

DISERTASI

**MODEL ANALISIS SPEKTRAL CAMPURAN DAN
PENDEKATAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK OF LONG
SHORT-TERM MEMORY* UNTUK PEMANTAUAN
INDEKS KUALITAS AIR (IKA) SUNGAI**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Doktor Ilmu Teknik,
Bidang Ilmu Teknik Informatika**



**IKA OKTAVIANI
NIM. 03013682025004**

**PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK
PROGRAM DOKTOR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**MODEL ANALISIS SPEKTRAL CAMPURAN DAN
PENDEKATAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK OF LONG
SHORT-TERM MEMORY* UNTUK PEMANTAUAN
INDEKS KUALITAS AIR (IKA) SUNGAI**

LAPORAN DISERTASI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Doktor Ilmu Teknik
Bidang Ilmu Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Diusulkan Oleh:

IKA OKTAVIANTI

NIM. 03013682025004

Telah Disetujui

Pada Tanggal

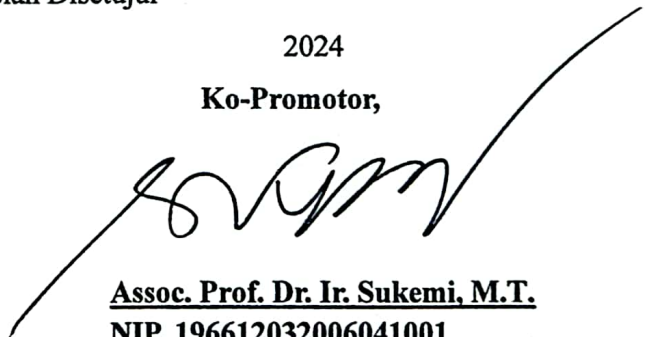
2024

Promotor,

Ko-Promotor,



Prof. Dr. Yusuf Hartono, M.Sc.
NIP. 196411161990031002



Assoc. Prof. Dr. Ir. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

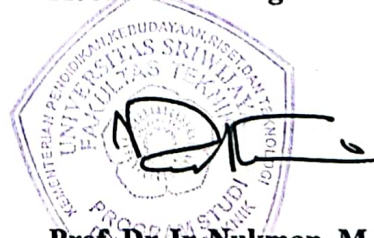
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Koordinator Program Studi



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002



Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

HALAMAN PERSETUJUAN

Dengan ini menyatakan bahwa disertasi Ika Oktavianti yang berjudul "MODEL ANALISIS SPEKTRAL CAMPURAN DAN PENDEKATAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK OF LONG SHORT-TERM MEMORY* UNTUK PEMANTAUAN INDEKS KUALITAS AIR (IKA) SUNGAI" telah dipertahankan di hadapan sidang ujian tertutup Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya pada tanggal 05 Juli 2024.

Palembang, Juli 2024

Ditandatangani oleh Tim Penguji,




Ketua Tim Penguji:

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T, M.T, IPM.
NIP. 197502112003121002

()

Anggota Tim Penguji:

1. Prof. Dr. rer. Nat. Achmad Benny Mutiara, Q. N.
NIDN/NIDK. 0322036702
2. Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si.
NIP. 197101291994121001
3. Dian Palupi Rini, S.Si., M.Kom., P.hD.
NIP. 197802232006042002

()
()
()

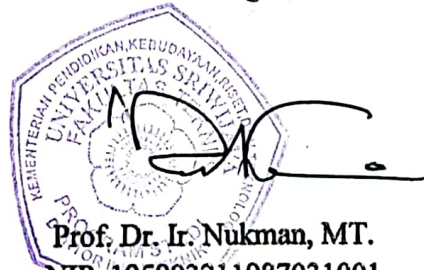
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706131995121002

Koordinator Program Studi



Prof. Dr. Ir. Nukman, MT.
NIP. 195903211987031001

PERNYATAAN ORISINALITAS/ PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Ika Oktavianti
NIM : 03013682025004
Judul : Model Analisis Spektral Campuran dan Pendekatan *Convolutional Neural Network of Long Short-Term Memory* Untuk Pemantauan Indeks Kualitas Air (IKA) Sungai

Dengan ini Saya menyatakan keaslian disertasi ini. Disertasi ini dibimbing oleh seorang Promotor dan satu Ko-Promotor serta tidak melibatkan plagiarisme. Jika ditemukan adanya plagiarisme dalam disertasi ini, Saya bersedia menerima sanksi akademik apapun sesuai dengan regulasi yang telah ditetapkan Universitas Sriwijaya atas konsekuensinya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Palembang, Juli 2024
Yang Menyatakan,



Ika Oktavianti
NIM. 03013682025004

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR ISTILAH	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah	8
1.3. Tujuan	9
1.4. Batasan Masalah	9
1.5. Manfaat	10
1.6. Kebaharuan	10
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. <i>State of the Art</i>	11
2.2. Indeks Kualitas Air (IKA)	17
2.3. Analisis Spektral.....	24
2.4. Analisis Spektral Campuran.....	25
2.5. Citra Landsat.....	26
2.6. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	30
2.7. <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	33
2.8. <i>Convolutional of Long Short-Term Memory (ConvLSTM)</i>	35
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1. Lokasi Penelitian	39
3.2. Waktu Penelitian.....	44
3.3. Alat	44
3.4. Kerangka Penelitian	44
3.5. Metode Penelitian	46

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1 Pengambilan Data Lapangan.....	55
4.2 Penentuan Data Satelit.....	58
4.3 Pengambilan Data Satelit Landsat 8 OLI/ TIRS	61
4.4 Standarisasi Spektral	62
4.5 Analisis Spektral Campuran	71
4.6 Ekstraksi Model Prediksi ASC Pendekatan ConvLSTM	77
4.7 Hasil Model Prediksi dengan Pendekatan ConvLSTM.....	79
4.8 Sistem Informasi Spektral IKA Sungai	89
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	94
DAFTAR LAMPIRAN	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Perubahan Nilai IKA di Provinsi Sumatera Selatan.....	3
Gambar 1.2.	Metode Pengambilan Sampel Air Sungai di Kabupaten Muratara	4
Gambar 1.3.	<i>Box Plot</i> untuk rata-rata parameter kualitas air yang diperkirakan dengan model ConvLSTM untuk Danau Dongping dari Tahun 2013 hingga 2018.....	7
Gambar 2.1.	Ilustrasi Proses Operasi Konvolusi	31
Gambar 2.2.	Ilustrasi Proses <i>Max Pooling</i>	32
Gambar 2.3.	Arsitektur <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	35
Gambar 2.4.	Perubahan Gambar 2D menjadi Tensor 3D.....	37
Gambar 2.5.	<i>Inner Structure of ConvLSTM</i>	37
Gambar 2.6.	<i>ConvLSTM Network Structure</i>	38
Gambar 3.1.	Peta Wilayah Kabupaten Muratara.....	39
Gambar 3.2.	Peta Titik Pantau Sungai di Kabupaten Muratara.....	41
Gambar 3.3.	Kerangka Penelitian (<i>Framework</i>).....	45
Gambar 3.4.	Metode atau Tahapan Penelitian.....	47
Gambar 3.5.	Metode Agile.....	53
Gambar 4.1.	Proses Pengambilan Sampel Air Sungai.....	55
Gambar 4.2.	Grafik Nilai Konsentrasi TSS dari Tahun 2021 – 2023....	57
Gambar 4.3.	Pencarian Kode Lokasi Melalui USGS <i>Earth Explorer</i> ...	59
Gambar 4.4.	Formulir Kerja Tanda Terima Data dari BRIN.....	62
Gambar 4.5.	Hasil Standarisasi Spektral Campuran Model Band 345...	64
Gambar 4.6.	Hasil Standarisasi Spektral Model Band 345 Tahun 2021..	66

Gambar 4.7.	Hasil Standarisasi Spektral Campuran Model Band 234...	68
Gambar 4.8.	Hasil Standarisasi Spektral Status Pencemaran Model Band 234 Tahun 2021.....	70
Gambar 4.9.	Peta Spektral Hasil ASC Model Band 345.....	72
Gambar 4.10.	Grafik ASC Model Band 345.....	74
Gambar 4.11.	Peta Spektral Hasil ASC Model Band 234.....	75
Gambar 4.12.	Grafik ASC Model Band 234.....	76
Gambar 4.13.	Dataset untuk Pemodelan ConvLSTM.....	77
Gambar 4.14.	Bagan Tahapan Model Prediksi ASC dengan ConvLSTM	79
Gambar 4.15.	Dataset Water Quality Index.....	81
Gambar 4.16.	Data <i>Interpolation Method</i>	83
Gambar 4.17.	Perubahan Konsentrasi <i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	84
Gambar 4.18.	Distribusi <i>Mean Squared Error (MSE)</i> terhadap 8 Parameter Wajib Kualitas Air	85
Gambar 4.19.	Distribusi MSE dalam bentuk histogram.....	85
Gambar 4.20.	Pelatihan model ConvLSTM	86
Gambar 4.21.	Model Prediksi ConvLSTM	86
Gambar 4.22.	<i>Time Series Plot</i> Model ConvLSTM DO Observasi dan Prediksi	87

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Kategori Indeks Kualitas Air dengan Metode CCME...	2
Tabel 2.1.	Penelitian terdahulu yang telah melakukan ASC dan pendekatan <i>ConvLSTM</i>	12
Tabel 2.2.	Status Mutu Air dengan Metode Storet.....	19
Tabel 2.3.	Penentuan Sistem Menentukan Status Mutu Air dengan Metode Storet.....	23
Tabel 2.4.	Kategori Status Indeks Pencemar.....	24
Tabel 2.5.	Perbandingan Band Landsat 7 dan 8.....	27
Tabel 2.6.	<i>Operational Land Imager (OLI)</i> dan <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i>	29
Tabel 3.1.	Lokasi Titik Pantau di Kabupaten Musi Rawas Utara.....	42
Tabel 3.2.	Titik Koordinat Titik Pantau Sungai di DAS Muratara.....	43
Tabel 4.1.	Hasil Indeks Kualitas Air Kabupaten Muratara Tahun 2021 - 2023.....	58
Tabel 4.2.	Kode Waktu Data Landsat 8 OLI/TIRS Kebutuhan Penelitian.....	60
Tabel 4.3.	Data Landsat 8 OLI/TIRS dari BRIN.....	61
Tabel 4.4.	Sepuluh Klaster Warna Hasil <i>Stretch</i> Data Landsat.....	63
Tabel 4.5.	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 345 Tahun 2021.....	65
Tabel 4.6.	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 234 Tahun 2021.....	69
Tabel 4.7.	Tabel Pengujian <i>K-Fold Cross Validation</i>	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Indeks Kualitas Air (IKA) di Indonesia Tahun 2011 - 2017.....	100
Lampiran 2	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 345 Tahun 2021.....	102
Lampiran 3	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 345 Tahun 2022.....	103
Lampiran 4	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 345 Tahun 2023.....	104
Lampiran 5	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 234 Tahun 2021.....	105
Lampiran 6	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 234 Tahun 2021.....	106
Lampiran 7	Hasil Pengolahan Data Landsat 8 OLI/TIRS Model <i>Band</i> 234 Tahun 2023.....	107
Lampiran 8	Menu Pada Sistem Pemantauan IKA Sungai.....	108
Lampiran 9	<i>Flowchart</i> User Pada Sistem Pemantauan IKA Sungai....	110
Lampiran 10	<i>Flowchart</i> User Admin.....	111

DAFTAR ISTILAH

1	ASC	: Analisis Spektral Campuran
2	AoI	: <i>Area of Interest</i>
3	BLUD	: Badan Layanan Umum Daerah
4	BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
5	BPS	: Badan Pusat Statistik
6	CCME	: <i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i>
7	CEEMDAN	: <i>Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition Algorithm with Adaptive Noise</i>
8	Chl-a	: <i>Chlorophyll-a</i>
9	CNN	: <i>Convolutional Neural Network</i>
10	COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
11	ConvLSTM	: <i>Convolutional Neural Network of Long Short-Term Memory</i>
12	DAS	: Daerah Aliran Sungai
13	DL	: <i>Deep Learning</i>
14	DO	: <i>Dissolved Oxygen</i>
15	E-Coli	: <i>Fecal Coliform</i>
16	FAI	: <i>Floating Algal Index</i>
17	FFT	: <i>Fast Fourier Transform</i>
18	IKA	: Indeks Kualitas Air
19	IKLH	: Indeks Kualitas Lingkungan Hidup
20	ILWIS	: <i>Integrated Land and Water Information System</i>
21	IP	: Indeks Pencemar
22	IPA	: Indeks Pencemaran Air
23	LHU	: Laporan Hasil Uji
24	LSMA	: <i>Linear Spectral Mixture Analysis</i>
25	LSTM	: <i>Long Short-Term Memory</i>
26	MSE	: <i>Mean Squared Error</i>
27	Muratara	: Musi Rawas Utara
28	NDSSI	: <i>Normalized Difference Suspended Sediment Index</i>
29	NIR	: <i>Near Infrared</i>

30	NO ₃ -N	:	Nitrat
31	NSMI	:	<i>Normalized Suspended Material Index</i>
32	OLI	:	<i>Operational Land Imager</i>
33	ORPA	:	Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa
34	pH	:	<i>Potential of Hydrogen</i>
35	<i>r</i>	:	Koefisien Korelasi
36	ReLU	:	<i>Rectified Linear Unit</i>
37	RGB	:	<i>Red, Green, Blue</i>
38	roi	:	<i>region of interest</i>
39	RMSE	:	<i>Root Mean Squared Error</i>
40	RNN	:	<i>Reccurent Neural Network</i>
41	SABI	:	<i>Surface Algal Bloom Index</i>
42	SOP	:	<i>Standard Operational Procedures</i>
43	SWIR	:	<i>Short Wave Infrared</i>
44	TIRS	:	<i>Thermal Infrared Sensor</i>
45	TN	:	Total Nitrogen
46	TP	:	Total Phospat
47	TSS	:	<i>Total Suspended Solid</i>
48	UNICEF	:	<i>United Nations International Children's Emergency Fund</i>
49	UPT	:	Unsur Pelaksana Teknis
50	USGS	:	<i>United States Geological Survey</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan hal yang sangat penting untuk makhluk hidup dan kualitas air yang baik merupakan salah satu pilar dari 17 Pilar *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang ditetapkan oleh PBB. Salah satu cara untuk memberi gambaran kualitas suatu badan air adalah dengan memberikan indeks, yang dikenal secara umum sebagai Indeks Kualitas Air (IKA). Indeks Kualitas Air telah diterapkan untuk mengkategorikan kualitas air yaitu sangat baik, baik, buruk, dan lain-lain. Terapan ini berguna untuk menyimpulkan kualitas air bagi masyarakat dan pengambil kebijakan di wilayah terkait (Arjun dkk., 2021). IKA pertama kali dikembangkan oleh Horton berdasarkan perhitungan aritmatika tertimbang. Horton menetapkan beberapa kriteria dalam menentukan IKA, antara lain Jumlah variabel harus dibatasi agar indeks dapat diaplikasikan; variabel yang dipilih harus bersifat signifikan; variabel yang dimasukkan hanyalah variabel dimana data untuknya tersedia atau dapat diperoleh (Horton, 1965).

Berdasarkan hal tersebut diatas, menurut tren, Indeks Pencemaran Air (IPA) mempunyai kriteria apabila nilai indeks meningkat/ tinggi maka tingkat pencemaran juga meningkat sedangkan untuk IKA mempunyai kriteria apabila nilai indeks menurun/ rendah maka tingkat pencemaran meningkat/ tinggi. Dalam rangka penyederhanaan indeks, maka istilah IKA menjadi lebih umum digunakan dan dapat mencakup keduanya (IPA dan IKA). Menurut *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME), nilai IKA dapat dinilai dari bagaimana tingkat pencemaran air di suatu wilayah dengan 5 (lima) kategori status seperti yang tertera pada Tabel 1.1. dibawah ini (Yuda dkk, 2018).

Tabel 1.1. Kategori Indeks Kualitas Air dengan Metode CCME

IKA	Status	Kualitas
95 – 100	Sangat Baik	Kualitas air terlindungi dengan anggapan tidak adanya ancaman dan gangguan. Nilai indeks ini dapat diperoleh apabila semua pengukuran sama sepanjang waktu
80 - 94	Baik	Kualitas air terlindungi dengan anggapan tingkat ancaman dan gangguan kecil, kondisi jarang menyimpang dari tingkat alami atau yang diinginkan.
65 – 79	Cukup	Kualitas air biasanya terlindungi namun kadang-kadang mengalami ancaman dan gangguan, kondisi terkadang menyimpang dari tingkat alami dan yang diinginkan.
45 – 64	Kurang	Kualitas air sering terancam dan terganggu, kondisi sering menyimpang dari tingkat alami dan yang diinginkan.
0 - 44	Buruk	Kualitas air hampir selalu terancam dan terganggu, kondisi biasanya menyimpang dari tingkat alami dan yang diinginkan.

Sumber: (Yuda dkk, 2018)

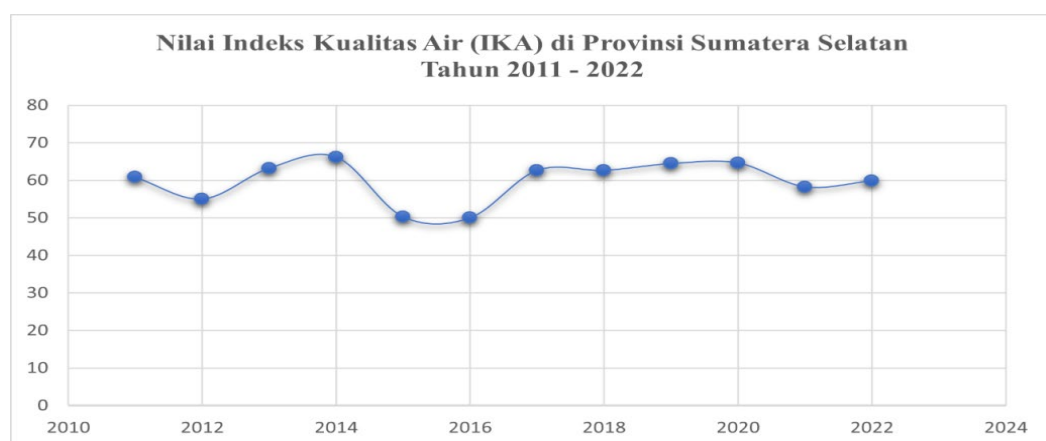
Terdapat 8 (delapan) paramater wajib sebagai komponen perhitungan IKA yaitu Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS), derajat keasaman (pH), konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD), konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), konsentrasi *Total Phospat*, konsentrasi *Fecal Coliform (E-Coli)* dan konsentrasi Nitrat (NO₃-N) (Kepmen LH, 2003). Data Badan Pusat Statistik (BPS) di Tahun 2021 mencatat sebanyak 80,29% rumah tangga di Indonesia sudah punya *septic tank*, namun limbah dibuang ke lingkungan. Disisi lain, jumlah pelanggan instalasi pengolah terpusat baru mencapai 138.519 sambungan rumah. Hal ini menyebabkan daya tampung beban pencemar sungai terlewati (Khoirul, 2022).

Kemajuan teknologi saat ini menuntut untuk dapat menyajikan data dan informasi yang mudah untuk dipahami masyarakat. Hal ini dikarenakan penggunaan teknologi dalam pengolahan data dan informasi dapat membantu pengambilan keputusan dan pencapaian target menjadi lebih efektif dan efisien. Berdasarkan fenomena-fenomena yang terjadi di Indonesia saat ini, data dan

informasi terkait dengan IKA sungai menjadi sangat diperlukan dalam mengidentifikasi air sungai yang tercemar. Penggunaan IKA dapat mempermudah penentuan kualitas air sungai serta mempermudah dalam pemberian informasi kepada pihak yang membutuhkan (Enda dan Oki, 2019). Pemantauan kualitas air secara teratur merupakan suatu upaya untuk memastikan air yang digunakan aman dan sehat bagi manusia dan lingkungan.

Data IKA yang tersedia saat ini masih berupa data tabular per tahun sesuai dengan rilis data dari BPS. Indeks Kualitas Air untuk Provinsi Sumatera Selatan di tahun 2017 adalah sebesar 63,81. Nilai IKA ini lebih tinggi dibandingkan dengan IKA Nasional yaitu sebesar 53,20. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pencemaran air di Provinsi Sumatera Selatan tergolong rendah dibandingkan dengan nasional.

Indeks Kualitas Air di Provinsi Sumatera Selatan adalah salah satu indikator untuk menentukan Nilai Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). Hal ini tertuang didalam Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2022, yaitu pada Rencana Strategis Urusan Lingkungan Hidup, Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Provinsi Sumatera Selatan.



Sumber: LKJIP Prov. Sumsel

Gambar 1.1. Perubahan Nilai IKA di Provinsi Sumatera Selatan

Berdasarkan data IKA di 17 Provinsi di Indonesia dari tahun 2011 – 2022, Skor IKA Provinsi Sumatera Selatan lebih baik dibandingkan dengan skor nasional

(Gambar 1.1 berdasarkan lampiran 1). Tercatat nilai IKA berada pada kategori status kurang baik setiap tahunnya, dengan nilai IKA dibawah 65 yang berarti kualitas air sering terancam dan terganggu, kondisi sering menyimpang dari tingkat alami dan yang diinginkan. Namun, pada tahun 2014 yaitu kategori IKA cukup baik dengan nilai sebesar 66,19. Kategori IKA cukup baik ini, menurut metode CCME dapat diartikan bahwa kualitas air biasanya terlindungi namun kadang-kadang mengalami ancaman dan gangguan, kondisi terkadang menyimpang dari tingkat alami dan yang diinginkan.

Pada studi kasus penelitian ini, data IKA masih dilakukan secara manual, dengan cara mengambil sampel air Sungai di 30 titik pantau sungai di Kabupaten Musi Rawas Utara (Muratara). Selanjutnya sampel akan dibawa ke laboratorium untuk mendapatkan hasil dari delapan parameter wajib untuk menghitung IKA Sungai. Untuk mendapatkan hasil dari laboratorium, membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang besar. Adapun data yang didapat belum memproyeksikan secara visual dengan tambahan panjang gelombang dan gradasi warna dari satelit. Metode pengambilan sampel air sungai dapat dilihat pada Gambar 1.2. dibawah ini.



Sumber: DLHP Kabupaten Muratara, 2022

Gambar 1.2. Metode Pengambilan Sampel Air Sungai di Kabupaten Muratara

Berdasarkan masalah diatas, maka diperlukan suatu metode yang bisa mengatasi masalah-masalah tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan dan

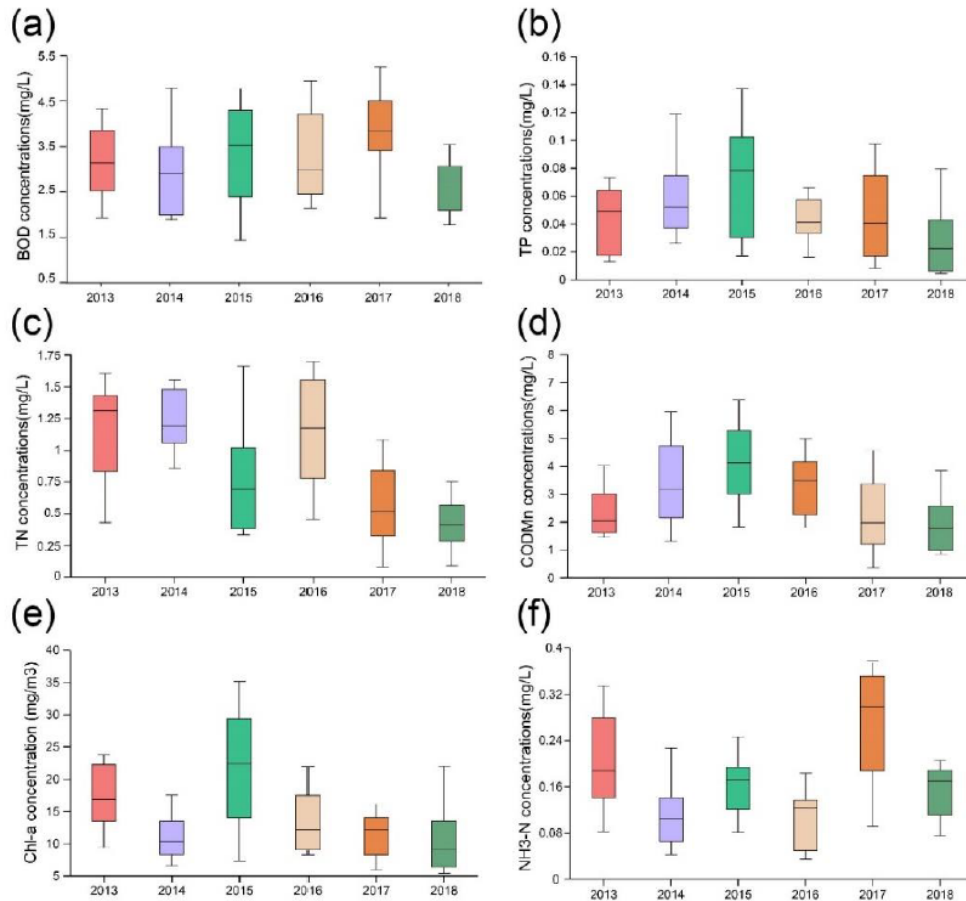
sudah pernah dilakukan sebelumnya adalah metode Analisis Spektral Campuran (ASC) dengan pendekatan *deep learning* (DL), yaitu *Convolutional Neural Network of Long Short-Term Memory* (ConvLSTM).

Penelitian mengenai pemanfaatan pendekatan DL – ConvLSTM serta analisis spektral dalam mengidentifikasi dan mengekstraksi informasi mengenai kualitas air sudah pernah dilakukan. Salah satu penelitian yang menggunakan ConvLSTM bertujuan mensimulasikan kualitas air termasuk Total Nitrogen, Total Fosfor, dan Total Karbon Organik. Lokasi penelitian berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) Nakdong, Korea Selatan. Data ketinggian air dan kualitas air di DAS Nakdong masing-masing dikumpulkan dari Sistem Informasi Manajemen Sumber Daya Air dan Informasi Kualitas Air *Real-Time*. Citra radar curah hujan dan informasi operasi bendungan muara juga dikumpulkan dari Administrasi Meteorologi Korea. Pada penelitian ini CNN digunakan untuk mensimulasikan ketinggian air dan LSTM digunakan untuk kualitas air. Studi ini mengungkapkan bahwa kinerja model CNN dengan LSTM berada dalam kisaran "sangat baik" dengan di atas nilai efisiensi *Nash-Sutcli* sebesar 0,75 dan bahwa model tersebut dengan baik mewakili variasi temporal dari polutan di DAS Nakdong. Disimpulkan bahwa pendekatan yang diusulkan dalam penelitian ini terbatas dapat digunakan untuk mensimulasikan ketinggian air dan kualitas air secara akurat (Sang-Soo Baek et al., 2020).

Penelitian lainnya tentang penggunaan algoritma ConvLSTM untuk pemetaan potensi air tanah di Anseong, Korea Selatan. Empat belas faktor terkait potensi air tanah digunakan dalam penelitian ini seperti faktor topo-hidrologi dan geo-lingkungan untuk menentukan korelasi spasial dengan data produktivitas air tanah yang tinggi. Validasi model dievaluasi menggunakan metode analisis kurva karakteristik operasi penerima (ROC). Area di bawah kurva ROC (AUC) dihitung untuk menguji model. Wawasan hidrologi baru untuk wilayah tersebut: Hasilnya menunjukkan akurasi yang baik, karena nilai AUC semuanya lebih tinggi dari 0,8. Penelitian ini menunjukkan peta potensi air tanah yang dihasilkan oleh ConvLSTM dapat digunakan untuk menganalisis wilayah yang berpotensi menyediakan air tanah di Anseong, Korea Selatan. Studi ini dapat membantu lingkungan setempat

untuk mengelola sumber daya air tanah dan membantu perencana pembangunan dan pengambil keputusan dalam perencanaan keberlanjutan air tanah (Wahyu dkk, 2022).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menggabungkan teknik penginderaan jauh dan observasi lapangan untuk meningkatkan penilaian kualitas air. Namun, estimasi indikator nonoptik yang sensitif terhadap perubahan lingkungan air belum sepenuhnya dipelajari, terutama karena hubungan nonlinier yang kompleks antara nilai yang diamati dan reflektansi permukaan. Dalam studi ini, diterapkan pendekatan DL baru yang didorong oleh serangkaian sifat spektral untuk mengambil perubahan variabel kualitas air selama 6 tahun, yaitu Chl-a, BOD, TN, CODMn, NH₃-N, dan TP, pada setiap bulan antara tahun 2013 dan 2018 di Danau Dongping, sebuah danau yang disita yang terletak di Sungai Kuning di Tiongkok. Aritmatika pita digunakan untuk menghitung 26 prediktor dari citra Landsat 8 OLI untuk masukan model. Hasilnya secara umum menunjukkan kesesuaian yang kuat antara variabel danau turunan in-situ dan ConvLSTM, menghasilkan R^2 sebesar 0,92, 0,88, 0,84, 0,80, 0,83, dan 0,77 untuk TN, NH₃-N, CODMn, Chl-a, TP, dan BOD, yang menyarankan kinerja yang baik dari model yang dikembangkan. Kemudian digunakan analisis statistik untuk mengidentifikasi heterogenitas spasial dan temporal. Temuan-temuan ini menyoroti perlunya tindakan yang dapat ditindaklanjuti untuk mengatasi kelebihan polutan prioritas (TN dan TP) selama transfer air. Hasilnya juga membuktikan kegunaan teknik pembelajaran mendalam dan penginderaan jauh dalam sistem pemantauan kualitas air. Alur kerja yang ada mungkin berfungsi sebagai metode berbiaya rendah namun efektif untuk memperkirakan polutan konvensional di Danau Dongping. Kerangka kerja yang ditetapkan dalam penelitian ini dapat diterapkan dalam pemantauan kualitas air yang efektif dan berfungsi sebagai alat yang mengkhawatirkan dalam pengelolaan lingkungan air di perairan danau pedalaman yang kompleks (Hanwen *et al.*, 2022).



Sumber: (Hanwen et al., 2022)

Gambar 1.3. *Box Plot* untuk rata-rata parameter kualitas air yang diperkirakan dengan model ConvLSTM untuk Danau Dongping dari Tahun 2013 hingga 2018: (a) BOD dalam mg/L, (b) TP, (c) TN dalam mg/L, (d) CODMn dalam mg/L, (e) Chl-a dalam mg/m³ dalam mg/L dan (f) NH₃-N dalam mg/L. Garis tengah kotak menunjukkan median; bagian bawah dan atas kotak masing-masing mewakili kuartil atas dan bawah

Penelitian pemanfaatan citra Landsat 8 OLI telah dilakukan sebelumnya untuk mengidentifikasi lahan pertanian tercemar limbah B3 dengan metode ASC. Pada penelitian ini, digunakan data citra Landsat 8 OLI, serta data pengamatan dilapangan dengan spectrometer. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sebesar 7,4 ha atau 0,44% lahan pertanian di Kecamatan Telukjambe, Kabupaten Karawang, Jawa Barat tercemar limbah. Namun, penyebaran sampel dari spectrometer belum merata sehingga akurasi masih rendah dan analisis belum terlalu mendalam (Indrajid dan Sari, 2018).

Penelitian terkait penggunaan data spectral Landsat juga pernah dilakukan

dengan metode berbeda. Penelitian ini terkait *suspense* sedimen dengan mengembangkan persamaan *Normalized Difference Suspended Sediment Index* (NDSSI). NDSSI dibangun dengan menggunakan data landsat menggunakan kepekaan *band* biru dan NIR. Penelitian ini digunakan di Sungai Mississippi (Hossain et al., 2010). Selain itu, pernah dilakukan penelitian oleh Montalvo (2011) yang mengembangkan persamaan baru dalam mengestimasi material tersuspensi dalam perairan, yaitu *Normalized Suspended Material Index* (NSMI). Pengembangan persamaan ini berdasarkan prinsip yaitu air yang menunjukkan nilai pantulan tertinggi pada *band* biru pada *band* tampak dan pengaruh adanya material tersuspensi yang meningkatkan nilai pantulan spektral pada *band* hijau dan merah pada *band* tampak (Montalvo, 2011).

Beberapa penelitian diatas menjelaskan bahwa analisis spektral memungkinkan untuk dilakukan pengukuran multi parameter kualitas air tanpa perlu pengambilan sampel secara langsung (manual). Analisis spektral juga memiliki metode pengukuran yang lengkap untuk *forecasting* yaitu temporal periodik dan spesifik lokasi dengan resolusi yang tinggi serta bisa memilih waktu pengambilan data spektralnya. Metode ASC dengan pendekatan ConvLSTM yang dilakukan pada penelitian ini dipercaya akan membuat suatu kombinasi yang baik dalam mengukur IKA di Indonesia. Hasil pemodelan akan dikumpulkan pada suatu sistem informasi. Sistem informasi yang mencakup data atribut dan data spasial yang memudahkan *user* dalam mengakses data. Berdasarkan fenomena-fenomena dan penelitian-penelitian terdahulu, maka penelitian ini akan melakukan Model ASC dan Pendekatan *ConvLSTM* untuk Pemantauan IKA sungai.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang bisa dijelaskan pada penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana proses standarisasi data in-situ dan data spectral Landsat 8 untuk pemantauan IKA Sungai?
2. Apakah penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya menggunakan analisis spektral dan pendekatan CNN-LSTM memperhatikan data 8 parameter wajib

pencemaran air dalam memantau IKA Sungai?

3. Bagaimana metode pemodelan pemantauan IKA Sungai dengan menggunakan ASC dan pendekatan ConvLSTM?
4. Apakah metode pemantauan IKA Sungai menggunakan Model ASC dan pendekatan ConvLSTM dapat memenuhi tingkat akurasi prediksi IKA Sungai?
5. Apakah model yang dihasilkan dari ASC dan pendekatan ConvLSTM dapat digunakan untuk memantau IKA Sungai?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini meliputi 2 hal, yaitu:

1. Untuk mendapatkan hasil standarisasi data in-situ dengan data spektral landsat 8 OLI/ TIRS.
2. Untuk mendapatkan hasil ASC dengan pendekatan ConvLSTM dengan menggunakan 8 parameter wajib air.
3. Untuk mendapatkan metode pemodelan pemantauan IKA Sungai dengan menggunakan ASC dan pendekatan ConvLSTM.
4. Untuk menghasilkan model Pemantauan IKA Sungai dengan Metode ASC dan Pendekatan *ConvLSTM*.
5. Untuk menghasilkan *database* spektral IKA sungai dengan pemodelan ASC pendekatan ConvLSTM menggunakan Aplikasi *Geographic Information System* (GIS) berbasis *Website*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan pemantauan IKA Sungai yang meliputi 8 (delapan) parameter wajib sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, terdiri dari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS), derajat keasaman (pH), konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD), konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), konsentrasi *Total Phospat*, konsentrasi

Fecal Coliform dan konsentrasi Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dengan Metode ASC dan Pendekatan *ConvLSTM*.

2. Menemukan model pemantauan IKA sungai dengan metode ASC dan Pendekatan *ConvLSTM* terhadap baku mutu air pada 30 titik pantau sungai di Kabupaten Muratara pada Tahun 2021 – 2023 yang hasilnya dapat di *scale up* dan diadopsi oleh daerah-daerah lain yang memiliki kondisi yang sama.

1.5. Manfaat

1. Memudahkan dalam mengidentifikasi kondisi baku mutu air dengan membandingkan gelombang spektral parameter standar dengan gelombang spektral hasil analisis spasial pada lokasi titik pantau.
2. Status IKA sungai dapat diprediksi tanpa harus melakukan *ground check* dan pengambilan sampel di titik pantau sehingga efektif dan efisien.
3. Menghasilkan model pemantauan IKA sungai dengan metode ASC dan pendekatan *ConvLSTM*.
4. Hasil Penelitian dapat digunakan sebagai rujukan nasional yang memiliki permasalahan dan kondisi serupa dengan objek penelitian

1.6. Kebaharuan (*Novelty*)

Kebaharuan yang bisa dihasilkan oleh penelitian ini antara lain:

1. Menghasilkan model pemantauan IKA sungai dengan metode ASC dengan Pendekatan *ConvLSTM*.
2. Menghasilkan *spektrum database* yang dapat digunakan sebagai *baseline* pemantauan sungai-sungai tidak hanya di Provinsi Sumatera Selatan, namun juga di seluruh Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Mujahid. H, dkk. *Monitoring Kekeruhan Muara Sungai dengan Analisis Citra Satelit dan Korelasinya dengan Curah Hujan (Studi Kasus Sungai Krueng Aceh)*. Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, Volume 19, Nomor 3, Oktober 2022, P-ISSN: 1819-796X, E-ISSN: 2541-1713, doi: 10.20527/flux19i3.14062.
- Al Mukmin, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap distribusi suhu permukaan dan keterkaitannya dengan fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 224-233.
- A. K. M. A. Hossain, Jia, Y., & Chao, X. (2010, September). Development of Remote Sensing Based Index for Estimating/ Mapping Suspended Sediment Concentration in River and Lake Environments. In *Proceedings of 8th international symposium on ECOHYDRAULICS (ISE 2010)* (Vol. 435, pp. 578-585).
- Ariodamar. R dan Gunawan, T. (2014). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Kualitas Air Waduk Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat.
- Arjun. R, Tiwari. SK, Pandey. HK dkk. (2021). Penilaian kualitas air tanah menggunakan indeks kualitas air (WQI) berdasarkan kerangka GIS. *Aplikasi Ilmu Air* 11, 46. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01376-7>.
- Barzegar, R., Aalami, M.T. & Adamowski, J. (2020). Short-term water quality variable prediction using a hybrid CNN–LSTM deep learning model. *Stoch Environ Res Risk Assess* 34, 415–433. <https://doi.org/10.1007/s00477-020-01776-2>
- Dyah Susilokarti, dkk. (2016). Analisis Spektral Dalam Penentuan Periodisitas Siklus Curah Hujan di Wilayah Selatan Jatiluhur, Kabupaten Subang, Jawa Barat. *Agritech*, Vol. 36, No. 1.
- Dragos-Paul. P and A. Altar. (2014). Designing an MVC Model for Rapid Web Application Development. *24th DAAAM International Symposium on*

- Intelligent Manufacturing and Automation 2013: Procedia Engineering* 69 (2014), pp. 1172-1179, doi: 10.1016/j.proeng.2014.03.106
- E. K. Sari dan O. E. Wijaya. (2019). Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Indeks Pencemaran dan Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai Ogan Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, volume 17, issue 3: 486-491.
- Ganny. I & Dewi. K.S. (2018). Pemanfaatan Citra Landsat 8 OLI untuk Identifikasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah B3 dengan Metode Analisis Spektral Campuran. *Indonesian Journal of Geospatial*, 5 (2).
- Hanwen. Z; Xue, B.; Wang, G.; Zhang, X.; Zhang, Q. (2002). Deep Learning-Based Water Quality Retrieval in an Impounded Lake Using Landsat 8 Imagery: An Application in Dongping Lake. *Remote Sens.* 14, 4505. <https://doi.org/10.3390/rs14184505>.
- Hossein. G and H. Khosravi, "Pooling Methods in Deep Neural Networks, a Review," *arXiv*, 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2009.07485>.
- Horton, RK (1965) Sistem Nomor Indeks untuk Penilaian Kualitas Air. *Jurnal Federasi Pengendalian Pencemaran Air*, 37, 300-306.
- Id, Ibnu. (2011). Framework CodeIgniter – Panduan dan Best Practice. *Leanpub*. https://www.researchgate.net/publication/317069471_Framework_Codeigniter_-_Panduan_dan_Best_Practice.
- Igwe, P. U., Chukwudi, C. C., Ifenatuorah, F. C., Fagbeja, I. F., & Okeke, C. A. 2017. *A review of environmental effects of surface water pollution*. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(12), 237340.
- Imam, S *dkk.* (2017). Studi Pengukuran (BOD Dan TSS) Di Kawasan Lumpur Lapindo Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *JFLS* Vol 1 No 2: 43 – 48.
- Jian. S, Li X, Zhang M, Wang Z-L. (2021). Comparison of Forecasting Models for Real-Time Monitoring of Water Quality Parameters Based on Hybrid Deep Learning Neural Networks. *Water*. 13 (11) : 1547. <https://doi.org/10.3390/w13111547>.

- Masykur, HZ, dkk. (2018). Analisis Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode STORET Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus: Dua Aliran Sungai di Kecamatan Tembilahan Hulu, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau). *Dinamika Lingkungan Indonesia*, Juli 2018, Volume 5, Nomor 2, p.84-96 ISSN 2356-2226.
- Mazin. A. M *et al.*, (2021). A Comprehensive Investigation of Machine Learning Feature Extraction and Classification Methods for Automated Diagnosis of COVID-19 based on X-ray Images. *Comput. Mater. Contin.* vol. 66, no. 3, pp. 3289–3310. doi: 10.32604/cmc.2021.012874.
- Meidi Arisalwadi, dkk. (2017). Analisis Spektral dan Waveform Cross Correlation Tremor Vulkanik Gunungapi Bromo Jawa Timur Pada Letusan Tahun 2016. *Natural B*, Vol. 4, No. 1, April 2017.
- Mohammed. N and Basirian, S. (2023). Evaluation of RiverWater Quality Index Using Remote Sensing and Artificial Intelligence Models. *Remote Sens*, 15, 2359. <https://doi.org/10.3390/rs15092359>.
- Nikita. R, 01 November 2022. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6381238/70-persen-air-indonesia-tercemar-tinja-ini-penjelasan-pakar-unair>. *Detik Edu*, diakses tanggal 18 Juni 2023.
- Nugroho, K. (2016). Analisis Spektral Campuran Linier Untuk Kajian Pengaruh Perubahan Komposisi Fraksi Penutup Lahan Terhadap Suhu Permukaan Objek Studi Kasus: Pemanfaatan Citra Landsat Multitemporal di Kota Semarang. *Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan. 2021.
- Prodia Occupational Health Indonesia, 28 Maret 2023, <https://prodiaohi.co.id/mengkaji-kualitas-air-di-indonesia>, diakses tanggal 18 Juni 2023.
- Rikiya. Y, M. Nishio, R. K. G. Do, and K. Togashi, 2018. “Convolutional Neural Networks: An Overview and Its Applications in Pattern Recognition,” *Insights Imaging*, vol. 9, no. 4, pp. 21–30, 2018, doi: 10.1007/978-981-15-7078-0_3.

- Sang-Soo.B, et al. (2020). Prediction of Water Level and Water Quality Using a CNN-LSTM Combined Deep Learning Approach. *Water* 2020, 12, 3399; doi:10.3390/w12123399.
- Saraswati, Aviaska Wienda. 24 Maret 2023. “Hari Air Sedunia: Seberapa Bagus Kualitas Air Sedunia?” *Green Info*, <https://greeneration.org/publication/green-info/hari-air-sedunia-kualitas-air-indonesia/>. Diakses tanggal 18 Juni 2023.
- Sayidah. S, Pasaribu, J. M., Haryani, N. S. (2014). Deteksi daerah tercemar lumpur asam menggunakan data Landsat 7 ETM berdasarkan suhu permukaan tanah. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* 11 (2).
- Shilvina. W. 23 Januari 2023. Indeks Kualitas Air RI Naik pada 2022, Tertinggi dalam 8 Tahun.” <https://dataindonesia.id/energi-sda/detail/indeks-kualitas-air-ri-naik-pada-2022-tertinggi-dalam-8-tahun>. Diakses tanggal 18 Juni 2023.
- Subrato. B, P. Podder, M. R. H. Mondal, and V. B. S. Prasath. (2021). CO-ResNet: Optimized ResNet model for COVID-19 diagnosis from X-ray images,” *Int. J. Hybrid Intell. Syst.*, vol. 17, no. 1–2, pp. 71–85. doi: 10.3233/his-210008.
- Tampanatu, *dkk.* (2022). Pengaruh Aktivitas Pendukung Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jalan Terhadap Kualitas Air Sungai Kema. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 4 (3), 2022, 102-112.
- Taoying. L, M. Wu, and X. Wu, (2020). A hybrid CNN-LSTM model for forecasting particulate matter (PM2.5). *IEEE Access*, vol. 8, pp. 26933–26940.
- Trygve. R. <http://heim.ifi.uio.no/~trygver/themes/mvc/mvc-index.html>.
- University of Twente. 19 Maret 2018. “ILWIS – Remote Sensing and GIS Software”. <https://www.itc.nl/ilwis/>. Diakses tanggal 04 Desember 2023.
- Wahyu. L. H *dkk.* (2022). Convolutional Neural Network and Long Short-Term Memory Algorithms for Groundwater Potential Mapping in Anseong, South Korea. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 39, 100990, ISSN 2214-5818, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.100990>.

- Wei. Y, Akihiko. K. (2016). Toward Circumventing Collinearity Effect in Nonlinear Spectral Mixture Analysis by Using a Spectral Shape Measure. *Advances in Remote Sensing*, 5, 185-193. <http://dx.doi.org/10.4236/ars.2016.53015>.
- Wikipedia. 2023. “Survey Geologi Amerika Serikat”. https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Geological_Survey. Diakses tanggal 4 Desember 2023.
- Wisnu Arya Wardhana. (2004). *Dampak pencemaran lingkungan/ Wisnu Arya Wardhana*. Yogyakarta: Andi.
- Xingjian. S *et al.*, (2015). Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting. *arXiv*: 1506.04214v2 [cs.CV].
- Yi-Cheng. M, T. Y. Chen, H. S. Chou, S. Y. Lin, S. Y. Liu *et al.*, (2021). Caries and restoration detection using bitewing film based on transfer learning with CNNs. *Sensors*, vol. 21, no. 13, pp. 4613.
- Youhui. T. (2020). Artificial Intelligence Image Recognition Method Based on Convolutional Neural Network Algorithm. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 125731–125744. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3006097.
- Yuda. R, *dkk.* (2018). Kajian Penggunaan Metode IP, Storet, Dan CCME WQI Dalam Menentukan Status Kualitas Air. *Spatial Wahana Komunikasi Dan Informasi Geografi*, Vol.18, No.2, September 2018, P-ISSN: 1693 – 1408, E-ISSN: 2580 – 9830.
- Yuan, Zhuoning *et al.* (2018). “Hetero-ConvLSTM: A Deep Learning Approach to Traffic Accident Prediction on Heterogeneous Spatio-Temporal Data.” *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*: n. pag