

PERBANDINGAN *RECURRENT NARX NEURAL NETWORKS* DAN *VECTOR AUTOREGRESSIVE (VAR)* DALAM MEMPREDIKSI KUALITAS UDARA DKI JAKARTA

Skripsi

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer



Septi Lusianna

1313617028

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**







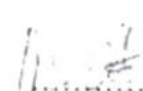
2022

LEMBAR PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI

PERBANDINGAN *RECURRENT NARX NEURAL NETWORKS* DAN *VECTOR AUTOREGRESSIVE (VAR)* DALAM MEMPREDIKSI KUALITAS UDARA DKI JAKARTA

Nama : Septi Lusianna

No. Registrasi : 1313617028

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: <u>Prof. Dr. Muktiningsih N, M.Si.</u> NIP. 196405111989032001		6 September 2022
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: <u>Dr. Esmar Budi, S.Si., MT.</u> NIP. 197207281999031002		6 September 2022
Ketua	: <u>Ir. Fariani Hermin Indiyah, MT.</u> NIP. 196002111987032001		18 Agustus 2022
Sekretaris	: <u>Ari Hendarno, S.Pd., M.Kom.</u> NIP. 198811022022031002		24 Agustus 2022
Penguji	: <u>Ria Arafiyah, M.Si.</u> NIP. 197511212005012004		23 Agustus 2022
Pembimbing I	: <u>Med Irzal, M.Kom.</u> NIP. 197706152003121001		24 Agustus 2022
Pembimbing II	: <u>Muhammad Eka Suryana, M.Kom.</u> NIP. 198512232012121002		24 Agustus 2022

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal: 15 Agustus 2022

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Perbandingan *Recurrent NARX Neural Networks* dan *Vector Autoregressive (VAR)* dalam Memprediksi Kualitas Udara DKI Jakarta”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Ilmu Komputer Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 5 Agustus 2022



Septi Lusianna



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Septi Lusianna
NIM : 1313617028
Fakultas/Prodi : MIPA / Ilmu Komputer
Alamat email : septilusianna19@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

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

yang berjudul :

Perbandingan Recurrent NARX Neural Networks dan Vector Autoregressive
(VAR) dalam Memprediksi Kualitas Udara DKI Jakarta

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, 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 Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta 6 September 2022

Penulis

(Septi Lusianna)
nama dan tanda tangan

ABSTRAK

SEPTI LUSIANNA. Perbandingan *Recurrent NARX Neural Networks* dan *Vector Autoregressive (VAR)* dalam Memprediksi Kualitas Udara DKI Jakarta. Skripsi, Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Agustus 2022.

Pencemaran udara dapat menyebabkan dampak terhadap kesehatan manusia bahkan memberikan efek dalam jangka waktu yang lebih lama, khususnya di wilayah DKI Jakarta yang merupakan wilayah metropolitan terbesar di Asia Tenggara. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksikan kualitas udara di DKI Jakarta dengan mengimplementasikan model *Recurrent NARX Neural Networks* dan *Vector Autoregressive (VAR)* serta mengevaluasi kedua model tersebut. Penulis melibatkan parameter PM10, CO2, SO2, NO2, dan O3 serta membuat lima model untuk lima lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) di DKI Jakarta yaitu DKI1 yang berlokasi di Bundaran HI, DKI2 yang berlokasi di Kelapa Gading, DKI3 yang berlokasi di Jagakarsa, DKI4 yang berlokasi di Lubang Buaya, dan DKI5 yang berlokasi di Kebon Jeruk. Dua arsitektur NARX dibandingkan terlebih dahulu untuk menemukan arsitektur NARX terbaik, yaitu arsitektur *Unbalance NARX* yang kontribusi *input order* dan *output order*-nya tidak seimbang, dan *Multivariable NARX* yang melatih masing-masing parameter ISPU secara terpisah. Arsitektur NARX terbaik kemudian dibandingkan dengan VAR dan didapatkan hasil bahwa lokasi SPKU DKI1 dan DKI2 menghasilkan *F1 score* yang lebih baik jika menggunakan *Multivariable NARX*, sedangkan hasil *F1 score* untuk lokasi SPKU DKI3, DKI4, dan DKI5 mengalami penyimpangan dari rata-rata pola data yang tersedia. DKI1 menghasilkan nilai presisi 89.64% dan *recall* 80.1% dengan *Multivariable NARX* dan DKI2 menghasilkan nilai presisi 87.96% dan *recall* 81.17% dengan *Multivariable NARX*.

Kata kunci. *Data Time Series, Recurrent Neural Network, Unbalance NARX, Multivariable NARX.*

ABSTRACT

SEPTI LUSI ANNA. Comparison of Recurrent NARX Neural Networks and Vector Autoregressive (VAR) in Predicting DKI Jakarta Air Quality. Thesis, Computer Science Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta. August 2022.

Air pollution can have an impact on human health and even have an effect in the longer term, especially in the DKI Jakarta area, the largest metropolitan area in Southeast Asia. This study aims to predict air quality in DKI Jakarta by implementing the Recurrent NARX Neural Networks and Vector Autoregressive (VAR) models and evaluating both models. This study involves the PM10, CO2, SO2, NO2, and O3 parameters and makes five models for five locations of the Air Quality Monitoring Station in DKI Jakarta, namely DKII located at Bundaran HI, DKI2 located in Kelapa Gading, DKI3 located in Jagakarsa, DKI4 located in Lubang Buaya, and DKI5 located in Kebon Jeruk. Two NARX architectures were compared first to find the best NARX architecture, namely the Unbalance NARX architecture where the input order and output order contributions are not balanced, and the Multivariable NARX which trains each ISPU parameter separately. The best NARX architecture is then compared with VAR and the results show that DKII and DKI2 locations produce better F1 scores when using Multivariable NARX while the F1 score results for DKI3, DKI4, and DKI5 locations deviate from the average data pattern which is available. DKII produces 89.64% precision and 80.1% recall with Multivariable NARX and DKI2 produces 87.96% precision and 81.17% recall with Multivariable NARX.

Keywords. Time Series Data, Recurrent Neural Network, Unbalance NARX, Multivariable NARX.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di Program Studi Ilmu Komputer Universitas Negeri Jakarta dengan judul “Perbandingan *Recurrent NARX Neural Networks* dan *Vector Autoregressive (VAR)* dalam Memprediksi Kualitas Udara DKI Jakarta”. Selama penulis melakukan penelitian, banyak pihak-pihak yang telah membantu penulis untuk menghadapi hambatan-hambatan yang telah terjadi. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian penelitian ini, khususnya kepada:

1. Bapak Med Irzal, M.Kom sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan berbagai masukan dan saran serta membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Muhammad Eka Suryana, M.Kom sebagai Dosen Pembimbing II yang telah membimbing serta memberikan saran kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Ibu Ir. Fariani Hermin Indiyah, M.T selaku Koordinator Program Studi Ilmu komputer FMIPA UNJ yang telah memberikan arahan serta mendorong penulis untuk segera menyelesaikan penelitian ini.
4. Seluruh Bapak-Ibu Dosen Program Studi Ilmu komputer FMIPA UNJ yang telah memberikan ilmu serta bimbingan selama penulis berkuliah di Ilmu Komputer FMIPA UNJ.
5. Teman-teman Mahasiswa Ilmu Komputer FMIPA UNJ angkatan 2017 atas dukungan dan kebersamaannya selama 5 tahun terakhir.
6. Seluruh pihak yang selama ini telah membantu baik secara materiil maupun non-materiil sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

Dalam penulisan laporan penelitian ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan yang harus diperbaiki. Segala bentuk masukan baik kritik

maupun saran akan dengan senang hati penulis terima sehingga dapat membantu menyempurnakan penulisan laporan penelitian ini agar lebih baik lagi. Semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat serta membantu menambah wawasan dan pengetahuan bagi para pembaca.

Jakarta, 5 Agustus 2022

Septi Lusianna



DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
A. <i>Data Mining</i>	7
B. <i>Data Runtun Waktu (Time Series)</i>	9
C. <i>Recurrent NARX Neural Networks</i>	11
D. <i>Vector Autoregressive (VAR)</i>	22
E. <i>Presisi dan Recall</i>	26
F. <i>Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)</i>	27
BAB III DESAIN MODEL.....	30
A. Karakteristik Data	30
B. Pengolahan Data.....	39
C. <i>Model Recurrent NARX Neural Networks</i>	41
1. <i>Arsitektur Unbalance NARX</i>	43
2. <i>Arsitektur Multivariable NARX</i>	44
D. <i>Model Vector Autoregressive (VAR)</i>	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49

A. Hasil Pengolahan Data	49
B. Pengujian Parameter NARX Terbaik	52
C. Pengujian <i>Unbalance</i> NARX dan <i>Multivariable</i> NARX	54
D. Pengujian NARX dan VAR	56
1. Skenario 1: Data Latih Tahun 2018	57
2. Skenario 2: Data Latih Tahun 2019	58
3. Skenario 3: Data Latih Tahun 2020	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
A. Kesimpulan	61
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	67
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>Data Mining</i>	7
Gambar 2.2 Contoh Visualisasi Data <i>Time Series</i>	9
Gambar 2.3 Contoh Visualisasi Data <i>Time Series</i> yang Stasioner	11
Gambar 2.4 Ilustrasi Aliran Sinyal dalam <i>Neural Network</i>	12
Gambar 2.5 Struktur Jaringan <i>Rosenblatt Perceptron</i>	13
Gambar 2.6 Struktur Jaringan <i>Multilayer Perceptron</i>	15
Gambar 2.7 Arsitektur Jaringan <i>Hopfield</i>	18
Gambar 2.8 Ilustrasi <i>Feedback</i> Jaringan <i>Hopfield</i>	19
Gambar 2.9 Contoh Arsitektur <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN)	20
Gambar 2.10 Contoh Arsitektur <i>Recurrent NARX Neural Network</i>	21
Gambar 3.1 Pratinjau Data ISPU DKI Jakarta	31
Gambar 3.2 Uji Korelasi Parameter di DKI1 (Bundaran HI)	32
Gambar 3.3 Uji Korelasi Parameter di DKI2 (Kelapa Gading)	32
Gambar 3.4 Uji Korelasi Parameter di DKI3 (Jagakarsa)	33
Gambar 3.5 Uji Korelasi Parameter di DKI4 (Lubang Buaya)	34
Gambar 3.6 Uji Korelasi Parameter di DKI5 (Kebon Jeruk)	34
Gambar 3.7 Hasil Uji T Semua Parameter ISPU	35
Gambar 3.8 Pratinjau Data di SPKU DKI1 (Bundaran HI)	36
Gambar 3.9 Pratinjau Data di SPKU DKI2 (Kelapa Gading)	36
Gambar 3.10 Pratinjau Data di SPKU DKI3 (Jagakarsa)	37
Gambar 3.11 Pratinjau Data di SPKU DKI4 (Lubang Buaya)	37
Gambar 3.12 Pratinjau Data di SPKU DKI5 (Kebon Jeruk)	38
Gambar 3.12 Alur Pengolahan Data	39
Gambar 3.13 Alur Pemodelan <i>Recurrent NARX Neural Networks</i>	41
Gambar 3.14 Pembagian Data Model dan Target	42
Gambar 3.15 Arsitektur <i>Unbalance NARX</i>	43
Gambar 3.16 Arsitektur <i>Unbalance NARX</i>	44
Gambar 3.17 Alur Pemodelan <i>Vector Autoregressive</i>	46
Gambar 4.1 Data ISPU Setelah Dilakukan Pengolahan Data	51
Gambar 4.2 <i>Plot</i> Nilai Error <i>Unbalance NARX</i> terhadap <i>Epoch</i>	53
Gambar 4.3 <i>Plot</i> Nilai Error <i>Multivariable NARX</i> terhadap <i>Epoch</i>	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Univariate</i> Time Series Data.....	10
Tabel 2.2 <i>Multivariate</i> Time Series Data.....	10
Tabel 2.3 Batas Masing-Masing Parameter ISPU dalam SI	28
Tabel 2.4 Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).....	28
Tabel 3.1 Kolom Data Indeks Standar Pencemar Udara DKI Jakarta	30
Tabel 4.1 Jumlah Baris Kosong	49
Tabel 4.2 Hasil Uji ADF	49
Tabel 4.3 Jumlah <i>Hidden Nodes</i> Terbaik.....	52
Tabel 4.4 Jumlah <i>Input Order</i> dan <i>Output Order</i> Terbaik.....	54
Tabel 4.5 Parameter yang Akan Digunakan untuk Pengujian NARX.....	55
Tabel 4.6 Hasil Pengujian NARX.....	55
Tabel 4.7 Parameter Pengujian NARX dan VAR.....	56
Tabel 4.8 Hasil Pengujian dengan Data Latih Tahun 2018	57
Tabel 4.9 Hasil Pengujian dengan Data Latih Tahun 2019	58
Tabel 4.10 Hasil Pengujian dengan Data Latih Tahun 2020	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I.	Hasil Pengujian <i>Hidden Nodes</i> Terbaik	67
Lampiran II.	Hasil Pengujian <i>Lag</i> Terbaik	69
Lampiran III.	<i>Source Code Unbalance</i> NARX	70
Lampiran IV.	<i>Source Code Multivariable</i> NARX	73
Lampiran V.	<i>Source Code Main</i>	79

