

Journal of INFRASTRUCTURE POLICY AND MANAGEMENT

Infrastructure Provision for Public Services

Pemilihan Pusat Pertumbuhan Baru pada Daerah Mitra Ibu Kota Nusantara: Studi Kasus Kecamatan Penajam
Miswar Ariansyah, Nadia Almira Jordan, Arief Hidayat, Rahmat Aris P. 97-110

Efektivitas Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau Wisdom Park UGM bagi Pemulihan Urban Stress di Yogyakarta
Rissa Arfani, Jeki Trimarstuti 111-124

Efisiensi Penggunaan CBC Calculator sebagai Alat Bantu Pengukuran Produktivitas Metode Crew Balance Chart
Muhammad Abdul Aziz, Redityo Januardi, Muhammad Syaiful Aliim 125-138

Increasing Urban Flood Challenges: Spatial Analysis of the 2024 Flood in Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia
Arif Rohman, Trisya Septiana, Dikpride Despa 139-150

The Alignment of Internal and External Audit Agencies in Administering Public Sector Audits in Indonesia
Maming Genda, Ahmad Yani, Rezky Amalia Syafiin 151-166

Using Geodetic Methods in Road Construction Planning: To What Extent Will It Be Effective?
Zulfikar Adlan Nadzir, Mhd Irfansyah 167-180

Journal of Infrastructure Policy and Management (JIPM) is a multi-disciplinary, double-blind peer-reviewed journal published by the Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute, a think-tank institution under PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia (Persero), Ministry of Finance of the Republic of Indonesia. The journal is dedicated to disseminating high-quality research-based articles and conceptual papers on infrastructure planning, development, policy, and evaluation in Indonesia. The printed version of JIPM was first launched in July 2018. The journal has been registered at the ISSN Portal with the serial numbers 2599-1086 (printed) and 2656-1778 (online).

Editorial Team

Supervisory Board

Sri Mulyani Indrawati | Ministry of Finance of the Republic of Indonesia

Muhammad Wahid Sutopo | Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute

Chief Editor

Yuki Mahardhito Adhitya Wardhana | Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute / School of Environmental Science, Universitas Indonesia

Associate Editors

Andre Permana | Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute / Faculty of Engineering, Master Program, University of Indonesia

Pratomo Ismujatmika | Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute

Reviewers *(in alphabetical order)*

Andreas Wibowo | Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

Anton Abdul Fatah | Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven), Belgium

Budi Waluyo | Politeknik Keuangan Negara STAN, Tangerang, Indonesia

Danang Parikesit | Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, Indonesia

David Syam Budi Bakroh | University of Helsinki, Finland

Farid Arif Wibowo | Ministry of Finance of the Republic of Indonesia

Hera Widyastuti | Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia

Ilhamdaniah | Universitas Pendidikan Indonesia (UPI), Bandung, Indonesia

Jati Utomo Dwi Hatmoko | Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Matondang Elsa Siburian | Directorate General of Taxes, Ministry of Finance of the Republic of Indonesia

Prita Amalia | Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

Ratna Widianingrum | Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute, Jakarta, Indonesia

Sylvira Ananda Azwar | Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

Taufan Madiasworo | Ministry of Public Works and Housing of the Republic of Indonesia

Widdy Muhammad Sabar Wibawa | Ministry of Finance of the Republic of Indonesia

International Advisory Board

Artidiatun Adji | Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Colin Duffield | University of Melbourne, Melbourne, Australia

Josep Bely Utarja | Universitas Prasetiya Mulia, Banten, Indonesia

Administration and IT Support

Reni Fatimatuz Zahro | Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute

Roihans Muhammad Iqbal | Indonesian Infrastructure Guarantee Fund (IIGF) Institute

Cover Photo:

Shutterstock ID 1133758487 by Akhmad Dody Firmansyah

Standard License, PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia (Persero)

Focus and Scope

Journal of Infrastructure Policy and Management (JIPM) welcomes any articles from various disciplines, such as Public Policy, Urban Planning and Design, Environment and Sustainable Development, Economics and Fiscal Policy, Creative Financing, Taxation and Finance, Law, Engineering, Sociology, and other fields related to infrastructure policy and management. The topics may include but not limited to:

1. Public-Private Partnership for infrastructure development
2. Economic and financial aspects, including creative financing schemes and asset management (funding and investment, taxation, life-cycle cost, risk mitigation and management, cost and budgeting, public private partnership, innovative financing, data management and technology integration, capacity building)
3. Infrastructure policy (governance and public policy innovation, bureaucratic reform, and institutional arrangements)
4. Urban and rural planning (land use, zoning regulation, housing, smart/healthy cities, heritage preservation, ICT for spatial planning and management)
5. Sustainability and waste management (environment, energy, climate change, resource use and efficiency, smart and green technology, city resilience)
6. Law and regulations (contractual agreements, safety regulations, data privacy, cyber security, land use, and zoning regulations)
7. Engineering (design and technical specifications, quality control and assurance, geotechnical issues, material selection and durability, innovative technology, architecture, smart architecture)
8. Community development and social engineering (infrastructure development and social inclusion, community resettlement, community resilience and participation, social justice)
9. Transportation issues (road, railway, seaport, airport)
10. Digital application for infrastructure innovation (artificial intelligence, machine learning, etc.)

Author Guidelines

1. The manuscript is written in Bahasa Indonesia or English.
2. The manuscript is 3500-5000 words (research-based articles) or 2500-3000 words (conceptual papers) in length, excluding abstract and references.
3. The abstract must be provided in Bahasa Indonesia and English, each not exceeding 250 words.
4. References must consist of at least 15 journal articles published in the last 10 years.
5. The manuscript applies in-text citation format with APA 7th edition style. The use of Mendeley referencing tool is highly recommended.
6. The layout, stylistic, and bibliographic arrangements of the manuscript must strictly follow the Article Template.
7. The similarity index is not more than 20%.
8. The submission file is in Microsoft Word (*.doc or *.docx) file format.

Article Processing Charge

Publication in this journal is free of charge. Authors are not required to pay an article submission fee as part of the submission process to contribute to review costs.

The authors submitting a manuscript shall understand that if their article is accepted for publication, the copyright for publishing right of the article shall be assigned/transferred to the publisher of the Journal of Infrastructure Policy and Management (JIPM).

The Editors and the Advisory International Editorial Board make every effort to ensure that no wrong or misleading data, opinions, or statements be published in the journal. In any way, the contents of the articles published in the Journal of Infrastructure Policy and Management (JIPM) are the exclusive responsibility of their respective authors.

Contents

Vol. 07 No. 02, November 2024

Pemilihan Pusat Pertumbuhan Baru pada Daerah Mitra Ibu Kota Nusantara: Studi Kasus Kecamatan Penajam <i>Miswar Ariansyah, Nadia Almira Jordan, Arief Hidayat, Rahmat Aris P.</i>	97-110
Efektivitas Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau Wisdom Park UGM bagi Pemulihan Urban Stress di Yogyakarta <i>Rissa Arfani, Jeki Trimarstuti</i>	111-124
Efisiensi Penggunaan CBC Calculator sebagai Alat Bantu Pengukuran Produktivitas Metode Crew Balance Chart <i>Muhammad Abdul Aziz, Redityo Januardi, Muhammad Syaiful Aliim</i>	125-138
Increasing Urban Flood Challenges: Spatial Analysis of the 2024 Flood in Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia <i>Arif Rohman, Trisya Septiana, Dikpride Despa</i>	139-150
The Alignment of Internal and External Audit Agencies in Administering Public Sector Audits in Indonesia <i>Maming Genda, Ahmad Yani, Rezky Amalia Syafiin</i>	151-166
Using Geodetic Methods in Road Construction Planning: To What Extent Will It Be Effective? <i>Zulfikar Adlan Nadzir, Mhd Irfansyah</i>	167-180

SCAN HERE



Vol. 07 No. 02
November 2024



Pemilihan Pusat Pertumbuhan Baru pada Daerah Mitra Ibu Kota Nusantara: Studi Kasus Kecamatan Penajam

Miswar Ariansyah¹, Nadia Almira Jordan², Arief Hidayat¹, Rahmat Aris Pratomo¹

¹ Perencanaan Wilayah dan Kota, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

² Arsitektur, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

Corresponding author:

Miswar Ariansyah | 08201052@student.itk.ac.id

ABSTRACT

The relocation of Indonesia's Capital City of Nusantara (IKN) represents the government's strategy to reduce regional disparities in the country. Penajam Subdistrict, which directly borders IKN area and serves as one of its partner areas, has significant potential as an economic driver, particularly for food security. Its geographical location gives it agricultural advantages, especially in the plantation subsector, which supports the national agricultural activities as directed by Presidential Regulation No. 63 of 2022. This potential may encourage the establishment of new growth centers that drive the economic sector through their leading plantation commodities. The development of these centers may also generate optimal polarization and downward trickling effects that benefit IKN partner areas. This study aims to identify new growth centers at a micro level in Penajam Subdistrict to support spatial utilization that aligns with IKN needs and sustainable regional development. Employing a quantitative method, this research utilizes centrality and accessibility index analysis as well as Location Quotient (LQ) techniques. The results of the study show that eight villages in Penajam have the potential to become new growth centers and serve as partner areas to IKN.

Keywords: Buffer area; Capital city; Economic driver; New growth center

ABSTRAK

Pemindahan Ibu Kota Nusantara (IKN) merupakan salah satu upaya pemerintah dalam mengurangi ketimpangan wilayah di Indonesia. Kecamatan Penajam, yang berbatasan langsung dengan wilayah IKN dan berperan sebagai salah satu daerah mitra, memiliki potensi besar sebagai penggerak ekonomi, khususnya dalam aspek ketahanan pangan. Kecamatan Penajam menunjukkan potensi tinggi di sektor pertanian, terutama dalam subsektor perkebunan, yang dapat mendukung kegiatan pertanian sesuai dengan arahan Peraturan Presiden Nomor 63 Tahun 2022. Hal ini dapat mendorong pembentukan pusat-pusat pertumbuhan baru yang mampu menggerakkan perekonomian melalui komoditas unggulan di bidang perkebunan tersebut. Efek polarisasi (*polarization effect*) dan efek penetrasi ke bawah (*downward penetration effect*) yang optimal juga diharapkan muncul dari pusat pertumbuhan baru tersebut terutama bagi daerah-daerah mitra IKN. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pusat pertumbuhan baru di Kecamatan Penajam pada skala mikro guna mendukung pemanfaatan ruang yang sejalan dengan kebutuhan IKN dan pertumbuhan wilayah yang berkelanjutan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan teknik analisis indeks sentralitas, aksesibilitas, dan *Location Quotient* (LQ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat delapan desa atau kelurahan di Kecamatan Penajam yang berpotensi menjadi pusat pertumbuhan baru dan berfungsi sebagai daerah mitra IKN.

Kata Kunci: Daerah mitra; Ibu Kota Nusantara (IKN); Penggerak ekonomi; Pusat pertumbuhan baru

ARTICLE HISTORY

Received: May 8, 2024

Revised: July 29, 2024

Published: November 20, 2024

Copyright © 2024, Journal of Infrastructure Policy and Management

CITATION (APA 7TH)

Ariansyah, M., Jordan, N. A., Hidayat, A., & Pratomo, R. A. (2024). Pemilihan pusat pertumbuhan baru pada daerah mitra ibu kota nusantara: Studi kasus kecamatan Penajam. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(2), 97–110. <https://doi.org/10.35166/jipm.v7i2.46>

PENDAHULUAN

Pemindahan Ibu Kota Nusantara (IKN) ke wilayah Kecamatan Sepaku Provinsi Kalimantan Timur merupakan langkah pemerintah untuk mencapai pemerataan wilayah di Indonesia. Upaya ini menjadi strategi dalam merealisasikan target ekonomi nasional dan mempercepat pembangunan kawasan timur melalui proyek IKN (Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara). Dengan demikian, pembangunan IKN menjadi salah satu proyek terbesar dan strategis bagi pemerintah dalam beberapa dekade ke depan.

Pembangunan IKN berpotensi memberikan dampak signifikan bagi kabupaten atau kota di sekitarnya. Seiring pembangunan IKN, fenomena urbanisasi bermunculan sebagai bagian dari pengembangan wilayah baru. Hal ini terlihat, misalnya, pada peningkatan populasi dan kebutuhan infrastruktur di Jawa Barat akibat pemindahan ibu kota (Ningrum *et al.*, 2020) atau munculnya aktivitas baru dalam skala regional pasca perubahan ibu kota Myanmar (Rachmawati *et al.*, 2021). Di sisi lain, kawasan di sekitar IKN juga berpotensi menjadi penggerak ekonomi, khususnya dalam mendukung ketahanan pangan, sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2022 tentang Perincian Rencana Induk Ibu Kota Nusantara.

Kecamatan Penajam, yang merupakan ibu kota Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU), memiliki jumlah penduduk terbesar dengan tingkat pertumbuhan mencapai 2,45 persen pada periode 2012 hingga 2020 (BPS Kabupaten Penajam Paser Utara, 2022). Berbatasan langsung dengan wilayah IKN di Kecamatan Sepaku, Kecamatan Penajam memiliki potensi perpindahan penduduk yang signifikan. Potensi ini semakin besar karena kawasan suburban di Kecamatan Penajam memiliki pusat-pusat aktivitas masyarakat yang lebih banyak (Masterplan Smart City Kabupaten Penajam Paser Utara, 2022).

Selain perpindahan penduduk, Kecamatan Penajam juga berpotensi sebagai penggerak ekonomi, khususnya di sektor pertanian dan subsektor perkebunan (Amaliah *et al.*, 2020). Potensi luasnya sektor perkebunan ini menjadi upaya untuk mempertahankan stabilitas sektor pertanian di PPU yang merupakan sektor ekonomi terbesar kedua dengan kontribusi signifikan dalam perekonomian daerah (Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Penajam Paser Utara, 2018). Pada tahun 2020, sektor pertanian juga menyerap sekitar 40,08% tenaga kerja (BPS Kabupaten Penajam Paser Utara, 2022). Oleh sebab itu, sektor pertanian memiliki potensi pengembangan yang lebih baik dan berkelanjutan dalam mempercepat pertumbuhan ekonomi wilayah.

Melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2022 tentang Perincian Rencana Induk Ibu Kota Nusantara, pemerintah menyatakan bahwa daerah mitra IKN diarahkan menjadi salah satu sumber dukungan untuk sektor pertanian. Sebagai salah satu mitra IKN yang memiliki potensi besar dalam sektor pertanian, Kecamatan Penajam diharapkan mampu membantu menjamin ketersediaan kebutuhan pangan, khususnya di subsektor perkebunan. Dengan rencana pembangunan IKN dan proyeksi pertumbuhan penduduk yang tinggi, peran Kecamatan Penajam dalam menjamin kecukupan pangan sangat penting. Ketersediaan pangan yang memadai dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi. Oleh sebab itu, pengelolaan pangan melalui sektor pertanian menjadi elemen penting dalam penyelenggaraan pemerintahan.

Keberadaan sektor unggulan seperti pertanian dapat menjadi indikator bagi pembentukan pusat pertumbuhan baru sebagai penggerak ekonomi. Penentuan pusat pertumbuhan, menurut beberapa kajian terdahulu, umumnya dilakukan pada tingkat kecamatan atau kabupaten (Gaffara *et al.*, 2015; Maulida *et al.*, 2020; Emalia & Farida, 2018). Sementara itu, studi untuk menentukan pusat pertumbuhan di tingkat yang lebih kecil, seperti desa atau kelurahan, masih jarang dilakukan. Pemahaman akan pembentukan pusat pertumbuhan baru sangat penting, terutama dalam konteks ekonomi dan sosial, karena pusat-pusat pertumbuhan ini diharapkan dapat memberikan efek polarisasi (*polarization effect*) dan efek penetrasi ke bawah (*downward penetration effect*) yang optimal terutama bagi daerah sekitar (Wahyudin, 2022). Efek polarisasi dapat diperkuat dengan adanya aglomerasi kegiatan ekonomi di pusat-pusat tersebut, sementara efek penetrasi ke bawah akan meningkat seiring

daya tarik yang berkembang pada wilayah-wilayah di sekitarnya. Pemilihan lahan optimal untuk pertumbuhan kota di wilayah marginal yang dekat dengan proyek pembangunan berskala besar juga menjadi aspek penting dalam perencanaan tata ruang (Aburas *et al.*, 2017).

Pemindahan IKN bertujuan untuk mengurangi tekanan terhadap Jakarta, mendorong pembangunan daerah yang lebih seimbang, dan menciptakan peluang ekonomi baru. Namun, identifikasi dan pengembangan pusat-pusat pertumbuhan baru di daerah sekitar ibu kota baru sangat penting untuk memastikan manfaat pembangunan ini terwujud dan untuk mengurangi ketimpangan wilayah yang mungkin muncul akibat proyek tersebut. Pemindahan IKN berpotensi memunculkan ketimpangan baru di wilayah sekitarnya (Herdiawan, 2021). Kecamatan Penajam, dengan lokasinya yang dekat dengan ibu kota baru, menjadi kasus menarik untuk dikaji. Sebagian besar penelitian berfokus pada perencanaan tata ruang dan pembangunan infrastruktur di IKN itu sendiri, seperti konsep perencanaan infrastruktur dan evaluasi pengaturan tata ruang (Ridhani *et al.*, 2021; Prawoko *et al.*, 2024; Tukimun *et al.*, 2022), namun perhatian terhadap wilayah-wilayah yang berdekatan, seperti Kecamatan Penajam, masih sangat terbatas.

Oleh sebab itu, kajian mengenai bagaimana perencanaan tata ruang dan pembangunan infrastruktur di wilayah-wilayah mitra IKN, seperti Kecamatan Penajam, yang selaras dengan ibu kota baru sangatlah penting dilakukan. Penelitian ini bertujuan menyediakan dasar yang kuat untuk kebijakan dan strategi pembangunan yang seimbang dan berkelanjutan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi desa atau kelurahan yang memiliki potensi kuat sebagai pusat pertumbuhan baru di tingkat

mikro pada daerah mitra IKN, Kecamatan Penajam, guna mengoptimalkan pemanfaatan ruang dalam mendukung perkembangan ibu kota dan menciptakan pertumbuhan wilayah yang berkelanjutan.

KERANGKA TEORI

Daerah Penyangga

Daerah penyangga (*hinterland*) memainkan peran penting dalam mendukung pengembangan kota utama melalui potensi dan kapasitas yang dimilikinya (Supriyanto *et al.*, 2022). Keterhubungan antara daerah penyangga dan kota utama bersifat timbal balik; pertumbuhan kota utama tidak mungkin tercapai tanpa dukungan dari daerah penyangga, sementara perkembangan teknologi dan kemajuan yang terjadi di kota utama akan membawa manfaat bagi daerah sekitarnya (Widya & Harnida, 2017). Daerah penyangga berperan memenuhi kebutuhan ruang dan sumber daya yang semakin terbatas di kota utama akibat pertumbuhan penduduk yang pesat (Cahyani *et al.*, 2019). Kota Tangerang Selatan dan Bekasi, misalnya, menjadi daerah penyangga Jakarta, di mana keduanya mengalami intensitas pembangunan yang tinggi, perubahan penggunaan lahan, dan berperan dalam menampung berbagai kegiatan ekonomi serta pembangunan permukiman (Sari *et al.*, 2021). Namun, daerah penyangga sering tumbuh secara tidak terencana dan menghadapi masalah penyebaran permukiman yang kurang terkendali (*sprawl*).

Peran daerah penyangga tidak hanya sebatas menampung aktivitas kota utama tetapi juga berfungsi sebagai pusat pertumbuhan ekonomi, pusat pertahanan dan keamanan, dan penyedia fasilitas pemukiman, pangan, pendidikan, dan rekreasi. Sebagai contoh, Kota Samarinda yang berperan sebagai daerah penyangga bagi IKN, diharapkan

mampu mendukung berbagai sektor strategis seperti pertanian, perikanan, industri, perdagangan, transportasi, kesehatan, dan kebersihan (Supriyanto *et al.*, 2022).

Pengembangan daerah penyangga sebagai bagian dari strategi mendorong pertumbuhan ekonomi membutuhkan pembangunan dan penyediaan infrastruktur yang memadai. Selain itu, diperlukan pengendalian ruang guna menjaga keberlanjutan lingkungan di daerah-daerah ini. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah menetapkan kebijakan pengendalian penggunaan lahan untuk mengelola pemanfaatan ruang dan memastikan kualitas lingkungan tetap terjaga (Kurniawan, 2018). Strategi ini tidak hanya mendukung pertumbuhan ekonomi tetapi juga mempertahankan fungsi ekologis daerah penyangga untuk keberlanjutan jangka panjang.

Pusat Pertumbuhan

Pusat pertumbuhan adalah wilayah atau titik yang menjadi fokus perkembangan ekonomi masyarakat, ditandai dengan adanya sarana dan prasarana yang menunjang aktivitas ekonomi dan pertumbuhan wilayah (Sitorus, 2019). Pembangunan yang berfokus pada pusat-pusat pertumbuhan ini dapat menjadi solusi dalam mempercepat pembangunan di berbagai daerah karena berpotensi menciptakan dampak positif pengembangan wilayah secara keseluruhan (Cahyo *et al.*, 2021; Khamilah, 2015). Kriteria utama pusat pertumbuhan meliputi kawasan dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang cepat, sektor unggulan yang memacu pertumbuhan ekonomi, serta interaksi ekonomi yang intensif dengan daerah sekitar (Gulo, 2015). Sebagai contoh, Kota Palu dikenal sebagai pusat pertumbuhan ekonomi dengan fasilitas sarana dan prasarana lengkap serta keterkaitan ekonomi yang kuat dengan daerah sekitarnya, seperti Kabupaten Parigi

Moutong, Kabupaten Donggala, dan Kabupaten Sigi (Widya & Harnida, 2017).

Aksesibilitas juga menjadi faktor penting dalam menentukan pusat pertumbuhan. Semakin tinggi aksesibilitas, semakin besar potensi wilayah tersebut untuk berkembang (Wismoyo, 2018). Selain itu, pengembangan sektor agropolitan yang didukung oleh sarana dan prasarana yang memadai dapat membantu komoditas unggulan berkembang pesat sehingga menjadi faktor kunci dalam menentukan pusat pertumbuhan (Pantouw *et al.*, 2018; Irwansah & Purnomo, 2019).

Pemindahan IKN ke Kalimantan Timur dirancang untuk menciptakan pusat pemerintahan dan pusat pertumbuhan baru yang ramah lingkungan, modern, dan berkelanjutan. Tujuan utama proyek ini adalah mengurangi beban Jakarta yang menghadapi kepadatan penduduk dan polusi dan menjadi kota pintar dengan infrastruktur canggih yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan. Pengalaman Australia yang memindahkan ibu kotanya dari Sydney ke Canberra, misalnya, menunjukkan bahwa pemindahan ibu kota harus direncanakan secara menyeluruh untuk memberikan dampak perkembangan yang signifikan bagi wilayah sekitarnya (Amila *et al.*, 2023).

Pemindahan IKN ke Kalimantan Timur diharapkan dapat menciptakan pusat pertumbuhan baru, terutama untuk wilayah sekitarnya seperti Kabupaten Penajam Paser Utara. Kesiapan infrastruktur menjadi elemen penting dalam mendukung perkembangan wilayah tersebut dan pada gilirannya dapat menciptakan efek polarisasi bagi daerah sekitar (Wahyudin, 2022). Dengan adanya pusat-pusat pertumbuhan baru, ketidakseimbangan antara kawasan inti dan kawasan penyangga diharapkan dapat diatasi sehingga tercipta pemerataan pembangunan dan kesejahteraan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Pusat pertumbuhan baru adalah kawasan yang memiliki potensi besar untuk mendukung pengembangan suatu wilayah. Metode yang digunakan dalam menganalisis pusat pertumbuhan baru mencakup analisis hierarki pelayanan dengan menggunakan indeks sentralitas, analisis aksesibilitas, dan analisis komoditas unggulan melalui metode *Location Quotient* (LQ).

Analisis hierarki pelayanan melalui indeks sentralitas bertujuan untuk mengidentifikasi fasilitas yang berpengaruh terhadap perekonomian suatu wilayah sehingga dapat menghasilkan hierarki pusat pertumbuhan berdasarkan ketersediaan fasilitas tersebut. Adapun analisis aksesibilitas bertujuan untuk menentukan tingkat keterjangkauan suatu lokasi oleh penduduk atau kendaraan. Dalam analisis ini, jarak antara desa atau kelurahan di Kecamatan Penajam dan wilayah IKN dihitung dengan menentukan titik tengah (*centroid*) dari masing-masing desa atau kelurahan. Titik tengah ini kemudian dihubungkan dengan infrastruktur jalan yang menghubungkannya ke wilayah IKN. Sementara itu, analisis komoditas unggulan atau LQ dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah yang memiliki komoditas unggulan dan yang berpotensi menjadi pusat pertumbuhan di masa depan.

Analisis Indeks Sentralitas

Analisis indeks sentralitas digunakan untuk mengidentifikasi fasilitas yang memengaruhi perekonomian suatu wilayah, yang hasilnya berupa hierarki pusat pertumbuhan berdasarkan ketersediaan fasilitas tersebut (Wahyudin, 2022). Fasilitas yang dianalisis berupa fasilitas penunjang kegiatan perkebunan, seperti jalan, koperasi, industri, pasar, dan pelabuhan atau dermaga. Setiap fasilitas diberikan bobot berdasarkan jumlah dan frekuensi kemunculannya. Semakin

besar bobot suatu fasilitas, semakin tinggi hierarki wilayah yang terkait. Pembobotan jumlah unit fasilitas diasumsikan memiliki sentralitas total sebesar 100, dengan rumus berikut guna menentukan bobot jenis fasilitas.

$$C = \frac{t}{T}$$

Keterangan

C = Bobot jenis infrastruktur

t = Nilai sentralitas tiap jenis infrastruktur (100)

T = Jumlah satuan tiap jenis infrastruktur

Adapun jumlah hirarki atau orde dalam analisis indeks sentralitas ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Banyak Orde} = 1 + 3,33 \text{ Log } (n)$$

Keterangan

n = Jumlah desa atau kelurahan

Perhitungan *range* Panjang Kelas Interval (PKI) menggunakan rumusa sebagai berikut.

$$PKI = \frac{\text{Batas Atas} - \text{Batas Bawah}}{\text{Jumlah Orde}}$$

Analisis Aksesibilitas

Analisis aksesibilitas dilakukan untuk menilai interaksi desa/kelurahan di Kecamatan Penajam terhadap wilayah IKN. Analisis ini diukur melalui jarak dari titik tengah desa/kelurahan yang terhubung pada prasarana jalan menuju IKN, kemudian dilakukan klasifikasi orde dan panjang kelas interval seperti analisis indeks sentralitas.

Analisis Location Quotient (LQ)

Analisis LQ digunakan untuk mengetahui desa/kelurahan yang memiliki komoditas unggulan perkebunan sehingga berpotensi menjadi pusat pertumbuhan. Rumus yang digunakan adalah:

$$LQ = \frac{V_{ik}/V_k}{V_{ip}/V_p}$$

Keterangan

V_{ik} = Hasil produksi komoditas perkebunan di kelurahan dan desa

V_k = Hasil produksi seluruh komoditas perkebunan di kelurahan dan desa

V_{ip} = Hasil produksi komoditas perkebunan di kecamatan

V_p = Hasil produksi seluruh komoditas perkebunan di kecamatan

Skoring Pusat Pertumbuhan Baru

Langkah pascaanalisis berikutnya adalah skoring pada orde indeks sentralitas dan aksesibilitas serta skor hasil LQ pada setiap desa/kelurahan. Berikut adalah ketentuan skoring pusat pertumbuhan baru.

Tabel 1. Ketentuan skoring

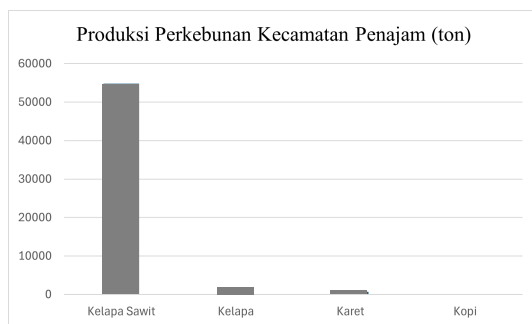
Hirarki pelayanan	Orde 1: Skor 5
Aksesibilitas	Orde 2: Skor 4
	Orde 3: Skor 3
	Orde 4: Skor 2
	Orde 5: Skor 1
Komoditas unggulan	Tidak memiliki komoditas unggulan: Skor 0
	Memiliki komoditas unggulan: Skor 5
Pusat pertumbuhan baru	Hasil jumlah seluruh skoring (hirarki pelayanan, aksesibilitas, dan komoditas unggulan) berada di antara skor 9 hingga 15

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui survei primer dan sekunder. Survei primer dilaksanakan untuk mengetahui titik sarana prasarana penunjang perkebunan di Kecamatan Penajam. Sementara itu, survei sekunder digunakan untuk memperoleh data, baik dari literatur maupun dokumen resmi dari instansi. Data sekunder yang digunakan meliputi data produksi komoditas perkebunan dan data demografis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecamatan Penajam menjadi salah satu dari empat kecamatan di Kabupaten PPU. Di dalamnya terdapat 19 kelurahan dan 4 desa. Kecamatan Sepaku yang menjadi wilayah dari pembangunan IKN berbatasan langsung dengan Kecamatan Penajam yang menjadi ibu kota Kabupaten PPU. Kecamatan Penajam memiliki penggunaan lahan tertinggi saat ini, yaitu perkebunan dengan luas mencapai 47.794 hektar atau hampir 50 persen dari total luas wilayah Kecamatan Penajam. Produksi komoditas perkebunan di Kecamatan Penajam adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Produksi perkebunan Kecamatan Penajam

Grafik di atas menunjukkan bahwa kelapa sawit merupakan komoditas paling dominan di Kecamatan Penajam, mencapai 96% dari total produksi komoditas perkebunan di. Hal ini diperkuat dengan luas kebun sawit yang mencapai 19.311 hektar. Kelurahan yang memiliki jumlah produksi komoditas kelapa sawit tertinggi adalah Sotek dan Riko.

Selain potensi secara sumber daya alam dan geografisnya, Kecamatan Penajam juga berpeluang untuk mendukung pertumbuhan ekonomi pada wilayah sekitar IKN. Hal ini dapat diwujudkan melalui pusat pertumbuhan baru yang mendukung ketahanan pangan untuk wilayah IKN dan sekitarnya. Pusat pertumbuhan baru tersebut dapat ditentukan berdasarkan ketersediaan infrastruktur, komoditas unggulan yang

dimiliki, serta tingkat aksesibilitas. Oleh sebab itu, penentuan pusat pertumbuhan baru dilakukan melalui tiga komponen analisis, yaitu indeks sentralitas, aksesibilitas, dan analisis LQ.

Indeks Sentralitas

Analisis wilayah calon pusat pertumbuhan baru dilakukan salah satunya melalui keberagaman dan frekuensi dari infrastruktur penunjang kegiatan perkebunan pada tiap desa/kelurahan di Kecamatan Penajam. Contoh infrastruktur penunjang adalah jalan, pasar, industri, pelabuhan, dan koperasi. Infrastruktur tersebut dapat menopang potensi perkembangan perkebunan dan berkontribusi pada peningkatan kegiatan ekonomi di Kecamatan Penajam.

Hasil analisis indeks sentralitas serta skoringnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Orde indeks sentralitas

No	Desa/Kelurahan	Orde	Skor
1	Tanjung Tengah	4	2
2	Salo Loang	5	1
3	Petung	4	2
4	Giri Mukti	5	1
5	Lawe-Lawe	5	1
6	Pejala	5	1
7	Kampung Baru	5	1
8	Sesumpu	5	1
9	Sungai Parit	5	1
10	Nipah-Nipah	5	1
11	Nenang	5	1
12	Gunung Seteleng	5	1
13	Penajam	5	1
14	Buluminung	1	5
15	Sotek	5	1
16	Sepan	4	2
17	Riko	3	3
18	Pantai Lango	5	1
19	Gersik	5	1
20	Jenebora	5	1
21	Bukit Subur	5	1
22	Sidorejo	5	1
23	Giripurwa	5	1

Desa/kelurahan yang memiliki nilai orde kecil (seperti orde 1 hingga orde 3) dapat diinterpretasikan sebagai area yang berpotensi menjadi pusat pertumbuhan. Dari 23 desa/kelurahan yang dianalisis, hanya sedikit yang memiliki angka orde kecil; sisanya adalah angka orde 4 dan 5. Hal ini perlu menjadi perhatian untuk peningkatan infrastruktur yang dapat meningkatkan pusat pertumbuhan baru yang pada akhirnya akan mampu menggerakkan roda pembangunan wilayah lainnya.

Kelurahan Buluminung adalah kelurahan dengan keberagaman dan frekuensi tertinggi untuk infrastruktur penunjang perkebunan di Kecamatan Penajam. Sementara itu, terdapat desa/kelurahan lainnya yang juga memiliki fasilitas untuk menunjang kegiatan pertanian namun tidak selengkap yang dimiliki Kelurahan Buluminung. Hal ini juga menunjukkan bahwa kelurahan tersebut mampu memberikan pelayanan yang optimal untuk kegiatan perkebunan dan dapat menjadi salah satu aspek yang membuat desa/kelurahan tersebut menjadi pusat pertumbuhan. Hasil indeks sentralitas memperlihatkan bahwa ketersediaan infrastruktur penunjang perkebunan memiliki keterkaitan terhadap fungsi daerah pusat pertumbuhan sebagai aglomerasi ekonomi yang menarik sektor ekonomi lainnya.

Aksesibilitas

Analisis aksesibilitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan orang dan barang dalam mencapai lokasi tujuan – dalam hal ini kaitannya dengan wilayah IKN. Aksesibilitas memiliki kaitan yang erat dengan konektivitas jaringan transportasi antara desa/kelurahan di Kecamatan Penajam dengan wilayah IKN yang dianggap menjadi mitranya.

Hasil analisis aksesibilitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Orde analisis aksesibilitas

No	Desa/Kelurahan	Orde	Skor
1	Tanjung Tengah	5	1
2	Salo Loang	5	1
3	Petung	4	2
4	Giri Mukti	4	2
5	Lawe-Lawe	4	2
6	Pejala	5	1
7	Kampung Baru	5	1
8	Sesumpu	5	1
9	Sungai Parit	5	1
10	Nipah-Nipah	4	2
11	Nenang	5	1
12	Gunung Seteleng	4	2
13	Penajam	5	1
14	Buluminung	3	3
15	Sotek	2	4
16	Sepan	2	4
17	Riko	1	5
18	Pantai Lango	2	4
19	Gersik	2	4
20	Jenebora	2	4
21	Bukit Subur	3	3
22	Sidorejo	4	2
23	Giripurwa	4	2

Desa/kelurahan yang memiliki aksesibilitas tinggi dengan wilayah IKN adalah Kelurahan Riko. Kelurahan ini memiliki jaringan transportasi yang menuju langsung ke IKN. Oleh karena itu, konektivitas antara Kelurahan Riko dan wilayah IKN menjadi lebih tinggi. Adanya infrastruktur seperti jalan dapat memfasilitasi konektivitas dengan wilayah IKN dan wilayah yang menjadi pusat pertumbuhan di Kecamatan Penajam.

Location Quotient (LQ)

Analisis LQ digunakan terhadap jenis komoditas subsektor perkebunan potensial, yaitu kelapa sawit, kelapa, karet, dan kopi. Komoditas yang memiliki nilai LQ lebih besar dari 1 dianggap sebagai komoditas basis karena tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan wilayah lain. Namun, bila LQ kurang dari 1, suatu komoditas dianggap sebagai komoditas nonbasis karena

pertumbuhannya lebih lambat dan hanya dapat memenuhi kebutuhan lokal di wilayah tersebut.

Hasil analisis LQ dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil analisis LQ

Desa/ kelurahan	Komoditas			
	Kelapa Sawit	Kelapa	Karet	Kopi
Tanjung Tengah	0,77	9,34	0,00	0,00
Salo Loang	0,00	0,00	0,00	0,00
Petung	1,04	0,00	0,00	0,00
Giri Mukti	1,04	0,00	0,00	0,00
Lawe-Lawe	0,97	0,00	5,66	0,00
Pejala	0,00	0,00	0,00	0,00
Kampung Baru	0,00	36,80	0,00	0,00
Sesumpu	0,56	16,80	0,00	0,00
Sungai Parit	0,21	29,10	0,00	0,00
Nipah-Nipah	1,03	0,20	0,00	0,00
Nenang	0,00	0,00	0,00	0,00
Gunung Seteleng	0,65	13,60	0,00	0,00
Penajam	0,00	36,80	0,00	0,00
Buluminung	0,77	2,41	14,60	0,00
Sotek	1,04	0,00	0,00	0,00
Sepan	0,77	4,13	11,02	100,19
Riko	1,04	0,00	0,00	0,00
Pantai Lango	0,00	0,00	0,00	0,00
Gersik	0,27	0,38	57,20	0,00
Jenebora	0,81	0,00	17,00	0,00
Bukit Subur	1,04	0,00	0,00	0,00
Sidorejo	1,02	0,55	0,00	0,00
Giripurwa	0,81	0,00	16,91	0,00

Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa hampir seluruh desa/kelurahan memiliki komoditas basis perkebunan. Semakin tinggi nilai LQ, semakin tinggi *comparative advantage* sebuah desa/kelurahan dalam upaya mengembangkan komoditas yang dimiliki. Dengan demikian, komoditas perkebunan memiliki potensi kuat dalam berkontribusi

pada pengembangan pusat pertumbuhan baru secara mikro.

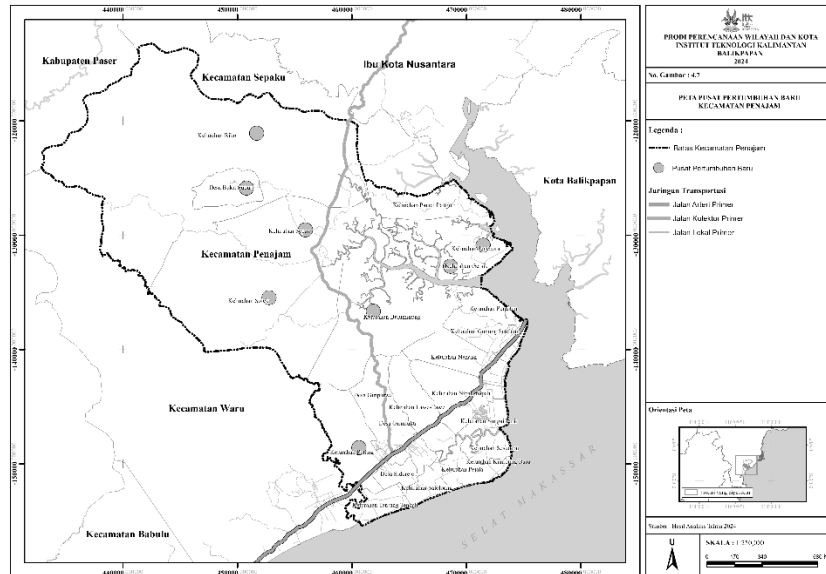
Pemilihan pusat pertumbuhan baru dilakukan dengan menjumlahkan hasil analisis dari ketiga komponen. Hasil penjumlahan skoring pusat pertumbuhan baru dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penentuan pusat pertumbuhan baru

Desa/ kelurahan	Skor IS	Skor Aks.	Skor LQ	Total
Tanjung Tengah	2	1	5	8
Salo Loang	1	1	0	2
Petung**	2	2	5	9
Giri Mukti	1	2	5	8
Lawe-Lawe	1	2	5	8
Pejala	1	1	0	2
Kampung Baru	1	1	5	7
Sesumpu	1	1	5	7
Sungai Parit	1	1	5	7
Nipah-Nipah	1	2	5	8
Nenang	1	1	0	2
Gunung Seteleng	1	2	5	8
Penajam	1	1	5	7
Buluminung**	5	3	5	13
Sotek**	1	4	5	10
Sepan**	2	4	5	11
Riko**	3	5	5	13
Pantai Lango	1	4	0	5
Gersik**	1	4	5	10
Jenebora**	1	4	5	10
Bukit Subur**	1	3	5	9
Sidorejo	1	2	5	8
Giripurwa	1	2	5	8

Keterangan: ** = Pusat pertumbuhan baru

Data pada Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa terdapat delapan desa/kelurahan yang dapat menjadi pusat pertumbuhan baru di Kecamatan Penajam. Desa/kelurahan tersebut adalah Kelurahan Petung, Kelurahan Buluminung, Kelurahan Sotek, Kelurahan Sepan, Kelurahan Riko, Kelurahan Gersik, Kelurahan Jenebora, dan Desa Bukit Subur. Berikut adalah peta pusat pertumbuhan baru di Kecamatan Penajam.



Gambar 2. Desa/kelurahan pusat pertumbuhan baru di Kecamatan Penajam

Gambar 2 di atas menunjukkan bahwa pusat-pusat pertumbuhan baru berskala mikro di Kecamatan Penajam berada pada desa/kelurahan yang memiliki infrastruktur yang menunjang kegiatan perkebunan, memiliki aksesibilitas yang tinggi, dan memiliki komoditas unggulan.

Implikasi Kebijakan

Upaya untuk memperkuat *polarization effect* dan *downward penetration effect* Kecamatan Penajam dapat dilihat pada perlunya titik-titik pertumbuhan di tingkat mikro sehingga pembentukan dan operasionalisasi IKN akan berjalan seiring dengan pembangunan yang komprehensif di daerah-daerah sekitar. Dalam hal ini, pemerintah daerah perlu meningkatkan infrastruktur baik dalam menunjang perkebunan maupun jaringan transportasi. Dengan demikian, pembentukan pusat pertumbuhan baru tersebut akan berjalan selaras dengan perkembangan ekonomi di IKN dan dapat mengurangi ketimpangan pembangunan yang terjadi selama ini, terutama pada area inti dan daerah penyangga IKN nantinya.

SIMPULAN

Pemilihan pusat pertumbuhan baru di Kecamatan Penajam yang dianalisis melalui indeks sentralitas terhadap infrastruktur penunjang perkebunan, analisis aksesibilitas terhadap wilayah IKN, dan analisis komoditas unggulan pada subsektor perkebunan menunjukkan 8 (delapan) desa/kelurahan yang berpotensi menjadi pusat pertumbuhan baru, yaitu Kelurahan Petung, Kelurahan Buluminung, Kelurahan Sotek, Kelurahan Sepan, Kelurahan Riko, Kelurahan Gersik, Kelurahan Jenebora, dan Desa Bukit Subur. Hal ini mengindikasikan bahwa Kecamatan Penajam dapat menjadi wilayah pendukung perkembangan di sekitar IKN. Oleh sebab itu, pemerintah daerah perlu meningkatkan infrastruktur baik dalam menunjang perkebunan maupun jaringan transportasi sehingga pembentukan pusat-pusat pertumbuhan mikro yang baru akan terbentuk dan menjadi katalisator pembangunan wilayah sekitar IKN. Di sisi lain, dengan potensi perkebunan yang kuat, diversifikasi ekonomi melalui pengembangan agroindustri dapat memberi dampak besar pada pertumbuhan ekonomi daerah.

Penggunaan analisis indeks sentralitas, aksesibilitas, dan LQ dalam proses pemilihan pusat pertumbuhan baru dapat membantu untuk mengetahui secara mendalam terkait perencanaan pengembangan wilayah hingga tahap mikro (desa/kelurahan) sehingga titik perkembangan wilayah dapat saling bersinergi dan terkoneksi antarwilayah di sekitar IKN terutama dalam konteks hubungan antara desa dan kota.

TENTANG PENULIS

Miswar Ariansyah adalah alumni Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Kalimantan. Ia memiliki ketertarikan pada bidang *urban and regional planning*, *regional economy*, serta *urban design*.

Nadia Almira Jordan merupakan dosen dan peneliti di Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Kalimantan. Ia menyelesaikan pendidikan magister arsitektur dengan

bidang keahlian perancangan kota di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Ia aktif dalam riset dan publikasi di bidang *urban morphology* dan *green architecture design*.

Arief Hidayat adalah dosen dan Koordinator Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota di Institut Teknologi Kalimantan. Ia meraih gelar doktor di bidang *Urban and Transportation Planning* dari Tokyo University of Science, dengan keahlian pada perencanaan dan manajemen transportasi.

Rahmat Aris Pratomo adalah dosen dan peneliti di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Kalimantan. Ia menyelesaikan dua program magister di Universitas Diponegoro dan ITC University of Twente. Bidang keahliannya adalah perencanaan perkotaan dan manajemen risiko bencana. Ia juga berfokus pada pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dan inklusif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aburas, M. M., Ho, Y. M., Ramli, M. F., & Ash'aari, Z. H. (2017). Improving the capability of an integrated CA-Markov model to simulate spatio-temporal urban growth trends using an analytical hierarchy process and frequency ratio. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 59, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.03.006>
- Amaliah, S., Tufail, D., & Kadri, M. (2020). Analisis penentuan komoditas unggulan subsektor perkebunan kecamatan Penajam, kabupaten Penajam Paser Utara, 6, 77–84. <https://doi.org/10.14710/ruang.6.2.77-84>
- Amila, S., Nugraha, A. A., Sukron, A., & Rohmah, F. (2023). Analisis dampak dan risiko pemindahan ibu kota negara terhadap ekonomi di Indonesia. *Jurnal Sahmiyya*, 2(1), 10–18. <https://ejournal.uingusdur.ac.id/sahmiyya/article/view/867>
- BPS Kabupaten Penajam Paser Utara. (2022). *Kabupaten Penajam Paser Utara dalam angka tahun 2022*. <https://penajamkab.go.id/wp-content/uploads/2022/09/Kabupaten-Penajam-Paser-Utara-Dalam-Angka-2022.pdf>
- Cahyani, D. T., Munibah, K., & Mulyanto, B. (2019). Spatial utilization control for supporting development acceleration: A case study in South Tangerang city, Banten, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environment Science*, 393(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/393/1/012070>
- Cahyo, H., Kurnia, L., & Yunitasari, D. (2021). Analisis pusat pertumbuhan ekonomi pada tingkat kecamatan di kabupaten Asahan Sumatera Utara. *Media Trend*, 16(2), 228–237. <https://doi.org/10.21107/mediatrend.v16i2.5459>

- Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Penajam Paser Utara. (2018). *Data base ekonomi kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2018*. <https://ppukab.bps.go.id/publication/2018/08/16/02bc75782e9bea24670358bc/kabupaten-penajam-paser-utara-dalam-angka-2018.html>
- Emalia, Z., & Farida, I. (2018). Identifikasi pusat pertumbuhan dan interaksi spasial di provinsi Lampung. *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan*, 19(1), 61–74. <https://doi.org/10.18196/jesp.19.1.4100>
- Gaffara, G. R., Fathu, A., & Fatih. (2015). Kajian skalogram guttman dan indeks sentralitas marshall untuk penentuan pusat-pusat pelayanan wilayah (studi kasus: kabupaten Simalungun, provinsi Sumatera Utara). *Proceeding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi ke-16 Tahun 2021*. <https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/271>
- Gulo, Y. (2015). Identifikasi pusat-pusat pertumbuhan dan wilayah pendukungnya dalam pengembangan wilayah kabupaten Nias. *Widya Riset*, 18(1), 37–48.
- Herdawan, J. (2021). Dimensi etis pemindahan ibu kota negara: Masalah ketimpangan sosial dan lingkungan dalam ruang perkotaan menurut David Harney. *Jurnal Dekonstruksi*, 1–12.
- Irwansah, A., & Purnomo, N. H. (2019). Analisis pengembangan kawasan agropolitan di SWP V kabupaten Lamongan. *Jurnal Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya*, 333–341. https://www.academia.edu/93583690/Analisis_Pengembangan_Kawasan_Agropolitan_DI_SWP_V_Kabupaten_Lamongan
- Khamilah, S. O. (2015). Penerapan model location quotient dan scalogram dalam mendorong pusat pertumbuhan baru di wilayah perbatasan kota Medan. *Seminar Nasional Ekonomi Manajemen dan Akuntansi (SNEMA) Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang*. <http://fe.unp.ac.id/>.
- Kurniawan, D. (2018). Evaluasi kebijakan penataan ruang dalam rangka pengelolaan kualitas daerah penyangga. *Jurnal TechLINK*, 2(1), 37–44. <https://teknik.usni.ac.id/readjurnal/13/TECHLINK-JURNAL-TEKNIK-LINGKUNGAN>
- Maulida, A. S., Adiwibowo, C. R., Prihantara, E. F., & Amaliah, S. (2020). Pengembangan kawasan strategis minapolitan melalui klasifikasi wilayah di kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal SPECTA*, 4, 14–21. <https://doi.org/10.35718/specta.v4i1.146>
- Ningrum, J., Nafiah, I., Maurist, S. F., Pratita, R. F., & Siti, M. I. (2020). Dampak pemindahan ibu kota negara terhadap penduduk dan ketenagakerjaan di provinsi Jawa Barat. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 15(2), 133–144. <https://doi.org/10.14203/jki.v15i2.492>
- Pantouw, C. E., Poluan, R. J., & Rogi, O. H. A. (2018). *Analisis pengembangan kawasan agropolitan Rurukan di Tomohon*, 5(3), 406–416. <https://doi.org/10.35793/sp.v5i3.22005>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2022 tentang Perincian Rencana Induk Ibu Kota Nusantara. (2022).
- Prawoko, A., Lailatul, S., Syukur, A., Susilowati, N., Setiawan, D., & Arinda, A. (2024). Analisis pengaruh pengaturan tata ruang terhadap keseimbangan ekosistem di IKN. *Jurnal Hukum dan Kewarganegaraan*, 3(4), 21–31. <https://doi.org/10.3783/causa.v3i4.3049>
- Rachmawati, R., Haryono, E., Ghiffari, R. A., Reinhart, H., Permatasari, F. D., & Rohmah, A. A. (2021). Best practices of capital city relocation in various countries: Literature review. *E3S Web of Conferences*, 325. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132507004>
- Ridhani, M. Y., Ridhoni, M., & Priyadharma, A. A. (2021). Isu strategis terkait transportasi dalam pengembangan perencanaan pembangunan ibu kota negara (IKN) baru. *SPECTA Journal of Technology*, 5(3), 247–260. <https://doi.org/10.35718/specta.v5i3.388>
- Sari, D. P., Wartaman, A. S., & Luru, M. N. (2021). The characteristic of urban sprawl in Bekasi city, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 737(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/737/1/012029>
- Sitorus, S. R. P. (2019). *Penataan ruang*. IPB Press.

- Supriyanto, B., Nurmahmuda, F., & Qomariah, A. (2022). *Kesiapan infrastruktur pendidikan kota Samarinda menjadi daerah penyangga (hinterland) Kalimantan Timur sebagai calon ibu kota negara*, 3(1), 27–33. <https://doi.org/10.24903/sjp.v3i1.995>
- Tukimun, Soeri, V., & Suharto. (2022). Konsep perencanaan infrastruktur transportasi smart, integrated sustainable, and environment friendly di kawasan ibu kota negara (IKN) nusantara. *Kurva S*, 10(2), 59–70. <https://doi.org/10.31293/teknikd.v10i2.6839>
- Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara. (2022).
- Wahyudin, Y. (2022). Analisis desa/kelurahan pusat pertumbuhan wilayah sekitar calon ibu kota negara Indonesia. *Forum Ekonomi*, 24(1), 195–203. <https://doi.org/10.30872/jfor.v24i1.10448>
- Widya, R. M., & Harnida, A. S. W. (2017). Pengaruh kota Palu sebagai pusat pertumbuhan terhadap pertumbuhan ekonomi wilayah hinterland. *Jurnal Katalogis*, 5(9), 72–79. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Katalogis/article/view/9713>
- Wismoyo, A. Z. (2018). Kajian pengembangan pusat pertumbuhan wilayah di kabupaten Klaten. *Geomedia Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 16(1), 13–24. <https://doi.org/10.21831/gm.v16i1.20976>

This page is intentionally left blank.



Efektivitas Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau Wisdom Park UGM bagi Pemulihan *Urban Stress* di Yogyakarta

Rissa Arfani¹, Jeki Trimarstuti¹

¹ Universitas Teknologi Yogyakarta, Kota Yogyakarta, Indonesia

Corresponding author:

Rissa Arfani | rissaarfani7@gmail.com

ABSTRACT

The high population density in Yogyakarta has led to various economic issues and serves as an indicator of the rising level of depression in the Province of DIY. Urban facilities like Green Open Spaces (GOS) offer a potential means to reduce urban stress in the city. However, the GOS standards as a solution for urban stress recovery often do not align with current regulations. This study aims to assess the effectiveness of GOS at Wisdom Park UGM in mitigating urban stress among Yogyakarta residents. Using a quantitative approach, the research findings are presented deductively and descriptively. The results of the analysis highlight the potential and problems of each research aspect. The variables observed here are the goals of the visitors' activities, the effectiveness of GOS management (including vegetation, cleanliness, design, infrastructure, and accessibility), and urban stress recovery activities within the research locus, based on a survey of 100 respondents aged 15 to 64 years old. The findings indicate that Wisdom Park UGM is fairly effective as a GOS to restore urban stress. The park's strengths include the diversity of vegetation and fauna, convenient access via various transportation modes, affordable entry fees, and a comprehensive range of supporting activities and facilities.

Keywords: Effectiveness; Management; Green Open Space (GOS); Urban stress

ABSTRAK

Kepadatan penduduk di Kota Yogyakarta menimbulkan berbagai permasalahan ekonomi sekaligus tingginya tingkat depresi di DIY. Untuk itu, fasilitas perkotaan seperti Ruang Terbuka Hijau (RTH) dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi *urban stress* di Kota tersebut. Namun, standarisasi RTH sebagai solusi pemulihan stress masyarakat urban tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku. Salah satunya adalah di *Wisdom Park UGM*. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas RTH di *Wisdom Park UGM* dalam pemulihan *urban stress* masyarakat Yogyakarta. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, di mana hasilnya dijabarkan secara deskriptif deduktif. Hasil analisis menunjukkan adanya potensi dan permasalahan pada tiap aspek penelitian. Variabel-variabel amatan dalam penelitian ini mengkaji tujuan aktivitas pengunjung, efektivitas pengelolaan RTH (meliputi vegetasi, kebersihan, bentuk, sarana prasarana, dan aksesibilitas), serta aktivitas pemulihan *urban stress* yang terjadi di dalam lokus penelitian melalui survei pada 100 responden berusia antara 15 hingga 64 tahun yang berkegiatan di Kota Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Wisdom Park UGM* cukup efektif sebagai RTH untuk memulihkan *urban stress*. *Wisdom Park UGM* memiliki sejumlah potensi besar yang meliputi keberagaman jenis vegetasi dan fauna, akses ke lokasi yang lebih mudah dengan berbagai moda transportasi, tarif yang terjangkau, dan ketersediaan aktivitas dan fasilitas penunjang yang lengkap.

Kata Kunci: Efektivitas; Pengelolaan; Ruang Terbuka Hijau (RTH); Stress perkotaan

ARTICLE HISTORY

Received: June 10, 2024

Revised: September 11, 2024

Published: November 20, 2024

Copyright © 2024, Journal of Infrastructure Policy and Management

CITATION (APA 7TH)

Arfani, R., & Trimarstuti, J. (2024). Efektivitas Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau Wisdom Park UGM bagi Pemulihan Urban Stress di Yogyakarta. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(2), 111–124. <https://doi.org/10.35166/jipm.v7i2.59>

PENDAHULUAN

Kota Yogyakarta adalah salah satu kota besar di Pulau Jawa yang berbatasan dengan Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Banyaknya industri dan pusat pendidikan yang berkembang di dalamnya menjadikan Yogyakarta sebagai kota yang sibuk, penuh dengan berbagai aktivitas, serta kompetitif, sehingga warganya seakan-akan harus selalu siap beradaptasi dengan tuntutan hidup perkotaan. Menurut Aura (2021), tingkat gangguan kesehatan mental cenderung lebih tinggi di perkotaan dibandingkan di pedesaan. Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta (2024) mencatat bahwa jumlah penduduk kota ini pada tahun 2023 mencapai 378.913 jiwa, lebih besar dibandingkan populasi di wilayah pedesaan. Hal ini menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya stres perkotaan (*urban stress*) pada masyarakat kota.

Urban stress tidak hanya disebabkan oleh kondisi pribadi individu, tetapi juga oleh kondisi lingkungan dan fasilitas kota yang kurang memadai. Kawasan perkotaan yang tidak dilengkapi dengan infrastruktur yang dapat memberikan kenyamanan psikologis bagi penduduknya menjadi penyebab utama tekanan psikologis pada masyarakat perkotaan. Idealnya, pengembangan kota mempertimbangkan aspek psikologis bagi warganya (Rochmawati, 2018).

Yogyakarta juga menghadapi peningkatan jumlah penduduk, baik penduduk asli maupun pendatang, sehingga kepadatan penduduk semakin meningkat setiap tahun. Akibatnya, terjadi kenaikan harga properti, ketatnya persaingan di dunia kerja dan pendidikan, serta peningkatan jumlah kendaraan bermotor di jalanan. Menurut Kapolda Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Suwondo Nainggolan, tercatat 36 kasus bunuh diri di DIY sepanjang tahun 2023, yang menunjukkan tingginya tingkat depresi di daerah ini (Hakim et al., 2023).

Keberadaan tempat dan fasilitas di perkotaan yang menarik dan berbeda dari suasana rutinitas sehari-hari dapat membantu mengurangi kejenuhan pikiran. Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di kawasan perkotaan diharapkan dapat berfungsi sebagai sarana rekreasi dan restorasi bagi masyarakat. Berdasarkan UU Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, RTH merupakan area yang dimanfaatkan untuk menumbuhkan tanaman, baik alami maupun yang ditanam secara sengaja. Di Kota Yogyakarta, luas RTH hanya mencakup 18,77% dari total wilayah (Renstra Perangkat Daerah Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, 2024).

Didukung oleh Universitas Gadjah Mada (UGM), Taman Hikmah (*Wisdom Park*) merupakan bagian dari upaya advokasi dalam bidang pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. *Wisdom Park* dilengkapi dengan berbagai fasilitas, seperti fasilitas olahraga, jalur lari, terowongan penghubung antara sisi utara dan selatan taman, kolam pengendali banjir, konservasi lahan, serta fasilitas pertanian perkotaan. Selain itu, taman ini juga menyediakan area rekreasi, restoran serta sistem penyediaan air minum yang melayani seluruh kampus UGM melalui jaringan pipa atau disalurkan ke unit-unit (Lehberger et al., 2021; Triamardja, 2019).

RTH di perkotaan dapat menjadi pilihan yang tepat untuk mendukung kesejahteraan psikologis dan meningkatkan interaksi sosial masyarakat. Penghijauan atau pembangunan yang melibatkan RTH dapat menjadi investasi yang baik bagi para perencana kota untuk meningkatkan kesehatan mental masyarakat (Zhu & Xu, 2021). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengelolaan fasilitas perkotaan yang memberi manfaat psikologis bagi masyarakat yang mengunjungi taman-taman kota di berbagai daerah di Indonesia (Rasyida, 2021). Tambunan et al. (2021) menyatakan bahwa keberadaan RTH di wilayah perkotaan sangat bermanfaat untuk meningkatkan *wellbeing* masyarakat kota.

KERANGKA TEORI

Ruang Terbuka Hijau (RTH)

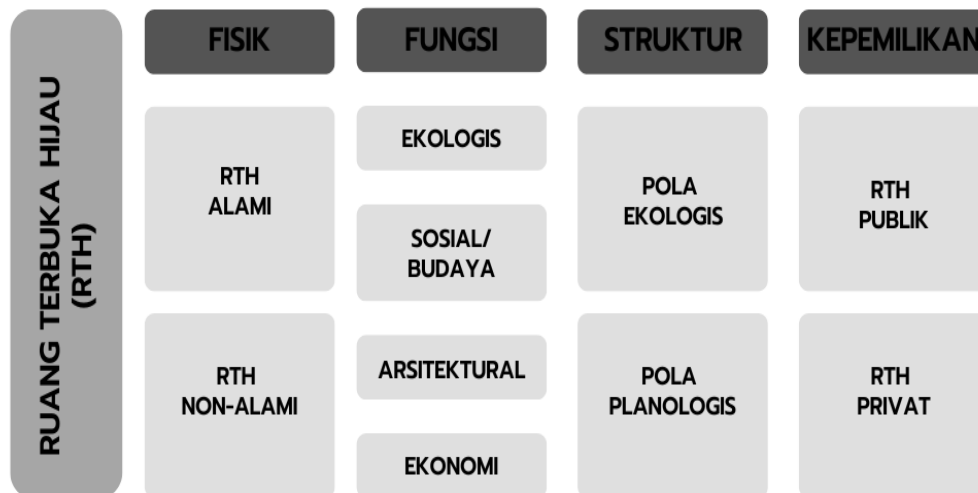
Ruang-ruang yang didominasi oleh lingkungan alam, baik di dalam maupun di luar kota, seperti taman, halaman, tempat rekreasi perkotaan, dan kawasan hijau, memiliki peran penting dalam menciptakan lingkungan yang nyaman dan mendukung

kesehatan mental (Putri, 2023). Fasilitas ini memberi kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas hidup dan merupakan elemen esensial dalam kegiatan rekreasi (Purwanti 2022). Ruang terbuka dapat didefinisikan sebagai ruang dasar yang terletak di luar bangunan dan digunakan oleh masyarakat untuk melakukan berbagai aktivitas (Hakim & Utomo, 2008).

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, RTH dibagi menjadi dua jenis, yaitu RTH milik swasta dan RTH milik pemerintah. RTH publik dikelola dan dimiliki oleh pemerintah kota atau daerah, serta manfaatnya dapat dinikmati oleh masyarakat umum. Contoh RTH publik meliputi taman kota, hutan kota, RTH di sepanjang tepi sungai, kuburan, dan rel kereta api. Sebaliknya, RTH pribadi adalah ruang hijau yang dimiliki oleh lembaga atau individu tertentu, hanya dapat diakses oleh sekelompok orang terbatas, dan meliputi taman, halaman, serta gedung yang dimiliki oleh sektor publik dan swasta.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2009, ruang terbuka pribadi terdiri dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan Ruang Terbuka Non-Hijau (RTNH). RTH adalah kawasan memanjang, jalan setapak, dan/atau gugusan yang dimanfaatkan secara lebih terbuka, di mana terdapat tanaman alami maupun yang sengaja ditanam. RTNH adalah ruang terbuka di kawasan perkotaan yang tidak termasuk dalam kategori RTH dan terdiri dari konsolidasi tanah, badan air, serta kondisi permukaan tertentu yang tidak dapat ditumbuhi vegetasi atau bersifat keropos.

RTH sendiri terklasifikasi menjadi empat kategori berdasarkan fisik, fungsi, struktur, dan kepemilikan. Keempat kategori tersebut dapat divisualisasi dalam bentuk diagram berikut ini.



Gambar 1. Tipologi RTH

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan

1. Dari aspek fisik, RTH terbagi menjadi RTH alami (seperti habitat satwa liar, kawasan lindung, dan taman nasional) dan RTH buatan (seperti taman, taman bermain, kuburan, dan jalur hijau di sepanjang jalan).
serta kawasan perlindungan sumber air) dan RTH privat (seperti taman di rumah dan taman di kawasan perkantoran).
2. Berdasarkan fungsinya, RTH memiliki fungsi ekologis, sosial-budaya, arsitektur, dan ekonomi yang berperan dalam meningkatkan kualitas lingkungan serta mendukung kesejahteraan masyarakat.
3. Ditinjau dari struktur ruangnya, RTH terbagi menjadi dua pola, yaitu pola yang mengikuti struktur ekologi (seperti berkumpul, memanjang, dan tersebar) dan pola planologi (mengikuti hierarki serta struktur tata ruang perkotaan).
4. Berdasarkan kepemilikan, RTH dapat terbagi menjadi dua jenis, yaitu RTH publik yang meliputi beberapa aspek (seperti taman kota, hutan kota, jalur hijau, trotoar, pulau jalan/*street island*, ruang hijau di bawah jembatan layang, ruang hijau di sepanjang rel kereta api, jalan setapak, jalur hijau tegangan tinggi, ruang hijau di tepi sungai dan pantai,

Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Pengelolaan RTH merupakan upaya sistematis dan terpadu untuk menjaga fungsi RTH serta mencegah terjadinya kerusakan lingkungan. Pengelolaan ini mencakup perencanaan, pemanfaatan, pengaturan, pemeliharaan, pemantauan, serta penegakan hukum (Sucahyo & Fanida, 2021).

Pengelolaan perkotaan dapat diartikan sebagai kumpulan kegiatan yang bertujuan untuk membentuk dan mengendalikan perkembangan sosial, fisik, dan ekonomi suatu kota (Hakim & Utomo, 2008). Pengelolaan RTH memiliki dampak langsung terhadap perubahan kualitas dan kuantitas ruang hijau, memperkuat strategi institusi perkotaan, dan menunjukkan bahwa pencapaian hasil yang nyata dalam pengelolaan ini bukanlah hal yang mudah. Pengelolaan RTH mencakup beberapa aspek penting, antara lain perencanaan, sumber daya manusia, kelembagaan, koordinasi, dan pembiayaan (Widiati, 2024).

Urban Stress

Stres perkotaan (*urban stress*) adalah kondisi fisik atau mental yang dipicu oleh perkembangan kehidupan di perkotaan, atau oleh faktor-faktor fisik, kimia, dan emosional yang mengakibatkan ketegangan serta kelelahan pada individu (Pykett et al., 2020). Kondisi ini mencerminkan beban mental maupun fisik yang dialami masyarakat akibat dinamika perkotaan. Semakin tinggi tingkat urbanisasi, semakin besar pula kebutuhan masyarakat terhadap RTH yang dapat memberikan relaksasi, menyehatkan, dan membantu mengurangi stres harian (Casagrande, 2022; Kuo, 2015).

Arifwidodo dan Chandrasiri (2020) mengemukakan bahwa tingginya tingkat stres di kalangan masyarakat perkotaan disebabkan oleh berbagai tekanan yang dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori, yaitu gaya hidup, insentif finansial yang berlebihan, kebutuhan psikologis, faktor sosial-psikologis, faktor lingkungan, dan faktor biologis yang dipicu oleh sumber-sumber tekanan tersebut. Sementara itu, Amiroh dan Martana (2023) menemukan bahwa penyebab stres di masyarakat perkotaan berkaitan erat dengan jumlah populasi, sistem yang mengatur kota, serta dinamika lingkungan yang terjadi.

Kato et al (2024) menyatakan bahwa perekonomian merupakan salah satu faktor utama penyebab stres pada masyarakat perkotaan. Faktor ekonomi sering kali menjadi pemicu munculnya kasus bunuh diri dan perilaku kriminal. Sementara itu, psikolog Fahri Mashar (2021) juga menyatakan bahwa, berdasarkan penelitian, masyarakat yang tinggal di wilayah perkotaan memiliki tingkat kerentanan lebih tinggi untuk mengalami stres dan kecemasan dibandingkan dengan mereka yang tinggal di wilayah pedesaan.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada analisis data numerik yang diolah melalui metode statistik. Unit analisis dalam penelitian ini adalah efektivitas pengelolaan RTH yang dipilih oleh pengunjung serta kaitannya dengan upaya pemulihan *urban stress*. Penelitian ini juga menganalisis pengaruh RTH terhadap pemulihan *urban stress*, serta sebab-akibat antara pemanfaatan RTH di *Wisdom Park* UGM dan pemulihan *urban stress* di Kota Yogyakarta berdasarkan hasil penelitian.

Populasi penelitian ini adalah masyarakat Kota Yogyakarta dalam rentang usia produktif, yaitu 15–64 tahun. Penentuan jumlah sampel dilakukan menggunakan Rumus Slovin (Sugiyono, 2018). Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *simple random sampling*, dengan jumlah sampel sebanyak 100 responden yang merupakan pengunjung *Wisdom Park* UGM berusia 15–64 tahun dan telah beberapa kali mengunjungi lokasi tersebut.

Instrumen penelitian meliputi kuesioner, dokumen wawancara, *smartphone*, bolpoin, kertas, buku, laptop, serta berbagai aplikasi atau perangkat lunak terutama Microsoft (seperti MS Word, MS Excel, MS PowerPoint), CorelDRAW, ArcGIS, dan Canva (Hanan & Ariastita, 2020).

Teknik analisis data penelitian ini adalah skala Likert dan metode skoring. Skala Likert adalah salah satu cara mengukur pendapat masyarakat dalam penelitian kuantitatif, termasuk mengukur persepsi mereka mengenai RTH, seperti yang dilakukan oleh Giannico et al. (2021), Lopez et al. (2021) dan Komalawati dan Lim (2021).

Peneliti menggunakan teknik pengukuran dengan Skala likert untuk menilai efektivitas pengelolaan RTH terhadap pemulihan *urban*

stress di Kota Yogyakarta, dengan kategori penilaian sangat efektif (nilai 3), cukup efektif (nilai 2), dan tidak efektif (nilai 1). Sementara itu, analisis skoring digunakan untuk menentukan tingkat efektivitas pengelolaan RTH dengan tiga hasil: sangat efektif, cukup efektif, dan tidak efektif.

Pengumpulan Data

Data primer dalam penelitian ini dikumpulkan melalui observasi, wawancara, kuesioner, dan dokumentasi. Observasi dilakukan di *Wisdom Park* UGM untuk mengamati pengelolaan RTH secara langsung. Kuesioner memuat daftar pertanyaan tertutup yang diberikan kepada pengunjung untuk mengetahui persepsi mereka mengenai efektivitas pengelolaan RTH dalam pemulihan *urban stress*. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan melalui telaah dokumen untuk memperoleh informasi mengenai tujuan pendirian *Wisdom Park* UGM, jenis pengelolaan RTH, serta aspek-aspek lain yang relevan.

HASIL TEMUAN

Wisdom Park UGM memberikan kemudahan bagi masyarakat luas maupun sivitas akademika UGM untuk beraktifitas dengan menggunakan berbagai fasilitas sarana dan prasarana di dalamnya. Kontak yang dapat dihubungi untuk reservasi adalah:

1. Telepon: +62(0) 274 5011201
2. Surel: event.residence.ugm.ac.id
3. Instagram: wisdompark_ugm

Wisdom Park atau Taman Kearifan UGM memiliki alamat di Taman Kearifan Universitas Gadjah Mada, Jalan Prof. Dr. Drs. Notonagoro, Karang Malang, Caturtunggal, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Embrio pembangunan *Wisdom Park* berawal pada Desember 2025.

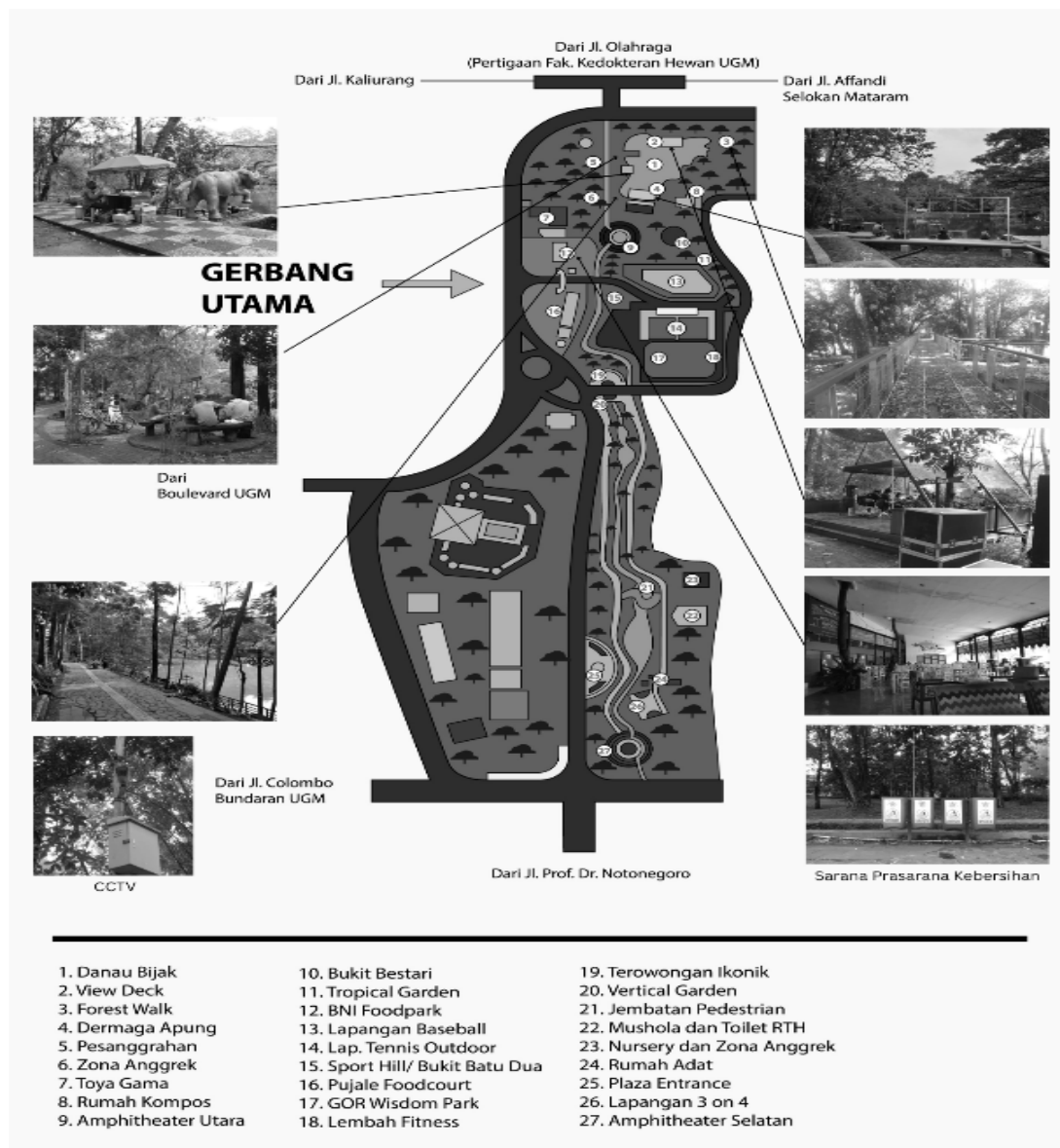


Gambar 2. Peta wilayah amatan

Sumber: Hasil olahan peneliti

Kawasan seluas kurang lebih 6 hektar ini menyediakan beragam aktivitas bagi pengunjung, yang tidak hanya berasal dari kalangan sivitas akademika UGM, tetapi juga masyarakat umum dari berbagai latar belakang. Pada tahun 2019, tercatat sebanyak 57.473 orang mengikuti berbagai kegiatan di *Wisdom Park* UGM. Pada pertengahan tahun 2019, *Wisdom Park* UGM memperoleh dukungan dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) untuk melakukan penambahan fasilitas. Fasilitas

dan ruang baru di *Wisdom Park* UGM mulai tersedia pada Januari 2020. Penambahan tersebut mencakup mushola, toilet, rumah kaca, penerangan taman, kursi taman, kotak informasi tanaman, taman vertikal di area selatan, serta dermaga apung sebagai lokasi baru. Penambahan fasilitas dan ruang baru ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang lebih luas bagi para pengunjung (Cahyaningtyas & Kusuma, 2020; Triamardja, 2019).



Gambar 3. Peta lokasi kegiatan

Sumber: Hasil olahan peneliti

PEMBAHASAN

Pembahasan pada bagian ini akan dibagi menurut tiga kategori, yaitu berdasarkan hasil penelitian lapangan, hasil wawancara, dan hasil penilaian (skoring)

Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan dilakukan dengan melakukan peninjauan langsung di lokasi penelitian, yaitu di *Wisdom Park UGM*, untuk memperoleh data primer berupa potensi dan permasalahan berdasarkan hasil pengamatan.

Beberapa potensi yang teridentifikasi melalui observasi primer yang dilakukan peneliti antara lain:

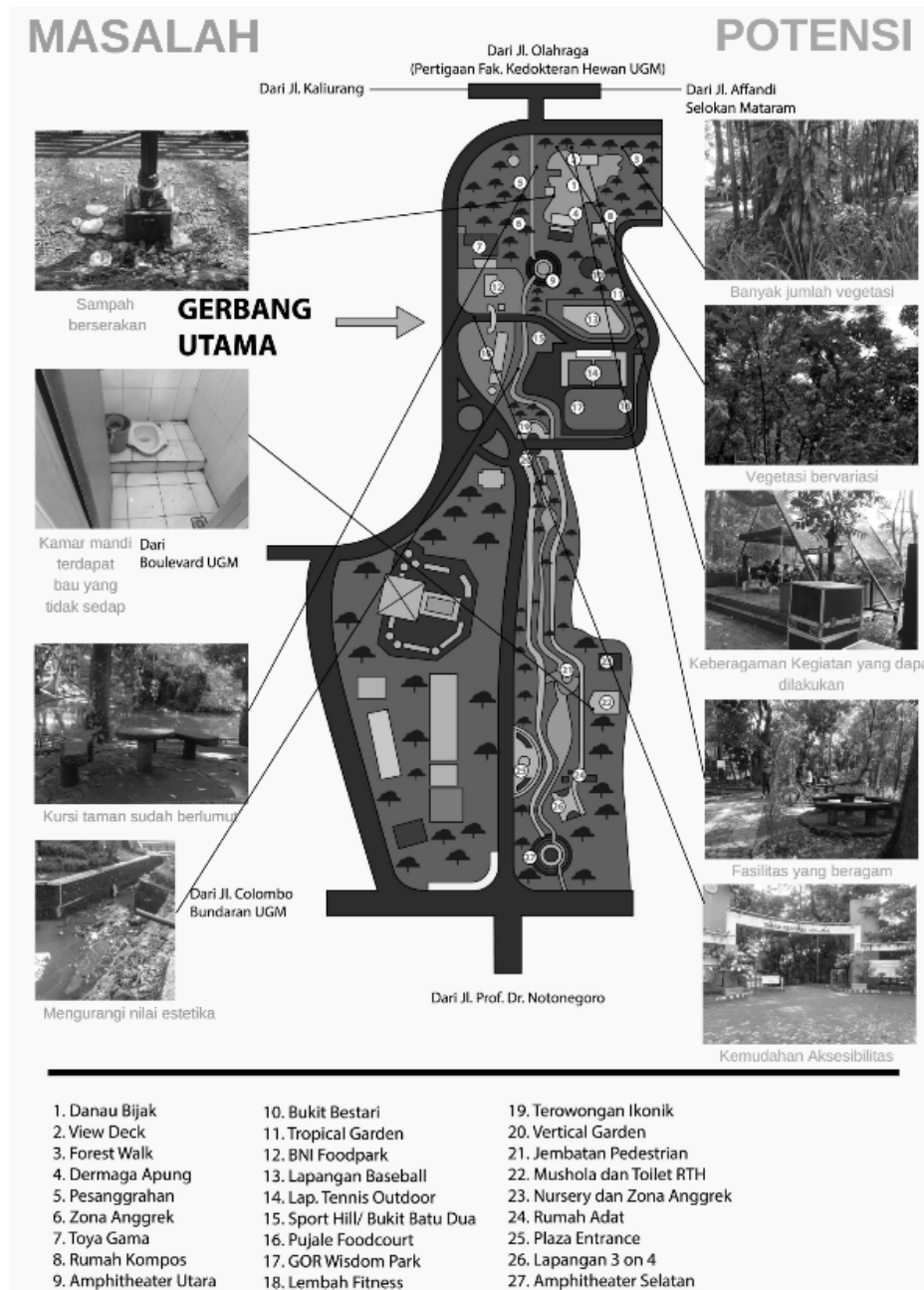
1. Keberadaan berbagai jenis vegetasi di *Wisdom Park UGM* menciptakan suasana rindang dan udara sejuk yang memberikan kenyamanan bagi pengunjung untuk menikmati pemandangan yang berbeda dari area perkotaan pada umumnya.
2. Area *Wisdom Park UGM* yang dipenuhi vegetasi juga berfungsi sebagai area resapan air, yang membantu mengurangi limpasan air dari wilayah sekitar saat musim hujan.
3. Kehadiran berbagai jenis fauna, seperti ikan di danau, burung, ayam, dan lainnya, memberikan kesan alami dan asri di lingkungan taman ini.
4. Tersedianya lapangan olahraga dan jalur lari (*jogging track*) menjadikan tempat ini sebagai pilihan yang ideal bagi mereka yang ingin berolahraga di lokasi yang tidak terlalu ramai.
5. *Wisdom Park* juga dapat memfasilitasi adanya berbagai aktivitas yang dapat dilakukan oleh para pengunjung bersama

teman, keluarga, atau bahkan secara mandiri karena fasilitas penunjang kegiatan yang dimilikinya relatif lengkap. Kehadiran *food court* atau rumah makan juga menambah kenyamanan bagi pengunjung yang ingin menikmati suasana di *Wisdom Park UGM*.

Sementara itu, terdapat beberapa masalah yang teridentifikasi melalui observasi primer di *Wisdom Park UGM*, yaitu:

1. Kebersihan kawasan masih kurang optimal, terutama di toilet atau kamar mandi yang acap kali tercium bau tidak sedap sehingga memerlukan penanganan kebersihan yang lebih baik.
2. Saat kegiatan tertentu berlangsung di *Wisdom Park UGM*, kebersihan tidak selalu terjaga sehingga sampah menumpuk dan mencemari fasilitas di dalamnya. Kondisi ini juga menimbulkan kesan kumuh di *Wisdom Park* saat pengunjung banyak berdatangan, aktivitas padat, namun kebersihan kurang terjaga.
3. Di beberapa titik, fasilitas olahraga seperti sepeda, alat kebugaran, atau barbel terlihat kurang terawat sehingga diperlukan perawatan yang lebih baik agar fasilitas-fasilitas tersebut dapat berfungsi sesuai peruntukannya.
4. Beberapa kursi taman terlihat berlumut dan kurang layak sehingga membutuhkan perawatan agar dapat digunakan dengan nyaman serta untuk meningkatkan nilai estetika bagi pengunjung yang ingin berfoto di *Wisdom Park UGM*.

Beberapa permasalahan di atas menunjukkan adanya kebutuhan pengelolaan yang lebih baik agar para pengunjung merasa lebih nyaman dan *Wisdom Park UGM* menjadi ruang publik dengan fasilitas yang representatif.



Gambar 4. Potensi dan masalah di *Wisdom Park* UGM

Sumber: Hasil olahan peneliti

Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai sistem pengelolaan RTH di *Wisdom Park* UGM. Hasil wawancara dengan manajer *Wisdom Park* UGM menunjukkan bahwa pengelolaan RTH di taman tersebut dilakukan melalui lima variabel dan delapan pertanyaan

evaluatif. Hasil wawancara juga menunjukkan bahwa pengelolaan RTH telah direncanakan dengan sangat baik dan matang. Hal ini terlihat dari perencanaan pembangunan sesuai dengan fungsi dan karakteristik UGM sebagai “Universitas Kerakyatan.”

Wisdom Park UGM dirancang oleh ahli perencanaan, dikelola oleh sumber daya

manusia yang kompeten di bidangnya, dan dibuka untuk kepentingan umum, sehingga masyarakat di luar sivitas akademika dan tenaga pendidik UGM juga dapat memanfaatkannya. Keuntungan ekonomi yang diperoleh dari perizinan kegiatan di *Wisdom Park* UGM dikembalikan untuk pengelolaan dan pemeliharaan taman agar keberlanjutan RTH di masa depan dapat terus terjamin.

Hasil Penilaian (Skoring)

Sebanyak 100 responden yang berada dalam rentang usia produktif 15–65 tahun dan berkegiatan di Kota Yogyakarta telah memberikan jawaban di kuesioner mengenai variabel penelitian yang ditinjau berdasarkan tipologi RTH. Pengukuran dilakukan menggunakan skala Likert dan metode skoring, dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil penilaian (skoring)

SASARAN	VARIABEL	INDIKATOR	TOLAK UKUR									TOTAL		BOBOT	KRITERIA	RATA-RATA
			TIDAK EFEKTIF			CUKUP EFEKTIF			SANGAT EFEKTIF			SAMPEL	f x s	f x s / sampel		
			f	s	f x s	f	s	f x s	f	s	f x s					
Efektivitas Bentuk Pengelolaan RTH	Pengelolaan Vegetasi	Keberadaan Vegetasi	2	1	2	70	2	140	28	3	84	100	226	2,26	CUKUP EFEKTIF	2,3225
		Jumlah Vegetasi	0	1	0	33	2	66	67	3	201	100	267	2,67	SANGAT EFEKTIF	
		Variasi Vegetasi	0	1	0	64	2	128	36	3	108	100	236	2,36	SANGAT EFEKTIF	
	Pengelolaan Kebersihan	Keadaan Udara	3	1	3	94	2	188	3	3	9	100	200	2	CUKUP EFEKTIF	2,07
		Ketersediaan Sarana Prasarana Kebersihan	8	1	8	78	2	156	14	3	42	100	206	2,06	CUKUP EFEKTIF	
		Kondisi Sarana Prasarana Kebersihan	5	1	5	82	2	164	13	3	39	100	208	2,08	CUKUP EFEKTIF	
	Pengelolaan Bentuk (arsitektur) Pengelolaan RTH	Kondisi Bentuk Arsitektur	7	1	7	72	2	144	21	3	63	100	214	2,14	CUKUP EFEKTIF	2,215
		Bentuk Arsitektur dengan Nilai Estetika	2	1	2	67	2	134	31	3	93	100	229	2,29	CUKUP EFEKTIF	
	Pengelolaan Sarana Prasarana penunjang Kegiatan	Sarana Prasarana penunjang kenyamanan	1	1	1	61	2	122	38	3	114	100	237	2,37	SANGAT EFEKTIF	2,324
		Jenis Sarana Prasarana	10	1	10	75	2	150	15	3	45	100	205	2,05	CUKUP EFEKTIF	
		Keberagaman kegiatan	2	1	2	39	2	78	59	3	177	100	257	2,57	SANGAT EFEKTIF	
		Pengelolaan Sarana Prasarana	2	1	2	65	2	130	33	3	99	100	231	2,31	CUKUP EFEKTIF	
	Pengelolaan Aksesibilitas	Kondisi Sarana Prasarana dengan Nilai Estetika	3	1	3	62	2	124	35	3	105	100	232	2,32	CUKUP EFEKTIF	2,5
		Kemudahan Aksesibilitas	1	1	1	48	2	96	51	3	153	100	250	2,5	SANGAT EFEKTIF	
	RATA-RATA													2,284285714		

Total skor yang diperoleh dari kuesioner digunakan untuk menentukan skala penilaian dan jumlah tanggapan dari responden. Rumus yang digunakan untuk menghitung total skor ideal adalah sebagai berikut:

$$\text{Total Skor} = f \times s$$

f = Total jumlah responden yang memilih suatu jawaban

s = Pilihan angka pada skala Likert (3 untuk “Sangat Efektif”, 2 untuk “Cukup Efektif”, dan 1 untuk “Tidak Efektif”)

Seluruh tanggapan responden kemudian dijumlahkan dan diklasifikasikan dalam skala penilaian untuk menentukan rentang tanggapan.

Berdasarkan analisis skoring yang ditampilkan pada Tabel 1 di atas, beberapa

variabel kemudian dianalisis lebih lanjut dan menghasilkan temuan sebagai berikut:

- 1. Pengelolaan vegetasi.** Hasil kuesioner menunjukkan bahwa rata-rata skor untuk variabel Pengelolaan Vegetasi adalah 2,32. Nilai ini termasuk dalam “Cukup Efektif” sebagai tempat pemulihan *urban stress* di Kota Yogyakarta. Penilaian ini didukung oleh adanya berbagai jenis vegetasi di *Wisdom Park* UGM yang menciptakan suasana sejuk dan nyaman sehingga pengunjung dapat menikmati udara yang segar dan lingkungan yang lebih alami di lokasi penelitian.
- 2. Pengelolaan kebersihan.** Rata-rata skor untuk Pengelolaan Kebersihan adalah 2,07, yang masuk dalam kategori “Cukup Efektif.” Hal ini dikarenakan sarana dan prasarana kebersihan sudah cukup

lengkap dan kondisinya relatif baik sesuai fungsinya. Namun, kebersihan toilet masih perlu ditingkatkan karena bau yang cukup mengganggu masih tercium.

3. **Pengelolaan bentuk.** Rata-rata skor untuk variabel Pengelolaan Bentuk adalah 2,21, yang juga termasuk kategori “Cukup Efektif.” Aspek bentuk arsitektur dianggap memiliki nilai estetika yang menarik dan menyediakan banyak *spot* yang dapat dimanfaatkan untuk konten fotografi maupun videografi.
4. **Pengelolaan sarana dan prasarana penunjang kegiatan.** Rata-rata skor untuk variabel ini adalah 2,32, termasuk dalam kategori “Cukup Efektif.” Hal ini dikarenakan tersedianya berbagai sarana dan prasarana penunjang kegiatan rekreatif, seperti sarana olahraga (sepeda, tempat *pull up*, jogging track), tempat berteduh, *view deck*, dan kursi taman untuk menikmati suasana.
5. **Pengelolaan aksesibilitas.** Skor untuk variabel Pengelolaan Aksesibilitas adalah 2,5, yang termasuk dalam “Sangat Efektif.” Hal ini dikarenakan akses jalan menuju lokasi sangat mudah ditemukan dan dapat dijangkau oleh kendaraan pribadi maupun transportasi umum, mengingat lokasinya berada di kawasan kampus UGM. Jalan menuju lokasi juga aman, dengan paving yang masih sangat layak untuk dilalui baik oleh kendaraan maupun pejalan kaki.

Hasil-hasil ini konsisten dengan pengamatan langsung yang dilakukan oleh peneliti di lokasi. Potensi *Wisdom Park* menunjukkan skor “Sangat Efektif,” sedangkan beberapa aspek masalah masuk dalam kategori “Cukup Efektif.” Tanpa adanya perbaikan pada sistem pengelolaan, nilai “Cukup Efektif” pada beberapa variabel tersebut berpotensi menurun menjadi “Tidak Efektif.”

SIMPULAN

Berdasarkan lima variabel dan empat belas indikator yang telah diisi pengunjung melalui kuesioner, kami menyimpulkan bahwa *Wisdom Park* UGM cukup efektif sebagai tempat pemulihan *urban stress* di Kota Yogyakarta, dengan skor rata-rata keseluruhan sebesar 2,28, yang termasuk dalam kategori “Cukup Efektif.” Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan RTH di lokasi penelitian dianggap telah sesuai dengan fungsi yang diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008, yaitu fungsi intrinsik (fungsi ekologis) dan fungsi ekstrinsik (fungsi sosial, budaya, ekonomi, dan estetika).

Penelitian-penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada kajian mengenai hubungan antara RTH dan *urban stress* dari perspektif ahli/pakar yang lebih luas. Hal ini juga diharapkan dapat menjelaskan spesifikasi pengelolaan RTH dalam pemulihan *urban stress*, baik dari aspek *hard material* maupun *soft material*.

REKOMENDASI

Hasil penilaian (skoring) dan pengamatan menunjukkan bahwa beberapa aspek pengelolaan *Wisdom Park* UGM memerlukan perbaikan agar kualitas pengelolaan dan sarana prasarana dapat ditingkatkan dari kategori “Cukup Efektif” menjadi “Sangat Efektif.” Peningkatan ini penting agar *Wisdom Park* UGM dapat menjadi tempat pemulihan *urban stress* yang direkomendasikan di Kota Yogyakarta. Beberapa rekomendasi terkait perbaikan yang dapat dilakukan oleh pengelola adalah:

1. **Pengelolaan Sampah.** Pengelolaan sampah menjadi salah satu aspek yang dikeluhkan oleh beberapa pengunjung, terutama saat diadakan kegiatan yang menarik banyak orang. Pada acara

memancing dari Minggu (25/12/2022) hingga Selasa (27/12/2022) ditemukan banyak sisa sampah berserakan di sekitar danau atau area memancing. Hal ini memberikan kesan kumuh dan kotor yang dapat menurunkan minat pengunjung untuk datang kembali. Tim pengelola perlu memperhatikan pengelolaan sampah ini agar pengalaman pengunjung lebih nyaman dan lingkungan tetap terjaga. Untuk pengelolaan kebersihan di masa mendatang, berikut adalah contoh suasana taman dengan aspek kebersihan yang sangat baik.



Gambar 5. Contoh kebersihan taman

Sumber: Dokumentasi peneliti

2. Kamar mandi. Di *Wisdom Park* UGM, terdapat dua lokasi kamar mandi, yaitu di samping area parkir dan dekat rumah kompos. Kamar mandi ini terdiri dari fasilitas terpisah untuk perempuan dan laki-laki. Meskipun secara visual kamar mandi terlihat bersih, beberapa pengunjung mengeluhkan bau kurang sedap saat masuk ke dalamnya. Pengelola diharapkan lebih memperhatikan aroma dan kebersihan kamar mandi secara menyeluruh dan mempertimbangkan penambahan pengharum ruangan. Berikut adalah contoh kamar mandi (toilet) yang sederhana namun terlihat bersih dan nyaman.



Gambar 6. Contoh kebersihan kamar mandi

Sumber: Dokumentasi peneliti

3. Kursi taman. Beberapa kursi taman di *Wisdom Park* UGM sudah ditumbuhi lumut dan berkarat sehingga kurang nyaman dan jarang digunakan oleh pengunjung. Akibatnya, pengunjung lebih memilih duduk di area yang seharusnya tidak digunakan untuk duduk, seperti di sepanjang jalan atau di tepian fasilitas kebugaran. Untuk meningkatkan kenyamanan, kursi taman ini sebaiknya dibersihkan secara berkala dan, jika perlu, diganti apabila sudah tidak layak guna. Berikut adalah contoh kursi taman yang bersih dan tahan cuaca untuk memberikan inspirasi kepada pengelola dalam perawatan dan pemeliharaan kursi taman di *Wisdom Park* UGM.



Gambar 7. Contoh kursi taman yang nyaman

Sumber: BLKP (2016)

4. Lahan parkir. Lahan parkir di *Wisdom Park* UGM sebenarnya sudah memadai untuk menampung kendaraan pengunjung. Namun, ketertiban area parkir masih perlu ditingkatkan. Saat kegiatan besar yang mengundang banyak pengunjung berlangsung, motor dan mobil sering kali diparkir secara tidak teratur karena tidak ada petugas yang menertibkan. Untuk meningkatkan ketertiban, pengelola dapat mempekerjakan petugas parkir khusus atau menandai area parkir sesuai jenis kendaraan. Dengan peraturan ini, lahan parkir dapat digunakan secara optimal. Berikut adalah contoh area parkir motor yang terorganisasi dengan baik.



Gambar 8. Contoh parkiran yang rapi
Sumber: Dokumentasi peneliti

TENTANG PENULIS

Rissa Arfani adalah alumni Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Teknologi Yogyakarta. Korespondensi dengan penulis dapat dilakukan melalui surel rissaarfani7@gmail.com.

Jeki Trimarstuti menyelesaikan program magister dalam bidang *Urban Planning*, Ganeung-Wonju National University, Korea Selatan. Bidang kajian utamanya adalah *urban and regional planning*. Yang bersangkutan dapat dikontak melalui surel di jeki.trimastuti@uty.ac.id.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga besar Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta, atas dukungannya dalam proses pelaksanaan dan pelaporan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang berpartisipasi dalam penelitian ini, khususnya kepada pengelola *Wisdom Park* UGM di Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiroh, N., & Martana, S. P. (2023). Penerapan tanaman aromatik melalui pendekatan arsitektur biofilik dalam mengatasi urban stres. *Prosiding Temu Ilmiah*, *11*(1), 1–8. <https://doi.org/10.32315/ti.11.g001>
- Arifwidodo, S. D., & Chandrasiri, O. (2020). Urban heat stress and human health in Bangkok, Thailand. *Environmental Research*, *185*, 109398. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109398>
- Aura, C. N. (2021). *Biophilic healing center for urban stress di kota Tangerang*. Arsitektur UIN Malang.
- Badan Pusat Statistik Yogyakarta. (2024). *Jumlah penduduk Yogyakarta tahun 2023*. <https://yogyakarta.bps.go.id/id>
- BLKP. (2024). *Inspirasi kursi taman yang indah dan nyaman*. <https://blkp.co.id/blogs/detail/7-model-kursi-taman>
- Cahyaningtyas, M. A., & Kusuma, H. E. (2020). Preferensi masyarakat terhadap ruang kota sebagai tempat relaksasi. *Jurnal RUAS*, *18*, 1–12. <https://doi.org/10.21776/ub.ruas.2020.018.01.1>
- Casagrande, M. (2022). *Marco Casagrande laboratory: Paracity (Urban Acupuncture)* [Electronic version]. Rionero in Vulture Oil Forest League.

- Giannico, V., Spano, G., Elia, M., D'Este, M., Sanesi, G., & Laforteza, R. (2021). Green spaces, quality of life, and citizen perception in European cities. *Environmental Research*, 196, 110922. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110922>
- Hakim, L. N., Prayoga, R. A., Ganti, M., Sabarisman, M., & Hidayatulloh, A. N. (2023). Kesejahteraan semu dalam dialektika perilaku bunuh diri di Kabupaten Gunung Kidul: Tinjauan sosial psikologis. *Sosio Konsepsia: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kesejahteraan Sosial*, 12(2), 82–97. <https://doi.org/10.33007/ska.v12i2.3235>
- Hakim, R., & Utomo, H. (2008). *Komponen perancangan arsitektur lansekap: Prinsip-unsur dan aplikasi desain*. PT Bumi Aksara.
- Hanan, H. M., & Ariastita, P. G. (2020). Penilaian efektivitas fungsi taman kota sebagai ruang terbuka hijau publik di Kota Malang. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 47–52. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.52902>
- Kuo, M. (2015). How might contact with nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Frontiers in Psychology*, 6, 1093. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01093>
- Lehberger, M., Kleih, A. K., & Sparke, K. (2021). Self-reported well-being and the importance of green spaces: A comparison of garden owners and non-garden owners in times of COVID-19. *Landscape and Urban Planning*, 212(4), 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104108>
- Lopez, B., Kennedy, C., Field, C., & McPhearson, T. (2021). Who benefits from urban green spaces during times of crisis? Perception and use of urban green spaces in New York City during the COVID-19 pandemic. *Urban Forestry & Urban Greening*, 65(1), 127354. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127354>
- Mashar, M. F. (2021). Fungsi psikologis ruang terbuka hijau. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(10), 1930–1943. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i10.332>
- Putri, A. H. D. (2023). Pengelolaan ruang terbuka hijau sebagai strategi kota sehat pada kawasan perkotaan di Indonesia. *Rustic: Jurnal Arsitektur*, 3(1), 28–45. <https://doi.org/10.32546/rustic.v3i1.1894>
- Purwanti, S. (2022). Memaksimalkan fungsi taman kota sebagai ruang terbuka publik. *Jurnal Jendela Inovasi Daerah*, 5(1), 56–70. <https://doi.org/10.56354/jendelainovasi.v5i1.114>
- Pykett, J., Osborne, T., & Resch, B. (2020). From urban stress to neuro urbanism: How should we research city well-being? *Annals of the American Association of Geographers*, 110(6), 1936–1951. <https://doi.org/10.1080/00045608.2020.1769677>
- Rachmawati, R. (2018). Pengembangan smart village untuk penguatan smart city dan smart regency. *Jurnal Sistem Cerdas*, 1(2), 12–19. <https://doi.org/10.37396/jsc.v1i2.9>
- Rasyida, A. (2021). Hubungan antara persepsi terhadap kualitas dan pemanfaatan ruang terbuka hijau dengan kesejahteraan psikologis anak. *Tataloka*, 23(3), 404–417. <https://doi.org/10.14710/tataloka.23.3.404-417>
- Renstra Perangkat Daerah Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta tahun 2017–2022. (2024). *Rencana strategis*. <https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/rencana-strategis>
- Sucahyo, F. M., & Fanida, E. H. (2021). Inovasi pengelolaan sampah menjadi pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) oleh Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Surabaya: Studi kasus di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Benowo Surabaya. *Publika*, 9(2), 39–52. <https://doi.org/10.26740/publika.v9n2.p39-52>
- Sugiyono. (2018). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Tambunan, E. K., Siahaan, U., & Sudawarni, M. M. (2021). Pengaruh ruang terbuka hijau terhadap psikologis masyarakat di Kota Bekasi khususnya Kecamatan Jatiasih. *Arsitektura Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 19(2), 297–307. <https://doi.org/10.20961/arst.v19i2.53995>
- Zhu, J., & Xu, C. (2021). Sina microblog sentiment in Beijing city parks as measure of demand for urban green space during the COVID-19. *Urban Forestry & Urban Greening*, 58(12), 126913. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126913>



Efisiensi Penggunaan *CBC Calculator* sebagai Alat Bantu Pengukuran Produktivitas Metode *Crew Balance Chart*

Muhammad Abdul Aziz¹, Redityo Januardi¹, Muhammad Syaiful Aliim²

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

² Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

Corresponding author:

Redityo Januardi | redityo.januardi@unsoed.ac.id

ABSTRACT

Work productivity in construction project operations is often measured using non-scientific methods due to the relatively short time required. Productivity is typically calculated based on daily production output, which is measured in the afternoon. One scientific method for measuring productivity is the Crew Balance Chart (CBC). This study aims to evaluate the efficiency that can be achieved through an Android-based application specifically designed to streamline data processing and reduce measurement time. The method used is a comparative analysis of productivity measurement duration by comparing standard CBC methods with the tools, using a tower crane operation as a case study. The findings reveal an efficiency increase of 142.1%. The use of the Android-based application reduced measurement duration by 1,11 hours, from 3,76 hours to 2,64 hours. It is important to note that the application assists only in the data processing stage, while data collection and analysis continue to follow standard CBC procedures.

Keywords: Android-based application; Construction productivity; Crew Balance Chart; Efficiency

ABSTRAK

Produktivitas operasi kerja pada proyek konstruksi sering kali diukur menggunakan metode nonilmiah karena waktu yang dibutuhkan relatif singkat. Umumnya, produktivitas dihitung berdasarkan jumlah hasil produksi dalam sehari yang diukur pada sore hari. Salah satu metode pengukuran produktivitas yang bersifat ilmiah adalah *Crew Balance Chart* (CBC). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi yang dapat dicapai dengan memanfaatkan aplikasi berbasis Android yang dirancang khusus untuk mempermudah pengolahan data dan mengurangi durasi pengukuran. Metode yang digunakan adalah analisis perbandingan durasi pengukuran produktivitas berdasarkan standar CBC dan bantuan aplikasi dengan menggunakan studi kasus pengoperasian *tower crane*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi mencapai 142,1%. Penggunaan aplikasi berbasis Android ini mengurangi durasi pengukuran sebesar 1,11 jam, dari 3,76 jam menjadi 2,64 jam. Penting untuk dicatat bahwa aplikasi ini hanya membantu pada tahap pengolahan data, sementara tahap pengumpulan dan analisis data tetap mengikuti prosedur standar CBC.

Kata Kunci: Aplikasi berbasis Android; *Crew Balance Chart*; Efisiensi; Produktivitas konstruksi

ARTICLE HISTORY

Received: May 15, 2024

Revised: July 22, 2024

Published: November 20, 2024

Copyright © 2024, Journal of Infrastructure Policy and Management

CITATION (APA 7TH)

Aziz, M. A., Januardi, R., & Aliim, M. S. (2024). Efisiensi penggunaan CBC calculator sebagai alat bantu pengukuran produktivitas metode crew balance chart. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(2), 125–138. <https://doi.org/10.35166/jipm.v7i2.50>

PENDAHULUAN

Keterlambatan proyek konstruksi disebabkan oleh berbagai faktor. Enam di antara sepuluh faktor utamanya berkaitan dengan aspek kesiapan material dan kondisi tenaga kerja (Wirabakti *et al.*, 2017). Kinerja proyek dapat dilihat dalam skala terkecil, yaitu pada level operasi, di mana pekerja beserta timnya menyelesaikan jenis operasi tertentu, seperti mobilisasi material ke elevasi lebih tinggi menggunakan *tower crane* (Nataadiningrat *et al.*, 2020). Pengukuran produktivitas operasi pekerjaan konstruksi jarang dilakukan dengan metode ilmiah karena waktu yang dibutuhkan relatif lama (Januardi *et al.*, 2023). Umumnya, produktivitas dihitung menurut jumlah hasil produksi harian yang diukur di sore hari. Salah satu metode ilmiah pengukuran produktivitas adalah *Crew Balance Chart* (CBC).

Menurut Yates (2014), CBC digunakan untuk mencatat aktivitas setiap anggota kru selama periode tertentu. Tujuan utama metode ini adalah memberikan catatan tentang kapan pekerja melakukan tugas secara efektif, jenis pekerjaan yang dilakukan, serta waktu saat mereka tidak bekerja. Data dari CBC digunakan untuk meningkatkan produktivitas dengan menilai proporsi tim yang ada terhadap beban kerja, termasuk alokasi beban kerja secara merata. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi waktu menganggur sehingga dapat meningkatkan produktivitas.

Perkembangan teknologi digital dan informasi memberikan dampak signifikan pada sektor industri konstruksi (Faisal & Fansuri, 2023). Menurut Tanne dan Indrayani (2023), kontraktor BUMN di Indonesia kini telah mengadopsi teknologi otomatisasi dan robotik, seperti drone, realitas virtual (*virtual reality*), serta metode pracetak dan modularisasi. Selain itu, aplikasi teknologi juga diterapkan dalam tahap pelaksanaan konstruksi melalui *Digital Twin* dan *Building Information Modelling* (BIM). Soemardi *et al.* (2020) menyatakan bahwa kontraktor di Indonesia cenderung lebih memilih teknologi dan aplikasi yang sudah tersedia dibandingkan mengembangkan secara internal melalui tim riset dan pengembangannya.

Salah satu alat berbasis *cloud* yang sering digunakan dalam pengembangan aplikasi Android adalah MIT App Inventor (MIT, 2024), yang berguna bagi dunia konstruksi. Beberapa aplikasi yang telah dikembangkan di antaranya adalah aplikasi *augmented reality* berbasis seluler (Zaher *et al.*, 2018), pemodelan *rodit* untuk menghitung gaya lateral pada pondasi tiang pancang (Liongono *et al.*, 2023), serta model *MPDM Calculator* untuk menghitung produktivitas dan keterlambatan tenaga kerja (Dewangga, 2023).

Digitalisasi pengukuran produktivitas operasi konstruksi dengan metode ilmiah merupakan salah satu jawaban atas kebutuhan kontrol

proyek. Dewangga (2023) menunjukkan bahwa perhitungan produktivitas menggunakan teknologi dengan metode MPDM (*Method Productivity Delay Model*) dapat mengurangi durasi perhitungan meskipun hanya pada tahap pengambilan data. Sementara itu, penelitian Aziz (2023) juga membuktikan bahwa penggunaan teknologi dalam metode CBC mampu mengurangi durasi perhitungan produktivitas.

Penelitian ini akan menilai efisiensi penggunaan alat bantu berupa aplikasi berbasis Android dalam pengolahan data sebagai salah satu proses dalam pengukuran produktivitas operasi konstruksi menggunakan metode CBC. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi alternatif bagi pemangku kepentingan lapangan dalam menghadapi tantangan terkait durasi pengukuran produktivitas yang lama serta memberikan keyakinan kepada kontraktor dalam memanfaatkan aplikasi. Studi kasus yang dipilih dalam penelitian ini adalah operasi *tower crane*.

KERANGKA TEORI

Produktivitas

Produktivitas merupakan perbandingan antara hasil aktual di lapangan dengan masukan atau *input* yang diperlukan (Hernandi & Tamtana, 2020). Kartika *et al.* (2021) mendefinisikan produktivitas sebagai rasio antara volume pekerjaan dengan kebutuhan durasi dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan. Artinya, produktivitas adalah ukuran efisiensi produksi yang menunjukkan perbandingan antara keluaran (*output*) dan masukan (*input*).

Pengukuran produktivitas dengan metode ilmiah melibatkan beberapa tahap utama sebagai berikut (Januardi *et al.*, 2021):

1. **Pengambilan data** melalui dokumentasi data pekerjaan berupa rekaman video yang diambil menggunakan kamera untuk keperluan analisis lebih lanjut.
2. **Pengolahan data**, di mana data yang diperoleh dari pengamatan di-*input* ke dalam formulir sesuai dengan metode pengukuran yang digunakan. Data ini bisa berupa klasifikasi aktivitas pekerja, durasi kerja, serta waktu aktivitas atau keterlambatan (*delay*).
3. **Analisis produktivitas**, yaitu tahap yang bertujuan mengidentifikasi tingkat produktivitas dan besaran keterlambatan (*delay*) pada suatu operasi kerja.
4. **Analisis peningkatan produktivitas**, di mana CBC digunakan untuk menganalisis potensi pengurangan durasi kerja pada setiap siklus. Hal ini dilakukan dengan mengeliminasi keterlambatan atau mengurangi jumlah pekerja sebagai bentuk efisiensi (Suharto & Sulistio, 2020).

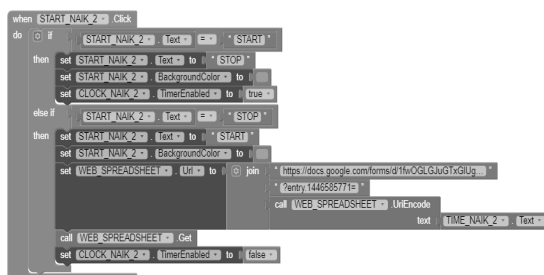
Crew Balance Chart (CBC)

Menurut Dozzi dan AbouRizk (1993), CBC adalah metode untuk membandingkan keterkaitan antara berbagai anggota kru dan peralatan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Metode ini menampilkan data hasil pengamatan dalam bentuk diagram batang vertikal yang menunjukkan durasi aktivitas pekerja yang berlangsung dalam pekerjaan berulang. Setiap batang mewakili individu atau elemen alat berat yang terlibat dalam tugas yang sedang dikerjakan. Sumbu-Y pada grafik ini menyatakan waktu dari total siklus waktu atau waktu aktual dalam sehari. Batang ini terbagi secara vertikal untuk menunjukkan waktu yang dihabiskan pada setiap aktivitas dalam siklus tugas, termasuk waktu tidak produktif, waktu tidak efektif, dan waktu menganggur. Agar aktivitas setiap anggota kru tercatat secara akurat, diperlukan alat bantu seperti *stopwatch* atau *video recorder*.

Menurut Rizky (2022), kendala penerapan metode CBC terutama terjadi pada kegiatan pengamatan langsung. Pada satu operasi konstruksi, jumlah tenaga kerja yang perlu diamati kinerjanya di lapangan tidak hanya satu atau dua orang saja sehingga ketelitian sangat diperlukan. Alternatif terbaik adalah merekam aktivitas menggunakan video agar dapat diolah pada waktu yang lain. Tantangan lainnya muncul pada tahap analisis data untuk peningkatan kinerja karena memerlukan waktu untuk menelaah data dari rekaman video (yang sering kali lebih lama daripada durasi video itu sendiri) serta pada proses *input* data ke dalam *Microsoft Excel* sesuai dengan formulir metode CBC.

Aplikasi CBC Calculator dan User Interface

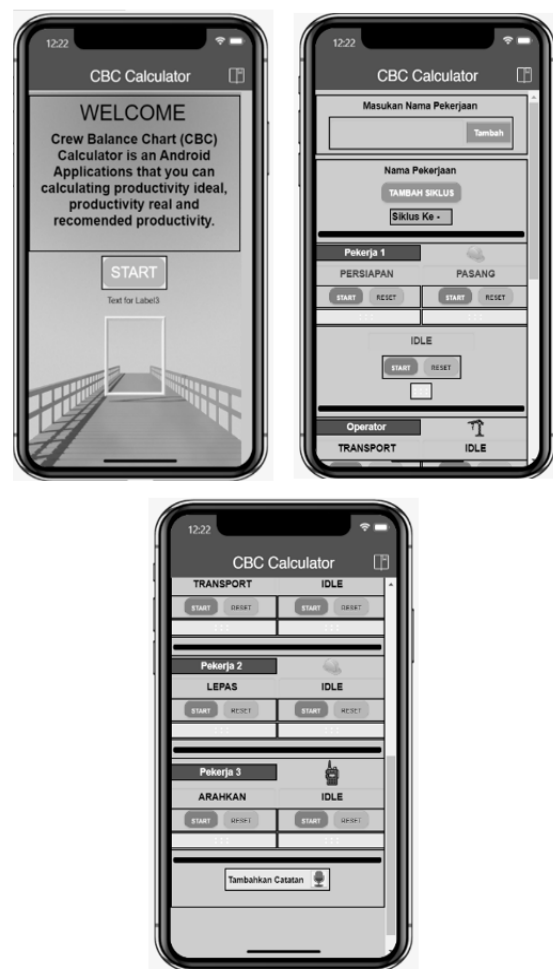
Aplikasi CBC Calculator adalah hasil digitalisasi dari metode pengukuran CBC yang dikembangkan oleh Aziz (2023) menggunakan *platform* pengembangan aplikasi Android, yakni MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) *App Inventor*. Pengembangan aplikasi Android dengan *MIT App Inventor* dilakukan secara *drag and drop* yang memungkinkan pengguna untuk mengubah ide menjadi objek visual yang dapat dioperasikan melalui perangkat *smartphone* (Liongono *et al.*, 2023). Gambar 1 memperlihatkan desain pemrograman dengan metode *drag and drop* pada *CBC Calculator*.



Gambar 1. Bagian *coding block* penyusun *interface* untuk inputan kondisi *tower crane* menaikkan barang


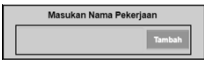




Aplikasi ini membantu dalam proses pengambilan dan pengolahan data sehingga tahap pencatatan aktivitas pekerjaan di lapangan serta pengolahan data dengan mengamati *video playback* tidak lagi diperlukan. Tampilan antarmuka pengguna (*user interface*) dari *CBC Calculator* yang cukup ramah pengguna (*user-friendly*). Fitur-fitur yang disediakan diharapkan dapat membantu pengguna dalam memasukkan data pada CBC sebagai bagian dari proses pengolahan data.

Gambar 2 di bawah ini menunjukkan *interface* dari *CBC Calculator*, sedangkan Tabel 1 menguraikan fungsi dari masing-masing fitur yang tersedia.



Gambar 2. *User interface* dari *CBC Calculator*

Tabel 1. Fungsi tombol aplikasi

Tombol	Fungsi
	Memulai aplikasi <i>CBC Calculator</i>
	Memasukan nama pekerjaan
	Menambahkan siklus pekerjaan
	<i>Start</i> untuk memulai dan menghitung durasi pekerjaan
	<i>Stop</i> untuk berhenti dan data langsung masuk <i>spreadsheet</i> <i>Reset</i> untuk memulai kembali perhitungan
	Untuk menambahkan catatan dengan berbicara. Suara dapat dikonversi ke dalam bentuk tulisan secara otomatis.

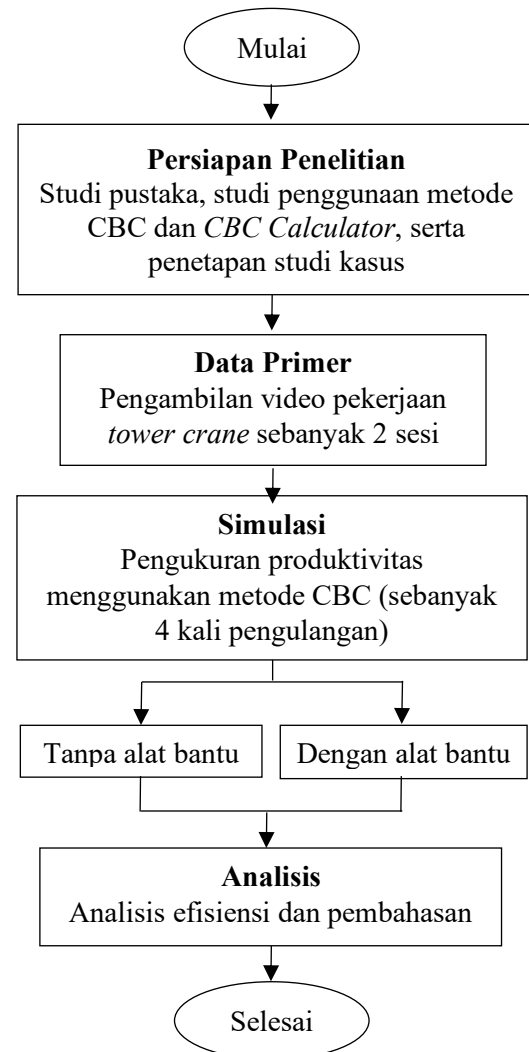
Tower Crane

Tower crane adalah alat pengangkat dan pemindah material secara vertikal dari elevasi rendah ke yang lebih tinggi atau sebaliknya, yang bekerja dengan prinsip kerja kabel baja (Pranata, 2021). Menurut Peurifoy (1970), *tower crane* memerlukan perencanaan yang matang karena ia diletakkan secara tetap pada lokasi tertentu selama aktivitas konstruksi. *Tower crane* harus mampu melayani semua titik permintaan dari posisinya yang tetap. Perencanaan harus dapat memastikan bahwa pengangkutan material dapat dipenuhi dalam radius yang disediakan *tower crane*. Menurut Hartono dan Alifen (2013), waktu siklus *tower crane* adalah waktu tempuh yang diperlukan *tower crane* untuk melakukan satu kali putaran. Waktu siklus terdiri dari waktu muat (*loading time/LT*), waktu angkut (*hauling time/HT*), waktu pembongkaran (*dumping time/DT*), waktu kembali (*return time/RT*), dan waktu tunggu (*spotting time/ST*). Waktu siklus keseluruhan diperoleh dengan rumus $CT = LT + HT + DT + RT + ST$.

METODOLOGI

Desain Penelitian

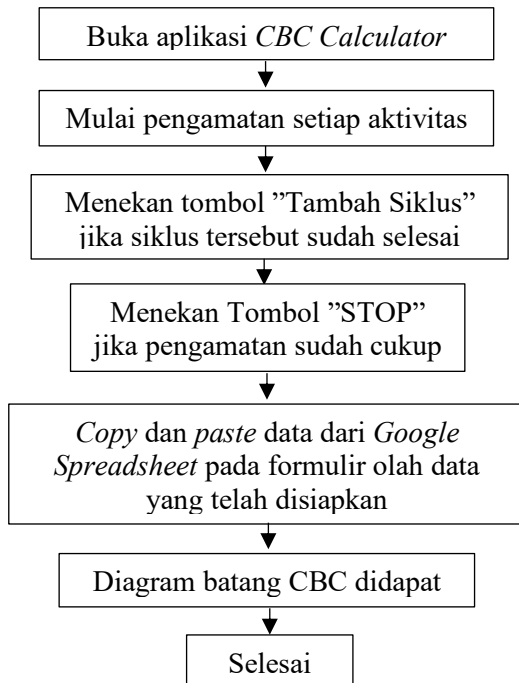
Penelitian ini menerapkan analisis perbandingan kuantitatif berupa durasi yang dibutuhkan dari proses pengukuran produktivitas operasi konstruksi dengan metode CBC antara menggunakan dan tanpa alat bantu berupa aplikasi Android yang telah dirancang sebelumnya, yaitu *CBC Calculator*. Studi kasus yang digunakan adalah pekerjaan operasi *tower crane* pada proyek gedung 3 lantai. Simulasi pengukuran dilakukan dalam dua sesi dan berulang sebanyak empat kali untuk menghasilkan data durasi yang konsisten dan mencerminkan kondisi normal.



Gambar 3. Alur penelitian

Penggunaan *CBC Calculator*

CBC Calculator bekerja untuk mendapatkan waktu produktivitas pekerja pada saat menekan tombol “*STOP*” dan hasil dari aplikasi tersebut langsung masuk ke *Google Spreadsheet*. Hasil aplikasi tersebut bersifat mentah sehingga pengguna harus menyalin data dari *Google Spreadsheet* terlebih dahulu lalu menempel hasil salinan tersebut ke *Microsoft Excel*. Akses *Spreadsheet* dan *Microsoft Excel* tersedia pada aplikasi untuk memudahkan pengguna. Berikut merupakan alur penggunaan *CBC Calculator*.



Gambar 4. Cara kerja aplikasi *CBC Calculator*

Teknik Pengukuran Produktivitas

Pengukuran produktivitas dilakukan dalam tiga tahap utama, yaitu pengambilan data di lapangan, pengolahan data, dan analisis data untuk perbaikan kinerja. Berikut merupakan langkah-langkah pengukuran produktivitas menggunakan metode CBC.

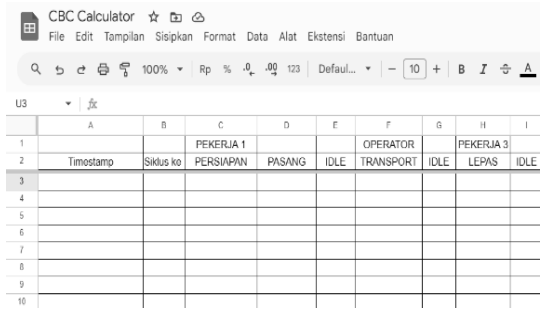
1. Pengambilan data dilakukan dengan cara merekam video operasi *tower crane* dengan jumlah siklus yang mencukupi.

Jika operasi cukup sederhana dan memungkinkan untuk diamati dan diolah langsung di lapangan, rekap data dapat dilakukan tanpa merekam video.

2. Data yang telah terekam kemudian diolah dengan cara mengamati video *play-back* dan merekap durasi setiap tahapan dalam 1 siklusnya pada blangko CBC dengan format *Excel*.
3. Pengolahan data dilanjutkan dengan mengubah data mentah menjadi data *barchart* arah vertikal dari setiap aktivitas personil yang terlibat dalam operasi *tower crane* dengan durasi tertentu.
4. Analisis data dilakukan dengan *me-review* durasi *delay*/tidak bekerja setiap personil yang memungkinkan untuk dihilangkan atau dikurangi. Upaya ini menghasilkan penurunan durasi yang dibutuhkan dalam 1 siklus pemindahan material oleh *tower crane*. Namun, langkah ini tidak ditempuh pada penelitian ini karena tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan nilai efisiensi dari penggunaan alat bantu.

Pada pengukuran produktivitas dengan metode CBC menggunakan alat bantu *CBC Calculator*, perbedaan utamanya terletak pada proses rekapitulasi durasi yang tidak lagi dilakukan secara manual. Durasi kegiatan akan tercatat secara otomatis tanpa perlu menghitung waktu mulai dan selesai dari setiap aktivitas. Hal ini dimungkinkan karena *CBC Calculator* dilengkapi dengan fitur *timer* yang berjalan secara otomatis. Setiap kali pengguna mengklik data yang menunjukkan bahwa suatu aktivitas telah selesai, durasi aktivitas tersebut akan langsung terhitung secara otomatis.

Hasil rekapitulasi penghitungan *CBC Calculator* akan tertuang dalam *Google Sheet*, sebagaimana terlihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 5. Spreadsheet CBC Calculator

Teknik Pengukuran Efisiensi

Tsolas (2013) mendefinisikan efisiensi sebagai “melakukan sesuatu dengan benar”, sementara efektivitas berarti “melakukan sesuatu yang benar.” Efisiensi yang diukur merupakan peningkatan nilai untuk melakukan sesuatu dengan benar, di mana alternatif ini memiliki durasi yang lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional. Durasi yang dibutuhkan dalam proses pengukuran akan dibandingkan antara dua metode, yaitu standar CBC dan alat bantu *CBC Calculator*. Simulasi pada tahapan ini dilakukan beberapa kali untuk menghasilkan data durasi yang konsisten dan mencerminkan kondisi normal (Ugulu & Allen, 2018). Selain itu, setiap pengulangan memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemahiran dan mengurangi kejadian kesalahan *input* atau kesalahan hitung akibat *human error* (Tai et al., 2021). Jumlah simulasi akan bergantung pada signifikansi perubahan durasi yang terjadi, dengan mempercepat durasi pengamatan pada video *play-back* asalkan keterbacaan pengamatan masih dapat dilakukan. Perlakuan tersebut dilakukan dengan meningkatkan kecepatan *play-back video* menjadi lebih dari satu kali kecepatan normal yang masih mungkin untuk diamati. Cara tersebut adalah dengan meningkatkan *play-back speed* yang semula normal sampai kemampuan maksimum dalam mengamati video.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data yaitu pada proyek pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Hj. Anna Lasmanah Banjarnegara di Jl. Mayjend Soetojo No. 72 Banjarnegara. Pengambilan data di lapangan menggunakan alat bantu berupa *video recorder* pada *smartphone*. Durasi video sesi 1 adalah 4.765 detik atau setara dengan 1,323 jam. Adapun sesi 2 adalah 7.146 detik atau setara dengan 1,985 jam. Besaran durasi tersebut digunakan untuk pengukuran produktivitas baik dengan metode standar CBC maupun dengan alat bantu.

Tahap Pengolahan Data

Tahap ini meliputi pencatatan durasi setiap aktivitas. Pencatatan durasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pencatatan durasi aktivitas dalam satu siklus

No	Kegiatan	Durasi (detik)			
		Pekerja 1	Operator	Pekerja 3	Pekerja 4
1	Persiapan	28			
2	Transport		80		
3	Pasang	71			
4	Idle P1	267			
5	Idle OP		77		
6	Transport		97		
7	Arahkan				194
8	Lepas			139	
9	Transport		69		
10	Idle OP		30		
11	Idle P3			205	
12	Idle P4				148
13	Transport		82		

Tahap pengolahan data dilakukan sebanyak empat kali dengan variasi *play-back speed* video yang berbeda-beda: Diawali dengan kondisi normal hingga kemampuan maksimum dalam mengamati video, menjadi sampai 2x kecepatan normal. Adapun setelah dicoba di kecepatan 2,5x dan di atasnya, penulis tidak dapat mengidentifikasi dengan baik durasi dan aktivitas dari video *recorder*.

Dari percobaan 1 hingga 4 secara berturut-turut menggunakan kecepatan 1,0x; 1,5x; 2,0x, dan 2,0x, penulis memperoleh hasil pencatatan sebagai berikut.

1. Metode konvensional (standar CBC)

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tahap pengamatan, perhitungan, serta pencatatan durasi aktivitas pekerja untuk sesi 1 dan 2 secara berturut-turut adalah 8.774 detik dan 8.276 detik atau setara dengan 2,437 jam dan 2,298 jam. Berikut tabel rekapnya.

Tabel 3. Durasi pengukuran secara konvensional pada video sesi 1

Konvensional	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 1	4.765	4.765	4.765	4.765
	Review + Hitung	12.093	9.841	8.775	8.774
	Total	16.858	14.606	13.540	13.539

Tabel 4. Durasi pengukuran secara konvensional pada video sesi 2

Konvensional	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 2	7.146	7.146	7.146	7.146
	Review + Hitung	10.802	9.847	9.279	9.276
	Total	17.948	16.993	16.425	16.422

2. Metode dengan CBC Calculator

Saat menggunakan alat bantu, durasi pengukuran yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan standar CBC: Pada sesi 1 dan 2 secara berturut-turut adalah 4.765 detik dan 7.227 detik atau setara dengan 1,323 jam dan 2,007 jam.

Tabel 5. Durasi pengukuran dengan alat bantu pada video sesi 1

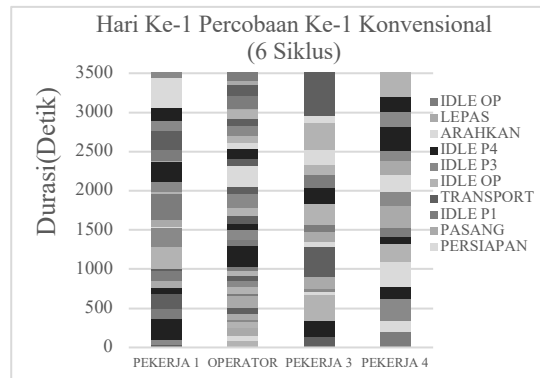
Alat Bantu	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 1	4.765	4.765	4.765	4.765
	Review + Hitung	5.463	4.794	4.766	4.765
	Total	10.228	9.559	9.531	9.530

Tabel 6. Durasi pengukuran dengan alat bantu pada video sesi 2

Alat Bantu	Kegiatan	Durasi Pengerjaan (detik)			
		1	2	3	4
	Take Video 2	7.146	7.146	7.146	7.146
	Review + Hitung	8.434	7.450	7.256	7.227
	Total	15.580	14.596	14.402	14.373

Tahap Analisis Data

Tahap analisis data tidak dilakukan karena tujuan penelitian ini untuk mendapatkan nilai efisiensi dari penggunaan alat bantu. Adapun hasil *plotting* ke dalam diagram batang adalah sama, baik menggunakan maupun tanpa alat bantu sebagaimana Gambar 6.



Gambar 6. Diagram batang CBC pada video 1

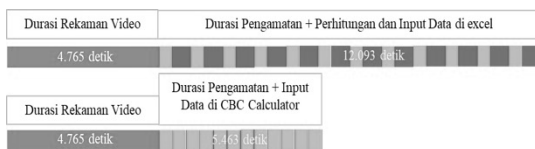
Sebagai ilustrasi proses pengukuran produktivitas dalam analisis diagram batang CBC, Gambar 5 memperlihatkan bahwa pada batang kedua, operator sedang memindahkan barang yang ditandai dengan warna biru. Proses satu siklus pemindahan barang memerlukan dua kali transportasi, yaitu menaikkan dan menurunkan barang ke tempat semula untuk diisi kembali. Durasi total pemindahan adalah 3.500 detik, dengan jumlah 11 strip batang biru yang setara dengan hampir 6 siklus, meskipun kondisi *hoist crane* belum kembali ke titik awal. Oleh karena itu, produktivitas *tower crane* dapat dihitung sebagai 3.500 detik dibagi 6 kali pemindahan, yang menghasilkan 583,33 detik per pemindahan, atau setara dengan 9,72 menit per pemindahan. Ini merupakan produktivitas riil yang masih memiliki potensi untuk perbaikan pada tahap analisis peningkatan kinerja.

Sebagai gambaran proses perbaikan kinerja dalam analisis diagram batang CBC, pada tahap ini, ketinggian batang berwarna hitam yang menunjukkan *delay* harus dihilangkan

atau ditekan di setiap pekerja semaksimal mungkin. Hal ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis di lapangan, alur siklus, dan ketergantungan antaraktivitas. Beberapa alternatif untuk menghilangkan *delay* adalah meningkatkan supervisi, manajemen material yang akan diangkut, penempatan lokasi gudang material, teknik pengepakan material sebelum diangkut, atau mungkin juga dilakukan dengan mengurangi jumlah personel yang relatif memiliki pekerjaan paling ringan dan sedikit. Tugas personel tersebut dapat dialihkan pada personel lain dengan mensubstitusikannya dengan *delay* yang disebabkan oleh waktu tunggu aktivitas lain yang memiliki hubungan ketergantungan. Meskipun tidak mengurangi durasi siklus operasi, cara ini dapat mengurangi biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan untuk personel yang dikurangi tersebut.

Perbandingan Nilai Efisiensi Pengukuran

Perbandingan durasi antara menggunakan dan tidak menggunakan *CBC Calculator* adalah durasi pada proses pengambilan data *recorder*, pengamatan data *recorder*, dan *input* data ke dalam *form* tabel pengukuran produktivitas *CBC*.



Gambar 7. Rerata durasi dan tahapan pengambilan dan pengolahan data video 1

Rekapitulasi perbandingan durasi pengukuran produktivitas *CBC* antara metode konvensional dan penggunaan *CBC Calculator* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8. Nilai efisiensi diperoleh dengan membagi total durasi pengukuran produktivitas secara konvensional dengan durasi pengukuran menggunakan alat bantu *CBC Calculator*. Pada percobaan pertama di

Video 1, nilai efisiensi tercatat sebesar 164,8%, lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan-percobaan berikutnya. Namun, nilai efisiensi ini belum mencerminkan kondisi normal. Pengguna masih memiliki potensi untuk memaksimalkan *treatment* dari kedua metode tersebut. Hal ini disebabkan oleh pengukuran produktivitas menggunakan metode standar yang belum dioptimalkan untuk mempercepat durasi pengamatan pada video *play-back* sehingga masih terdapat peluang percepatan pada cara standar.

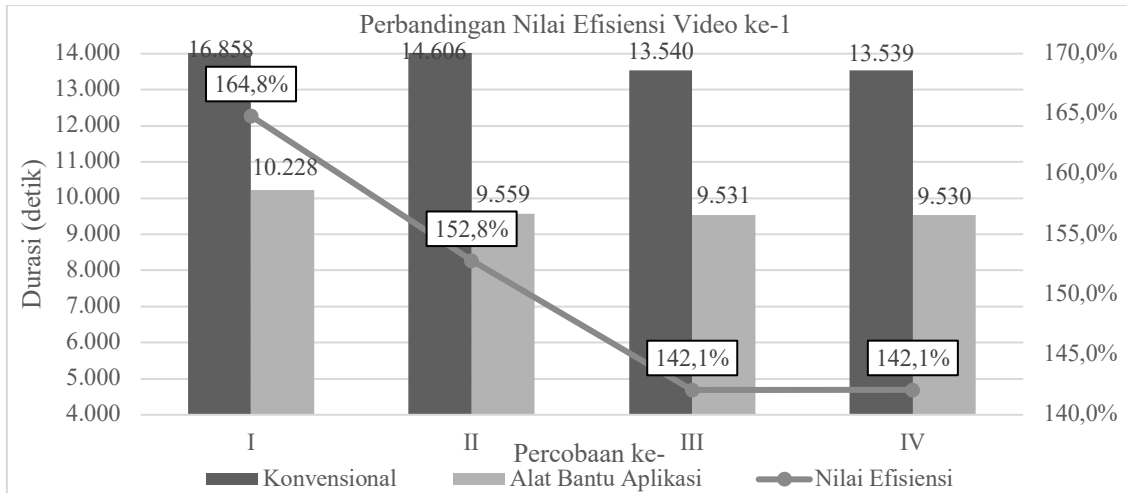
Terdapat penurunan durasi yang signifikan dalam pengukuran produktivitas, terutama pada metode konvensional, dengan selisih antara percobaan pertama dan percobaan keempat mencapai 16.858 detik dan 13.539 detik, sehingga diperoleh selisih sebesar 3.319 detik atau 55,31 menit. Namun, jika dilihat dari selisih durasi pada metode *CBC* dengan alat bantu, penurunannya hanya berkisar antara 10.228 detik dan 9.530 detik, dengan selisih sebesar 698 detik atau 11,63 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa pengukuran efisiensi penggunaan alat bantu yang dibandingkan dengan metode standar *CBC* perlu disimulasikan beberapa kali untuk mencapai kondisi normal dan memaksimalkan semua potensi dari setiap metode.

Tabel 7. Efisiensi penggunaan *CBC Calculator* pada video sesi 1

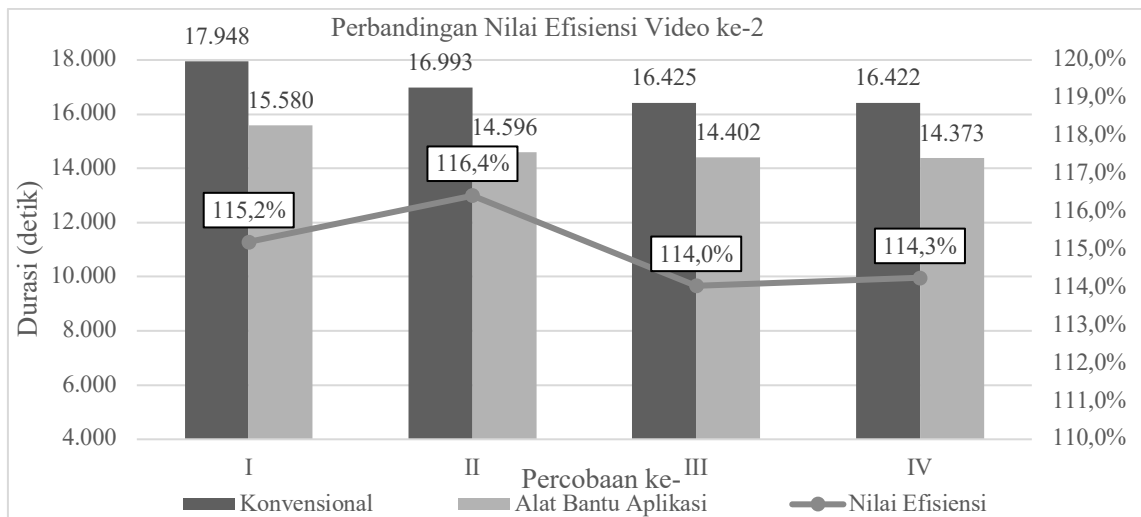
Metode	Durasi Pengerjaan (detik)			
	1	2	3	4
Konvensional	16.858	14.606	13.540	13.539
Alat Bantu	10.228	9.559	9.531	9.530
Selisih	6.630	5.047	4.009	4.009
Efisiensi (%)	164,8	152,8	142,1	142,1

Tabel 8. Efisiensi penggunaan *CBC Calculator* pada video sesi 2

Metode	Durasi Pengerjaan (detik)			
	1	2	3	4
Konvensional	17.948	16.993	16.425	16.422
Alat Bantu	15.580	14.596	14.402	14.373
Selisih	2.368	2.397	2.023	2.049
Efisiensi (%)	115,2	116,4	114,0	114,3



Gambar 7. Diagram perbandingan durasi pengukuran dan efisiensi antara metode konvensional dan dengan menggunakan alat bantu pada video 1



Gambar 8. Diagram perbandingan durasi pengukuran dan efisiensi antara metode konvensional dan dengan menggunakan alat bantu pada video 2

Diagram perbandingan yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa penerapan alat bantu mampu mengurangi durasi pengukuran produktivitas baik pada percobaan pertama hingga percobaan keempat. Hal ini selaras dengan prinsip nilai tambah dari penggunaan teknologi pada sebuah metode (Tanne & Indrayani, 2023). Bahkan, aplikasi Android yang dikembangkan oleh Nanda *et al.* (2022) dapat mereduksi durasi waktu inspeksi, dari semula 15-20 menit menjadi hanya 2-3 menit di setiap gedung.

Pada pengukuran aktivitas Video 1 memiliki selisih efisiensi lebih besar dari pada Video 2. Hal ini dikarenakan Video 2 berdurasi setengah jam lebih panjang dibandingkan Video 1, di mana durasi video berkontribusi sebanyak 50-90% dalam proses pengukuran produktivitas, terutama pada proses perekaman dan *review* video. Hal ini selaras dengan hambatan praktisi yang ditemukan oleh Ulhaq (2023) dalam pengukuran produktivitas secara ilmiah. Untuk dapat meningkatkan efisiensi durasi pengukuran, pengguna dapat mengambil dan merekap

data di lapangan secara langsung tanpa melalui proses perekaman video. Hal ini dapat mengurangi durasi pengukuran mendekati 50%.

Adanya kurva belajar yang terbentuk dari empat kali pengulangan simulasi menunjukkan kondisi normal pada pengulangan keempat. Data yang disajikan menjadi lebih akurat dan merepresentasikan keadaan normal dari penggunaan metode pengukuran CBC. Data kurva belajar ini akan memberikan analisis yang lebih akurat dalam upaya optimasi durasi pekerjaan (Abdelkhalek *et al.*, 2020).

Aplikasi *CBC Calculator* yang dikembangkan memberikan gambaran mengenai peluang untuk meningkatkan penggunaan metode pengukuran dengan memanfaatkan teknologi aplikasi. Aplikasi Android yang dirancang oleh Liongono *et al.* (2023) menggunakan *platform MIT App Inventor* untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi pada pondasi tiang pancang. Hasil perhitungan dari aplikasi tersebut tidak menunjukkan selisih nilai yang signifikan dibandingkan hasil perhitungan manual sehingga efektivitas penggunaan aplikasi dalam membantu proses analisis dinilai telah tercapai.

Pengukuran performa yang efisien berkontribusi pada peningkatan produktivitas tenaga kerja dan peralatan. Dengan memantau dan menganalisis data performa, proyek dapat dikelola untuk memastikan bahwa setiap bagian dari proses konstruksi berjalan lancar dan tanpa hambatan. Peningkatan produktivitas ini secara langsung dapat meningkatkan efisiensi pembangunan infrastruktur. Selain itu, pengukuran produktivitas berfungsi sebagai indikator untuk mengevaluasi sejauh mana produktivitas yang direncanakan telah tercapai (Sasmita *et al.*, 2023), baik pada pembangunan gedung maupun infrastruktur.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode alat bantu aplikasi lebih efisien dibandingkan dengan metode perhitungan konvensional. Dengan aplikasi *CBC Calculator*, pengguna dapat menghemat waktu dan tenaga dalam menerapkan metode CBC. Empat kali percobaan yang dilakukan menghasilkan nilai efisiensi durasi pengukuran produktivitas menggunakan alat bantu sebesar 142,1% pada kasus Video 1 dan 114,3% pada kasus Video 2. Proses *input* data waktu untuk setiap aktivitas dan perhitungan durasi secara manual dapat dieliminasi dan digantikan dengan perhitungan otomatis menggunakan alat bantu.

Perlu dicatat bahwa penggunaan *CBC Calculator* ini baru membantu salah satu tahap dalam serangkaian proses pengukuran produktivitas konstruksi. Oleh sebab itu, aplikasi ini layak untuk dikembangkan lebih lanjut pada tahap lainnya sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap *video recording* sebagai data utama.

TENTANG PENULIS

Muhammad Abdul Aziz menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman. Fokus risetnya terletak pada pengembangan aplikasi untuk pengukuran produktivitas konstruksi. Untuk keperluan komunikasi, silakan berkorespondensi melalui email: muhammad.aziz070@mhs.unsoed.ac.id.

Redityo Januardi memperoleh gelar magister (S2) di bidang teknik sipil dari Institut Teknologi Bandung. Keahlian utamanya adalah dalam pengukuran produktivitas konstruksi. Saat ini, ia berprofesi sebagai dosen di Jurusan Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman. Email yang dapat digunakan untuk menghubunginya adalah redityo.januardi@unsoed.ac.id.

Muhammad Syaiful Aliim merupakan ahli di bidang kecerdasan buatan dan *Internet of Things* (IoT), dengan gelar magister (S2) dari Universitas Indonesia. Penelitian utamanya berfokus pada *augmented reality*. Saat ini, ia menjabat sebagai dosen di Jurusan Teknik Elektro Universitas Jenderal Soedirman. Ia dapat dihubungi melalui email: muhammad.syaiful.aliim@unsoed.ac.id.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman atas dukungannya selama proses pengembangan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan pada mitra bebestari atas telaahnya untuk peningkatan kualitas artikel ini, serta kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkhalik, H. A., Refaie, H. S., & Aziz, R. F. (2020). Optimization of time and cost through learning curve analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1069–1082. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.12.007>
- Aziz. (2023). *Studi inisiasi penggunaan metode pengukuran produktivitas metode crew balance chart berbasis mobile application*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Dewangga. (2023). *Studi inisiasi penggunaan metode pengukuran produktivitas method productivity delay model berbasis mobile application*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Dozzi, S. P., & AbouRizk, S. M. (1993). *Productivity in construction*. Institute for Research in Construction, National Research Council Ottawa.
- Faisal, U. F., & Fansuri, I. (2023). Pengembangan teknologi digital terhadap pemenuhan keselamatan konstruksi di Indonesia. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (CESD)*, 6(2), 35–45. <https://doi.org/10.25105/cesd.v6i2.18811>
- Hartono, P. E., & Alifien, R. S. (2013). Program perhitungan efektivitas waktu dan biaya pemakaian tower crane. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 2(2), 1–9. <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/1204>
- Hernandi, Y., & Tamtana, J. S. (2020). Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas pekerja pada pelaksanaan konstruksi gedung bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(2), 299–312. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i2.6985>
- Januardi, R., Nugroho, P. S., & Mulyono, B. (2023). Persepsi pengguna dalam mengukur kinerja operasi konstruksi berbasis sampling menggunakan analytical hierarchy process. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil, dan Teknik Informasi*, 6(2), 112–121. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v6i2.4517>
- Januardi, R., Sudibyo, G. H., Saputro, D. N., & Nugroho, P. S. (2021). Studi produktivitas operasi konstruksi pekerjaan dinding bata ringan pada proyek gedung bedah RSUD Banyumas. *Seminar Nasional Ketekniksipil, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)*, 1(1), 67–72. <https://prosiding.uika-bogor.ac.id/index.php/kiijk/article/view/335>
- Kartika, N., Robial, S. M., & Pratama, A. (2021). Analisis produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan kolom di proyek pembangunan gedung pemda kabupaten Sukabumi. *Jurnal Momen Teknik Sipil Suryakencana*, 3(2), 103–112. <https://doi.org/10.35194/momen.v3i2.1207>
- Liongono, L. L., Saharuddin, A., Hartanto, D. H. D., & Leong, H. (2023). Pemodelan rodit untuk menghitung gaya lateral pada pondasi tiang pancang ujung bebas pada tanah kohesif menggunakan metode Brom berbasis MIT app inventor. *G-Smart*, 7(1), 66–80. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v7i1.10252>
- MIT. (2024). *MIT App Inventor*. <https://appinventor.mit.edu/about-us>
- Nanda, R. P., Damarla, R., & Nayak, K. A. (2022). Android application of rapid visual screening for buildings in Indian context. *Structures*, 46, 1823–1836. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.10.140>

- Nataadiningrat, B. B., Prabowo, A. W., Rasmawan, I., Putri, A. T., Abduh, M., & Wirahadikusumah, R. D. (2020). Analysis of NATM tunneling method using cyclone modeling and simulation tools. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 933(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/933/1/012002>
- Peurifoy, R. L. (1970). *Construction planning, equipment, and methods*. McGraw-Hill.
- Pranata. (2021). Analisis pengoperasian tower crane untuk pekerjaan pengecoran struktur kolom. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 19(1), 75–83. <https://doi.org/10.35760/dk.2020.v19i1.2698>
- Rizky. (2022). *Analisis beserta peningkatan produktivitas pekerjaan tiang pancang menggunakan metode chart*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Sasmita, A. A., Fiara, A., Utama, A. B., & Islami, R. C. (2023). Pengukuran produktivitas tenaga kerja pemasangan plafon U-baffle menggunakan metode time study dan productivity rating. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 2(2), 75–87. <https://doi.org/10.56911/jik.v2i2.75>
- Soemardi, B. W., Kusuma, B., & Abduh, M. (2020). Technology assessment in Indonesian construction industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 849(1), 012077. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/849/1/012077>
- Suharto, I. P., & Sulistio, H. (2020). Produktivitas pekerja dalam pekerjaan plesteran dinding bata dengan metode crew balance chart. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(4), 1373–1382. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i4.8378>
- Tai, H.-W., Chen, J.-H., Cheng, J.-Y., Hsu, S.-C., & Wei, H.-H. (2021). Learn curve for precast component productivity in construction. *International Journal of Civil Engineering*, 19, 1179–1194. <https://doi.org/10.1007/s40999-021-00621-z>
- Tanne, Y. A., & Indrayani, N. L. A. (2023). Review of construction automation and robotics practices in Indonesian construction state-owned enterprises: Position in project life cycle, gap to best practice, and potential uses. *Architecture, Structures, and Construction*, 3(3), 373–389. <https://doi.org/10.1007/s44150-023-00098-5>
- Tsolas, I. E. (2013). Modeling profitability and stock market performance of listed construction firms on the Athens Exchange: Two-stage DEA approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(1), 111–119. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.000055](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.000055)
- Ugulu, R. A., & Allen, S. (2018). Using the learning curve theory in the investigation of on-site craft gangs' blockwork construction productivity. *Built Environment Project and Asset Management*, 8(3), 267–280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2017-0067>
- Ulhaq. (2023). *Kajian tantangan penerapan pengukuran produktivitas operasi konstruksi menggunakan five minutes rating dan work sampling bagi kontraktor pelaksana*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Wirabakti, D. M., Abdullah, R., & Maddeppungeng, A. (2017). Studi faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi bangunan gedung. *Konstruksia*, 6(1), 15–29. <https://doi.org/10.24853/jk.6.1.%25p>
- Yates, J. K. (2014). *Productivity improvement for construction and engineering: Implementing programs that save money and time*. ASCE Press. <https://doi.org/10.1061/9780784413463>
- Zaher, M., Greenwood, D., & Marzouk, M. (2018). Mobile augmented reality applications for construction projects. *Construction Innovation*, 18(2), 152–166. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2017-0013>

This page is intentionally left blank.



Increasing Urban Flood Challenges: Spatial Analysis of the 2024 Flood in Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia

Arif Rohman^{1,2}, Trisya Septiana¹, Dikpride Despa¹

¹ Program Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

² Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

Corresponding author:

Arif Rohman | arif@gt.itera.ac.id

ABSTRACT

This study explores the spatial analysis of flood-prone areas in Rajabasa by utilizing Digital Elevation Model data from DEMNAS and high-resolution aerial photographs obtained via commercial drones. The research aims to understand the region's flood dynamics and watershed characteristics. The elongated shape of the Rajabasa basin, with a calculated circularity ratio (R_c) of 0.19, indicates that runoff follows the existing stream network, resulting in gradual and prolonged flood events. Field surveys were conducted to validate land cover data, revealing that the majority of the area was residential and classified under Hydrology Soil Group (HSG) D, leading to high Curve Number (CN) values between 88 and 93. These values suggest that nearly all rainfall converts to runoff, exacerbating flooding conditions. Effective flood management strategies were proposed by focusing on areas with the highest CN values and integrating long-term land improvement with short-term flood control infrastructure. The study also highlights the importance of preserving natural drainage lines, which are often overlooked, for enhancing flood mitigation, educating residents about floodplain management, and implementing proper land use regulations. The findings underscore the necessity of combining spatial analysis, high-resolution data, and targeted flood management strategies to mitigate flood risks in Rajabasa and similar flood-prone areas.

Keywords: Curve number; Spatial analysis; Urban flood

ABSTRAK

Penelitian ini mengeksplorasi analisis spasial daerah rawan banjir di Rajabasa dengan menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) dari DEMNAS dan foto udara resolusi tinggi dari drone komersil guna memahami dinamika banjir dan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) di wilayah ini. Bentuk DAS Rajabasa yang memanjang, dengan rasio kebulatan (R_c) yang dihitung sebesar 0.19, menunjukkan bahwa limpasan air mengikuti jaringan aliran yang ada sehingga menimbulkan peristiwa banjir yang bertahap dan berkepanjangan. Survei lapangan terhadap data tutupan lahan menunjukkan bahwa mayoritas area merupakan pemukiman yang masuk dalam Kelompok Tanah Hidrologi (HSG) D dengan kecenderungan *Curve Number* (CN) tinggi antara 88 dan 93. Angka ini menunjukkan bahwa hampir semua curah hujan berubah menjadi limpasan dan memperparah kondisi banjir. Strategi manajemen banjir yang efektif perlu dilakukan terutama pada area dengan nilai CN tinggi dan mengintegrasikan perbaikan lahan jangka panjang dengan infrastruktur pengendalian banjir jangka pendek. Studi ini juga menyoroti pentingnya menjaga jalur drainase alami, yang seringkali diabaikan, untuk meningkatkan mitigasi banjir, edukasi pada penduduk tentang manajemen dataran banjir, dan penerapan regulasi penggunaan lahan. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya analisis spasial, data resolusi tinggi, dan strategi manajemen banjir untuk mengurangi risiko banjir di Rajabasa dan daerah rawan banjir serupa.

Kata Kunci: Analisis spasial; Banjir perkotaan; *Curve Number* (CN)

ARTICLE HISTORY

Received: May 15, 2024

Revised: September 30, 2024

Published: November 20, 2024

Copyright © 2024, Journal of Infrastructure Policy and Management

CITATION (APA 7TH)

Rohman, A., Septiana, T., & Despa, D. (2024). Increasing Urban Flood Challenges: Spatial Analysis of the 2024 Flood in Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(2), 139–150. <https://doi.org/10.35166/jipm.v7i2.56>

INTRODUCTION

In the past five years, flooding has been the most frequent disaster occurring in Indonesia (BNPB, 2024) as well as globally (UNDRR, 2020). In tropical regions like Indonesia, the most common type of flooding is river flooding due to the topographical conditions of extensive lowland areas (Hallegatte et al., 2013; Hanson et al., 2011).

In early 2024, the Province of Lampung experienced severe flooding. One of the worst-hit areas was Rajabasa, where floodwaters reached the rooftops of houses. Historically, this location has been prone to flooding, but it has never been as severe as the incident in 2024 (lampost.co, 2024). This situation was also observed in other areas of Bandar Lampung, such as Teluk (detik.com, 2024), Way Halim (mediaindonesia.com, 2024), and Urip Sumoharjo (radarlampung.disway.id, 2024).

The increasing urban flooding highlights the need for a change in approach to flood management. Traditionally, the construction of flood control infrastructure has been the primary solution. However, it may now be necessary to also consider environmental conditions and land use changes in both the flood-prone areas and their upstream catchment areas. Sayers et al (2015) describe the evolution of flood management

processes over time through the following stages: (i) relocation from flood areas; (ii) utilization of floodplains, (iii) flood control; (iv) reduction of flood damage; and (v) implementation of flood risk management. It appears that Indonesia's flood management process is stalled at the flood control stage.

The changes in flood management have been driven by the increasingly limited availability of land. When land was abundant, residents could relocate to new areas when floods occurred, abandoning the old flooded areas. Flood control typically involves flood infrastructure such as dams, levees, drainage systems, and pumps, which are feasible when there is space for these structures. When flood discharge increases and the infrastructure cannot prevent flooding, the management approach shifts to reducing flood impacts. Currently, as flooding becomes inevitable and land becomes densely populated, risk management becomes the primary focus of flood management.

This article aims to provide a comprehensive analysis of the challenges faced in future urban flood management through a spatial approach, with a focus on the 2024 Rajabasa flood as a case study. The study integrates multiple spatial analysis techniques to better understand the dynamics and contributing factors of flooding in urban settings. By employing field measurement tools such as GPS and drones, a detailed 3D model of the

flood-affected area is created to offer a high-resolution perspective on the terrain. This model is supplemented by secondary data sources, including Digital Elevation Models (DEMs) obtained from global datasets, ensuring that the analysis is both data-rich and contextually accurate.

The spatial hydrological analysis conducted in this study identifies critical factors such as catchment areas, stream networks, and land cover types, which are derived from both field survey data and advanced spatial techniques. Additionally, the study delves into the application of the Curve Number method as a key indicator for evaluating surface runoff potential, providing insights into how various land uses and surface conditions contribute to flood risks. By bridging the gap in detailed flood location analysis, this research aims to pinpoint the specific sources and processes leading to surface runoff formation, thereby offering practical recommendations for improving urban flood management strategies.

THEORETICAL FRAMEWORK

The continuous increase in urban flooding due to population growth (Areu-Rangel et al., 2019), both in terms of intensity and the extent of the affected areas, requires more intensive management. Addressing disasters with attention to local characteristics is one approach agreed upon within the global disaster management framework (Wahlström, 2015). In the context of flood management, it is essential to examine flood issues in detail. One effort to achieve it is through spatial analysis of the relationship between flood locations and the characteristics of their catchments.

Conducting a detailed spatial analysis needs detailed data support. Currently, the rapid development of drones offers a boon for mapping processes with the advent of close-

range photogrammetry, which can map large areas quickly with high resolution (Feng et al., 2015; Rohman & Prasetya, 2019). The drones are no longer limited to specialized mapping drones but may also include commercially available drones that are affordable.

Spatial Analysis of Flooding

Spatial analysis for disaster management has been conducted for a long time through the use of maps. As map technology has advanced, the process of spatial analysis has become faster and easier. In the case of flood analysis, current spatial analysis can be used for flood inundation modeling for different return periods (Kusratmoko et al., 2016), examining patterns and distribution of land use (Carver et al., 2012), and combining with other methodologies such as the Analytical Hierarchy Process (AHP) and multi-criteria decision analysis (MCDA) for urban area mapping (Gigović et al., 2017).

For extracting information on the characteristics of river basins or catchment areas, spatial analysis is commonly used as a tool for conducting morphometry (El Alfy, 2016). Morphometry is a quantitative analysis to obtain watershed characteristics such as watershed area (A), watershed length (L_b), main river length (L_n), watershed width (W), drainage density (D_d), bifurcation ratio (R_b), and circularity ratio (R_c) (Tutor et al., 2022). By understanding these characteristics, appropriate flood management approaches can be developed for the affected locations.

Curve Number as an Indicator of Land Cover Health

In hydrological modeling, one method used for the rainfall-runoff approach is the SCS-Curve Number method. The Curve Number (CN) is reflected with a value ranging from

0 to 100, which represents a composite value combining land cover/land use with Hydrological Soil Group (HSG) conditions (Satheeshkumar et al., 2017). A lower CN value indicates less runoff formation, and vice versa. This information allows for the assessment of land health within the watershed system.

CN information can also be used for land improvement processes aimed at flood mitigation by altering existing land use to reduce CN values (Rohman et al., 2019).

METHODOLOGY

Research Design

The study was conducted towards one of the flood-affected areas in 2024 in Rajabasa, near the river outlet that crosses the railway tracks, as shown in Figure 1.

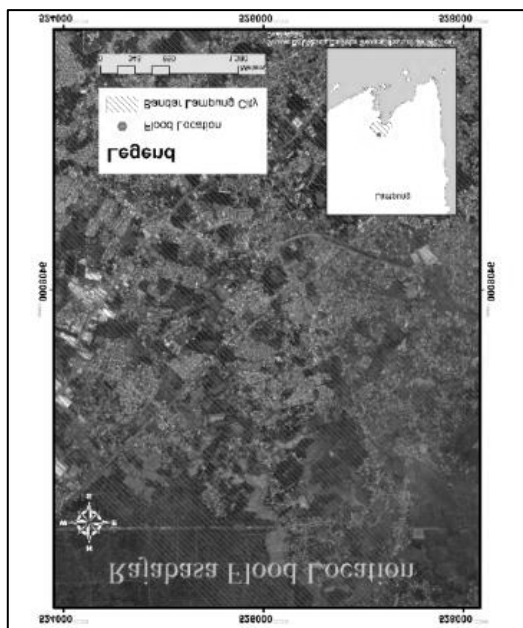


Figure 1. Rajabasa flood location

The research process was carried out in the following stages: (i) data collection; (ii) basin processing; (iii) analysis of CN values to identify potential flood-causing locations. The methodology flowchart can be seen in Figure 2.

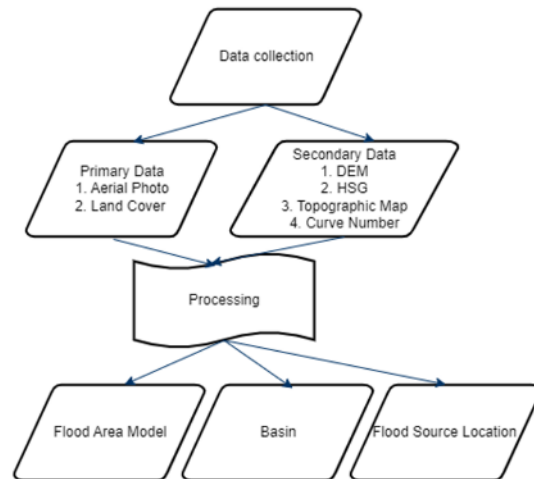


Figure 2. Flowchart of the research method

In this study, most of the elevation data (DEM) used came from the Geospatial Information Agency, with a resolution of approximately 8.1 meters (Geospatial Information Agency, 2018). Aerial photo data were focused on the flood-affected area and did not yet cover the entire catchment area. The aerial photos were used to model and reconstruct the distribution of the flood-affected area. This process was conducted one day after the flood. The mapping was completed in less than a day, from data collection to processing, making it a rapid mapping process commonly used for fast flood modeling (Rohman & Prasetya, 2019).

For watershed processing, the method used involved dividing the area based on elevation from the DEM to determine regions with the same flow endpoints. This delineation process is simply defined as setting boundaries around areas where, if it rains, the runoff will flow to a single location known as the main river. This processing can be carried out using Geographic Information System (GIS) software such as QGIS and HEC-HMS.

The main basin characteristics to be extracted are the area (A) and the perimeter (P) to determine the circularity ratio (Rc)

using the general formula: $R_c = 4\pi A/\rho^2$ (Gregory & Walling, 1973). The R_c indicates the roundness of the watershed. If $R_c > 0.5$, the basin is circular; if $R_c < 0.5$, it is elongated. The difference in shape determines the type of flooding that will occur. A circular shape indicates that the flood discharge will be large and occur over a short period, while an elongated shape suggests that flooding in the basin will last longer.

After determining the watershed area of the flood location, the next step is analyzing the CN values in the basin area based on CN values from TR-55 (Dang & Kumar, 2017; USDA, 1986). The CN values for each land cover type in built-up areas with specific Hydrology Soil Groups (HSG), assuming fair conditions, can be seen in Table 1.

Table 1. CN for urban area from TR-55

No	Cover Type in urban Area	HSG			
		A	B	C	D
1	Open space with grass cover 50% to 75%	49	69	79	84
2	Commercial and business area	89	92	94	95
3	Industrial	81	88	91	93
4	Residential 500m ² or less	77	85	90	92
5	Newly graded areas	77	86	91	94

Using the reference CN values, spatial analysis can then be conducted to extract the CN values for the watershed conditions. These values serve as a basis for identifying areas that are likely generating high runoff. The results of this analysis then provide materials for discussions on which flood management strategies are suitable for implementation.

Data and Data Source

The data used in this study are as follows.

1. Digital Elevation Model (DEM) from DEMNAS, Geospatial Information Agency, accessible at <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/demnas>.
2. Field measurements and field photos obtained from field surveys.
3. Aerial photos acquired from direct field measurements using a DJI Mavic Pro 3 drone.
4. Administrative boundary data from the Indonesian Topographic Map (*Peta Rupa Bumi Indonesia*).
5. River data from the Indonesian Topographic Map (*Peta Rupa Bumi Indonesia*).
6. Reference Curve Number (CN) values from TR-55 (USDA, 1986).
7. Land cover data from digitization, validated with field surveys.
8. Hydrology Soil Group (HSG) data with a 250-meter resolution from a global model, accessible at https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Global_Hydrologic_Soil_Group.html

RESULTS/FINDINGS

Aerial Photo and Land Cover Survey

The data collection process using drones was conducted in the area around the river that experienced approximately 3 meters of flood inundation. The data obtained using the drone consists of photo maps and a Digital Surface Model (DSM). The positioning of the aerial photos relies solely on the embedded GPS navigation, resulting in data accuracy that is not highly precise but sufficient to show the flood-affected areas. Figure 3 shows the inundation conditions derived from the spatial analysis of the aerial photos, with floodwaters reaching 3 meters at the surveyed house locations (darkened dot).

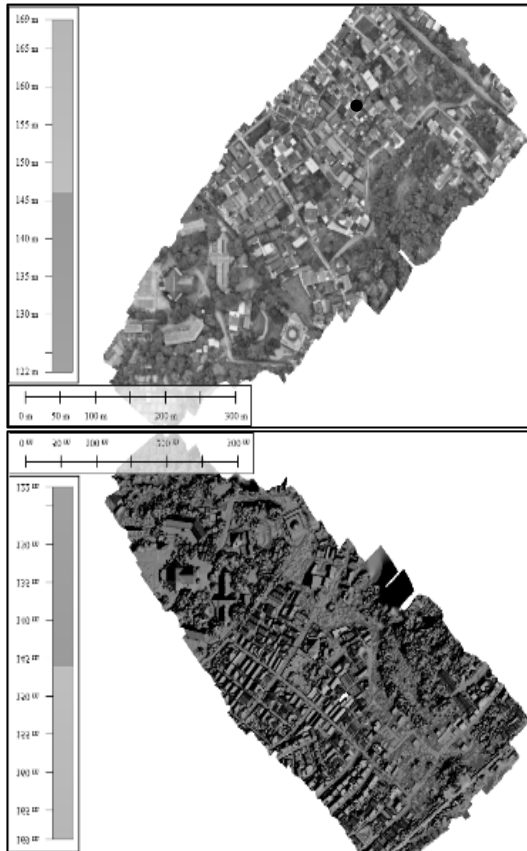


Figure 3. Flood area model from aerial photo

To assess the land cover and land use conditions around the riverbanks, a series of photographs were taken along the main river channel. The identification results indicated that many buildings were constructed very close to the river, encroaching on the natural floodplain. This proximity increased the vulnerability of these structures to flood damage. Additionally, numerous levees have been constructed, which prevent the river from widening naturally during high flow events. These levees, while intended to protect adjacent land, can exacerbate flooding upstream and downstream by restricting the river’s ability to disperse excess water. The combined effect of close building proximity and levee construction highlights significant challenges in managing flood risks. An example of the field survey results illustrating these conditions can be seen in Figure 4.

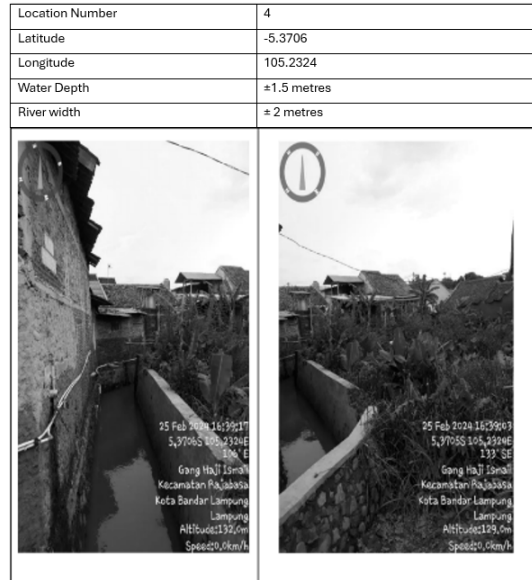


Figure 4. Example of river and land cover condition

Basin Area and Characteristic

The processing of Digital Elevation Model (DEM) data from DEMNAS reveals that the streamline of the flood-affected area in Rajabasa is connected to an upstream region around the TVRI Transmitter on Jalan Wan Abdurrahman. The watershed area spans 2,368 hectares with a perimeter of 39 kilometers, resulting in a circularity ratio (R_c) of 0.19. This low R_c value indicates an elongated basin, suggesting that runoff will not peak immediately but will follow the existing stream network, leading to a more gradual and prolonged flow of water.

Understanding this elongated shape is crucial for effective flood management. The gradual runoff allows for early warning systems upstream, providing downstream communities with more time to prepare. Regular maintenance of stream channels and the creation of flood storage areas can help manage water volumes during heavy rainfall. Additionally, land use planning can minimize flood impacts on urban areas. The elongated nature of the basin and its implications for flood dynamics are

visualized in Figure 5, aiding in the planning of flood mitigation measures.

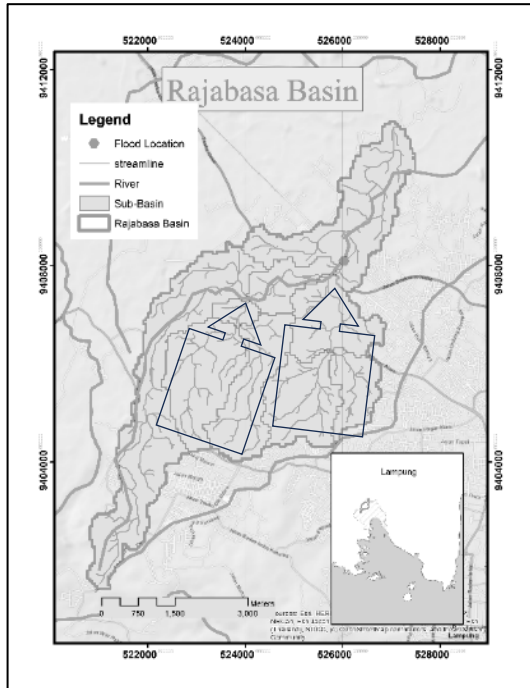


Figure 5. Rajabasa basin

As can be seen in Figure 5, the basin shape is elongated. If the basin is divided into sub-basins, it is evident that the main river flows along the western side of the basin, through two very elongated major sub-basins. The remaining sub-basins are divided into two large sub-basins that capture rainfall and channel runoff from the streams to the river in the direction indicated by the arrows.

Spatial Analysis with CN to Determine Flood Source Location

The results from the field survey were used to validate land cover and to classify it into different categories. The land cover processing results showed that the majority of the land cover was residential. According to the global Hydrology Soil Group (HSG) model data, the entire basin area falls into HSG class D which represents soils with very low infiltration rates and the highest runoff potential. Thus, the Curve Number (CN) values used correspond to this class.

Combining these conditions with the lookup table for CN values in Table 1, the CN distribution for the sub-basins was obtained, as shown in Figure 6. It can be observed that almost the entire basin area that channels water to the main river has high CN values, which indicate that nearly all rainfall will convert to runoff.

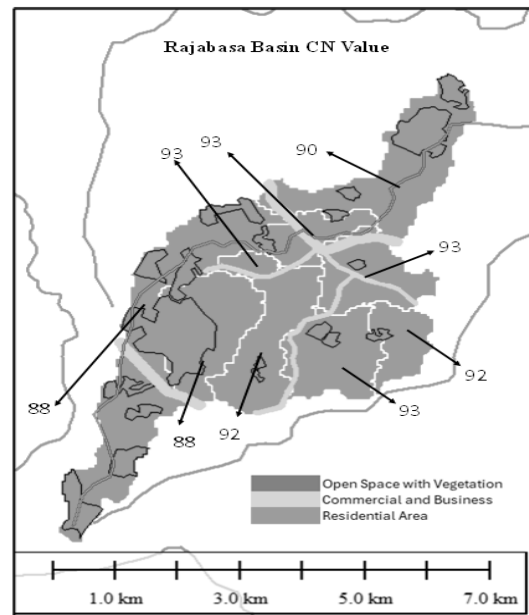


Figure 6. CN value for each subbasin

The calculations show that the CN values range from a minimum of 88 to a maximum of 93. With such similar CN values, it can be interpreted that nearly all areas within the Rajabasa basin contribute to the formation of runoff water, leading to flooding. If we consider these CN values in terms of the percentage of runoff formation, it means that approximately 90% of rainfall will become runoff flowing into the river.

For flood management, efforts should start with areas having the highest CN values. Long-term solutions include land improvement to reduce CN values, while short-term solutions involve constructing flood control infrastructure. By addressing the highest CN areas first, it is possible to effectively mitigate runoff and reduce flooding risks.

DISCUSSION/ANALYSIS

The Need for Accurate Elevation Models

Spatial analysis with GIS for examining flood-prone areas, especially in smaller basins like Rajabasa, requires high-resolution data, particularly topographic or elevation models. This is crucial because hydrological analysis relies heavily on accurate elevation data, as water flows from higher to lower areas.

In the initial reconstruction of the flood location, the DSM data from aerial photos proved to be highly beneficial for determining the affected areas as mentioned in urban mapping process by Feng et al (2015). This effectiveness arises because, as previously mentioned, flooding in Indonesia typically occurs in expansive, flat lowland areas (Hallegatte et al., 2013; Hanson et al., 2011). Global DEM data often lacks the necessary resolution to detect these subtle elevation changes.

Therefore, there is a need for methods to quickly and cost-effectively obtain elevation data. Currently, this gap can be filled by mapping with commercial drones. Rohman and Prasetya (2019) showed in their research the commercial drones with the price around 10 million Rupiah could be utilised to obtain the high elevation model to model the flood. However, it is essential that the data collection and processing follow proper mapping guidelines to ensure the resulting data is accurate and reliable.

Proximity of Upstream and Downstream Areas

In flood management, one of the most effective methods to address flooding is by focusing on the upstream sections of the river basin. The devastating flood in Rajabasa reveals that the source of the floodwaters is

still within close proximity to the flood site. The distance from the flood location to the upstream area is approximately 10 kilometers. Given this relatively short distance and the minimal difference in elevation, it is crucial to examine the sub-basins closely. Figure 7 shows a longitudinal section of the river from the upstream area to the flood location. To understand this shape of the river, is part of the simple morphometry analysis (El Alfy, 2016).

This close proximity necessitates a thorough analysis of the sub-basins to understand their contribution to the flood. The minimal elevation difference means that water can quickly travel from the upstream areas to the flood site, exacerbating flooding conditions. By focusing on the sub-basins, targeted flood management strategies can be developed, which could include both structural and non-structural measures. Structural measures might involve constructing levees or retention basins, while non-structural measures could include improving land use practices and increasing vegetation cover to reduce runoff.

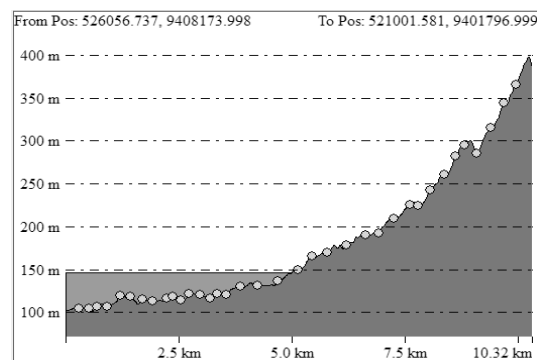


Figure 7. River profile

Figure 7 shows that the distance from the highest point to the nearest flood location is 5 kilometers, which highlights a significant spatial relationship between elevation and flood risk. The field survey results indicate that the river's condition from upstream to downstream reveals a critical insight: while

the upstream section of the river still maintains a relatively wide floodplain, this natural asset is not being utilized for its intended ecological purpose. Unfortunately, due to a lack of awareness among local residents about the importance of preserving floodplains, much of this area has been converted into farmland. Farming activities in floodplain areas can increase surface runoff and exacerbate flood risks due to reduced water infiltration into the soil.

This floodplain, if properly managed, could act as a crucial buffer zone during flood events. Planting trees and vegetation in this area would not only help stabilize the soil but also enhance its water-holding capacity, slowing down the movement of floodwaters and providing natural water storage. Trees and other deep-rooted plants can act as a "green infrastructure" solution, reducing peak flows during floods and mitigating the overall impact on downstream areas. In addition, such vegetation could help recharge groundwater reserves, further contributing to long-term water management strategies in the region.

Alternatively, this floodplain could be utilized for other land uses that have a lower Curve Number (CN) than farming (Satheeshkumar et al., 2017). The Curve Number is an empirical parameter used in hydrology for predicting runoff based on land use, soil type, and hydrologic condition. Farming typically results in higher CN values, leading to increased runoff during heavy rainfall. By shifting the land use to something with a lower CN, such as reforestation, grasslands, or even certain types of low-impact recreational spaces, the area could better absorb and slow down floodwaters. This approach not only reduces immediate flood risks but also enhances the overall resilience of the landscape to future extreme weather events.

Educating the community about the risks of inappropriate land use in floodplain areas, coupled with incentives for adopting more sustainable practices, can transform these zones into effective natural flood management systems. This proactive land use planning would ultimately contribute to the long-term health of the river ecosystem while simultaneously providing greater protection for residents living downstream.

This situation highlights the need for targeted flood management strategies. In the upstream areas where the river has a wide floodplain, raise awareness among the locals about the risks of utilizing these areas for agriculture is very crucial. Educating residents about floodplain management and implementing land use regulations can help preserve the natural floodplain's ability to absorb floodwaters, reducing the volume and speed of runoff traveling downstream.

Additionally, integrating structural measures such as levees or retention basins in strategic locations can help manage floodwaters more effectively. Non-structural measures (e.g., reforestation and the creation of buffer zones along the river) also play a significant role in mitigating flood risks. By combining these approaches, the development of a comprehensive flood management plan that addresses both immediate and long-term needs might be successfully achieved.

Drainage System

Spatial analysis for flood management aims to facilitate the identification of flood-prone areas and their basin systems. For example, the analysis has shown that the Rajabasa flood basin has an elongated shape. Therefore, a primary mitigation strategy can involve engineering the drainage paths. This does not only refer to residential drainage systems but also to natural drainage lines identified through hydrological analysis.

In Figure 8, a zoomed-in view of an area marked with an arrow in Figure 5 clearly shows that the analysis indicates a streamline or drainage line that forms when it rains. However, this is often not recognized because these streamlines disappear when raining stops, unlike rivers, which are continuously filled with water.

To address this issue, field marking can be done to identify these areas and ensure they are preserved for water absorption rather than other uses. By recognizing and preserving these natural drainage lines, effective flood mitigation can be achieved. Figure 8 shows the location of the drainage line in question. This marking can prevent the area from being used for purposes that would impede its function as a natural drainage path, such as construction or farming, and instead promote its use as a water absorption zone.

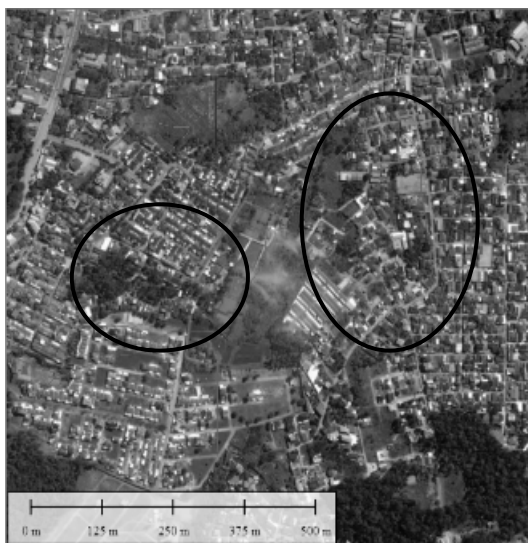


Figure 8. Drainage line in the residential area

CONCLUSION

Addressing urban flooding, which is exacerbated by population growth (Areu-Rangel et al., 2019) in terms of both intensity and area affected, requires a more detailed and localised approach. The spatial

analysis of flood-prone areas in Rajabasa, using Digital Elevation Model (DEM) data from DEMNAS and aerial photos, has provided significant insights into the flood dynamics and watershed characteristics. The Rajabasa basin, with its elongated shape and proximity of upstream and downstream areas, highlights the need for accurate and high-resolution topographic data for effective flood management. The calculated circularity ratio (R_c) of 0.19 indicates that runoff will follow the existing stream network, which results in gradual and prolonged flood events.

The land cover data reveal that the majority of the area is residential, with the entire basin classified under Hydrology Soil Group (HSG) D. This classification resulted in high Curve Number (CN) values ranging from 88 to 93, which indicate that nearly all rainfall will convert to runoff and exacerbate flooding conditions.

The analysis also emphasized the importance of natural drainage lines, which are often overlooked due to their temporary or seasonal nature. These drainage paths, although not always visible year-round, play a vital role in controlling the flow of water during heavy rainfall or flood events. Their preservation can help reduce surface water runoff, minimize erosion, and ensure water is redirected away from vulnerable areas. Identifying and protecting these natural drainage paths can significantly enhance flood mitigation efforts by providing a natural means of water management, complementing engineered solutions like storm drains or levees.

Moreover, public awareness is key. Educating residents about the function of floodplains and natural drainage systems is essential to help communities understand their role in flood prevention. By teaching

local populations about the importance of floodplain management and natural waterways, they can become active agents in flood risk reduction efforts. This education can be supported by implementing proper land use regulations that prevent construction in flood-prone areas and promote the preservation of natural landscapes.

Practical actions may also be taken to enhance the visibility and effectiveness of the drainage paths. Local governments or community organizations, for instance, can establish zoning areas specifically designed for natural drainage purposes. These areas could include the planting of small trees and shrubs, which not only help with water absorption but also prevent soil erosion. Signage could be installed to clearly mark these paths, indicating the direction of water flow during flood events. Such measures would serve both as practical solutions and as visual reminders to the community of the critical importance of natural drainage systems in managing flood risks.

Overall, the combination of spatial analysis, high-resolution data, and targeted flood management strategies can provide a comprehensive approach for the government and stakeholders to mitigate flood risks in Rajabasa and similar flood-prone areas.

ABOUT THE AUTHORS

Arif Rohman is a lecturer at Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, whose main expertise lies in 3D modelling and spatial analysis for flood management. He can be contacted via arif@gt.itera.ac.id.

Trisya Septiana is a lecturer at the Department of Informatics Engineering at Universitas Lampung. She is interested in monitoring system, information system, and software engineering.

Dikpride Despa is the Head of Program Profesi Insinyur at Universitas Lampung. She has conducted several research in the fields of Internet of Thing (IoT), monitoring system, and smart monitoring.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the Faculty of Engineering at the University of Lampung, particularly the Professional Engineering Program, for their continuous support. Gratitude is also extended to the Institut Teknologi Sumatera for their support with data and partial funding for this research publication. Additionally, thanks to the Geomatics Student Association and the Civil Engineering Student Association at ITERA for their assistance with the field surveys.

REFERENCES

- Areu-Rangel, O. S., Cea, L., Bonasia, R., & Espinosa-Echavarría, V. J. (2019). Impact of urban growth and changes in land use on river flood hazard in Villahermosa, Tabasco (Mexico). *Water (Switzerland)*, *11*(2), 304–318. <https://doi.org/10.3390/w11020304>
- BNPB. (2024). *Infografis bencana tahun 2023*. <https://bnpb.go.id/infografis/infografis-bencana-tahun-2023>
- Carver, S., Comber, A., McMorran, R., & Nutter, S. (2012). A GIS model for mapping spatial patterns and distribution of wild land in Scotland. *Landscape and Urban Planning*, *104*(3), 395–409. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.016>
- Dang, A. T. N., & Kumar, L. (2017). Application of remote sensing and GIS-based hydrological modelling for flood risk analysis: A case study of District 8, Ho Chi Minh city, Vietnam. *Geomatics, Natural Hazards, and Risk*, *8*(2), 1792–1811. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1388853>
- detik.com. (2024). *Bandar Lampung kembali terendam banjir, warga pertanyakan kerja pemerintah*. <https://www.detik.com/sumbagsel/berita/d-7289753/bandar-lampung-kembali-terendam-banjir-warga-pertanyakan-kerja-pemerintah>

- El Alfy, M. (2016). Assessing the impact of arid area urbanization on flash floods using GIS, remote sensing, and HEC-HMS rainfall-runoff modeling. *Hydrology Research*, 47(6), 1142–1160. <https://doi.org/10.2166/nh.2016.133>
- Feng, Q., Liu, J., & Gong, J. (2015). Urban flood mapping based on unmanned aerial vehicle remote sensing and random forest classifier: A case of Yuyao, China. *Water*, 7(4), 1437–1455. <https://doi.org/10.3390/w7041437>
- Geospatial Information Agency. (2018). *Seamless Digital Elevation Model (DEM) dan batimetri nasional*. <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>
- Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z., & Drobnjak, S. (2017). Application of GIS-interval rough AHP methodology for flood hazard mapping in urban areas. *Water (Switzerland)*, 9(6), 1–26. <https://doi.org/10.3390/w9060360>
- Gregory, K. J., & Walling, D. E. (1973). *Drainage basin form and process: A geomorphological approach*. Halsted Press.
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R. J., & Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, 3(9), 802–806. <https://doi.org/10.1038/nclimate1979>
- Hanson, S., Nicholls, R., Ranger, N., Hallegatte, S., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., & Chateau, J. (2011). A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. *Climatic Change*, 104(1), 89–111. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9977-4>
- Kusratmoko, E., Marko, K., & Elfeki, A. (2016). Spatial modelling of flood inundation case study of Pesanggrahan floodplain, Jakarta, Indonesia. *Journal of Geography, Environment, and Earth Science International*, 5(3), 1–10. <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2016/23524>
- lampost.co. (2024). *Hujan deras, kelurahan Rajabasa kembali terendam banjir*. <https://lampost.co/lampung/bandar-lampung/hujan-deras-kelurahan-rajabasa-kembali-terendam-banjir/>
- mediaindonesia.com. (2024). *Puluhan rumah di kelurahan Way Halim kebanjiran hingga 2 meter*. <https://mediaindonesia.com/nusantara/654307/puluhan-rumah-di-kelurahan-way-halim-kebanjiran-hingga-2-meter>
- radarlampung.disway.id. (2024). *Usai hujan lebat, parkir RS Urip Sumoharjo Bandar Lampung terendam, kondisinya sampai begini*. <https://radarlampung.disway.id/read/690220/usai-hujan-lebat-parkiran-rs-urip-sumoharjo-bandar-lampung-terendam-kondisinya-sampai-begini>
- Rohman, A., Comber, A., & Mitchell, G. (2019). Evaluation of natural flood management using curve number in the Ciliwung basin, West Java. *AGILE*, 2018, 2–5. https://agile-gi.eu/images/conferences/2019/documents/posters/116_Upload_your_PDF_file.pdf
- Rohman, A., & Prasetya, D. B. (2019). Rapid mapping for simple flood mitigation using commercial drone at Way Galih village, Lampung, Indonesia. *Forum Geografi*, 33, 101–113. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v33i1.842>
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., & Kannan, R. (2017). Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(1), 24. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0301-4>
- Sayers, P., Galloway, G., Penning-Rowsell, E., Yuanyuan, L., Fuxin, S., Yiwei, C., Kang, W., Le Quesne, T., Wang, L., & Guan, Y. (2015). Strategic flood management: Ten ‘golden rules’ to guide a sound approach. *International Journal of River Basin Management*, 13(2), 137–151. <https://doi.org/10.1080/15715124.2014.902378>
- Tutur, Army, E. K., & Rohman, A. (2022). Morphometry analysis of Sedayu mountainous catchment areas from detailed aerial photos. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1047(1), 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1047/1/012014>
- UNDRR. (2020). UNDRR. *UN Annual Report, October*.
- USDA. (1986). *Urban hydrology for small watersheds*, TR-55. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf
- Wahlström, M. (2015). New Sendai framework strengthens focus on reducing disaster risk. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(2), 200–201. <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0057-2>



The Alignment of Internal and External Audit Agencies in Administering Public Sector Audits in Indonesia

Maming Genda¹, Ahmad Yani², Rezky Amalia Syaifiin³

¹ Universitas Muhammadiyah Bone, Sulawesi Selatan, Indonesia

² Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

³ Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Corresponding author:

Ahmad Yani | Ahmadyani1996@mail.ugm.ac.id

ABSTRACT

The management of public finance to achieve national prosperity requires the effective, efficient, and integrated work of the existing audit boards. Therefore, continuous evaluation of the alignment of internal and external audit agencies is essential to ensure reliable public financial management and prevent corruption. This study describes the performance and coordination patterns between internal and external audit agencies by detailing their synchronization patterns in administering financial audits in the Indonesian public sector. Using a normative legal research method, the study incorporates legislative and conceptual approaches. The findings reveal that the performance of both internal and external audit agencies in safeguarding public finance from fraud shows varied degrees of effectiveness. However, a comprehensive regulatory framework governing the alignment of these agencies remains absent. Furthermore, synchronization in public finance audits is pursued through a unified regulatory framework, horizontal alignment among agencies, and the establishment of clear boundaries of authority and coordination mechanisms between the internal and external audit agencies. Further research should consider the potential for consolidating various regulations of public sector audits through an omnibus law approach.

Keywords: External audit agency; Internal audit agency; Public sector audits

ABSTRAK

Pengelolaan keuangan negara untuk mewujudkan kemakmuran rakyat membutuhkan kehadiran lembaga pengawas yang efektif, efisien, dan terintegrasi. Oleh sebab itu, evaluasi terhadap kesinambungan lembaga pengawas internal dan eksternal sebagai kunci utama pengelolaan keuangan negara yang baik dan terhindar dari korupsi perlu terus dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kinerja dan pola koordinasi lembaga pengawas internal dengan lembaga pengawas eksternal pengelolaan keuangan negara dengan memaparkan tahapan dan bentuk sinkronisasi keduanya dalam pengelolaan keuangan negara. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian hukum normatif dengan pendekatan perundang-undangan dan pendekatan konseptual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja lembaga pengawas internal dan eksternal dalam menjaga dan melindungi keuangan negara dari *fraud* telah dilakukan dengan nilai realisasi perlindungan dan penyelamatan keuangan negara yang bervariasi. Namun, belum terdapat pengaturan yang komprehensif mengenai pola koordinasi lembaga-lembaga tersebut. Kedua, tahapan dan bentuk sinkronisasi pengawasan internal dan eksternal pengelolaan keuangan negara dilakukan melalui pengaturan lembaga pengawasan pengelolaan keuangan negara dalam satu regulasi khusus, pembentukan sinkronisasi horizontal antara lembaga pengawasan secara sejajar, dan sinkronisasi melalui penentuan batas kewenangan dan pola koordinasi yang jelas antara lembaga pengawas internal dengan lembaga pengawas eksternal. Kajian lanjutan perlu dilakukan untuk melihat potensi penyatuan berbagai regulasi yang mengatur lembaga pengawas keuangan negara secara komprehensif melalui mekanisme omnibus law.

Kata Kunci: Lembaga pengawas eksternal; Lembaga pengawas internal; Pengelolaan keuangan negara

ARTICLE HISTORY

Received: May 15, 2024

Revised: September 30, 2024

Published: November 20, 2024

Copyright © 2024, Journal of Infrastructure Policy and Management

CITATION (APA 7TH)

Genda, M., Yani, A., & Syaifin, R. A. (2024). The alignment of internal and external audit agencies in administering public sector audits in Indonesia. *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(2), 151–166. <https://doi.org/10.35166/jipm.v7i2.52>

INTRODUCTION

The role of audit agencies in supervising the management of public finance is closely tied to the implementation of good governance (Ardianto et al., 2023; Setiawan, 2019) as it promotes community welfare and prosperity. Effective and efficient audit agencies in public finance management will, in a *mutatis mutandis* condition, prevent public finance misuse that may lead to fraud or corruption. On the other hand, the presence of audit agencies supports economic stability and national continuity as economic activities and state administration are conducted through public budgeting and financing. A weak auditing or supervision over public finance can lead to the proliferation of corruption and budget misuse that undermine economic management and national stability, as observed in Indonesia's pre-reform era of 1998.

Baswir (1998) asserts that public financial audit is an integral part of the state financial management, which is conducted through both internal and external mechanisms. Internal audit refers to the supervision performed by the government organizational units, whereas external audit is carried out by supervisory boards outside the government's bureaucratic institutions (Baswir, 1998).

This study focuses on evaluating the performance and coordination patterns between internal and external audit agencies in supervising the management of Indonesian state finance. The internal audit agencies include the Finance and Development Supervisory Agency (*Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan/BPKP*), the Internal Audit at a centralized level (*Inspektorat Jenderal/Irjen*), and the Internal Audit at a decentralized level (*Badan Pengawas Daerah/Bawasda*), as stipulated by Government Regulation No. 60 of 2008 concerning the Government Internal Control System. Meanwhile, the external audit agencies include Indonesia's Supreme Audit Board (*Badan Pengawas Keuangan/BPK*), the Corruption Eradication Commission (*Komisi Pemberantasan Korupsi/KPK*), and the Financial Transaction Reports and Analysis Center (*Pusat Pelaporan dan Analisis Transaksi Keuangan/PPATK*); each governed by respective legal authorities.

Despite the existence of these internal and external audit agencies, challenges persist in the overlap of their authorities in calculating state finances, as exemplified by the conflict between BPKP and BPK (Yulia et al., 2016). Numerous legal challenges have questioned BPKP's authority to calculate public finance losses, with some experts arguing that BPKP lacks a legal basis for

such calculations (Irawan & Khodijah, 2021). These authority conflicts stem from inconsistencies of the institutional framework design.

Another issue highlighted in this study is the lack of integration between internal and external auditors, which leads to an image that they operate in a fragmented area. For instance, in the government internal control system, inspectorates only report performance and financial audits to the highest authorities (Sistem Pengendalian Intern Pemerintah, 2008) and remain unintegrated with external audit agencies. This often weakens the independence of internal audit agencies and affects their ability to conduct professional and objective supervision (KPK Annual Report, 2023).

Based on the above rationale, this study seeks to answer two issues: (1) How do internal and external audit agencies work collaboratively to supervise public finance management; and (2) What is the design for the alignment of the internal and external audit agencies in supervising public finance management?

LITERATURE REVIEW

State/Public Financial Management

The management of public finance must align with the principles of good state financial management to ensure the achievement of the desired outputs. The principles include unity, universality, annuality, professionalism, specificity, accountability, proportionality, transparency, and independent and free auditing (Santoso et al., 2023). Among these, the principle of independent and free auditing is particularly relevant to this study as it necessitates an integrated supervisory approach in state financial management. Independent auditing means that public finance management must

be conducted without intervention or pressure from any party to enable objective financial audits. Furthermore, free auditing implies that financial audits may be conducted on the initiative of internal agencies themselves without involving external parties.

Good financial management is carried out transparently, legally, and oriented towards public welfare. These elements may be fulfilled when supported by transparent public financial management, adherence to legal regulations, and effective supervision (Jaya et al., 2020). Financial supervision begins with planning, budgeting, treasury management, accounting and reporting, and auditing (Sukmadilaga et al., 2015).

The success of public financial management is greatly influenced by the consistency of implementing the principles of good financial management, particularly the principles of transparency and supervision. Transparency is essential for ensuring that the public has access to detailed information about every aspect of the state financial management. Meanwhile, supervision is crucial for evaluating whether the management aligns with the actual needs and serves as a control mechanism to prevent fraud in public finance.

State/Public Financial Audit

Audit is a supervisory activity aimed at ensuring that plans are realized effectively. Audit is as a process of comparing what is executed, implemented, or organized with what was intended (Setiawan, 2019). Audit may be associated to controlling that the performance conforms to plan. In other words, it is a supervisory process to ensure that the execution of a task aligns with the predesigned plan. Audit is conducted during the ongoing activity up to its final stage (Muchsan, 2008).

As a controlling activity, auditing has at least two types. The first type is internal control. It is carried out by agencies or officials assigned within the organization itself. These agencies or officials act on behalf of the organization's leadership and are in charge of collecting data required by the organization (Simbolon, 2004). The second type is external control, which refers to the supervision conducted by agencies outside of the organization. As a result, this supervision has no hierarchical or official relationship with the entity being supervised (Baswir, 1999).

In the context of state financial management, an audit can be understood as a complex mechanism, starting from planning and implementation to the final process. The ultimate goal of auditing is to prevent state losses from the government's failure in gaining profits or to prevent corrupt practices that may occur in the state financial management. The internal audit agencies include BPKP. It is an internal government board assigned by the President to supervise financial matters related to the administration of government activities that involve state finances (Sibuea, 2020; Mariyam et al., 2023). Meanwhile, external audit agencies include BPK, an independent institution tasked with auditing the management and accountability of state finances. In addition to the internal and external agencies, there is also a body responsible for overseeing state financial management, i.e., KPK. KPK is a state auxiliary agency that can take repressive action when strong evidence of anomalies in the state financial management is found (Setiawan, 2019).

Previous Studies

There have been several studies discussing the supervision conducted by audit agencies

towards state financial management. One of which is the work of Illahi and Alia (2017) titled *"Accountability of State Financial Management through Cooperation between BPK and KPK."* This study concludes that the cooperation between BPK and KPK in handling corruption cases is implemented by using BPK reports as KPK's basis for conducting investigations. This study examined only the relationship between external audit agencies; meanwhile, the author's research focuses on exploring the relationship and coordination between internal and external audit agencies.

Another study is of Ristriawan and Sugiharti (2017), titled *"Strengthening State Financial Management through the Checks and Balances Mechanism."* The study concludes that the checks and balances mechanism was not supported by the independence of treasurers within ministries/agencies, as they are appointed by the Minister/Head of the respective Ministry/Agency as budget user. The study centres on financial management institutions within ministries/agencies internally, while the author's research will focus on one aspect of financial management supervision conducted by internal and external audit agencies.

Similarly, the study of Setiawan (2019), which titled *"The Existence of State Financial Management Supervisory Boards,"* concludes that the existence of BPKP, DPR/DPRD (House of Representatives and Regional House of Representatives), BPK, and KPK is intended to ensure that the principles of state financial management are implemented as they should be and align with the state's goals. The previous study focused on the roles and functions of these auditing agencies, while the author's research focuses on the relationships among these institutions in carrying out the supervision of state financial management.

METHODOLOGY

This study employed a normative legal research method to identify legal rules, principles, and doctrines that address the issues under examination (Marzuki, 2010), particularly in the area of state finance law. Normative research has the advantage of analyzing the object comprehensively although it has limitations in understanding concrete conditions in the field—as the research is conducted through literature review. It is an exploratory legal research, which aims to gain a deeper understanding of the performance and coordination patterns between internal and external audit agencies in the state/public financial management (Sumardjono, 2021). The study applied both statutory and conceptual approaches. The data were collected from secondary data, e.g., legislation documents, research findings, journals, and books, and reviewed during 2023 and 2024. All materials were collected for in-depth analysis to solve the problems.

RESULTS

State finance plays a fundamental role in safeguarding national sustainability. Its scope covers finances managed directly by the government and those managed separately (Halim, 2007). Directly-managed state finances involve the central government and its subordinate agencies, including high-state institutions, ministries/agencies, and budgetary and accounting divisions (Halim, 2007). Meanwhile, separately managed state finances refer to components governed and administered by public and private law (Halim, 2007).

To ensure the quality of public finance management for both directly-managed and separately-managed finances, audit agencies should be established. The following discussions will focus on describing the performance, coordination patterns, and

synchronization design for the internal and external audit agencies in supervising the public financial management and how the two agencies align in administering public sector audits in the Indonesian context.

Performance and Coordination Patterns of Internal and External Audit Agencies

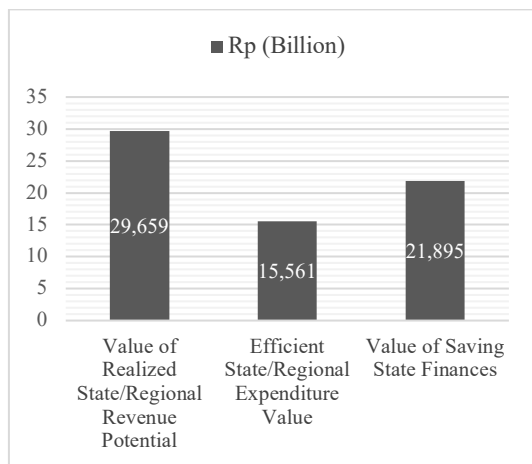
1. BPKP

Along with Inspectorates, BPKP functions as an internal audit agency in Indonesia. The section below will provide an analysis of the regulations, the task implementation, and the institutional relationship between internal and external audit agencies.

First, the myriad of internal audit agencies can be found in the Government Regulation No. 60 of 2008 on the Government Internal Control System, specifically in Article 49, paragraph (1), which states: “*The government internal audit agencies as referred to in Article 48, paragraph (1), consists of: (a) BPKP; (b) Inspectorate General or other functionally equivalent entities conducting internal audit; (c) Provincial Inspectorates; and (d) Regency/City Inspectorates.*” The origin of BPKP can be traced back to the Presidential Decree No. 239 of 1966, which established the Directorate General of State Financial Supervision (DDPKN) under the Ministry of Finance, commonly known as DJPKN (Irawan & Khodijah, 2021). BPKP’s duties are outlined in the Government Regulation No. 60 of 2008 on the Government Internal Control System. Article 49, paragraph (2), states that “*BPKP conducts internal audit on the accountability of state finances concerning specific domains, which include: (a) cross-sectoral activities; (b) state treasury activities as determined by the Minister of Finance as the State’s General Treasurer; and (c) other activities assigned by the President*” (Sistem Pengendalian Intern Pemerintah, 2008).

Second, throughout 2023, BPKP has made significant progress in enhancing audits over the accountability of national/regional finances and achieving results that exceed 100 percent of the target (Badan Pengawas Keuangan dan Pembangunan RI, 2023). The details of the development are illustrated in the following figure.

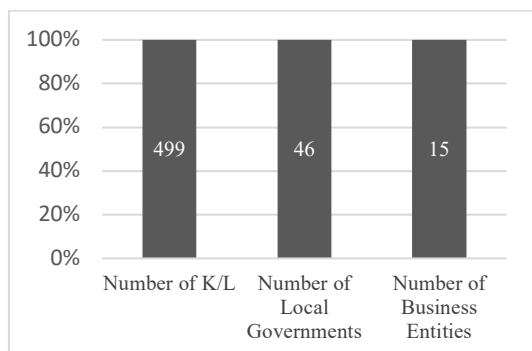
Figure 1. The performance of BPKP in the audits over the national and regional financial accountability in 2023



Source: Laporan Tahunan BPKP (2023)

Throughout 2023, BPKP has conducted development audits on the effectiveness of corruption control, with a total of 560 supervision activities realized (BPKP, 2023). The details of this realization are illustrated in the following figure.

Figure 2. The performance realization of BPKP’s audits over the development of the effectiveness of the corruption control in 2023



Source: Laporan Tahunan BPKP (2023)

The implementation of BPKP’s duties in the audit over the development is not without challenges. In executing its strategic goals, BPKP faces at least two obstacles, i.e., the collection of data that remains incomplete from ministries/agencies being in charge of priority programs/projects/national strategic plans, and challenges encountered in the field, ranging from land acquisition issues, the availability of human resources during the pandemic, to other practical difficulties in the field (BPKP, 2023).

Third, the results of BPKP’s audits, according to Article 54, paragraph (2) of Government Regulation No. 60 of 2008 on the Government Internal Control System, are submitted to the Minister of Finance as the State’s General Treasurer and to the supervised government institutions. The Inspectorate General and the Inspectorates, as stated in Article 49, paragraph (4) of the Government Regulation No. 60 of 2008, are responsible for supervising all activities related to the administration of ministries/agencies funded by the state budget (APBN) (Sistem Pengendalian Intern Pemerintah, 2008). Provincial Inspectorates, in accordance with Article 49, paragraph (5) of the aforementioned regulation, conduct audits over all activities related to the duties and functions of regional working units funded by the provincial budget (APBD) (Sistem Pengendalian Intern Pemerintah, 2008). Meanwhile, Regency/City Inspectorates, as stipulated in Article 49, paragraph (6) of the same regulation, audits all activities related to the duties and functions of regional working units funded by the regency/city budget (APBD) (Sistem Pengendalian Intern Pemerintah, 2008).

The results of the audits conducted by the three Inspectorates, based on Article 54, paragraph (4) of the regulation, are submitted to the minister/institution leaders,

governor, or regent/mayor, based on their authorities and responsibilities, with copies sent to the Minister of State for Administrative and Bureaucratic Reform (Sistem Pengendalian Intern Pemerintah, 2008).

The above provisions show that the relationship and coordination among internal audit agencies in the state financial management are limited to the Ministry of Finance (for BPKP) and to the leadership of ministries/agencies or governors, regents/mayors (for the Inspectorates). The audit report is only delivered to the Ministry of Administrative and Bureaucratic Reform, which is also an internal entity within the executive branch. This indicates that the cooperation between internal and external audit agencies in supervising the state financial management is not well integrated. The paradigm of this relational pattern appears to be outdated, as there is no clear coordination line between internal and external audit agencies. This practice continues to rigidly separate internal from external auditors, whereas cooperation between these agents is essential for achieving effectiveness and efficiency in the auditing process.

2. BPK

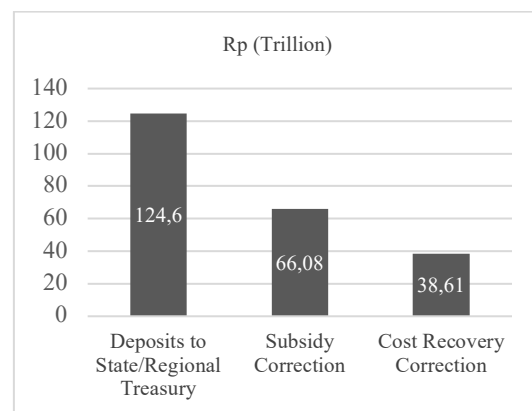
BPK is one of Indonesia’s external audit agencies. There are three aspects of BPK that are to be discussed in this section.

First, the regulation regarding BPK’s position at the legislative level is outlined in Law No. 15 of 2006 on the Supreme Audit Agency. Article 6 paragraph (1) of this regulation states, “BPK is tasked with auditing the management and accountability of state finances conducted by the Central Government, Local Governments, other State Institutions, Bank Indonesia, State-Owned Enterprises, Public Service

Agencies, Regional-Owned Enterprises, and other institutions or entities that manage state finances” (Supreme Audit Agency, 2006). This provision implies that BPK’s audit on state financial management extends beyond the scope of finances managed directly by the government; instead, it includes those for which the management is delegated.

Second, regarding BPK’s performance and task execution in 2023, the Annual Report of BPK for 2022 indicates that BPK has successfully salvaged and returned state finances amounting to IDR229,29 trillion from the period of 2005 through the first half of 2022 (Badan Pemeriksa Keuangan, 2022). The following figure provides details of the financial salvaging/saving efforts undertaken by BPK.

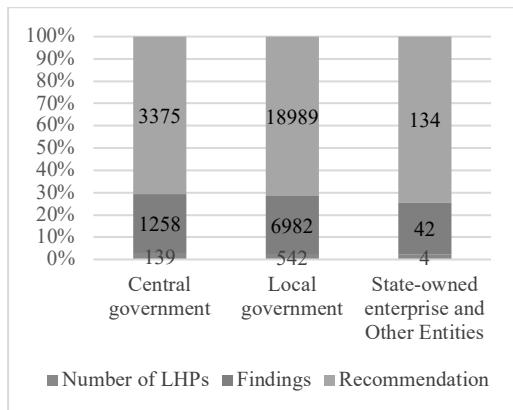
Figure 3. BPK’s performance in the recovery of state finances in 2022



Source: Laporan Tahunan BPK (2022)

Throughout the second semester of 2021 and the first semester of 2022, BPK conducted 1.306 audits, resulting in 13.713 findings and 38.075 recommendations, which encompass three aspects: (1) financial audits; (2) performance audits; and (3) compliance audits (Badan Pemeriksa Keuangan, 2022). The following figure provides specific details regarding the financial audits conducted by BPK.

Figure 4. Number of financial audits conducted by BPK (2021-2022)



Source: Laporan Tahunan BPK (2022)

Meanwhile, various issues have been identified in the overall audit findings: (1) a total of 3.711 issues amounting to IDR2,68 trillion, which encompass inefficiencies and ineffectiveness; (2) a total of 9.836 issues valued at IDR47,03 trillion, relating to non-compliance with statutory regulations; and (3) a total of 8.138 issues concerning weaknesses in the internal control system (Badan Pemeriksa Keuangan, 2022).

The execution of BPK's duties is not without various challenges. Some of them are (1) the challenge of preparing auditors upholding the values of integrity, independence, and professionalism; (2) the challenge of simplifying statutory regulations; (3) the challenge of audit standardization; (4) the challenge of integration, such as the need for fewer auditors in certain audits; and (5) the challenge of automation through the use of big data (Badan Pemeriksa Keuangan, 2022; Yustiani & Ichsan, 2019).

The above description illustrates BPK's performance in recovering state finances and the volume of audits conducted. It also reveals the various challenges faced by BPK in overseeing state finances, particularly regarding integration. Additionally, the audit findings indicate issues such as the

weakness of internal supervision within each agency. These situations highlight the necessity for aligning cross-institutional audits in state financial management.

Third, regarding the coordination patterns, BPK has the following authority, as stipulated in Article 9, paragraph (1), letter a, of the aforementioned regulation. "BPK is authorized to [...] request information and/or documents that must be presented by any person, units of the Central Government, Local Governments, other State Institutions, Bank Indonesia, State-Owned Enterprises, Public Service Agencies, Regional-Owned Enterprises, and other institutions or entities managing state finances" (Badan Pemeriksa Keuangan, 2006). The regulation stipulates that BPK is authorized to request information from various parties regarding state financial management that it audits. However, as an external audit agency, BPK does not have a normative coordination pattern with internal audit agencies such as BPKP and the Inspectorates in examining state finances. Furthermore, this provision remains partial and has not yet been fully integrated with both external and internal audit agencies in a comprehensive regulatory framework.

3. KPK

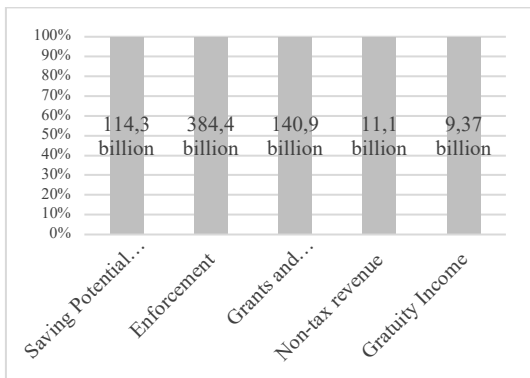
Another external audit agency in Indonesia is KPK. The Commission plays a crucial role in supervising state financial management to prevent corrupt practices. There are three aspects of KPK to be explored in this section.

First, as a law enforcement body, KPK engages in preventive measures, coordination, monitoring, supervision, and enforcement actions against corruption through prevention, enforcement, and evaluation approaches (Solihah & Triono, 2020). Law No. 19 of 2019 on the Second

Amendment to Law No. 30 of 2002 concerning the Corruption Eradication Commission states in Article 6, letters a and b, that “KPK is tasked with: (a) taking precautionary actions to prevent acts of corruption; (b) coordinating with agencies authorized to carry out corruption eradication and agencies responsible for public service provision” (Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2002 tentang Komisi Pemberantasan Tindak Pidana Korupsi, 2019). Therefore, KPK is authorized to cooperate with other agencies responsible for public service delivery. This position allows internal auditors to foster relationships and coordination with KPK in supervising state financial management.

Second, regarding KPK’s performance in the recovery of state finances, the Annual Report of KPK for 2023 indicates that the Commission has salvaged/saved state finances amounting to IDR114,8 trillion (Tim Laporan Tahunan KPK, 2023). The following figure provides information on the state financial recoveries by KPK.

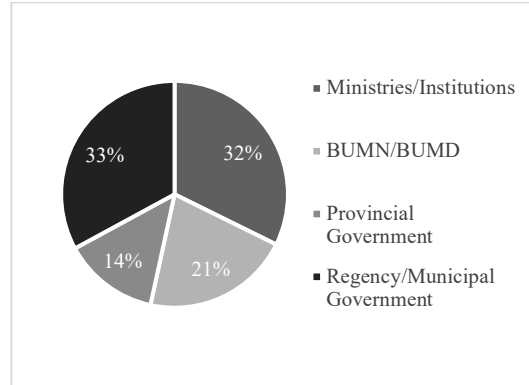
Figure 5. KPK’s performance in the recovery of state finances in 2023



Source: Laporan Tahunan KPK (2023)

Throughout 2023, KPK has taken several actions against corruption offenses in a total of 161 cases. The breakdown of these cases (by sector) is illustrated in the following Figure 6.

Figure 6. KPK’s actions against corruption offenses (cases by sector)



Source: kpk.go.id (2024)

The challenges faced by KPK in carrying out supervision and enforcement against corruption offenses over the past three years (up to 2024) include cases that involve individuals in the audit sector, with a total of nine suspects. These cases have torn the reputation of the audit agency apart (Tim Laporan Tahunan KPK, 2023). Additionally, KPK’s attention is focused on the supervision and audit of procurement processes, which require the support of the Internal Supervisory Apparatus (APIP). Thus, KPK –through its Deputy for Education and Community Participation, the Deputy for Coordination and Supervision, and the Deputy for Prevention and Monitoring– has taken the initiative since 2022 to develop training programs to produce competent APIP personnel in conducting supervisory activities (Tim Laporan Tahunan KPK, 2023).

Third, according to Law No. 19 of 2019 on the Second Amendment to Law No. 30 of 2002 concerning the Corruption Eradication Commission, Article 8 states that KPK is authorized to coordinate investigations, inquiries, and prosecutions in the eradication of corruption offenses. Furthermore, KPK has the authority to request information regarding anti-corruption activities and to seek reports from relevant agencies

concerning anti-corruption programs. The law has granted KPK access and space to establish strong coordination with both internal and external audit agencies. However, this provision remains partial and has not yet been fully integrated with internal and external financial supervisory institutions in a comprehensive regulatory framework.

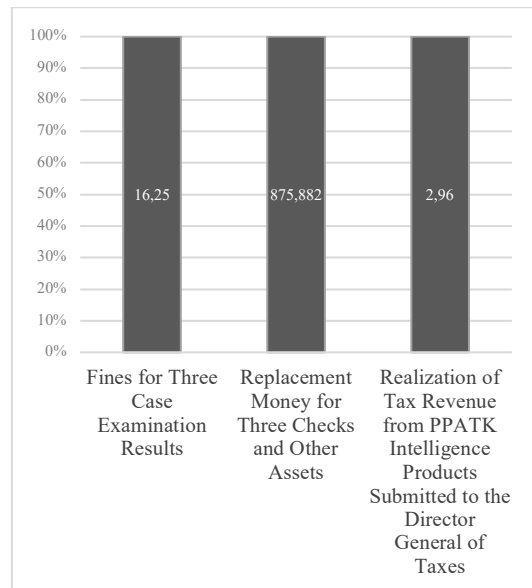
4. PPTAK

First, as an external audit agency, PPATK indirectly contributes to the supervision of state financial management, particularly in detecting suspicious funding flows (Illahi & Alia, 2017). PPATK’s indirect involvement in the audit of state finances is reflected in Law No. 8 of 2010 concerning the Prevention of Money Laundering, which outlines several of PPATK’s responsibilities, such as temporarily freezing suspicious financial transactions believed to be linked to criminal activities, as well as the authority to seize assets acquired through criminal acts based on court decisions (Illahi & Alia, 2017).

In executing its duties, PPATK is empowered under Article 41, paragraph (1), letter a of the aforementioned law, which states that PPATK can “request and obtain data and information from government agencies and/or private institutions with the authority to manage data and information, including from government agencies and/or private institutions that receive reports from certain professions” (Tindak Pidana Pencucian Uang, 2010).

Second, regarding its performance in the recovery of state finances, the Annual Report of PPATK for 2023 indicates that the agency has contributed to state revenues through its examinations of money laundering offenses. The following figure provides details of PPATK’s contributions to state revenues.

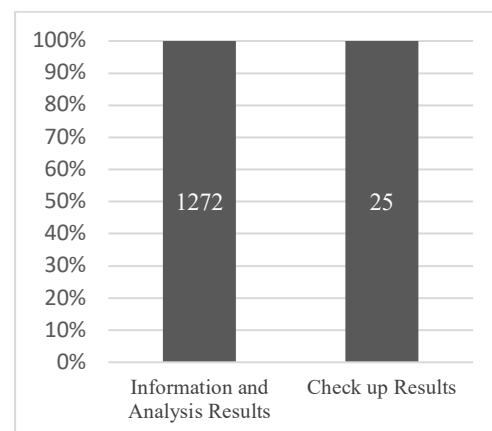
Figure 7. PPATK’s performance in the recovery of state finances in 2023



Source: Laporan Tahunan PPATK (2023)

Throughout 2023, PPATK has conducted various analyses and examinations, resulting in 1.297 intelligence reports that aimed at salvaging/saving state finances, both proactively and reactively, to law enforcement agencies and relevant institutions. The following figure provides information on the analyses and examinations conducted by PPATK during the year 2023.

Figure 8. PPATK’s analysis and examinations during the year 2023



Source: Laporan Tahunan PPATK (2023)

The execution of PPATK's role in auditing state finances is not free from obstacles and challenges, such as the ongoing limitations in access to information and resources for investigating allegations of money laundering (Wiraguna, 2024). Other challenges include the lack of authority to impose sanctions independently and the limited resources available to audit numerous financial service providers (Kurniawan, 2006).

Third, according to Article 41, paragraph (1) of Law No. 8 of 2010 concerning the Prevention of Money Laundering, PPATK is authorized to request and obtain data from relevant agencies or private institutions for the purposes of preventing money laundering offenses. However, this provision remains partial and has not yet been fully integrated with both external and internal audit agencies in a comprehensive regulatory framework.

DISCUSSION

Synchronization of Internal and External Audit Agencies in the Context of State Financial Management

The results above reveal the absence of comprehensive regulation that encompasses the alignment between internal and external audit agencies responsible for state financial management. The current coordination pattern is primarily horizontal, particularly within the external auditory bodies, such as BPK's audits serving as a basis for KPK's investigations and PPATK's reports providing the reference framework for KPK to initiate further inquiries (Illahi & Alia, 2017). This horizontal cooperation among the three institutions has long been established through various memoranda of understanding (MoU).

This situation reflects that external audit agencies in state financial management do

not fully rely on the findings of the internal audits conducted by BPKP or the Inspectorates. Instead, it operates with a certain degree of autonomy and independence in investigating alleged misuse of state finances based on various reports. Nonetheless, the mutual relation between internal and external auditors must be maintained, such as the coordination between BPK and BPKP, between KPK and BPKP or the Inspectorates, and so forth. This coordination aims to integrate internal and external audit mechanisms in managing state finances.

Urgency of the Synchronization

The synchronization of internal and external audit agencies is intended to ensure that the audit results can be shared with any relevant parties for feedback and evaluation. The importance of communicating the outcomes of internal supervision (including financial audits) is highlighted by The Institute of Internal Auditors, which establishes effective communication as a principle within the internal audit system (Auditors, 2023). According to this framework, the chief audit executive should develop an appropriate approach for the internal audit function to build relationships and trust with key stakeholders, including the board, senior management, operational management, regulators, and both internal and external service providers (Auditors, 2023). Synchronization of audit agencies is essential to achieve transparency and improve governance in the state financial sector.

Synchronization between internal and external audit agencies offers several advantages. *First*, it may accelerate follow-ups on internal audit findings. The follow-up by the audited entity or object requires the involvement of external supervisory parties to assess and ensure that any recommended

improvement is implemented wisely (Inspektorat Provinsi Sumatera Barat, 2021). The improvement following an audit process, as an initial and critical step in detecting audit findings, can enhance the effectiveness of the audit process and help anticipate similar yet unexpected cases. In budget audits, follow-up on recommendations negatively impacts corruption levels, indicating that a higher number of auditor recommendations acted upon correlates with lower corruption rates (Aminah, 2020). Conversely, follow-up on audit findings in state financial management becomes effective only if the recommended actions are implemented by the audited organization. Decision-makers can prevent recurring errors, deviations, misuse, and wastage based on the auditors' input. This advantage, however, may not give optimum results when the internal audit is not integrated with the external one because follow-up actions that rely solely on the audited institution leaders' initiatives tend to create conflicts of interest.

Second, the synchronization can multiply the impacts of the internal audit. The integration of internal and external audit agencies will create a comprehensive supervisory system that supports the establishment of reliable and accurate state financial management audits. The alignment of both agencies, such as through improved communication and coordination between BPKP and the Inspectorates with BPK, KPK, and PPATK, will enhance the effectiveness of state financial audits (Sutaryo et al., 2022; Santosa et al., 2016; Widanarto, 2012).

Third, the synchronization is likely to reduce conflicts caused by overlapping authorities. Conflicts regarding the authority of state financial audit agencies can be eliminated by harmonizing the coordination patterns among various supervisory bodies. The

problem of overlapping authority between BPKP and BPK in calculating state losses, for example, can essentially be resolved by strengthening the cooperation between the two institutions. This includes establishing clear coordination patterns and distinctly allocating state financial audit responsibilities of these agencies. Synchronization between internal and external auditors can also prevent institutional arrogance in supervising state financial management, thereby creating synergy among financial audit agencies.

Stages and Forms of the Synchronization

Synchronization of internal and external audit agencies in state financial management is carried out by following the stages.

First, it is essential to establish specific regulations concerning the integrated audit agencies for state financial management. One of the causes of overlapping authority in state financial management audits is the presence of partial regulations that govern various financial audit agencies separately. For example, BPKP, Inspectorates, BPK, KPK, and PPATK are each regulated under different laws, without harmonization and synchronization of their authorities. This situation has impacted the audit outcomes, which are predominantly partial and non-integrated. By formulating a dedicated regulation that governs all financial audit agencies within a single framework, mapping out each institution's authoritative boundaries, and outlining their coordination patterns, the existing agencies –the internal and external ones– can establish an effective and efficient audit framework for state financial management.

Second, it is necessary to strengthen horizontal synchronization. This form of synchronization involves harmonizing the authoritative boundaries among parallel internal and external audit agencies.

Synchronization between BPKP and the Inspectorates is crucial to develop a synergy of internal state financial management audit mechanisms. Similarly, external audit agencies need horizontal synchronization, such as between BPK, KPK, and PPATK, to achieve effective and impactful supervisions. For example, BPK conducts audits on state financial losses that serve as the basis for KPK's investigations, while PPATK provides analytical data for KPK to initiate inquiries. Through this horizontal synchronization pattern, a synergistic relationship between internal and external audit agencies will be strongly built.

Third, the duties and responsibilities of internal and external audit agencies should be aligned. This form of synchronization may be achieved by clearly defining the authority of each audit agency in supervising state financial management. It is also necessary to establish cross-coordination patterns between the internal and external agencies. For instance, BPKP and the Inspectorates are limited to supervising and auditing state finances managed directly by the government, while BPK has the authority to assess financial losses across all scopes of state finances. Additionally, BPKP and the Inspectorates are expected to work and communicate with BPK, KPK, and PPATK regarding the results of internal audits of state financial management.

These three stages and forms of synchronization are crucial to further develop and explore the opportunity for creating a unified regulation or consolidating various regulations governing the internal and external audit agencies through an omnibus law approach. The aim is to ensure that both agencies maintain an effective coordination pattern in supervising state finances.

CONCLUSION

The research findings reveal that the performance of both internal and external audit agencies in supervising, recovering, and supervising state finances from fraud has been carried out with varying degrees of effectiveness. However, currently, there is no comprehensive regulation that governs the coordination patterns between the agencies in the supervising the state financial management. To enhance the effectiveness of their audit process and outcomes, the government should align the tasks of the agencies by taking the following synchronization stages and forms, particularly in the context of state financial audits: (1) establishing a dedicated regulation that directs the work of the state financial audit agencies; (2) strengthening horizontal synchronization among parallel audit agencies; and (3) developing synchronization between internal and external audit agencies by clearly defining the boundaries of authority and coordination patterns of the agencies. Above all, further studies should be carried out to explore comprehensively the potential for unifying various regulations governing state financial audit agencies through an omnibus law mechanism.

ABOUT THE AUTHORS

Maming Genda earned a Master's degree in Law from the University of 45 Makassar in 2013. He is currently a tenured lecturer in the Pancasila and Citizenship Education program at Muhammadiyah Bone University and serves as Head of the Extraordinary School (SLB) Hati Mulia in Bone Regency. He has been a member of the Election Supervisory Board (*Bawaslu*) in Bone Regency (2018–2023) term and frequently contributes in electoral supervision activities in South Sulawesi Province.

Ahmad Yani holds a Master's degree in Law from Gadjah Mada University, specializing in election law and state governance. One of his works was awarded the 'Best Paper' by the House of Representatives. His books include *State Institutional Law* and *Clemency as Besschiking*. For inquiries, please contact him at Ahmadyani1996@mail.ugm.ac.id.

Rezky Amalia Syafiin earned her Master's degree in law from Hasanuddin University. Her background includes substantial research experience, particularly by serving as a research assistant at BPKP RI and as an enumerator at LIPI. For correspondence, she might be contacted via email at rezky.amalia@komisiyudisial.go.id.

REFERENCES

- Aminah, W. (2020). Pengaruh akuntabilitas, temuan audit dan tindak lanjut hasil audit terhadap tingkat korupsi. *Journal Accounting and Finance*, 4(2), 94-104. <https://doi.org/10.25124/jaf.v4i2.3295>
- Ardianto, A., Anridho, N., Ngelo, A. A., Ekasari, W. F., & Haider, I. (2023). Internal audit function and investment efficiency: Evidence from public companies in Indonesia. *Cogent Business & Management*, 10(2), 1-17. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2242174>
- Auditors, T. I. of I. (2023). *Global international audit standards*. <https://www.theiia.org/globalassets/site/standards/ippf/public-comment-draft/iia-global-internal-audit-standards-public-comment-draft-indonesian.pdf>
- Badan Pemeriksa Keuangan RI. (2022). *Bangkit dan tumbuh untuk BPK yang makin kuat dan makin hebat: Laporan tahunan 2022*. https://www.bpk.go.id/assets/files/annual_report/2023/annual__2023_1678862729.pdf
- Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan (BPKP). (2023). *Laporan kinerja BPKP tahun 2023: Mengawal akuntabilitas menuju kinerja paripurna*.
- Baswir, R. (1998). Kendala pengawasan keuangan negara. *Unisia*, 36, 44-50. <https://doi.org/10.20885/unisia.v0i36.5755>
- Baswir, R. (1999). *Akuntansi pemerintahan indonesia*. BPFPE.
- Halim, A. (2007). *Akutansi keuangan daerah* (3rd ed.). Penerbit Salemba Empat.
- Illahi, B. K., & Alia, M. I. (2017). Pertanggungjawaban pengelolaan keuangan negara melalui kerja sama BPK dan KPK. *Integritas*, 3(2), 37-78. <https://doi.org/https://doi.org/10.32697/integritas.v3i2.102>
- Inspektorat Provinsi Sumatera Barat. (2021). *Tindak lanjut hasil pemeriksaan (TLHP) online*. Inspektorat Provinsi Sumatera Barat. https://inspektorat.sumbarprov.go.id/images/2021/05/file/BUKU_PETUNJUK_TLHP_ONLINEE.pdf
- Irawan, M. D. A., & Khodijah, S. (2021). Kewenangan badan pengawas keuangan dan pembangunan (BPKP) dalam menentukan kerugian keuangan negara pada kasus tipikor. *Rechtenstudent Journal*, 2(3), 278-292. <https://doi.org/https://rechtenstudent.uinkhas.ac.id/index.php/rch/article/view/87>
- Jaya, N. A., Ispriyarso, B., & Natalis, A. (2020). Konstruksi kebijakan desentralisasi fiskal berbasis paradigma good financial governance di Indonesia. *Hukum dan Masyarakat Madani*, 10(1), 24-43. <https://doi.org/10.26623/humani.v10i1.2096>
- Kurniawan, A. (2006). *Peranan pusat pelaporan dan analisis transaksi keuangan (PPATK) dalam upaya menanggulangi tindak pidana pencucian uang*. <https://lontar.ui.ac.id/detail?id=88458>
- Mariyam, Islam, M. A., & Tunku Ahmad, T. S. (2023). The effect of internal audit function characteristics on market value among Indonesian public-listed companies. *International Journal of Business and Technopreneurship (IJBT)*, 13(3), 231-242. <https://doi.org/10.58915/ijbt.v13i3.286>
- Marzuki, P. M. (2010). *Penelitian hukum*. Kencana Penada Media Group.
- Muchsan. (2008). *Sistem pengawasan terhadap aparat pemerintah di Indonesia*. Studi FH UII.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2006). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2006 tentang Badan Pemeriksa Keuangan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 85.

- Pemerintah Republik Indonesia. (2008). *Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 2008 tentang Sistem Pengendalian Intern Pemerintah*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 127.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2010). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Pemberantasan Tindak Pidana Pencucian Uang*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 122.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2019). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2002 tentang Komisi Pemberantasan Tindak Pidana Korupsi*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 197.
- Ristriawan, H., & Sugiharti, D. K. (2017). Penguatan pengelolaan keuangan negara melalui mekanisme check and balances system. *Jurnal Konstitusi*, 14(3), 601–619. <https://doi.org/https://doi.org/10.31078/jk1437>
- Santoso, J., Hutapea, S. A., Fitri, L., & Kahir, S. (2023). Pengawasan terhadap pengelolaan dan pengeluaran anggaran pendapatan dan belanja negara dan daerah. *Pagaruyuang Law Journal*, 7(1), 155–166. <https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/pagaruyuang/article/viewFile/4562/3247>
- Santosa, M. H., Maarif, M. S., & Andati, T. (2016). System analysis in developing an effective government internal audit system. *International Journal on Advanced Science, Engineering, and Information Technology*, 6(2), 153–160. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.2.709>
- Setiawan, A. (2019). Eksistensi lembaga pengawasan pengelolaan keuangan negara. *Jurnal Hukum & Pembangunan*, 49(2), 265–278. <https://doi.org/10.21143/jhp.vol49.no2.2002>
- Sibuea, H. P. (2020). *Sendi-sendi hukum konstitusional. problematika dan wewenang organ negara dalam penetapan keuangan negara dalam tindak pidana korupsi*. PT RajaGrafindo Persada.
- Simbolon, M. M. (2004). *Dasar-dasar administrasi dan manajemen*. Ghalia Indonesia.
- Solihah, R., & Triono. (2020). Peran KPK dalam mengawal pengalokasian dana bantuan sosial di masa pandemi covid-19. *Jurnal Tapis: Teropong Aspirasi Politik Islam*, 16(2), 69–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.24042/tps.v16i2.7764>
- Sukmadilaga, C., Pratama, A., & Mulyani, S. (2015). Good governance implementation in public sector: exploratory analysis of government financial statements disclosures across ASEAN countries. *Social and Behavioral Sciences*, 211, 513–518. <https://core.ac.uk/download/pdf/82560265.pdf>
- Sumardjono, M. S. (2021). *Metodelogi penelitian ilmu hukum*. Fakultas Hukum Gadjah Mada.
- Sutaryo, S., Sahari, S., Jakpar, S., & Balia, S. S. (2022). Internal audit function and public service quality: Evidence from Indonesian local governments. *Public Administration Issues*, 5(1), 110–133. <https://doi.org/10.17323/1999-5431-2022-0-5-110-133>
- Tim Laporan Tahunan KPK. (2023). *Laporan tahunan KPK 2023*. https://www.kpk.go.id/images/Laporan_Tahunan_KPK_2023.pdf
- Widanarto, A. (2012). Pengawasan internal, pengawasan eksternal, dan kinerja pemerintah. *Jurnal Ilmu Admninstasi Negara*, 12(1), 15–25. <http://doi.org/10.46730/jiana.v12i1.899>
- Wiraguna, S. A. (2024). Dinamika korupsi dan pencucian uang di PT Timah: Pengawasan dan tantangan. *Public Sphere*, 3(1), 35–43. <https://doi.org/10.59818/jps.v3i1.711>
- Yulia, R. P., A, K., & Agoes, S. (2016). Peranan BPK dan BPKP menghitung kerugian keuangan negara dalam rangka penanganan perkara tindak pidana korupsi. *Jurnal Bina Adhyaksa*, 6(2), 135–152.
- Yustiani, S., & Ichsan, M. (2019). Business process automation: Internal audit function adaptation lesson learned from Indonesian public sector. In *3rd Asia-Pacific Research in Social Sciences and Humanities Universitas Indonesia Conference (APRISH 2018)* (pp. 275–282). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/aprsh-18.2019.36>

Editorial Note: The original version of this article was written in Indonesian, titled “Koordinasi dan Sinkronisasi Lembaga Pengawas Internal dan Eksternal dalam Pengawasan Pengelolaan Keuangan Negara.” After careful consideration—including the balance of Indonesian/English contents in the journal publication and the potential to reach a broader audience—the article was translated into English with the authors’ full consent. The authors have reviewed and approved this translated version for publication.

This page is intentionally left blank.



Using Geodetic Methods in Road Construction Planning: To What Extent Will It Be Effective?

Zulfikar Adlan Nadzir¹, Mhd Irfansyah¹

¹ Program Studi Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

Corresponding author:

Zulfikar Adlan Nadzir | zulfikar.nadzir@gt.itera.ac.id

ABSTRACT

Sustainable development is a well-known concept that is widely applied nowadays. One of the applications of this concept is through an effective planning process, such as road construction planning. Cut and fill volume measurement is an integral part of such a process, which utilizes several geodetic methods. The most commonly used instruments are waterpass and electronic theodolite (total station), but there are significant differences in their concepts. Different observation methods of these two tools can affect their effectiveness. Therefore, in this study, the accuracy and efficiency of waterpass and electronic theodolites were measured and analyzed using the cross-section method to gauge the effectiveness of the ABC road construction project in Sumatra. The results show that although the accuracy of the electronic theodolite is lower than that of waterpass, it might be the preferred method because it saves time and reduces the cost of volume measurement, making it both practical and highly efficient.

Keywords: Cut and fill volume; Geodetic method; Road planning; Total station; Waterpass.

ABSTRAK

Pembangunan yang berkelanjutan adalah sebuah konsep populer yang banyak diterapkan saat ini. Salah satu perwujudan dari konsep ini adalah melalui proses perencanaan yang efektif, misalnya dalam perencanaan pembangunan jalan. Pengukuran volume *cut and fill* tanah adalah bagian tak terpisahkan dari proses tersebut, yang menggunakan beberapa metode Geodetik. Metode yang jamak digunakan adalah alat sipat datar (*waterpass*) dan teodolit elektronik (*total station*) dengan perbedaan konsep pengamatan yang signifikan. Perbedaan metode observasi dari kedua alat ini dapat memengaruhi tingkat efektivitas pengamatan. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan pengukuran dan analisis tingkat akurasi dan efisiensi dari alat sipat datar dan teodolit elektronik menggunakan metode *cross-section* sebagai parameter efektivitas, pada sebuah proyek pembangunan jalan ABC di pulau Sumatra. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa walaupun tingkat akurasi dari teodolit elektronik lebih rendah daripada alat sipat datar, metode tersebut dapat digunakan sebagai metode yang lebih disarankan karena dapat menghemat waktu dan biaya pengukuran volume, sehingga penggunaannya bersifat efektif dan efisien.

Kata Kunci: Metode geodetik; Perencanaan jalan; Sipat datar; Teodolit elektronik; Volume *cut and fill*.

ARTICLE HISTORY

Received: June 3, 2024

Revised: September 11, 2024

Published: November 20, 2024

Copyright © 2024, Journal of Infrastructure Policy and Management

CITATION (APA 7TH)

Nadzir, Z. A., & Irfansyah, M. (2024). Using geodetic methods in road construction planning: To what extent will it be effective? *Journal of Infrastructure Policy and Management*, 7(2), 167–180. <https://doi.org/10.35166/jipm.v7i2.58>

INTRODUCTION

Among other principal aspects of managing a country is ensuring infrastructure progress and development. Development is a multidimensional process encompassing various areas, including but not limited to economic, educational, and infrastructural aspects (O’Sullivan & Sheffrin, 2004). Moreover, infrastructure, in particular, plays a foundational role in physical aspects that precede economic growth. Infrastructure also highlights its use in fulfilling almost all human economic needs (Grigg, 1988).

Aligned with the Indonesian government spirit of ‘*Nawacita*’, which has been promoted over the past decade, the current government of Indonesia has gradually increased the development of infrastructure by 40% compared to the previous period, as reported by the Ministry of Public Works and Housing (KemenPUPR) in 2019 (Hill & Negara, 2019; Singh & Cook, 2016). This surge in infrastructure development projects requires regular and systematic monitoring to support sustainable development. However, this holistic approach has not yet become widely practiced, partly due to the insufficient dissemination of integrated development concepts such as Building Information Management (BIM), WebGIS, remote sensing, and 3D modeling (Beshr, 2015; Gura et al., 2020; Lanari et al., 2020; Nadzir et al., 2021; Scaioni et al., 2018).

Monitoring the development process includes several stages, such as planning and mapping. The concept of mapping cannot be separated from Geodesy or Geomatics. Surveying, or mapping, is the technology, science, and art of determining the relative position of a point (Ghilani & Wolf, 2008). Fundamentally, mapping involves measuring angles and distances. In addition to determining position, the measurement of angles and distances is used to calculate area and volume, commonly known as the cut-and-fill method (Nurjati, 2004).

Currently, volume measurement can be conducted using leveling instruments and electronic theodolites (total stations). The basic principle of both instruments is similar: to collect angle and distance data as calculations for land position and elevation aimed at estimating land volume. However, the difference between these instruments lies in the underlying technology: optical methods in leveling instruments and optical methods assisted by electronic sensors in total stations. This difference affects the accuracy and efficiency of the measurement results (Da Silva et al., 2018). Effectiveness and efficiency are two crucial aspects of maximizing resources in the process of sustainable development, as different methods result in varying levels of effectiveness (Kuzina & Rimshin, 2018; Sestras et al., 2021; Uradziński & Bakula, 2020).

Understandably, all parties expect efficient and effective construction of highways. The society that will use construction products wishes to undergo pleasant experiences. As for constructors, they aim to effectively and efficiently use the budget. Both parties view that financial budgets can be used optimally to complete the maximum amount of work and that project timelines can be met with the highest level of accuracy (Lamich et al., 2016). Therefore, highway construction should be improved in every aspect, particularly in the measurement and planning stages that rely on geodetic data.

The application of geodetic methods in highway and toll road construction has been widely practiced, yielding varied results and methods, particularly in Europe and the Middle East (Ghorbani et al., 2012; Gikas & Stratakos, 2012; Šafář & Šmejkal, 2015; Sorin Herban et al., 2017). The use of optical methods (theodolites) shows deviations of 2.3 to 3.8 cm in road width measurements (Kriauciunaite-Neklejonoviene et al., 2018), while satellite methods (GPS) demonstrate an accuracy of 3 to 6 cm (Labant et al., 2017). These studies share the focus on measuring the efficacy of such a method, but they fail to incorporate efficiency parameters in their analyses. Additionally, previous research has not explicitly demonstrated the relationship between accuracy and effectiveness with efficiency, nor has it been shown to be significant in highway construction planning processes.

Given the focus of similar studies in Eastern Europe and the Persian and Arabian peninsulas, it is crucial to assess the efficiency and accuracy of volume measurements using two tools—leveling instruments and electronic theodolites. This effort aims to provide recommendations to practitioners for implementing sustainable

road construction planning. Furthermore, an analysis of the effectiveness and significance of these two geodetic methods in choosing one over the other during the mapping and planning stages of highway construction is also necessary. In other words, it is essential to understand the degree of effectiveness of these geodetic methods and their significance. These fundamental issues and problems will be addressed in this study, using the ABC location in Sumatra as a case study.

The geodetic method involving leveling instruments (waterpass) has been used since the early 20th century. In contrast, technological advancements in the late 20th century led to the development of the electronic theodolite, commonly known as the total station. Measurements using a waterpass are generally more accurate than the electronic theodolite because optical methods can view farther distances than electronic approaches. However, this advantage comes at the expense of time, as measurements with a waterpass typically take twice as long as other methods (Chekole, 2014; Mukupa et al., 2016). Both methods are used for direct measurement of distances, angles and volume calculations; each is based on the specific principles of the respective tools. Rahayu's (2015) study indicates that both observation methods have nearly identical accuracy in calculating elevation differences and volume estimations based on angle and distance measurements, with discrepancies only in the sub-millimeter range.

Additionally, a comparison between electronic theodolite methods and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) methods reveals that although UAV measurements require significantly less time, electronic theodolite provides superior accuracy (Ginting et al., 2024). Other scholars have also used waterpasses as a method in their research.

For example, Wibowo (1987) and Parseno and Yulaikhah (2010) suggest that the underlying conditions of the measurement site do not influence the performance of these tools. Hence, the hypothesis formulated for this study is that while the waterpass method is more accurate than the electronic theodolite, it requires more observation time. In other words, the electronic theodolite demonstrates higher efficiency than the waterpass (Priyadinata & Siregar, 2022), suggesting that the underlying conditions of the measurement site do not influence the performance of these tools.

The commonality among the previous studies mentioned is that none have included parameters of time efficiency and precision for both waterpass and electronic theodolite methods in the context of calculating cut and fill volumes, as performed in as-built surveys of buildings in Bandar Lampung (Nadzir, 2024). Therefore, research focusing on determining accuracy and precision, combined with time efficiency, in the process of volume estimation is essential, and this forms the primary objective of this study. The anticipated outcome of this research is to contribute to the selection of geodetic observation methods in highway planning, aiming for more effective and efficient practices with demonstrable accuracy and quantitative time savings.

THEORETICAL FRAMEWORK

Waterpass and the Electronic Theodolite

Elevation, or height, is a parameter determined by measuring the vertical distance from a reference point (zero point) to another point. In leveling instruments (waterpass), the elevation is calculated as the difference in height between two locations using a leveling staff. This height difference is determined by observing the middle line

on the staff at Point 1 and Point 2 and then noting the corresponding values on the staff (Safrel et al., 2018). The output from waterpass measurements includes the vertical height difference and the horizontal distance, which are empirically calculated using the principles of triangles and the Pythagorean theorem.

A theodolite, in principle, measures angles and distances as its two main parameters using optical methods. The instrument is called an electronic theodolite or a total station when electronic systems assist this process. This tool's results include horizontal and vertical angles and distances (Hofmann-Wellenhof et al., 2008). Contextually, the electronic theodolite has advantages in terms of measurement efficiency and time compared to conventional theodolites, although it offers lower levels of accuracy and precision.

An illustration of the theodolite is shown in Figure 1 below.



Figure 1. Electronic theodolite

Efficiency, Effectiveness, Precision, and Accuracy

Efficiency is a measure used to demonstrate how few resources are utilized to complete a

task and is typically divided into cost efficiency and time efficiency (Penkov et al., 2019). The distinction between effectiveness and efficiency lies in the perspective used for evaluation. Effectiveness assesses the degree to which a goal is achieved with specific resources, focusing on the outcome or the extent to which the objective is met (Kowacka et al., 2021). In contrast, efficiency focuses on the process, evaluating the activities involved in reaching the goal (Moser et al., 2016). Both parameters are necessary to determine the superiority of one method over another, especially in sustainable planning processes.

Accuracy refers to how close a result or measurement is when compared to an assumed true or reference value. Precision, on the other hand, describes how closely grouped a set of measurements is when repeatedly observing a single parameter. Accuracy is commonly calculated using Root Mean Square Error (RMSE), while precision is determined by analyzing the dataset's standard deviation. The critical difference between these two formulas lies in the reference value used: RMSE uses an estimated true value, whereas standard deviation relies on the average value. The combination of accuracy and precision defines the overall level of reliability. A dataset is considered to have good reliability when it exhibits both high accuracy and high precision. Conversely, poor reliability is represented by either a high error in accuracy or low precision.

Efficiency and effectiveness metrics, which are combinations of several initial parameters, can be classified into three categories, as illustrated in Table 1. The authors used this table to classify the two observational methods being compared, aiming to present a conclusive analysis of the results and findings.

Table 1. Classification of efficiency and effectiveness

Class	Class	Class	Class	Class
Highly efficient/ effective	< 10 mm	< 10 mm	Faster than the work plan (KAK)	Cheaper than the work plan (KAK)
Efficient/ effective	10-100 mm	10-100 mm	Matches the work plan (KAK)	Matches the work plan (KAK)
Less efficient/ effective	> 100 mm	> 100 mm	Slower than the work plan (KAK)	More expensive than the work plan (KAK)

Volume Estimation Using Cut and Fill Method

The volume of an area in a construction project is a crucial parameter, particularly when building highways, as it involves excavation (cut) and embankment (fill) work on the project site. It is essential because the construction of highways requires a flat surface with minimal elevation differences to adhere to the concept of minimizing energy use in transportation (Macchiarulo et al., 2022; Soilán et al., 2019). Geodetically, the volume of an area can be calculated using the cut-and-fill method based on the topographic map (existing conditions) and the cross-sectional view of the work site. This cross-sectional information is used to determine the planned elevation and the true elevation (existing conditions), which are then divided into areas where excess material must be excavated (cut) and areas that require adding material. The volume of excavation and embankment can be calculated by applying simple geometric concepts, such as the combination of triangular, pyramidal, and trapezoidal shapes. The areas of cut and fill are measured, and their volumes are determined using these geometric approximations. Subsequently, the costs associated with these operations can be estimated in monetary terms (e.g., rupiah per cubic meter), considering the expenses for personnel and other necessary resources.

METHODOLOGY

Research Design

Building upon the state-of-the-art knowledge in applying geodetic methods, particularly in the context of instruments commonly used in Indonesia, this research methodology was carefully selected and designed to be fit for purpose. At the same time, it considers the effectiveness and efficiency outlined in the research hypothesis. The study was conducted on a road construction and planning project spanning 200 meters on the island of Sumatra, which was divided into several observation stations. The measurements were carried out over seven days between February and March, from 08:00 to 15:00 Western Indonesian Time (WIB), under clear weather conditions. Three instruments—GNSS receiver, electronic theodolite, and leveling instrument

(waterpass)—were used throughout the seven-day measurement period, with specifications provided in Table 2.

The process began with the horizontal and vertical framework measurements to determine the coordinates of reference points using the GNSS receiver and total station. Subsequently, longitudinal profile measurements were conducted using the leveling instrument and electronic theodolite to generate a longitudinal profile plan. A pre-analysis was then performed to assess the methods' limitations based on the concepts in use. Following this, cross-sectional measurements were carried out using the same two methods, concluding with volume calculations. Finally, the accuracy and efficiency of both methods were calculated, marking the final step of this research. A flow diagram of the research process is illustrated in Figure 2 below, with a particular focus on volume measurements.

Table 2. Instruments used in the research

No	Instrument	Type	Specification
1	Receiver GPS Geodetic	Tpocon Hiper II	Accuracy of the static method = H: 3mm + 0.55ppm, V: 5mm + 0.5ppm Operational time = 14+hour (10 hous TX) Raw data recording = 1 Hz (up to 20 times per second (20 Hz) Operational temperature = -30°C up to 60°C / -22°F up to 140°F
2	Total Station	Topcon GTS 235 N	Diameter of the telescope = 214 mm View area (100 m) = 1°25' (2.5m/8.2 feet) Zoom in = 24 x Accuracy without micrometer = 2.0 mm (0.08 inch) Accuracy with micrometer = n/a
3	Waterpass	Topcon AT-B4	Diameter of the telescope = 214 mm View area (100 m) = 1°25' (2.5m/8.2 feet) Zoom in = 24 x Accuracy without micrometer = 2.0 mm (0.08 inch) Accuracy with micrometer = n/a

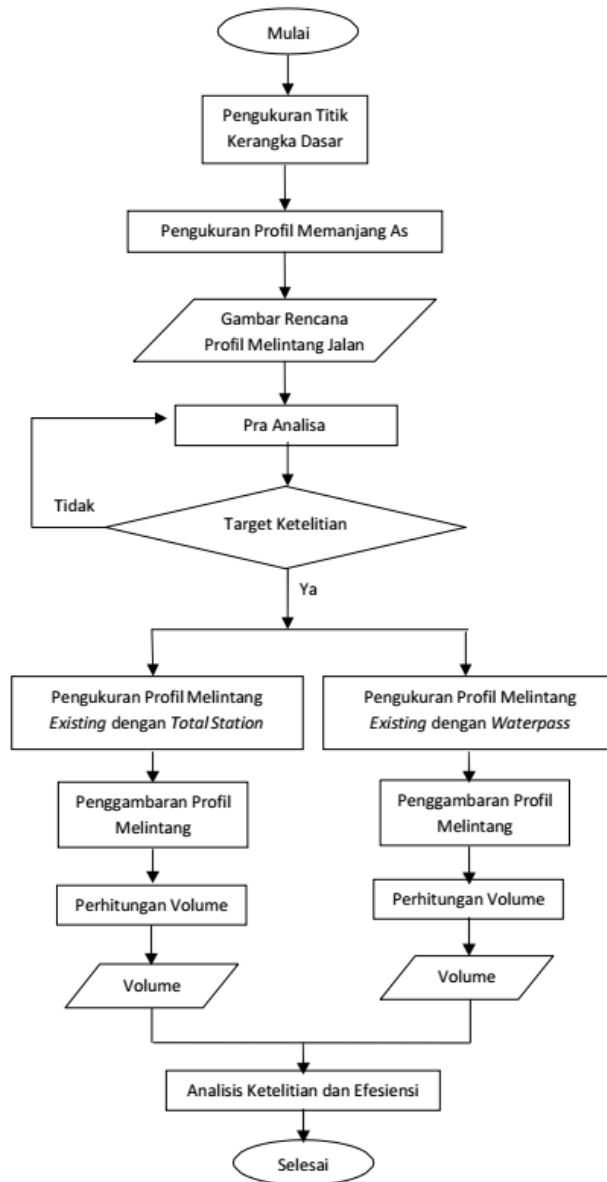


Figure 2. Diagram of the research flow

Data

The reference points used for the horizontal and vertical frameworks consisted of two pillars, named BM01 and BM02, both of which are tied to a global reference system. These pillars were connected to two higher-order reference points: IIT0 for the horizontal axis and IIT5 for the vertical axis. The total number of stations (STA) used in this study was 9, and measurements were taken in two instrument setups. The distance between each STA was 25 meters.

RESULTS AND DISCUSSION

The pre-analysis results for the electronic theodolite, as shown in Table 3, indicate a theoretical accuracy of 25.66 mm. Meanwhile, the pre-analysis for the leveling instrument (waterpass) showed an accuracy of 0.52 mm, demonstrating that the waterpass is 50 times more accurate than the electronic theodolite. This discrepancy can be attributed to how the electronic theodolite measures height, using angles and distances, increasing the margin of error.

Table 3. Pre-analysis result

Parameter	Accuracy (mm)
Z for electronic theodolite	25,657
Elevation difference accuracy	0,520

Table 4. Vertical framework accuracy

Parameter	Value
Average distance calculation (D)	374,9 meter
Precision threshold value	11 mm
Height difference discrepancy	6 mm

The vertical framework measurements in Table 4 show that the forward and backward measurements meet the specifications outlined in the Indonesian National Standard (SNI) number 19-6988-2004, with an LD class for order 4. In other words, the vertical framework measurements are accurate enough to be used in planning a Class 1 highway, as per the applicable regulations. The horizontal framework measurements yielded an accuracy of 1 cm, meeting the accuracy requirements for order 2. Both pre-analysis results suggest that, although the vertical (height) measurements exhibit 2 to 3 times better accuracy, they are more challenging to execute than horizontal (distance) measurements. This is because errors in the z-axis (vertical) increase proportionally with the distance from the observation point, causing error propagation as the distance grows.

Table 5. Data of the elevation profile

STA	Existing elevation (m)	Planned elevation (m)
1	101,598	94,96
2	101,041	94,37
3	100,225	93,62
4	98,669	93,62
5	98,027	94,37
6	96,895	94,96
7	97,441	95,09
8	96,067	95,22
9	97,013	95,09

Table 5 lists the elevations from STA 1 to STA 9 for the longitudinal profile. These values were calculated at the centerline of each station and then used to determine the planned elevation, which was set to a flat gradient of 2%. On average, the difference between the existing and planned elevations was 7.02 meters.

The elevation differences were calculated and plotted in Figure 3 using both measurement methods to observe the trends. It was noted that the elevation difference at STA 4, with a value of 3.5 cm, was the highest, followed by STA 6, with a difference of 2.8 cm. These significant discrepancies at STA 4 and STA 6 can be attributed to the distance between the electronic theodolite’s setup position and the stations, resulting in more significant errors.

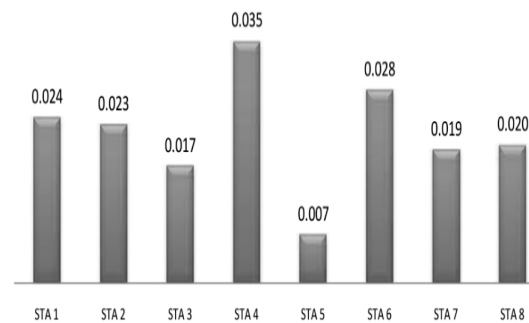


Figure 3. Diagram of the average elevation difference

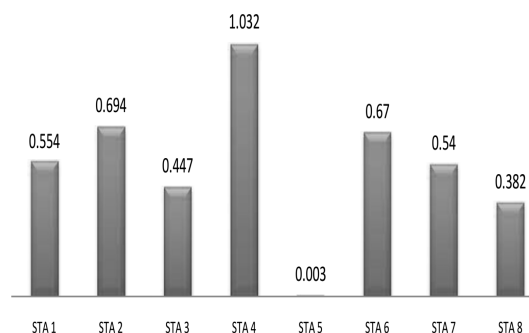


Figure 4. Diagram of the average cross-sectional area difference

Table 6. Cut-and-Fill Volume Calculation

No	STA	jarak	Waterpass			Total Station			Selisih Volume (m3)
			Luas (m2)	Luas Rerata(m2)	Volume (m3)	Luas (m2)	Luas Rerata(m2)	Volume (m3)	
1	1		91.241			90.687			
		25		81.941	2048.525		81.317	2032.925	15.6
2	2		72.641			71.947			
		25		62.993	1574.825		62.4225	1560.563	14.2625
3	3		53.345			52.898			
		50		30.8175	770.4375		30.078	751.95	18.4875
4	4		8.29			7.258			
		25		17.411	435.275		16.8935	422.3375	12.9375
5	5		26.532			26.529			
		25		35.6025	890.0625		35.266	881.65	8.4125
6	6		44.673			44.003			
		25		51.324	1283.1		50.719	1267.975	15.125
7	7		57.975			57.435			
		25		66.59	1664.75		66.129	1653.225	11.525
8	8		75.205			74.823			
Rata-rata Selisih Volume									13.76

Before estimating the volume, the cross-sectional area difference for each station is illustrated in Figure 4. It can be observed that the same trend occurs, where STA 4 shows the most significant difference, at 1.03 m², followed by STA 2 and STA 6, with a difference of approximately 0.68 m². The cut and fill volume calculation is carried out between two stations; for instance, the volume between STA 1 and STA 2 is referred to as volume 1-2. The results of the estimation are displayed in Table 6. Similar to the previous findings, the most significant volume discrepancy is around STA 4, specifically between STA 3 and STA 4.

Conversely, the most minor volume difference between STA 4 and STA 5 is found. The average cross-sectional area difference can serve as an initial indicator of volume difference. Additionally, the average total volume difference between the waterpass and electronic theodolite methods was 13.76 m³. This difference aligns with the previous subsection's hypothesis and pre-analysis results. However, determining which method is "correct" or "incorrect" falls outside this research scope, as no single value is considered the true reference.

As described in Table 7, the time spent to measure all stations with both methods indicated that the electronic theodolite measurement was 33% faster than the time required to use the waterpass. Regarding efficiency, each point measured with the waterpass took 60% longer than the electronic theodolite, 1.60 minutes compared to 1 minute. This result is related to the measurement procedure of the waterpass, which requires two measurements for correction, and it aligns with the hypothesis presented in the previous chapter.

A comparison of the time efficiency between the two methods, assuming that the measurement of all nine stations does not exceed one day, revealed that with the same amount of time required for waterpass measurements, the electronic theodolite could measure 14 stations, an increase of 5 stations (~50%). Using a simulated distance of 1 km (41 stations), the waterpass method would require 5 days, whereas the electronic theodolite would need 3 days to complete the measurement (40% less time). Furthermore, using an estimate based on the unit prices listed in the Ministry of Public Works Regulation No. 11/PRT/M/2013, the electronic theodolite method could save 31%

in costs (~1 million rupiahs per kilometer) compared to the waterpass method. The time simulation results are presented in Table 8, while the simulation results based on distance and cost are shown in Table 9. These simulations assume equal error levels without error propagation, ensuring proportional and linear values about the time and distance of the measurements.

Table 7. Difference in measurement duration

Types of measurement	Duration
Waterpass	6 hours 42 minutes
Electronic Theodolite	4 hours 1 minute
Difference	2 hours 41 minutes

Table 8. Time-based simulation

Types of measurement	1 day	1 week	1 month
Waterpass	9 STA	45 STA	225 STA
Theodolite	14 STA	70 STA	350 STA

Table 9. Distance-based simulation

Types of measurement	1 km	10 km	100 km
Waterpass	5 days (3 million)	50 days (30 million)	500 days (300 million)
Electronic Theodolite	3 days (2 million)	30 days (20 million)	300 days (200 million)

As seen in Tables 7 through 9, the electronic theodolite demonstrates a clear advantage over the waterpass from the perspective of effectiveness and efficiency based on various simulations. However, it is essential to note that these results must account for all aspects, particularly accuracy and precision.

In addressing the research question regarding selecting the more effective and efficient geodetic method for highway planning, it is evident from Table 1 that the waterpass method falls into the category of effective but less efficient. In contrast, the electronic theodolite method is classified as both practical and highly efficient. Further

consideration when selecting the measurement method should ideally begin with a pre-analysis that includes information about accuracy requirements by the Indonesian National Standard (SNI) as an additional consideration. This approach balances the project's needs and the method's capabilities without sacrificing one component to achieve another.

Additionally, attention must be given to the regional applicability of this study's findings to the specific location of the construction project—taking regionality as a critical principle into account. It is one of the main limitations of this research, alongside the absence of a true reference value.

CONCLUSION

Measurements using the waterpass and electronic theodolite methods for estimating cut and fill volumes demonstrated different performances. Regarding theoretical accuracy and precision, the waterpass method performed better than the electronic theodolite. However, this superior accuracy does not necessarily mean that the first method meets the requirements for high-order measurements (order 4 for the waterpass and order 2 for the electronic theodolite).

Table 10. Round-robin Comparison

Parameter	Waterpass	Theodolite
Accuracy and Precision	+ (0,52 mm)	- (25 mm)
Order	- (order 4)	+ (order 2)
Time	- (5 days)	+ (3 days)
Cost	-	+

The simulation results showed that, for an observation distance of 1 km, the electronic theodolite was 1.5 times faster in measurement time and capable of measuring 1.5 times more stations than the waterpass method within the same timeframe. Regarding time efficiency and effectiveness,

the second method (electronic theodolite) was more efficient and effective, with a 40.05% time savings. Additionally, regarding the cost, the second method outperformed the first, offering a 31% cost saving per kilometer compared to the waterpass. Table 10 presents the round-robin comparison results between the two methods.

When these factors are combined, it is evident that electronic theodolite is suitable for highway construction projects that prioritize time and cost efficiency, placing it in the effective and highly efficient category. On the other hand, the waterpass method is more appropriate for critical highway construction projects—those requiring a much higher level of accuracy due to the urgency or significance of the project. In conclusion, this study indicates that the electronic theodolite method is better suited for the broad planning of highway projects, except in specific cases where millimeter-level accuracy is required.

RECOMMENDATION

Effective and efficient geodetic observation methods can be introduced and popularized through several mediums in planning and constructing roads. The first medium is through the creation of policy recommendation documents (white papers) by relevant professional associations such as the Indonesian Surveyor Association (*Ikatan Surveyor Indonesia*, ISI) and the Indonesian Engineers Association (*Persatuan Insinyur Indonesia*, PII).

Additionally, the second medium that can be utilized is through standard documents published by policymakers. One potential approach is updating the Indonesian National Standard (SNI) documents related to geodetic observation standards and road construction planning.

The third medium to further embed geodetic methods in road planning is through vocational education at vocational high school, D3/D4 programs, and undergraduate education. This effort would be spearheaded by associations responsible for managing secondary, vocational, and higher education in Geodesy, Geomatics, and Construction.

Moreover, incorporating this topic into technical documents such as the Terms of Reference (TOR) for road construction projects, published by the Ministry of Public Works (Kementrian Bina Marga), would also serve as a highly targeted output.

ABOUT THE AUTHORS

Zulfikar Adlan Nadzir serves as a lecturer in the Department of Geomatics Engineering at Institut Teknologi Sumatera, Lampung. His expertise lies in Physical, Mathematical, and Satellite Geodesy, with a particular focus on utilizing geodetic data to address climate change challenges. In addition to his academic pursuits, he is deeply engaged in research on disaster risk estimation and mitigation, as well as engineering geodesy. His work addresses critical questions related to the mathematical and physical dimensions of geodetic science.

Mhd Irfansyah is an Asset Management Consultant at Pertamina Training & Consulting, specializing in construction surveying, GIS analysis, land certification, and resolving land dispute issues. Beyond his professional career, he is actively involved as a Geodata Specialist in the EPIK Organization dedicated to health and disaster risk management in rural communities. His contributions reflect a commitment to integrating geospatial expertise with practical solutions for sustainable development and disaster mitigation.

REFERENCES

- Beshr, A. A. E.-W. (2015). Structural deformation monitoring and analysis of highway bridges using accurate geodetic techniques. *Engineering*, 07(08), 488–498. <https://doi.org/10.4236/eng.2015.78045>
- Chekole, S. D. (2014). *Surveying with GPS, total station, and terrestrial laser scanner: A comparative study school of architecture and the built environment*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23262.92488>
- Da Silva, I., Ibañez, W., & Poleszuk, G. (2018). Experience of using total station and GNSS technologies for tall building construction monitoring. In H. Rodrigues, A. Elnashai, & G. M. Calvi (Ed.), *Facing the challenges in structural engineering* (pp. 471–486). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61914-9_36
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2008). *Elementary surveying: An introduction to geomatics*. Pearson Prentice Hall.
- Ghorbani, M., Sharifzadeh, M., Yasrobi, S., & Daiyan, M. (2012). Geotechnical, structural, and geodetic measurements for conventional tunneling hazards in urban areas – The case of Niayesh road tunnel project. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 31, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2012.02.009>
- Gikas, V., & Stratakos, J. (2012). A novel geodetic engineering method for accurate and automated road/railway centerline geometry extraction based on the bearing diagram and fractal behavior. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(1), 115–126. <https://doi.org/10.1109/TITS.2011.2163186>
- Ginting, E. B., Riyanto Haribowo, & Andre Primantyo H. (2024). Studi perbandingan perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan data total station dan drone (UAV). *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1), 616–626. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.052>
- Grigg, N. S. (1988). *Infrastructure engineering and management*. Wiley.
- Gura, D. A., Kiryunikova, N. M., Lesovaya, E. D., Khusht, N. I., Pavlukova, A. P., & Podtelkov, V. V. (2020). Geodetic monitoring system to ensure safe operation of infrastructure facilities. *2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/FarEastCon50210.2020.9271604>
- Hill, H., & Negara, S. D. (Ed.). (2019). Infrastructure development under the Jokowi administration: progress, challenges and policies. In *The Indonesian Economy in Transition* (pp. 239–265). ISEAS Publishing. <https://doi.org/10.1355/9789814843102-012>
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS — Global navigation satellite systems*. Springer Vienna.
- Kowacka, M., Skorupka, D., Duchaczek, A., Waniewska, A., & Dudziak-Gajowiak, D. (2021). Allocation of risk factors for geodetic tasks in construction schedules. *Open Engineering*, 11(1), 956–962. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0083>
- Kriauciunaite-Neklejonoviene, V., Rekus, D., Balevicius, G., & Kolbovskij, O. (2018). Technology of geodetic control at railway construction stages. *Baltic Surveying*, 8, 52–60. <https://doi.org/10.22616/j.balticsurveying.2018.007>
- Kuzina, E., & Rimshin, V. (2018). Deformation monitoring of road transport structures and facilities using engineering and geodetic techniques. In V. Murgul & Z. Popovic (Ed.), *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017* (Vol. 692, pp. 410–416). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_43
- Labant, S., Gergelova, M., Weiss, G., & Gasinec, J. (2017). Analysis of the use of GNSS systems in road construction. *2017 Baltic Geodetic Congress (BGC Geomatics)*, 72–76. <https://doi.org/10.1109/BGC.Geomatics.2017.69>

- Lamich, D., Marschalko, M., Yilmaz, I., Bednářová, P., Niemiec, D., Mikulenka, V., & Kubečka, K. (2016). Geodetic monitoring of roads as a tool for determination of hazard zones in areas influenced by deep coal mining. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75(3), 1033–1044. <https://doi.org/10.1007/s10064-015-0769-y>
- Lanari, R., Reale, D., Bonano, M., Verde, S., Muhammad, Y., Fornaro, G., Casu, F., & Manunta, M. (2020). Comment on “Pre-collapse space geodetic observations of critical infrastructure: The Morandi Bridge, Genoa, Italy” by Milillo et al. (2019). *Remote Sensing*, 12(24), 4011. <https://doi.org/10.3390/rs12244011>
- Macchiarulo, V., Milillo, P., Blenkinsopp, C., & Giardina, G. (2022). Monitoring deformations of infrastructure networks: A fully automated GIS integration and analysis of InSAR time-series. *Structural Health Monitoring*, 21(4), 1849–1878. <https://doi.org/10.1177/14759217211045912>
- Moser, V., Barišić, I., Rajle, D., & Dimter, S. (2016). Moser, V., Barišić, I., Rajle, D., & Dimter, S. (2016, May). Comparison of different survey methods data accuracy for road design and construction. *Proceedings of the International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA*. <https://repozitorij.unizg.hr/islandora/object/grad:711/datastream/FILE0/view#page=848>
- Mukupi, W., Roberts, G. W., Hancock, C. M., & Al-Manasir, K. (2016). A review of the use of terrestrial laser scanning application for change detection and deformation monitoring of structures. *Survey Review*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/00396265.2015.1133039>
- Nadzir, Z. A. (2024). Studi komparasi untuk as-built survey dan pengawasan deformasi dari gedung: metode terestris vs metode satelit di gedung kuliah umum Institut Teknologi Sumatera. *Journal of Science and Applicative Technology*, 8(1), 65. <https://doi.org/10.35472/jsat.v8i1.1635>
- Nadzir, Z. A., Nuha, M. U., Isnaini, E. L., Yudanegara, R. A., Nugroho, A. P., Welly, T. K., & Anggara, O. (2021). Smart village map: Peta desa way huwi berbasis web untuk pembangunan berkelanjutan. *TeknoKreatif: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(2), 149–158. <https://doi.org/10.35472/teknokreatif.v1i2.738>
- Nurjati, C. S. (2004). *Ilmu ukur tanah 1*. Program Studi Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- O’Sullivan, A., & Sheffrin, S. M. (2004). *Economics: Principles in action*. Recording for the Blind & Dyslexic.
- Parseno, P., & Yulaikhah, Y. (2010). Pengaruh sudut vertikal terhadap hasil ukuran jarak dan beda tinggi metode trigonometris menggunakan total station nikon DTM 352. *Forum Teknik*, 33(3).
- Penkov, V. O., Skoryk, O. O., Uzviieva, O. M., Yu Panchenko, V., & Korostelov, Y. M. (2019). Improvement of the quality of the geodesic support for the reconstruction of the roads. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012019>
- Priyadinata, R., & Siregar, C. A. (2022). Perbandingan analisis perhitungan cut and fill menggunakan data topografi yang dilakukan dengan pengukuran manual dan digital. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 2(2), 215. <https://doi.org/10.32897/simteks.v2i2.1239>
- Rahayu, L. P. (2015). *Studi perbandingan perhitungan volume menggunakan data total station dengan dan tanpa prisma*. Unpublished Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Šafář, V., & Šmejkal, Z. (2015). The accuracy of digital models for road design. In I. Ivan, I. Benenson, B. Jiang, J. Horák, J. Haworth, & T. Inspektor (Ed.), *Geoinformatics for Intelligent Transportation* (pp. 241–246). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11463-7_17
- Safrel, I., Julianto, E. N., & Usman, N. Q. (2018). Accuracy comparison between GPS real-time kinematic (RTK) method and total station to determine the coordinate of an area. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 20(2), 123–130. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v20i2.16284>
- Scaioni, M., Marsella, M., Crosetto, M., Tornatore, V., & Wang, J. (2018). Geodetic and remote-sensing sensors for dam deformation monitoring. *Sensors*, 18(11), 3682. <https://doi.org/10.3390/s18113682>

- Sestras, P., Bilaşco, Ştefan, Roşca, S., Dudic, B., Hysa, A., & Spalević, V. (2021). Geodetic and UAV monitoring in the sustainable management of shallow landslides and erosion of a susceptible urban environment. *Remote Sensing*, *13*(3), 385. <https://doi.org/10.3390/rs13030385>
- Singh, D., & Cook, M. (Ed.). (2016). Indonesia's infrastructure development under the Jokowi administration. In *Southeast Asian Affairs 2016* (pp. 145–166). ISEAS Publishing. <https://doi.org/10.1355/9789814695671-013>
- Soilán, M., Sánchez-Rodríguez, A., Del Río-Barral, P., Perez-Collazo, C., Arias, P., & Riveiro, B. (2019). Review of laser scanning technologies and their applications for road and railway infrastructure monitoring. *Infrastructures*, *4*(4), 58–72. <https://doi.org/10.3390/infrastructures4040058>
- Sorin Herban, I., Vilceanu, C.-B., & Grecea, C. (2017). Road-structure monitoring with modern geodetic technologies. *Journal of Surveying Engineering*, *143*(4), 05017004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000218](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000218)
- Uradziński, M., & Bakula, M. (2020). Assessment of static positioning accuracy using low-cost smartphone GPS devices for geodetic survey points' determination and monitoring. *Applied Sciences*, *10*(15), 5308. <https://doi.org/10.3390/app10155308>
- Wibowo, P. W. (1987). *Uji metode penentuan tinggi secara trigonometris dengan EDM*. Jurusan Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada.

Editorial Note: The original version of this article was written in Indonesian, titled “*Studi Efektivitas dari Pemanfaatan Metode Geodetik dalam Perencanaan Pembangunan Jalan.*” After careful consideration—including the balance of Indonesian/English contents in the journal publication and the potential to reach a broader audience—the article was translated into English with the authors’ full consent. The authors have reviewed and approved this translated version for publication.

