

**IMPLEMENTASI *EXTREME LEARNING MACHINE* (ELM) UNTUK
PREDIKSI IMBAL HASIL OBLIGASI (*BOND YIELD*)**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

ELISA SYAFAQOH

09020220028

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ELISA SYAFAQOH

NIM : 09020220028

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2020

Menyatakan bahwa Saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi Saya yang berjudul "IMPLEMENTASI *EXTREME LEARNING MACHINE* (ELM) UNTUK PREDIKSI IMBAL HASIL OBLIGASI (*BOND YIELD*)". Apabila suatu saat nanti terbukti Saya melakukan tindakan plagiat, maka Saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini Saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 27 Februari 2024

Yang menyatakan,



ELISA SYAFAQOH

NIM. 09020220028

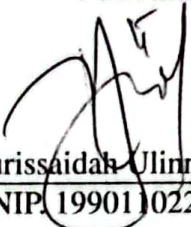
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh


Nama : ELISA SYAFAQOH
NIM : 09020220028
Judul Skripsi : IMPLEMENTASI *EXTREME LEARNING MACHINE*
(ELM) UNTUK PREDIKSI IMBAL HASIL OBLIGASI
(*BOND YIELD*)

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.


Pembimbing I


Nurissaidah Ulinuha, M.Kom.
NIP. 199011022014032004

Pembimbing II


Hani Khaulasari, A.Md, S.Si, M.Si
NIP. 199102092020122011

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya


Yuniar Farida, M.T.
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : ELISA SYAFAQOH
NIM : 09020220028
Judul Skripsi : IMPLEMENTASI *EXTREME LEARNING MACHINE*
(ELM) UNTUK PREDIKSI IMBAL HASIL OBLIGASI
(*BOND YIELD*)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 7 Maret 2024

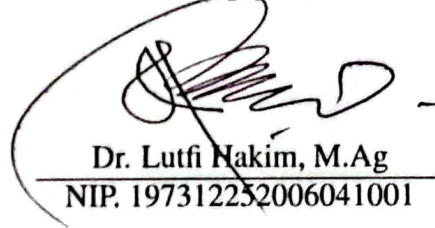
Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



Aris Fanani, M.Kom
NIP. 198701272014031002

Penguji II



Dr. Lutfi Hakim, M.Ag
NIP. 197312252006041001

Penguji III



Nurissaidah Ulinuha, M.Kom.
NIP. 199011022014032004

Penguji IV



Hani Khaulasari, A.Md, S.Si, M.Si
NIP. 199102092020122011

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



A. Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : ELISA SYAFAQOH
NIM : 09020220028
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : elisa.syafaqoh26@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

IMPLEMENTASI EXTREME LEARNING MACHINE (ELM) UNTUK PREDIKSI
IMBAL HASIL OBLIGASI (BOND YIELD)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 26 Maret 2024

Penulis

(ELISA SYAFAQOH)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

IMPLEMENTASI *EXTREME LEARNING MACHINE* (ELM) UNTUK PREDIKSI IMBAL HASIL OBLIGASI (*BOND YIELD*)

Imbal hasil obligasi merupakan keuntungan yang diterima investor dari investasi dalam obligasi. *Yield* obligasi digunakan untuk mengevaluasi potensi keuntungan dan risiko ketika berinvestasi pada obligasi yang dapat memberikan informasi terhadap investor dalam menarik keputusan berinvestasi. Namun, dikarenakan sifatnya yang tidak tetap maka perlu dilakukan prediksi terhadap imbal hasil obligasi dengan menerapkan metode *Extreme Learning Machine* yang merupakan algoritma *feedforward* dengan satu *hidden layer*. Tujuan dari penelitian ini yaitu mendapatkan model untuk memprediksi imbal hasil obligasi di masa depan serta memperoleh hasil prediksi imbal hasil obligasi untuk bulan Januari 2024 hingga bulan Februari 2024. Data diperoleh dari *website* Investing mulai dari 2 Januari 2019 hingga 29 Desember 2023. Hasil MAPE yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 2,2235% dan RMSE sebesar 0,3042 dengan parameter optimal yaitu *kfold* 5, *hidden neuron* sejumlah 50, dan fungsi aktivasi sin. Hasil prediksi pada Bulan Januari 2024 hingga Februari 2024 diperoleh imbal hasil tertinggi pada tanggal 8 Januari 2024 sebesar 7,0397 dan imbal hasil terendah pada tanggal 26 Februari 2024 sebesar 6,4392.

Kata kunci: *Extreme Learning Machine*, Imbal Hasil Obligasi, *k-fold*, Prediksi.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF EXTREME LEARNING MACHINE (ELM) FOR PREDICTION OF BOND YIELD

Bond yield is the profit that investors get from investing in bonds. Bond yields are used to evaluate the potential profits and risks when investing in bonds that can provide information to investors in making investment decisions. However, due to its uncertain nature, it is necessary to predict bond yields by applying the Extreme Learning Machine method which is a feedforward algorithm with one hidden layer. The purpose of this study is to obtain a model to predict bond yields in the future and obtain predicted bond yields for January 2024 to February 2024. Data was obtained from the Investing website from January 2, 2019 to December 29, 2023. The MAPE results obtained in this study amounted to 2.2235% and RMSE of 0.3042 with the best parameters namely kfold 5, hidden neuron number 50, and sin activation function. The prediction results obtained in January 2024 to February 2024 obtained the highest yield on January 8, 2024 of 7.0397 and the lowest yield on February 26, 2024 of 6.4392.

Keywords: Bond Yield, Extreme Learning Machine, k-fold, Predictions.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	9
1.3. Tujuan Penelitian	10
1.4. Manfaat Penelitian	10
1.5. Batasan Masalah	11
1.6. Sistematika Penulisan	11
II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. Obligasi	13
2.2. <i>Time Series</i>	14
2.3. Jaringan Syaraf Tiruan	15
2.4. Fungsi Aktivasi	16
2.5. Normalisasi	18
2.6. <i>Extreme Learning Machine</i>	19
2.7. <i>Time Series Split</i>	24
2.8. Evaluasi Model Peramalan	25

2.9. Integrasi Keilmuan	27
III METODE PENELITIAN	30
3.1. Jenis Penelitian	30
3.2. Data Penelitian	30
3.3. Tahapan Penelitian	32
3.4. Skenario Uji Coba	36
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Statistika Deskriptif	37
4.2. <i>Pre-processing</i>	39
4.2.1. Normalisasi	39
4.2.2. <i>Time Series Split</i>	40
4.3. <i>Extreme Learning Machine</i>	40
4.3.1. Proses <i>Training</i>	41
4.3.2. Proses <i>Testing</i>	44
4.3.3. Denormalisasi	47
4.4. Analisis Hasil Uji Coba	48
4.5. Analisis Hasil Peramalan	51
4.6. Integrasi Keilmuan	52
V PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR TABEL

2.1 Kriteria MAPE	26
3.1 Sampel data imbal hasil obligasi	31
3.2 Sampel data imbal hasil obligasi	32
4.1 Analisis Deskriptif Data	38
4.2 Hasil Normalisasi Data	39
4.3 Hasil Denormalisasi Data	47
4.4 Hasil Uji Coba Model	48

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

2.1	Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	16
2.2	Grafik Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid Biner</i>	17
2.3	Grafik Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid Bipolar</i>	17
2.4	Grafik Fungsi Aktivasi Sin	18
2.5	Arsitektur Algoritma ELM	21
2.6	Skema <i>Time Series Split</i>	25
3.1	<i>Flowchart</i> Proses Penelitian	33
3.2	<i>Flowchart</i> Proses Training	34
3.3	<i>Flowchart</i> Proses Testing	35
4.1	Grafik Imbal Hasil Obligasi	37
4.2	<i>Boxplot</i> Imbal Hasil Obligasi	38
4.3	Pembagian data <i>5-fold</i>	40
4.4	Arsitektur Metode ELM	50
4.5	Grafik Hasil Peramalan Imbal Hasil Obligasi	51

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. M. (2020). *Manajemen Investasi dan Portofolio*. Lembaga Penerbitan Universitas Nasional (LPU-UNAS), Jakarta.
- Aisyah, S., Ulinnuha, N., and Hamid, A. (2022). Penerapan Extreme Learning Machine Dalam Meramalkan Harga Minyak Sawit Mentah. *KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika*, 7(2):97–105.
- Alfiyatin, A. N., Mahmudy, W. F., Ananda, C. F., and Anggodo, Y. P. (2019). Penerapan Extreme Learning Machine (Elm) Untuk Peramalan Laju Inflasi Di Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 6(2):179–186.
- Anwar, C. J. and Suhendra, I. (2020). Monetary Policy Independence and Bond Yield in Developing Countries. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(11):23–31.
- Ashar, N. M., Cholissodin, I., and Dewi, C. (2018). Penerapan Metode Extreme Learning Machine (ELM) Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Pipa Yang Layak (Studi Kasus Pada PT. KHI Pipe Industries). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIHK)*, 2(11):4621–4628.
- Asynari, E., Wahyudi, D., and Aeni, Q. (2020). Analisis Peramalan Permintaan Pada Geprek Benu Menggunakan Metode Time Series. *Teknologi Dan Sistem Informasi*, 4(3):215–220.
- Azizah, Z. A. N., Cholissodin, I., and Muflikhah, L. (2022). Prediksi Hasil

- Panen Tanaman Biofarmaka di Indonesia dengan Menggunakan Metode Extreme Learning Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIHK)*, 6(11):5331–5338.
- Desmonda, D., Tursina, and Irwansyah, M. A. (2018). Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, 6(4):145–149.
- Direktorat Jenderal Keuangan (2021). *Studi Lanskap Obligasi Daerah Di Indonesia*. Kementerian Keuangan, Jakarta.
- Faizal, R., Setiawan, B. D., and Cholissodin, I. (2019). Prediksi Nilai Cryptocurrency Bitcoin Menggunakan Algoritme Extreme Learning Machine (ELM). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(5):4226–4233.
- Fajar, M. (2019). Perbandingan Kinerja Peramalan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Antara ARMA , FFNN dan Hybrid ARMA - FFNN. *ResearchGate*, 4:1–17.
- Hidayah, U. R., Cholissodin, I., and Adikara, P. P. (2019). Klasifikasi Penyakit Kanker Serviks dengan Extreme Learning Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(7):6575–6582.
- Hodson, T. O. (2022). Root-Mean-Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE): When to Use Them or Not. *Geoscientific Model Development*, 15(14):5481–5487.
- Investing (2023). Data Historis Imbal Hasil Indonesia 10 Tahun.

<https://id.investing.com/rates-bonds/indonesia-10-year-bond-yield-historical-data>.

Izati, N. A., Warsito, B., and Widiharih, T. (2019). Prediksi Harga Emas Menggunakan Feed Forward Neural Network Dengan Metode Extreme Learning Machine. *Jurnal Gaussian*, 8(2):171–183.

Karmila, M. and Nirmala, I. (2023). Prediksi Jumlah Produksi Kebutuhan Air Pada PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa Pontianak Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM). *Coding: Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 11(01):137–146.

Kasliono, Candraningrum, N., and Sari, K. (2023). Pemodelan Prediksi Harga Ethereum (Atribut: Open, High dan Low) dengan Algoritma Extreme Learning Machine. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 5(1):95–103.

Kurniasih, I. H., Furqon, M. T., and Adinugroho, S. (2020). Prediksi Pertumbuhan Penduduk di Kota Malang menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(2):509–516.

Mokoagouw, M., Tumiwa, R., and Lumapow, L. (2022). Pengaruh Kupon Obligasi, Likuiditas Obligasi, Profitabilitas Terhadap Imbal Hasil Obligasi Korporasi Yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Periode 2014-2019. *Manajemen dan Kewirausahaan*, 2(2):91–109.

Mutiara, A. (2023). Surat Utang Diobral, Pasar Keuangan Gonjang-ganjing Pekan Ini. <https://www.cnbcindonesia.com/research/20231008141147-128-478828/surat-utang-diobral-pasar-keuangan-gonjang-ganjing-pekan-ini>.

- Nurdiansyah, A., Furqon, M. T., and Rahayudi, B. (2019). Prediksi Harga Bitcoin Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM) dengan Optimasi Artificial Bee Colony (ABC). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(6):5531–5539.
- Paramitha, D. T. A., Cholissodin, I., and Dewi, C. (2019). Prediksi Rating Otomatis Berdasarkan Review Restoran pada Aplikasi Zomato dengan menggunakan Extreme Learning Machine (ELM). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(5):4687–4693.
- Permana, I. and Salisah, F. N. (2022). The Effect of Data Normalization on the Performance of the Classification Results of the Backpropagation Algorithm. *IJIRSE: Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering*, 2(1):67–72.
- Permata, C. P. and Ghoni, M. A. (2019). Peranan Pasar Modal Dalam Perekonomian Negara Indonesia. *Jurnal AkunStie (JAS)*, 5(2):50–61.
- Phiadelvira, B. Y., Haq, D. Z., Novitasari, D. C. R., and Setiawan, F. (2022). Prediksi Besar Daya Listrik Tenaga Gelombang Laut Metode Oscillating Water Coloumn (PLTGL-OWC) di Banyuwangi Menggunakan Extreme Learning Machine (ELM). *Unnes Journal of Mathematics*, 11(1):1–7.
- Pratiwi, H. and Harianto, K. (2019). Perbandingan Algoritma ELM Dan Backpropagation Terhadap Prestasi Akademik Mahasiswa. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 3(2):282–294.
- Prianda, B. G. and Widodo, E. (2021). Perbandingan Metode Seasonal Arima Dan Extreme Learning Machine Pada Peramalan Jumlah Wisatawan Mancanegara Ke Bali. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 15(4):639–650.

- Putro, B., Furqon, M. T., and Wijoyo, S. H. (2018). Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode Exponential Smoothing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(11):4679–4686.
- Rahmadani, F., Pardede, A. M., and Nurhayati (2021). Jaringan Syaraf Tiruan Prediksi Jumlah Pengiriman Barang Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK)*, 5(1):100–106.
- Rais, A. N., Rousyati, Thira, I. J., Kholifah, D. N., Purwati, N., and Kristania, Y. M. (2020). Evaluasi Metode Forecasting pada Data Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia. *EVOLUSI : Jurnal Sains dan Manajemen*, 8(2):104–115.
- Rajendra, R. (2023). Prospek Lelang SUN Besok, Penawaran Diprediksi Rp20 Triliun. <https://market.bisnis.com/read/20231016/92/1704638/prospek-lelang-sun-besok-penawaran-diprediksi-rp20-triliun>.
- Ramadhan, L., Gunadi, I. G. N. B., and Suarjana, I. W. (2020). Pengaruh Peringkat, *Maturity*, Suku Bunga SBI Terhadap *Yield To Maturity* Obligasi Pada Perusahaan Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia Tahun 2016-2017. *VALUES*, 1(4):236–245.
- Ridwan, A., Faisol, A., and Santi Wahyuni, F. (2020). Penerapan Metode Least Square Untuk Prediksi Penjualan Berbasis Web Pada Doni Sport Malang. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 4(1):129–136.
- Rumandan, R. J., Nuraini, R., Sadikin, N., and Rahmanto, Y. (2022). Klasifikasi Citra Jenis Daun Berkhasiat Obat Menggunakan Algoritma Jaringan Syaraf

- Tiruan Extreme Learning Machine. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(1):145–154.
- Sasongko, A. H. (2021). Pengertian Peramalan. <https://binus.ac.id/entrepreneur/2021/07/14/pengertian-peramalan/>.
- Siregar, P. A., Sari, S., and Batubara, M. (2022). Perspektif Perkembangan dan Tantangan Pasar Modal di Indonesia. *Jurnal Ilmu Komputer, Ekonomi dan Manajemen (JIKEM)*, 2(1):1435–1440.
- Sitepu, N. L. B. (2021). Jaringan Saraf Tiruan Memprediksi Nilai Pemelajaran Siswa Dengan Metode Backpropagation (Studi kasus : SMP Negeri 1 Salapian). *Journal of Information and Technology (JITU)*, 1(2):54–58.
- Syahputra, Y. I., Indriati, and Ridok, A. (2021). Peramalan Debit Inflow Waduk Gajah Mungkur menggunakan Metode Extreme Learning Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(8):3237–3246.
- Syamsiah, N. O. and Purwandani, I. (2019). Penerapan Neural Network Untuk Peramalan Data Time Series Univariate Jumlah Wisatawan Mancanegara. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(3):100–106.
- Toron, L. L., Setyawan, Y., and Pratiwi, N. (2022). Perbandingan Extreme Learning Machine dan Double Exponential Smoothing Untuk Meramalkan PDRB di Provinsi NTT. *Jurnal Matematika*, 12(1):34–48.
- Vivek, S. (2022). Introductory Guide on the Activation Functions. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/03/introductory-guide-on-the-activation-functions/>.

- Wati, L. R. S., Cholissodin, I., and Adikara, P. P. (2019). Implementasi Algoritme Extreme Learning Machine (ELM) Untuk Prediksi Harga Emas Bagi Investor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(3):2408–2415.
- Wibawa, A. P., Qonita, A., Dwiyanto, F. A., and Haviluddin (2018). Perbandingan Metode Prediksi pada Bidang Bisnis dan Keuangan. *Prosiding Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 3(1):129–133.
- Wicaksana, A. S., Setiawan, B. D., and Dewi, C. (2019). Klasifikasi Penempatan Siswa di Sekolah Menengah Atas menggunakan Metode Extreme Learning Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(6):5383–5388.
- Widagdo, B., Jihadi, M., Bachitar, Y., Safitri, O. E., and Singh, S. K. (2020). Financial Ratio, Macro Economy, and Investment Risk on Sharia Stock Return. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(12):919–926.
- Widiyanti, M. and Sari, N. (2019). Kajian Pasar Modal Syariah Dalam Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Ekonomikawan: Jurnal Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan*, 19(1):21–30.
- Zhou, Y., Zhou, N., Gong, L., and Jiang, M. (2020). Prediction of Photovoltaic Power Output Based on Similar Day Analysis, Genetic Algorithm and Extreme Learning Machine. *Energy*, 204:1–33.