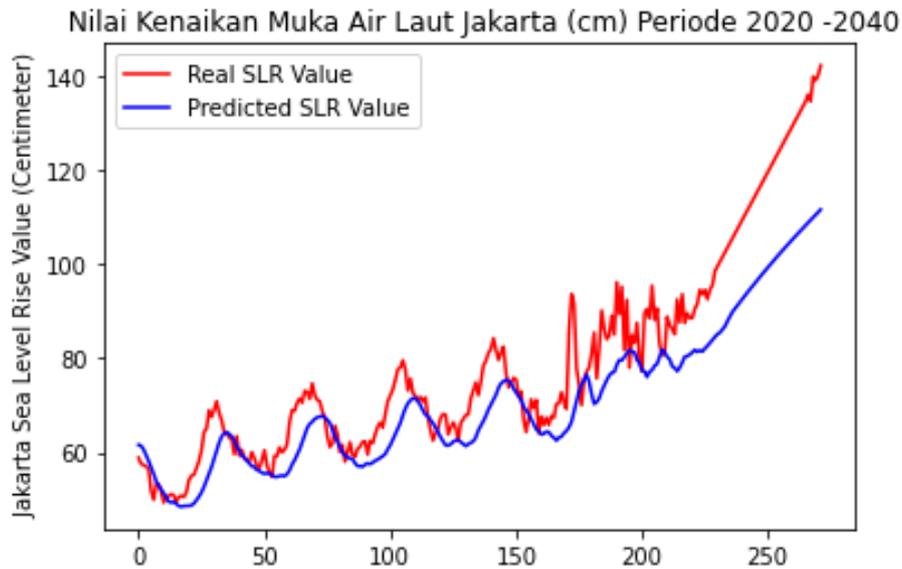


Gambar 2. Distribusi Sebaran kenaikan muka air laut Jakarta periode 1992 - 2021

Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena pengaruh antar *variable* yang terjadi secara linear tidak begitu kuat, namun hal tersebut dapat berubah sewaktu-waktu mengingat *property* nilai dari setiap *variable* dapat berubah sewaktu-waktu yang dapat menimbulkan perubahan dalam *trend* dan *seasonality*. Dengan mengetahui seberapa kuat pengaruh *trend* dan *seasonality* kita dapat memproyeksikan pengaruhnya terhadap nilai hasil akhir dari *forecasting*. Hal tersebut bisa terjadi karena pada dasarnya proses dekomposisi merupakan fondasi dari setiap permodelan *time series*.

Setelah mengetahui pengaruh *trend* dan *seasonality* selanjutnya kita dapat melakukan permodelan menggunakan algoritma LSTM. Dalam permodelan

kami menggunakan skenario dengan konfigurasi hidden layer LSTM sebanyak 100 neuron yang dikombinasikan dengan 1 output neuron yang dijadikan point dalam meramalkan Kenaikan muka air laut. Sedangkan untuk mengevaluasi gradient descent kita menggunakan *Mean Absolute Error (MAE) loss function*. Dalam menentukan iterasi *cycle* tiap sequence kita menggunakan 70 *training epochs* dengan *batch size* sebanyak 200 iterasi. Dari skenario diatas kita dapat menghasilkan model prediksi dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Seperti tervisualisasi dari gambar dibawah terjadi kenaikan muka air laut sebesar 1.4 Meter selama kurun waktu 250 bulan kedepan atau dalam kurun waktu 20 tahun kedepan.



Gambar 3. Prediksi nilai kenaikan muka air laut Teluk Jakarta 2040

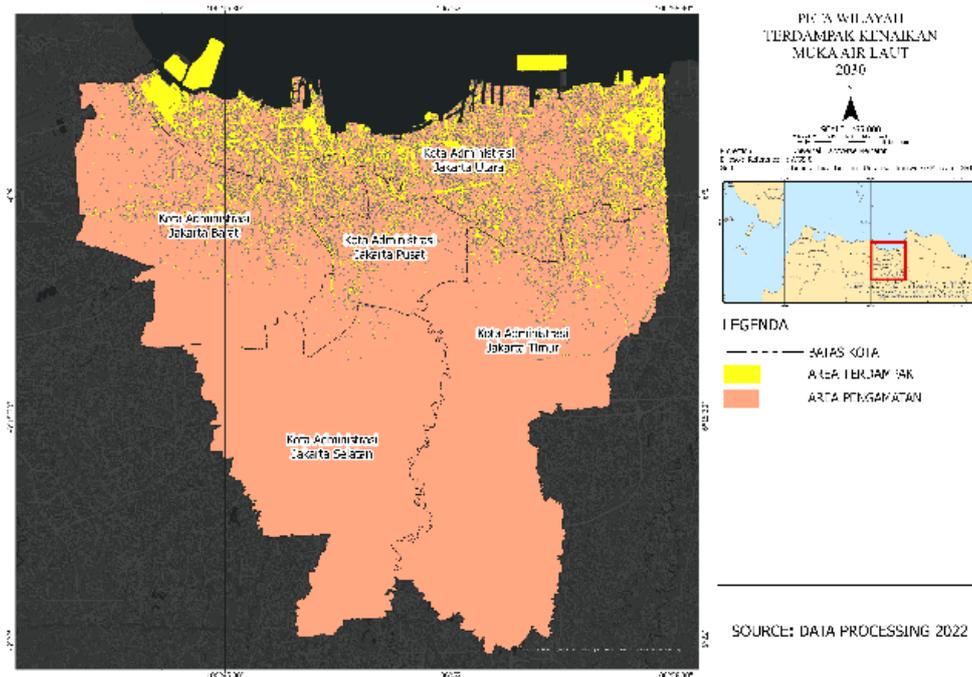
Kenaikan tersebut dimungkinkan terjadi karena trend distribusi data dan pengaruh antar parameter variable memiliki pengaruh yang kuat satu sama lain yang terbentuk melalui sequence temporal yang mengakomodasi scenario kenaikan muka air laut terjadi di Teluk Jakarta. Kenaikan sebesar 1.4 M tersebut pada dasarnya melupakan nilai lower confidence atau nilai kenaikan minimal yang akan terjadi dan sewaktu-waktu dapat berubah tergantung dengan dinamika alam sekitar daerah Teluk Jakarta.

Selain itu pengaruh dari land-subsidence dan turunnya muka tanah dapat memperparah kondisi kenaikan muka air laut. Oleh sebab itu kita melakukan prmodelan baik secara numerical temporal dan juga spasial temporal yang kita lakukan dalam skenario waktu 20 tahun kedepan. Permodelan Spasial Temporal tersebut didasari untuk mengetahui seberapa parah kenaikan muka air laut yang kami gabungkan dengan land subsidence untuk mengetahui seberapa parah kenaikan muka air laut di daerah Teluk Jakarta hingga tahun 2040.

Table 1. Luas area terdampak

Wilayah	Luas Wilayah (Ha)	Luas Area Terdampak (Ha)
Jakarta Selatan	14494.2002	15.4253
Jakarta Timur	18553.8007	482.089
Jakarta Barat	12500	1151.94
Jakarta Pusat	4756.47	520.91
Jakarta Utara (Teluk Jakarta)	14621.2002	6144.02

Bisa kita lihat dalam scenario permodelan spasial temporal yang terjadi area Teluk Jakarta terdampak sebesar 6144.02 ha dari area total keseluruhan, hal ini dapat dipicu oleh perkembangan jumlah penduduk dan beban tanah yang meningkat, dengan meningkatnya kebutuhan lahan, beberapa area kosong pada area yang sesuai untuk lahan terbangun mulai dipenuhi, dengan demikian kepadatan konversi lahan menjadi sangat padat pada wilayah teluk Jakarta, Pada tahun 2040, wilayah terendam oleh kenaikan muka air laut yang terjadi diperkirakan seluas 6144.26 ha (gambar 4)



Gambar 4. Peta sebaran kenaikan muka air laut DKI Jakarta 2040

#### D. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat ancaman nyata kenaikan muka air laut di teluk Jakarta. Dengan kenaikan maksimum diperkirakan sebesar 140 centimeter perlu adanya upaya untuk dapat menanggulangi permasalahan tersebut agar dapat menunjang kehidupan yang layak bagi masyarakat pesisir Jakarta, salah satunya adalah dengan melakukan revitalisasi dan pengelolaan tata ruang yang sesuai dengan kapasitas adaptif dari lingkungan agar degradasi ekologi yang terjadi dapat diminimalisir dan dampak kenaikan air laut bisa ditekan.

#### Daftar Pustaka

- Cahyadi, M. Nur, Lalu Muhamad Jaelani, And Aryasandah H. Dewantoro. 2016. "Study Of Sea Level Rise Using Satellite Altimetry Data (A Case Study: Sea Of Semarang)." *Geoid* 11(2):176. Doi: 10.12962/J24423998.V11i2.1263.
- Cao, Anh, Miguel Esteban, Ven Paolo Bruno Valenzuela, Motoharu Onuki, Hiroshi Takagi, Nguyen Danh Thao, And Nobuyuki Tsuchiya. 2021. "Future Of Asian Deltaic Megacities Under Sea Level Rise And Land Subsidence: Current Adaptation Pathways For Tokyo, Jakarta, Manila, And Ho Chi Minh City." *Current Opinion In Environmental Sustainability* 50(June 2020):87–97. Doi: 10.1016/J.Cosust.2021.02.010.
- Chimmula, Vinay Kumar Reddy, And Lei Zhang. 2020. "Time Series Forecasting Of Covid-19 Transmission In Canada Using Lstm Networks." *Chaos, Solitons And Fractals* 135. Doi: 10.1016/J.Chaos.2020.109864.
- Darlan, Yudi, Ildrem Syafri, Vijaya Isnaniawardhani, And Adjat Sudradjat. 2020. "Karakteristik Penurunan Dasar Laut Perairan Teluk Jakarta." *Jurnal Geologi Kelautan* 18(1):23–36. Doi: 10.32693/Jgk.18.1.2020.645.
- Lingkungan, Teknik, Akademi Teknik, Tirta Wiyata, Reosa Andika, Analisis Kerentanan, Pipa Air, Minum Terhadap, Banjir Rob, A. Pendahuluan, Menggunakan Sig,

- Priok Pam, And Jaya Dki. 2021. "Analisis Kerentanan Aksesoris Dan Pipa Air Minum Terhadap Banjir Rob Menggunakan Sig Di Kecamatan Tanjung Priok Pam Jaya Dki Jakarta Merupakan Bagian Dari Proses Pasang Menyebabkan Dampak Yang Luas Terhadap Kenaikan Permukaan Air Laut Adalah Berbatasan De." 68–75.
- Mataburu, Ilham Badaruddin, Muhammad Azriel, And Sahid Rayuna. 2022. "Analisis Wilayah Rawan Banjir Das Cimanuk Hulu Menggunakan Model Complete Mapping Analysis Dan Sig."
- Sherstinsky, Alex. 2020. "Fundamentals Of Recurrent Neural Network (Rnn) And Long Short-Term Memory (Lstm) Network." *Physica D: Nonlinear Phenomena* 404:132306. Doi: 10.1016/J.Physd.2019.132306.
- Triana, Karlina, And A'an Johan Wahyudi. 2020. "Sea Level Rise In Indonesia: The Drivers And The Combined Impacts From Land Subsidence." *Asean Journal On Science And Technology For Development* 37(3):115–21. Doi: 10.29037/Ajstd.627.