

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI INDEKS
KUALITAS UDARA (AQI) BERBASIS IOT**

SKRIPSI



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

Disusun oleh:

AGENG PUTRA PRATAMA

09010622001

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

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ageng Putra Pratama
NIM : 09010622001
Program Studi : Sistem Informasi
Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI INDEKS KUALITAS UDARA (AQI) BERBASIS IOT". 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, 7 Januari 2026

Yang menyatakan,



(Ageng Putra Pratama)

NIM 09010622001

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi Oleh:

NAMA : AGENG PUTRA PRATAMA

NIM : 09010622001

JUDUL : PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI INDEKS
KUALITAS UDARA (AQI) BERBASIS IOT.

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 11 Desember 2025

Dosen Pembimbing 1



(Muhammad Andik Izzuddin, MT)
NIP. 198403072014031001

Dosen Pembimbing 2



(Subhan Nboriansyah, M.Kom)
NIP. 199012282020121010

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Ageng Putra Pratama ini telah
dipertahankan di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 7 Januari 2026

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



Mujib Bidwan, M.T
NIP 198604272014031004

Penguji II



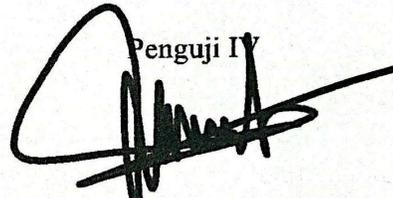
Dr. Moch. Yasin, M.Kom, M.B.A
NIP 198808302014031001

Penguji III



M. Andik Izzuddin, M.T
NIP 198403072014031001

Penguji IV



Subhan Nooriansyah, M.Kom
NIP 199012282020121010

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI



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 : Ageng Putra Pratama
NIM : 09010622001
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Sistem Informasi
E-mail address : agengputrapratama@gmail.com

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

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

yang berjudul :

PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI INDEKS KUALITAS

UDARA (AQI) BERBASIS IOT

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, 11 Januari 2026

Penulis

(Ageng Putra Pratama)

ABSTRAK

PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI INDEKS KUALITAS UDARA (AQI) BERBASIS IOT

Oleh:

Ageng Putra Pratama

Polusi udara merupakan permasalahan lingkungan yang berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat, khususnya di wilayah perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan kualitas udara secara real-time berbasis Internet of Things (IoT) serta mengembangkan model prediksi Indeks Kualitas Udara (Air Quality Index/AQI) sebagai sistem peringatan dini jangka pendek. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor gas MQ-135 dan sensor suhu serta kelembaban DHT22 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Data lingkungan dikirimkan ke server cloud menggunakan protokol MQTT untuk pemantauan dan pengolahan data.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan model Physics-Guided Neural Network (AirPhyNet) untuk memprediksi kualitas udara hingga 72 jam ke depan dengan mengintegrasikan prinsip fisika atmosfer ke dalam fungsi kerugian jaringan saraf. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode *evolutionary prototyping* dalam dua iterasi, yaitu stabilisasi akuisisi data sensor dan integrasi model prediksi. Pengujian menggunakan dataset Jakarta Air Quality periode 2010–2025 dan data sensor real-time menunjukkan bahwa sistem memiliki latensi rata-rata 2,3 detik, dengan kinerja prediksi model menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,57 dan MAE sebesar 0,40. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan physics-guided layak diterapkan pada sistem IoT berbiaya rendah untuk pemantauan dan mitigasi risiko kualitas udara.

Kata kunci: kualitas udara, Internet of Things, AQI, Physics-Guided Neural Network

ABSTRACT

DESIGN OF AN IOT-BASED AIR QUALITY INDEX (AQI) MONITORING AND PREDICTION SYSTEM

By:

Ageng Putra Pratama

Air pollution poses significant risks to public health, especially in urban areas. This study aims to develop a real-time Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system and a short-term Air Quality Index (AQI) prediction model. The system integrates an MQ-135 gas sensor and a DHT22 temperature and humidity sensor with an ESP32 microcontroller, transmitting environmental data to a cloud server via the MQTT protocol.

The novelty of this research lies in the application of a Physics-Guided Neural Network (AirPhyNet) to predict air quality up to 72 hours ahead by embedding atmospheric physical principles into the model loss function. The system is developed using an evolutionary prototyping approach consisting of sensor data stabilization and predictive model integration. Experimental results using the Jakarta Air Quality dataset (2010–2025) and real-time sensor data show an average system latency of 2.3 seconds, with the prediction model achieving an R^2 value of 0.57 and an MAE of 0.40. These results demonstrate the feasibility of physics-guided approaches in low-cost IoT-based air quality monitoring systems.

Keywords: air quality, Internet of Things, AQI prediction, Physics-Guided Neural Network

DAFTAR ISI

SKRIPSI	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
UCAPAN TERIMAKASIH	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu	7
2.2 Teori Dasar	9
2.2.1 Polusi Udara	9
2.2.2 Partikel Halus	10
2.2.3 Indeks Kualitas Udara	10
2.2.4 Internet of Things (IoT)	11
2.2.5 Mikrokontroler ESP32	12
2.2.6 Sensor Kualitas Udara MQ-135	13
2.2.7 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22	15
2.2.8 Protokol MQTT	16
2.2.9 Arduino IDE	18

2.2.10 Model Kecerdasan Buatan untuk Prediksi Kualitas Udara	18
2.2.11 Next JS	20
2.2.12 Unified Modelling Language	21
2.2.13 Prototipe	22
2.3 Integrasi Keilmuan	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Alur Penelitian	25
3.1.1 Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan	26
3.1.2 Perancangan Sistem	27
3.1.3 Implementasi dan Pembuatan Prototipe	29
3.1.4 Pengujian dan Validasi	30
3.1.5 Analisis Akhir dan Pelaporan	33
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	34
BAB IV Hasil dan Pembahasan	35
4.1 Definisi Kebutuhan	35
4.2 Proses Perancangan Sistem	39
4.2.1 Arsitektur Sistem End to End	40
4.2.2 Perancangan IoT	41
4.2.3 Perancangan Dashboard	43
4.2.4 Perancangan Model Prediksi	48
4.3 Implementasi Sistem	50
4.3.1 Implementasi Perangkat Keras	50
4.3.2 Implementasi Dashboard	53
4.3.3 Implementasi Model Prediksi	54
4.4 Pengujian dan Evaluasi Sistem	58
4.4.1 Pengujian Sensor Hardware	58
4.4.2 Pengujian Kinerja Prediksi AQI	60
4.4.3 Pengujian Sistem IoT End to End	62
4.5 Operasional dan Maintenance Sistem	65
BAB V Penutup	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2. 2 Indeks Kulaitas Udara.....	11
Tabel 2. 3 Datasheet ESP32 (expresif.com).....	13
Tabel 2. 4 Datasheet MQ135 (olimex.com).....	15
Tabel 2. 5 Datasheet DHT22 (sparkfun.com).....	16
Tabel 3. 1 Pengujian Non Fungsional kinerja dan reliabilitas	31
Tabel 3. 2 Pengujian Fungsional Grey Box	32
Tabel 4. 1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	35
Tabel 4. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	36
Tabel 4. 3 Kebutuhan Fungsional Sistem	36
Tabel 4. 4 Kebutuhan Non-Fungsional Sistem	38
Tabel 4. 5 Konfigurasi Pin	50
Tabel 4. 6 Fungsi Akuisisi Data Sensor	51
Tabel 4. 7 Fungsi Payload MQTT.....	53
Tabel 4. 8 Konfigurasi Arsitektur Airphynet	57
Tabel 4. 9 Standar Deviasi	59
Tabel 4. 10 Pengujian Kinerja Model	60
Tabel 4. 11 Pengujian Fungsional Greybox.....	62
Tabel 4. 12 Pengujian Non Fungsional.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Microcontoller ESP32 Sumber: (Pratama and Kiswantono, 2023)..	12
Gambar 2. 2 Sensor MQ135 Sumber: (Suharso, Hendartono and Supriyadi, 2024)	
.....	14
Gambar 2. 3 Sensor DHT22 Sumber: (Amaliah et al., 2025).....	15
Gambar 2. 4 Protokol MQTT Sumber:(Vaccari, Aiello and Cambiaso, 2020)	17
Gambar 2. 5 Prototipe Sumber:(Harpad, Salmon and Saputra, 2022).....	22
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	26
Gambar 3. 2 Block Diagram	27
Gambar 3. 3 Arsitektur Controller	28
Gambar 4. 1 Proses Bisnis	39
Gambar 4. 2 Arsitektur sistem	40
Gambar 4. 3 Wiring Diagram.....	41
Gambar 4. 4 Flow Node Red.....	42
Gambar 4. 5 Struktur Navigasi	43
Gambar 4. 6 Use Case.....	44
Gambar 4. 7 Activity Diagram Scan QR	45
Gambar 4. 8 Sequence Diagram Access QR.....	46
Gambar 4. 9 Class Diagram	47
Gambar 4. 10 Perancangan Model	49
Gambar 4. 11 Rangkaian Fisik Sensor.....	51
Gambar 4. 12 Implementasi MQTT.....	52
Gambar 4. 13 Tampilan UI Dashboard.....	54
Gambar 4. 14 Chart Train Loss History.....	56
Gambar 4. 15 Chart Prallel Coordination	56
Gambar 4. 16 Respons Sensor	59
Gambar 4. 17 Visualisasi Ground Truth	61

DAFTAR PUSTAKA

- Alves, E. *et al.* (2025) “FreeRTOS Application in a Real-Time Air Quality Monitoring Architecture for Smart Campus,” *IEEE Latin America Transactions*, 23(4), pp. 266–273. Available at: <https://doi.org/10.1109/TLA.2025.10930347>.
- Amaliah, W. *et al.* (2025) “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis Arduino Uno pada Kumbang Jamur Merang,” *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, 11(1), pp. 91–102. Available at: <https://doi.org/10.29303/jstl.v11i1.758>.
- Ameer, S. *et al.* (2019) “Comparative Analysis of Machine Learning Techniques for Predicting Air Quality in Smart Cities,” *IEEE Access*, 7, pp. 128325–128338. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2925082>.
- Banciu, C., Florea, A. and Bogdan, R. (2024) “Monitoring and Predicting Air Quality with IoT Devices,” *Processes*, 12(9), p. 1961. Available at: <https://doi.org/10.3390/pr12091961>.
- Budianto, H. and Sumanto, B. (2024) “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruang Berbasis Internet of Things,” *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 5(1), p. 9. Available at: <https://doi.org/10.22146/juliet.v5i1.87423>.
- Carbone, J.C. and Shen, Y. (2020) “Assessing the Benefits of Air-Quality Improvements in General Equilibrium: A Review,” *International Review of Environmental and Resource Economics*, 14(1), pp. 1–36. Available at: <https://doi.org/10.1561/101.00000113>.
- Chadalavada, S. *et al.* (2025) “Application of artificial intelligence in air pollution monitoring and forecasting: A systematic review,” *Environmental Modelling & Software*, 185, p. 106312. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106312>.
- Conforti, P.M. *et al.* (2025) “Empowering traditional ensemble learning through feature learning and wavelet transforms for environmental analysis,” *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1109/TAI.2025.3611909>.
- Gangwar, A. *et al.* (2023) “The State-of-the-Art in Air Pollution Monitoring and Forecasting Systems Using IoT, Big Data, and Machine Learning,” *Wireless Personal Communications*, 130(3), pp. 1699–1729. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11277-023-10351-1>.
- Garcia, A. *et al.* (2025) “Advancements in air quality monitoring: a systematic review of IoT-based air quality monitoring and AI technologies,” *Artificial*

Intelligence Review, 58(9), p. 275. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11277-9>.

Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B. and Balali-Mood, M. (2016) "Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran," *Journal of Research in Medical Sciences*, 21(1). Available at: <https://doi.org/10.4103/1735-1995.189646>.

Gordon, V.S. and Bieman, J.M. (1995) "Rapid prototyping: lessons learned," *IEEE Software*, 12(1), pp. 85–95. Available at: <https://doi.org/10.1109/52.363162>.

Hakim, A. (2025) "PANDANGAN ISLAM TERHADAP PENCEMARAN LINGKUNGAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT."

Hanafi, R., Haq, A. and Agustin, N. (2024) "Comparison of Web Page Rendering Methods Based on Next.js Framework Using Page Loading Time Test," *Teknika*, 13(1), pp. 102–108. Available at: <https://doi.org/10.34148/teknika.v13i1.769>.

Harpad, B., Salmon, S. and Saputra, R.M. (2022) "SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DI KAWASAN INDUSTRI DENGAN NODEMCU ESP32 BERBASIS IOT," *Jurnal Informatika Wicida*, 12(2), pp. 39–47. Available at: <https://doi.org/10.46984/inf-wcd.1955>.

Hettige, K.H. *et al.* (2024) "AirPhyNet: Harnessing Physics-Guided Neural Networks for Air Quality Prediction." arXiv. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.03784>.

Hornos, M.J. and Quinde, M. (2024) "Development methodologies for IoT-based systems: challenges and research directions," *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 10(3), pp. 215–244. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40860-024-00229-9>.

Joksimovic, S. *et al.* (2023) "Opportunities of artificial intelligence for supporting complex problem-solving: Findings from a scoping review," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, p. 100138. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100138>.

Ketter, W., Schroer, K. and Valogianni, K. (2023) "Information Systems Research for Smart Sustainable Mobility: A Framework and Call for Action," *Information Systems Research*, 34(3), pp. 1045–1065. Available at: <https://doi.org/10.1287/isre.2022.1167>.

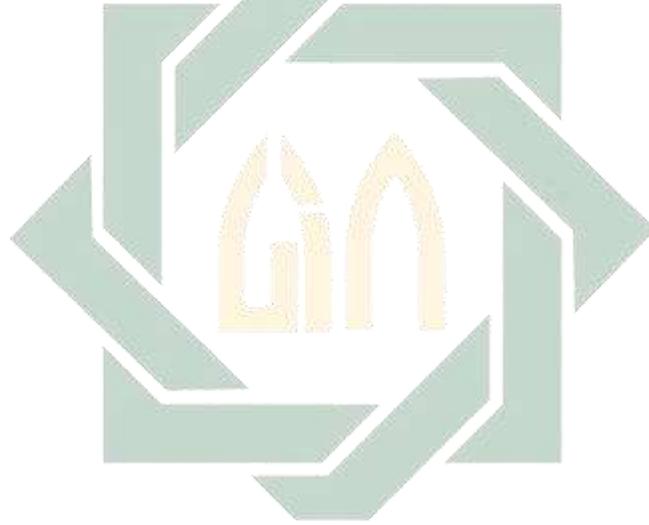
Lestari, R.A. and Pangaribuan, H. (2025) "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN BERBASIS ARDUINO," 12.

- Manisalidis, I. *et al.* (2020) “Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review,” *Frontiers in Public Health*, 8, p. 14. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>.
- Muttaqin, R. *et al.* (2024) “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135,” *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(2), pp. 102–115. Available at: <https://doi.org/10.14710/jplp.6.2.102-115>.
- Nugroho, E.P. *et al.* (2025) “Pemodelan Sistem Monitoring Kualitas Udara Pintar Berbasis Internet of Things dengan Pendekatan Machine Learning,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 12(2), pp. 469–480. Available at: <https://doi.org/10.25126/jtiik.2025129195>.
- Pratama, E.W. and Kiswantono, A. (2023) “Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime,” *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 7(2), pp. 1273–1284. Available at: <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v7i2.21>.
- Rahman, Md.M. *et al.* (2024) “AirNet: predictive machine learning model for air quality forecasting using web interface,” *Environmental Systems Research*, 13(1), p. 44. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40068-024-00378-z>.
- Rifzikka, S.A. (2024) “STUDI ANALISIS TAFSIR SURAH AR-RUM AYAT 41 TENTANG KERUSAKAN LINGKUNGAN,” *Journal of Islamic Studies and Humanities*, 9(2), pp. 254–298. Available at: <https://doi.org/10.21580/jish.v9i2.23659>.
- Rosa-Bilbao, J. *et al.* (2025) “IoT-Based Indoor Air Quality Management System for Intelligent Education Environments,” *IEEE Internet of Things Journal*, 12(11), pp. 18031–18041. Available at: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2025.3539886>.
- Shinde, U.G. *et al.* (2025) “Task-Specific Energy Profiling for Microcontroller Selection in Energy-Autonomous Wireless Sensor Nodes,” *IEEE Sensors Journal*, pp. 1–1. Available at: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2025.3609827>.
- Suharso, A.R., Hendartono, A. and Supriyadi, S. (2024) “Characteristics of the MQ-135 Sensor for Testing Medium Speed Ship Engine Exhaust Gases,” *Advance Sustainable Science Engineering and Technology*, 6(3), p. 0240310. Available at: <https://doi.org/10.26877/asset.v6i3.615>.
- Tang, W. *et al.* (2025) “Disproportionately large impacts of wildland-urban interface fire emissions on global air quality and human health,” *Science Advances*, 11(11), p. eadr2616. Available at: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adr2616>.

Vaccari, I., Aiello, M. and Cambiaso, E. (2020) “SlowITe, a Novel Denial of Service Attack Affecting MQTT,” *Sensors*, 20(10), p. 2932. Available at: <https://doi.org/10.3390/s20102932>.

Waworundeng, J. (2023) “Design Prototype Detector of Temperature, Humidity, and Air Quality using Sensors, Microcontrollers, Solar Cells, and IoT,” *CogITO Smart Journal*, 9(2), pp. 411–421. Available at: <https://doi.org/10.31154/cogito.v9i2.542.411-421>.

Yildiz, O. and Sucuoglu, H.S. (2025) “Development of Real-Time IoT-Based Air Quality Forecasting System Using Machine Learning Approach,” *Sustainability*, 17(19), p. 8531. Available at: <https://doi.org/10.3390/su17198531>.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A