ANDIL
Mulawarman Journal of Community Engagement

Artikel Pengabdian kepada Masyarakat
https://e-journals2.unmul.ac.id/index.php/ANDIL/index

Catfish Farming in Limited Land Using Biofloc System and Automatic Feeding in Kaliandra Green Village

Budidaya Lele Lahan Sempit dengan Sistem Bioflok dan Pakan Otomatis di Kampung Hijau Kaliandra

Jerzan Hartadin [1]*, Ari Setia Budi [2]

[1] Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia.
[2] PT Pertamina Patra Niaga Refinery Unit V Balikpapan,Kalimantan Timur, Indonesia
* Alamat Koresponding. E-mail: 04221018@student.itk.ac.id; Tel. +62-896-6879- 2266.

Dikirim: 16 Maret 2026
Direvisi: 26 Mei 2026
Diterima: 30 Mei 2026

Academic Editor: Ike Anggraeni Gunawan

Catatan Penerbit: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Mulawarman tetap netral sehubungan dengan klaim yurisdiksi dalam gambar ataupun rancangan yang diterbitkan pada jurnal ini.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

***ABSTRACT**: Densely populated settlements such as Kaliandra Green Village face land limitations and environmental pollution risks in the development of aquaculture activities. Catfish farming in limited areas requires an efficient management system to minimize waste generation and environmental disturbances. This study aims to examine the potential application of an integrated biofloc system and automatic feeding technology (smart fish feeder) as an approach to catfish farming in confined urban areas. The method used in this study was a literature review supported by field observations of catfish ponds located in residents' yards. The results indicate that the biofloc system has the potential to internally manage organic waste within the water medium, thereby reducing waste accumulation and unpleasant odors. The integration of automatic feeding technology supports more controlled and scheduled feed management, which may improve feed efficiency and maintain water quality stability. The novelty of this study lies in the integration of biofloc systems and automatic feeding technology for catfish farming in densely populated urban settlements. This approach has the potential to support efficient, environmentally friendly, and sustainable catfish farming while contributing to urban food security and community empowerment.*

***KEYWORDS**: Biofloc Technology; Automatic Feeding System; Catfish Aquaculture; Sustainable Urban Aquaculture; Feed Efficiency; Urban Food Security.*

ABSTRAK: Permukiman padat penduduk seperti Kampung Hijau Kaliandra menghadapi keterbatasan lahan dan risiko pencemaran lingkungan dalam pengembangan kegiatan budidaya perikanan. Budidaya lele di lahan sempit memerlukan sistem pengelolaan yang efisien untuk meminimalkan limbah dan gangguan terhadap lingkungan sekitar. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis potensi penerapan sistem bioflok yang terintegrasi dengan teknologi pakan otomatis (smart fish feeder) sebagai pendekatan budidaya lele di kawasan perkotaan dengan keterbatasan lahan. Metode yang digunakan berupa studi literatur yang didukung oleh observasi lapangan pada kolam budidaya lele di pekarangan warga. Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem bioflok berpotensi mengelola limbah organik secara internal di dalam media air sehingga dapat mengurangi akumulasi limbah dan bau tidak sedap. Integrasi teknologi pakan otomatis mendukung pengelolaan pakan yang lebih terkontrol dan terjadwal sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi pakan serta menjaga kestabilan kualitas air. Kebaruan kajian ini terletak pada integrasi sistem bioflok dan teknologi pakan otomatis pada budidaya lele di kawasan permukiman padat perkotaan. Pendekatan ini berpotensi mendukung budidaya lele yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan sekaligus berkontribusi terhadap ketahanan

Cara mensitasi artikel ini: Hartadin, J., Budi, A.S. Catfish Farming in Limited Land Using Biofloc System and Automatic Feeding in Kaliandra Green Village (Budidaya Lele Lahan Sempit dengan Sistem Bioflok dan Pakan Otomatis di Kampung Hijau Kaliandra). ANDIL Mulawarman J Comm Engag. 2026; 3(4): 188-197.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat,
Universitas Mulawarman
ISSN: 3046-9139

https://doi.org/10.30872/andil.v3i4.4423

ANDIL
Mulawarman Journal of Community Engagement
Artikel Pengabdian Masyarakat

pangan perkotaan dan pemberdayaan masyarakat.

Kata Kunci: Teknologi Bioflok; Sistem Pakan Otomatis; Budidaya Lele; Akuakultur Perkotaan Berkelanjutan; Efisiensi Pakan; Ketahanan Pangan Perkotaan.

1. PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele merupakan salah satu kegiatan perikanan air tawar yang banyak dikembangkan oleh masyarakat karena relatif mudah dilakukan serta memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Namun, praktik budidaya lele konvensional masih menghadapi berbagai permasalahan, terutama terkait pengelolaan kualitas air dan tingginya akumulasi limbah organik dari sisa pakan serta feses ikan. Limbah tersebut dapat meningkatkan konsentrasi amonia dan senyawa nitrogen lainnya yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan perairan apabila tidak dikelola dengan baik (Nadya et al., 2016). Permasalahan limbah budidaya ikan pada kawasan padat penduduk juga menjadi perhatian penting dalam pengembangan akuakultur berkelanjutan modern (Manan et al., 2022). Permasalahan lingkungan tersebut semakin terasa pada budidaya lele yang dilakukan di lahan sempit dan kawasan permukiman padat. Keterbatasan ruang dan minimnya sistem pengolahan limbah menyebabkan air hasil budidaya berisiko mencemari lingkungan sekitar. Sistem budidaya konvensional yang mengandalkan pergantian air secara rutin dinilai kurang efisien dan tidak sejalan dengan prinsip budidaya berkelanjutan (Amiruddin, 2018).

Salah satu alternatif teknologi budidaya yang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah sistem bioflok. Sistem bioflok merupakan metode budidaya yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengonversi limbah organik dan nitrogen terlarut menjadi gumpalan mikroba (flok) yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber nutrisi alami bagi ikan. Penerapan sistem bioflok dilaporkan mampu memperbaiki kualitas air, menekan akumulasi amonia, serta mengurangi frekuensi pergantian air pada budidaya lele (Faridah et al., 2019). Selain berperan dalam pengelolaan lingkungan, sistem bioflok juga berpotensi meningkatkan efisiensi produksi budidaya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa budidaya lele dengan metode bioflok dapat meningkatkan pertumbuhan ikan dan efisiensi pemanfaatan pakan dibandingkan sistem konvensional, sehingga lebih sesuai diterapkan pada budidaya skala kecil dengan keterbatasan lahan (Pramleonita et al., 2021). Oleh karena itu, sistem bioflok dinilai relevan sebagai solusi budidaya lele yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Di sisi lain, keberhasilan budidaya lele juga dipengaruhi oleh manajemen pemberian pakan. Pemberian pakan secara manual sering kali bergantung pada ketersediaan tenaga dan waktu, sehingga berpotensi menimbulkan ketidakteraturan jumlah dan frekuensi pakan. Ketidakteraturan tersebut dapat berdampak pada efisiensi budidaya dan kualitas lingkungan kolam (Pramleonita et al., 2021). Penerapan konsep pemberian pakan otomatis berpotensi membantu meningkatkan konsistensi pemberian pakan sekaligus mengurangi beban tenaga kerja dalam kegiatan budidaya lele.

Kampung Hijau Kaliandra merupakan kawasan permukiman padat yang mengembangkan budidaya lele di lahan sempit sebagai bagian dari upaya ketahanan pangan dan pelestarian lingkungan. Pengembangan budidaya lele di kawasan perkotaan juga berpotensi menjadi alternatif penguatan ekonomi masyarakat dan penyediaan sumber pangan protein yang terjangkau bagi warga permukiman padat. Berdasarkan karakteristik wilayah tersebut serta temuan dari berbagai studi literatur, pemanfaatan sistem bioflok yang didukung oleh pemberian pakan otomatis dinilai berpotensi menjadi pendekatan budidaya lele yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan. Kajian terbaru juga semakin memperkuat potensi integrasi teknologi ini: Khanjani & Sharifinia (2020) mencatat bahwa bioflok merupakan pendekatan akuakultur berkelanjutan yang relevan untuk kawasan perkotaan, sementara perkembangan sistem pemberian pakan berbasis IoT dan mikrokontroler menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi manajemen pakan (Fauzan et al., 2022; Hadi & Amin, 2020). Berdasarkan penelusuran literatur, integrasi sistem bioflok dan pemberian pakan otomatis pada budidaya lele di kawasan permukiman padat perkotaan masih jarang dikaji secara terpadu. Oleh karena itu, aspek tersebut menjadi kebaruan (*novelty*) utama dalam kegiatan ini. Kajian ini diharapkan berkontribusi pada penguatan ketahanan pangan perkotaan dan pemberdayaan masyarakat di kawasan padat seperti Kampung Hijau Kaliandra. Oleh karena itu, kegiatan ini membahas pemanfaatan sistem bioflok dan pemberian pakan otomatis pada budidaya lele lahan sempit di Kampung Hijau Kaliandra berdasarkan hasil studi literatur.

2. METODE DAN PELAKSANAAN KEGIATAN

2.1 Pendekatan dan Jenis Kegiatan

Kegiatan ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode kajian literatur yang didukung oleh pengamatan lapangan. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penulisan tidak berfokus pada pengujian atau implementasi teknis secara langsung, melainkan pada pengkajian potensi pemanfaatan sistem

bioflok dan pemberian pakan otomatis pada budidaya lele di lahan sempit berdasarkan referensi ilmiah dan kondisi nyata di lapangan.

Pelaksanaan kegiatan meliputi observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur, studi literatur, serta analisis potensi penerapan sistem bioflok dan pemberian pakan otomatis pada budidaya lele di lahan sempit.

Observasi difokuskan pada kondisi kolam, sistem pengelolaan air, metode pemberian pakan, serta potensi timbulan limbah budidaya di lingkungan permukiman. yang ada di kawasan Kampung Hijau Kaliandra, dengan wawancara semi-terstruktur kepada 5 responden yang terdiri dari pengelola kawasan dan warga pembudidaya aktif. Observasi lapangan dan wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai praktik budidaya lele yang telah berjalan, kendala yang dihadapi, serta persepsi masyarakat terhadap pengelolaan lingkungan budidaya. Studi literatur dilakukan untuk mengkaji prinsip kerja, manfaat, dan potensi sistem bioflok berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Selanjutnya, analisis pemanfaatan dilakukan dengan mengaitkan temuan lapangan dengan konsep sistem bioflok dan pemberian pakan otomatis sebagai pendekatan pengelolaan lingkungan dan peningkatan efisiensi budidaya secara konseptual.



Gambar 1. Kegiatan observasi dan wawancara dengan masyarakat

Pelaksanaan observasi dan wawancara lapangan dapat dilihat pada Gambar 1, yang menunjukkan kegiatan interaksi antara penulis dengan masyarakat dan pengelola kawasan Kampung Hijau Kaliandra. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh informasi awal secara langsung serta memastikan bahwa kajian yang dilakukan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Tahapan kegiatan meliputi observasi lapangan, wawancara masyarakat, studi literatur, analisis potensi penerapan sistem bioflok dan pakan otomatis, serta penyusunan hasil kajian secara deskriptif.

2.2 Lokasi dan Objek Kegiatan

Kegiatan ini dilaksanakan di Kampung Hijau Kaliandra yang terletak di RT 51, Kelurahan Baru Ilir, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan. Kawasan ini merupakan bagian dari wilayah Kampung Baru Ilir yang berada di lingkungan permukiman padat dengan kondisi topografi berlereng. Kampung Hijau Kaliandra dikenal sebagai kawasan binaan program *Corporate Social Responsibility* (CSR) PT Kilang Pertamina Internasional RU V yang berfokus pada pelestarian lingkungan dan pemberdayaan masyarakat.

Objek kegiatan ini adalah masyarakat di kawasan Kampung Hijau Kaliandra yang melakukan praktik budidaya ikan lele di lahan sempit. Budidaya lele tersebut memanfaatkan ruang terbatas di lingkungan permukiman, sehingga memiliki keterbatasan dalam pengelolaan limbah dan efisiensi sistem budidaya. Fokus kajian diarahkan pada pola penggunaan pakan, potensi timbulan limbah budidaya, serta peluang pemanfaatan sistem bioflok dan pemberian pakan otomatis sebagai pendekatan pengelolaan budidaya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Kajian ini dilakukan tanpa melakukan perubahan atau penerapan teknis secara langsung terhadap sistem budidaya yang telah berjalan, melainkan melalui pengamatan kondisi lapangan dan analisis berdasarkan studi literatur yang relevan.

Kondisi lokasi budidaya lele di Kampung Hijau Kaliandra dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa kolam lele ditempatkan di area lorong sempit yang terintegrasi dengan tanaman di sekitarnya. Kondisi ini mencerminkan karakteristik budidaya lele di kawasan permukiman padat, di mana keterbatasan lahan menuntut sistem budidaya yang efisien dan ramah lingkungan. Keberadaan kolam di

lingkungan tersebut juga menunjukkan potensi timbulan limbah budidaya yang perlu dikelola dengan baik agar tidak berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar.



Gambar 2. Lokasi kolam budidaya lele di Kampung Hijau Kaliandra yang memanfaatkan lahan sempit di kawasan permukiman padat.

2.3 Mekanisme Pemanfaatan Sistem Bioflok

Sistem bioflok diawali dengan penyiapan media air kolam yang dirancang untuk mendukung aktivitas mikroorganisme pengolah limbah. Media air berfungsi sebagai ruang berlangsungnya proses biologis yang melibatkan bakteri heterotrof dalam mengonversi limbah organik menjadi bioflok. Penyiapan media air bertujuan untuk menciptakan kondisi perairan yang stabil sehingga proses pembentukan bioflok dapat berlangsung secara optimal dan berkelanjutan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan sistem bioflok sangat dipengaruhi oleh kesiapan media air sebagai komponen utama dalam pengelolaan budidaya berbasis bioflok (Faridah et al., 2019; Amiruddin, 2018).

Sistem bioflok merupakan metode budidaya ikan yang menempatkan media air sebagai komponen utama dalam pengelolaan budidaya. Air kolam tidak hanya berfungsi sebagai tempat hidup ikan, tetapi juga sebagai media berlangsungnya proses biologis yang melibatkan mikroorganisme untuk mengolah limbah budidaya. Limbah yang berasal dari sisa pakan dan feses ikan mengandung bahan organik dan senyawa nitrogen yang apabila tidak dikelola dapat menurunkan kualitas air dan berdampak negatif terhadap lingkungan budidaya (Nadya et al., 2016).

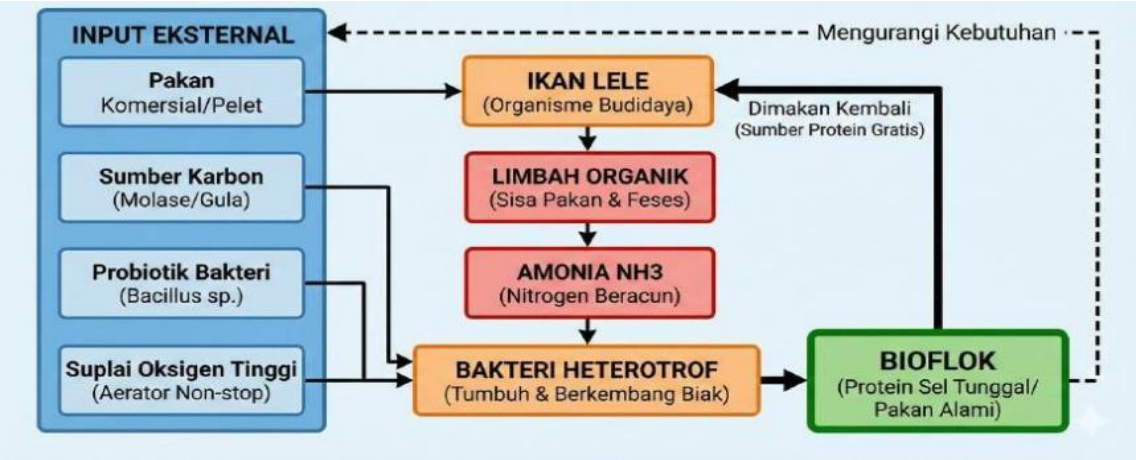
Dalam sistem bioflok, limbah organik tersebut tidak dibuang ke lingkungan luar, melainkan dimanfaatkan di dalam kolam melalui aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme heterotrof memanfaatkan bahan organik dan nitrogen terlarut sebagai sumber nutrien untuk pertumbuhan. Proses ini menyebabkan terjadinya konversi limbah yang semula bersifat merugikan menjadi biomassa mikroba, sehingga senyawa beracun seperti amonia dapat ditekan dan kualitas air tetap terjaga (Faridah et al., 2019). Agar proses tersebut dapat berlangsung secara optimal, sistem bioflok memerlukan kondisi perairan yang mendukung aktivitas mikroorganisme aerobik, terutama ketersediaan oksigen terlarut yang cukup. Aerasi berperan penting dalam menjaga kestabilan proses biologis di dalam kolam, karena mikroorganisme pembentuk flok membutuhkan oksigen untuk menguraikan limbah organik dan membentuk agregat bioflok secara berkelanjutan (Amiruddin, 2018).

Mekanisme kerja sistem bioflok melibatkan keterkaitan antara input pakan, proses pengolahan limbah oleh mikroorganisme, serta pemanfaatan kembali hasil proses tersebut di dalam kolam budidaya. Alur pemanfaatan limbah organik hingga terbentuknya bioflok sebagai pakan alami tambahan dapat dilihat pada Gambar 3.

Seiring berjalannya proses pengolahan limbah, mikroorganisme dan partikel organik di dalam air akan membentuk gumpalan kecil yang tersuspensi, yang dikenal sebagai bioflok. Bioflok yang terbentuk mengandung mikroorganisme dan bahan organik yang bernilai nutrisi, sehingga dapat dimanfaatkan oleh ikan sebagai pakan alami tambahan. Keberadaan bioflok ini berperan dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrien di dalam sistem budidaya serta mengurangi ketergantungan terhadap pakan komersial (Pramleonita et al., 2021).

Melalui mekanisme tersebut, sistem bioflok memungkinkan terjadinya daur ulang nutrien di dalam kolam budidaya dan menghasilkan kondisi media air yang lebih stabil. Pemanfaatan sistem ini dinilai sesuai untuk budidaya lele di lahan sempit karena mampu mengoptimalkan penggunaan air dan ruang, serta meminimalkan pembuangan limbah ke lingkungan sekitar. Dengan demikian, sistem bioflok berpotensi menjadi pendekatan

budidaya lele yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di kawasan permukiman padat seperti Kampung Hijau Kaliandra.



Gambar 3. Diagram blok sistem bioflok yang menunjukkan siklus pemanfaatan limbah organik menjadi bioflok sebagai pakan alami tambahan dalam budidaya ikan lele

2.4 Sistem Pakan Otomatis

Pemberian pakan merupakan faktor penting dalam budidaya ikan lele karena berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan ikan, efisiensi pemanfaatan pakan, dan kualitas media air. Pada budidaya lele di lahan sempit, pemberian pakan secara manual sering kali bergantung pada ketersediaan waktu dan kehadiran peternak. Kondisi ini menjadi kendala apabila peternak memiliki aktivitas lain atau tidak berada di lokasi budidaya dalam jangka waktu tertentu, sehingga pemberian pakan berpotensi menjadi tidak teratur baik dari segi waktu maupun jumlah pakan yang diberikan. Ketidakteraturan tersebut dapat berdampak pada performa pertumbuhan ikan serta efisiensi budidaya secara keseluruhan (Weku S Poekoel, 2015).

Pemberian pakan yang tidak terkontrol juga dapat meningkatkan jumlah sisa pakan di dalam kolam budidaya. Sisa pakan yang terakumulasi akan menjadi bahan organik yang berpotensi menurunkan kualitas air apabila tidak dikelola dengan baik. Penurunan kualitas air dapat berdampak pada kesehatan ikan serta mengganggu kestabilan sistem budidaya, terutama pada budidaya lele di lahan sempit yang memiliki keterbatasan dalam pengelolaan media air (Nadya et al., 2016). Oleh karena itu, pengelolaan pakan yang terukur menjadi bagian penting dalam menjaga keberlanjutan budidaya.

Pemberian pakan otomatis dipandang sebagai pendekatan manajemen pakan yang bertujuan untuk mengatur waktu dan konsistensi pemberian pakan secara lebih terkontrol. Melalui pengaturan pemberian pakan yang lebih terjadwal, jumlah pakan yang masuk ke dalam sistem budidaya dapat disesuaikan dengan kebutuhan ikan, sehingga potensi pemborosan pakan dan akumulasi limbah organik dapat diminimalkan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip sistem bioflok yang menekankan pengelolaan limbah secara internal di dalam media air (Faridah et al., 2019). Selain itu, pengaturan pemberian pakan secara otomatis membantu peternak menjaga kontinuitas pemberian pakan tanpa bergantung sepenuhnya pada kehadiran fisik di lokasi budidaya (Weku, Poekoel, S Rob, 2015). Selain pengaturan waktu dan jumlah pakan, kualitas pakan juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrien. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan pakan fermentasi. Proses fermentasi pakan dengan bantuan mikroorganisme probiotik, seperti *Lactobacillus*, dapat meningkatkan ketersediaan nutrien dan mempermudah proses pencernaan pakan oleh ikan. Pakan yang difermentasi menghasilkan mikroorganisme menguntungkan yang membantu penyerapan protein secara lebih optimal, sehingga efisiensi pemanfaatan pakan dapat meningkat dan jumlah pakan yang diberikan dapat dikurangi setelah sistem bioflok terbentuk secara stabil (Mokolensang et al., 2018).

Pengelolaan pakan yang terkontrol melalui pemberian pakan otomatis dan dukungan pakan fermentasi berperan sebagai pengendali utama input nutrien ke dalam sistem bioflok. Pakan yang diberikan secara terukur dan lebih mudah dicerna membantu menjaga keseimbangan antara jumlah limbah organik yang dihasilkan dan kemampuan mikroorganisme dalam mengolah limbah tersebut. Kondisi ini mendukung kestabilan kualitas air serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrien di dalam kolam budidaya lele (Pramleonita et al., 2021). Dengan demikian, penerapan pemberian pakan otomatis yang terintegrasi dengan sistem bioflok dan didukung oleh kualitas pakan yang baik berpotensi mendukung budidaya lele yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di lahan sempit seperti Kampung Hijau Kaliandra.

ANDIL
Mulawarman Journal of Community Engagement
Artikel Pengabdian Masyarakat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Potensi Penerapan Sistem Bioflok di Lahan Sempit

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem bioflok merupakan pendekatan budidaya ikan yang dirancang untuk menjawab permasalahan keterbatasan lahan dan isu lingkungan pada kawasan permukiman padat. Berdasarkan kajian pustaka, teknologi bioflok menempatkan media air sebagai elemen utama yang dikelola secara intensif, sehingga memungkinkan kegiatan budidaya tetap berlangsung produktif tanpa memerlukan kolam berukuran besar.

Kondisi tersebut relevan dengan karakteristik Kampung Hijau Kaliandra yang berada di lingkungan permukiman padat dengan ketersediaan lahan yang terbatas. Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa budidaya lele di kawasan ini memanfaatkan ruang sempit seperti pekarangan dan lorong permukiman. Berdasarkan hasil observasi terhadap 3 kolam budidaya, seluruh kolam masih menggunakan sistem pemberian pakan manual dan belum menerapkan pengelolaan limbah berbasis bioflok secara optimal. Kondisi tersebut menyebabkan pengelolaan kualitas air masih bergantung pada pergantian air secara berkala. Dengan karakteristik tersebut, sistem budidaya konvensional berpotensi menimbulkan kendala, baik dari sisi pemanfaatan ruang maupun pengelolaan limbah. Berdasarkan kajian literatur, sistem bioflok memungkinkan pemeliharaan ikan dengan kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional, sehingga lahan yang terbatas tetap dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kegiatan budidaya (Nurmawati et al., 2021).

Hasil wawancara dengan masyarakat menunjukkan bahwa pengelolaan bau dan kualitas air menjadi salah satu kendala utama dalam budidaya lele di kawasan permukiman padat. Masyarakat mengharapkan sistem budidaya yang lebih praktis, tidak menimbulkan pencemaran, dan tetap produktif pada lahan terbatas.Selain kesesuaian dari sisi ruang, aspek lingkungan menjadi pertimbangan penting dalam penerapan sistem bioflok di Kampung Hijau Kaliandra. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem bioflok menerapkan prinsip pengelolaan limbah secara internal di dalam kolam budidaya. Limbah organik yang berasal dari sisa pakan dan feses ikan tidak langsung dibuang ke lingkungan sekitar, tetapi dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk membentuk bioflok. Mekanisme ini berperan dalam menekan akumulasi limbah cair dan permasalahan bau yang sering menjadi kendala utama pada budidaya ikan di kawasan permukiman padat (Faridah et al., 2019).

Dengan karakteristik Kampung Hijau Kaliandra yang mengusung konsep kawasan hijau dan berorientasi pada pelestarian lingkungan, sistem bioflok menjadi sangat relevan untuk dikaji sebagai alternatif pendekatan budidaya lele. Berdasarkan kajian pustaka, penerapan sistem bioflok mampu menjaga kestabilan kualitas air serta mengurangi potensi pencemaran lingkungan sekitar kolam budidaya (Pramleonita et al., 2021). Oleh karena itu, hasil kajian literatur yang dikaitkan dengan kondisi lapangan menunjukkan bahwa sistem bioflok memiliki potensi yang sesuai untuk diterapkan pada budidaya lele di lahan sempit Kampung Hijau Kaliandra. Integrasi sistem bioflok dan pemberian pakan otomatis pada budidaya lele di kawasan permukiman padat perkotaan masih relatif jarang dibahas secara terpadu dalam literatur ilmiah. Oleh karena itu, kajian ini memberikan kontribusi konseptual dalam pengembangan model budidaya lele berkelanjutan berbasis teknologi sederhana dan ramah lingkungan. secara terpadu di kawasan permukiman padat perkotaan masih jarang dikaji dalam literatur ilmiah—hal ini menjadi aspek kebaruan (novelty) kajian ini. Data lapangan dari observasi menunjukkan bahwa kolam-kolam yang diamati belum menggunakan sistem pengelolaan limbah internal maupun pakan otomatis, sehingga potensi penerapan teknologi ini sangat relevan. Dari perspektif implikasi kebijakan, hasil kajian ini dapat menjadi referensi bagi program pengabdian masyarakat berbasis ketahanan pangan perkotaan, khususnya yang diinisiasi oleh perguruan tinggi atau CSR perusahaan seperti PT Kilang Pertamina Internasional RU V.

3.2 Efektifitas Bioflok dalam Mereduksi Ketergantungan Pakan Komersial

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pakan komersial merupakan komponen biaya terbesar dalam budidaya lele, sehingga tingkat efisiensi pemanfaatan pakan sangat menentukan keberlanjutan kegiatan budidaya. Berdasarkan kajian pustaka, sistem bioflok dinilai efektif dalam mereduksi ketergantungan terhadap pakan komersial melalui pemanfaatan biomassa mikroorganisme sebagai sumber nutrisi tambahan. Mekanisme ini terjadi ketika bakteri heterotrof mengubah nitrogen anorganik dari sisa pakan dan feses menjadi protein sel tunggal yang dapat dikonsumsi kembali oleh ikan (Emerenciano et al., 2017).

Hasil studi literatur menunjukkan bahwa keberadaan bioflok memungkinkan ikan memperoleh asupan nutrisi ganda, yakni dari pakan pelet dan hasil daur ulang limbah organik di dalam kolam. (Pramleonita et al. 2021) menunjukkan bahwa kontribusi pakan alami tambahan ini sangat signifikan dalam mengurangi kebutuhan pakan komersial, terutama ketika sistem bioflok telah terbentuk secara stabil. Hal ini diperkuat oleh temuan Emerenciano et al. (2017) yang menyatakan bahwa flok mikroba memiliki kandungan protein tinggi berkisar antara 30% hingga 50%. Efektivitas sistem ini dalam menekan ketergantungan pakan secara kuantitatif dapat dilihat pada perbandingan performa teknis berikut:

Tabel 1. Perbandingan performa teknis dan ekonomis budidaya lele

Parameter	Sistem Konvesional	Sistem Bioflok	Sumber Literatur
FCR (Rasio Pakan)	1.2-1.5	0.82-1.02	(Supono, 2019);(Farida et al. 2019)
Kandungan protein flok	-	30%-50%	(Emerenciano et al. 2017)
Kepadatan Tebar	100-200 ekor/m^3	800 - 1.000 ekor/m^3	(Gunadi et al. 2020)
Tingkat Kelulushidupan	60%-70%	>90%	(Supono, 2019)
Penggantian Air	Tinggi (Boros)	Minimal (Daur ulang)	(Khanjani & Sharifinia, 2020)

Berdasarkan Tabel 1, efektivitas bioflok tercermin nyata dari nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) yang lebih rendah dibandingkan sistem konvensional. (Faridah et al. 2019) melaporkan bahwa pengelolaan pakan yang terintegrasi dengan sistem bioflok mampu mengurangi pemborosan serta menekan akumulasi sisa pakan. Hal ini didukung oleh (Nurmawati et al. 2021) yang menunjukkan bahwa sistem ini menciptakan pemanfaatan nutrien yang lebih efisien, sehingga jumlah pakan yang diberikan dapat dikendalikan dengan lebih baik.

Temuan-temuan tersebut sangat relevan dengan kondisi budidaya lele di Kampung Hijau Kaliandra yang masih memiliki ketergantungan tinggi pada pakan komersial. Berdasarkan kajian literatur dari (Supono, 2019) dan (Gunadi et al. 2020), penerapan bioflok berpotensi membantu masyarakat dalam menekan biaya operasional melalui penurunan FCR hingga ke angka di bawah 1.0. Selain memberikan keuntungan ekonomi, berkurangnya sisa pakan juga berkontribusi terhadap terjaganya kualitas air dan lingkungan sekitar kolam. Dengan demikian, sistem bioflok menjadi solusi strategis untuk mendukung budidaya lele yang lebih produktif, hemat pakan, dan ramah lingkungan di kawasan permukiman padat.

3.3 Integrasi Sistem Pakan Otomatis untuk Optimalisasi Budidaya Lele

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa manajemen pakan merupakan salah satu faktor kunci dalam keberhasilan budidaya lele, khususnya pada sistem intensif seperti bioflok. Ketidakteraturan waktu dan jumlah pemberian pakan dapat menyebabkan pemborosan pakan serta meningkatkan akumulasi limbah organik di dalam kolam. Oleh karena itu, integrasi sistem pakan otomatis dipandang relevan sebagai upaya untuk mengoptimalkan budidaya lele yang berkelanjutan.



Gambar 4. *Smart fish feeder* sebagai alat pakan otomatis untuk jadwal dan pemberian pakan pada budidaya lele

Sistem pakan otomatis yang dikaji dalam kegiatan ini berupa *smart fish feeder*, yaitu alat pemberi pakan ikan yang dirancang untuk bekerja secara terjadwal dan terkontrol. Alat ini terdiri atas beberapa komponen utama, antara lain wadah pakan yang bersifat tahan air, motor penggerak sebagai mekanisme distribusi pakan, serta mikrokontroler yang berfungsi mengatur kinerja alat. Mikrokontroler bekerja bersama sistem *timer* untuk menentukan jadwal pemberian pakan, sehingga pakan dapat diberikan secara konsisten sesuai waktu yang telah ditetapkan. Pengaturan waktu dan jumlah pakan dilakukan melalui tombol fisik yang terhubung dengan layar LCD, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan penyesuaian. *Smart fish feeder* ini menggunakan sumber daya berupa baterai isi ulang, sehingga relatif fleksibel digunakan di kawasan permukiman.

Keunggulan teknis dari penggunaan *smart fish feeder* ini dibandingkan dengan pemberian pakan manual, terutama dalam mendukung sistem biologis bioflok, dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 2. Perbandingan sistem pakan manual dan otomatis

Parameter	Metode Manual	Metode Otomatis	Sumber literatur
Presisi dosis	Perkiraan tangan (sering sisa)	Terukur dan presisi	(Fauzan et al. 2022)
Stabilisasi Air	Risiko lonjakan amonia tinggi	Kualitas air lebih stabil	(Endrawati et al. 2021)
Respon Makan	Tidak menentu	Optimal (terjadwal dan konsisten)	(Hadi et al. 2020)
Efisiensi Tenaga	Memerlukan kehadiran dilokasi	Otomatis dan fleksibel	(Analisisis Penulis, 2026)

Berdasarkan Tabel 2, penggunaan *smart fish feeder* terbukti memberikan stabilitas manajemen pakan yang lebih unggul dibandingkan metode manual. Menurut (Fauzan et al. 2022), akurasi dosis melalui mikrokontroler mampu mencegah *overfeeding* yang sering merusak rasio C/N pada sistem bioflok, sementara frekuensi makan yang terjadwal konsisten dapat mengoptimalkan laju metabolisme ikan sesuai temuan (Hadi et al. 2020). Dengan terjaganya kualitas air melalui minimalisasi sisa organik (Endrawati et al. 2021), teknologi ini menjadi solusi praktis bagi warga Kampung Hijau Kaliandra untuk menjalankan budidaya yang efisien dan minim risiko kegagalan biologis di tengah kesibukan aktivitas harian.

Integrasi smart fish feeder dengan sistem bioflok dinilai berpotensi mendukung kestabilan input nutrien ke dalam kolam budidaya. Pemberian pakan yang terjadwal dan terkontrol membantu mencegah kelebihan pakan yang dapat mengganggu keseimbangan proses biologis dalam sistem bioflok. (Faridah et al. 2019) menunjukkan bahwa pengendalian jumlah pakan yang masuk ke dalam sistem bioflok berperan penting dalam menjaga kestabilan kualitas air dan mendukung proses pembentukan bioflok secara optimal.

3.4 Dampak Lingkungan dan Keberlanjutan Budidaya Lele

Pemanfaatan sistem bioflok yang didukung oleh pemberian pakan otomatis menunjukkan potensi dampak positif terhadap aspek lingkungan dan keberlanjutan budidaya lele, khususnya di kawasan permukiman padat seperti Kampung Hijau Kaliandra. Berdasarkan kajian literatur, sistem bioflok dirancang untuk mengelola limbah budidaya secara internal di dalam kolam melalui aktivitas mikroorganisme, sehingga dapat mengurangi pembuangan limbah cair ke lingkungan sekitar (Nadya et al., 2016; Faridah et al., 2019). Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pelestarian lingkungan yang menjadi fokus pengembangan kawasan Kampung Hijau Kaliandra sebagai kampung berbasis ekologi.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa limbah organik yang berasal dari sisa pakan dan feses ikan merupakan sumber utama pencemaran pada budidaya ikan konvensional. Akumulasi limbah tersebut dapat menurunkan kualitas air dan menimbulkan bau tidak sedap di lingkungan permukiman (Amiruddin, 2018; Nadya et al., 2016). Dalam sistem bioflok, limbah organik tersebut dimanfaatkan oleh mikroorganisme heterotrof untuk membentuk bioflok, sehingga konsentrasi senyawa beracun seperti amonia dapat ditekan dan kualitas media air tetap terjaga (Faridah et al., 2019; Pramleonita et al., 2021). Dengan berkurangnya pergantian air dan pembuangan limbah keluar kolam, risiko pencemaran lingkungan sekitar dapat diminimalkan.

Dari sisi keberlanjutan sumber daya, sistem bioflok juga berkontribusi terhadap efisiensi penggunaan air dan pakan. Berbagai studi melaporkan bahwa pemanfaatan bioflok sebagai sumber nutrisi tambahan bagi ikan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pakan komersial, yang sekaligus menekan jumlah sisa pakan yang terbuang (Faridah et al., 2019; Nurmawati et al., 2021). Efisiensi ini tidak hanya berdampak pada pengurangan biaya produksi, tetapi juga mendukung upaya konservasi sumber daya air, khususnya di kawasan permukiman yang memiliki keterbatasan akses air bersih.

Integrasi sistem pakan otomatis semakin memperkuat aspek keberlanjutan budidaya lele. Pemberian pakan yang terjadwal dan terkontrol membantu menjaga kestabilan input nutrien ke dalam kolam, sehingga mendukung proses biologis dalam sistem bioflok dan mengurangi potensi pemborosan pakan (Faridah et al., 2019). Selain itu, sistem pakan otomatis memberikan kemudahan dalam pengelolaan budidaya, terutama bagi masyarakat Kampung Hijau Kaliandra yang memiliki aktivitas lain di luar kegiatan perikanan, sehingga budidaya tetap dapat dijalankan secara konsisten dan efisien (Weku S Poekoel, 2015).

Untuk melihat dampak keberlanjutan secara lebih komprehensif, pemanfaatan sistem bioflok yang terintegrasi dengan pemberian pakan otomatis tidak hanya ditinjau dari aspek teknis budidaya, tetapi juga dari dimensi ekologi, sosial, ekonomi, dan konservasi sumber daya. Berdasarkan hasil kajian literatur dan keterkaitannya dengan kondisi Kampung Hijau Kaliandra, dampak jangka panjang dari pendekatan ini dapat dirangkum ke dalam beberapa dimensi keberlanjutan yang saling berkaitan, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis parameter keberlanjutan budidaya lele

Parameter keberlanjutan	Manfaat Jangka Panjang	Dampak
Ekologi (lingkungan)	*Zero Waste Management*	Saluran drainase kampung bebas dari limbah cair budidaya.
Sosial Masyarakat	Edukasi teknologi tepat guna	Meningkatkan keterampilan masyarakat dalam *urban farming*
Ekonomi Mandiri	Reduksi biaya input	Kemandirian pangan masyarakat
Konservasi Sumber Daya	Effisisensi air dan energi	Penghematan penggunaan air dan tenaga

Berdasarkan Tabel 3, integrasi teknologi ini sejalan dengan identitas "Kampung Hijau" yang mengutamakan kelestarian ekosistem di tengah keterbatasan lahan perkotaan. Menurut (Faridah et al. 2019), budidaya yang ramah lingkungan merupakan kunci utama agar kegiatan ekonomi masyarakat dapat diterima oleh lingkungan sosial sekitarnya tanpa menimbulkan konflik polusi. Dengan tidak adanya bau amonia dan pemborosan air, usaha budidaya lele ini dapat terus berjalan berdampingan dengan aktivitas harian warga lainnya. Keberlanjutan budidaya lele di Kampung Hijau Kaliandra pada akhirnya akan membentuk sebuah model ekosistem pangan lokal yang mandiri. Dengan dukungan literatur yang menunjukkan tingginya tingkat keberhasilan sistem ini, penerapan bioflok dan pakan otomatis bukan sekadar solusi sementara, melainkan sebuah investasi lingkungan yang mampu menjaga ketahanan pangan masyarakat secara berkelanjutan dan ramah terhadap alam sekitarnya. Selain mendukung aspek lingkungan, pendekatan ini juga berpotensi memperkuat pemberdayaan masyarakat melalui peningkatan keterampilan budidaya berbasis teknologi sederhana yang dapat diterapkan secara mandiri oleh warga.

4. KESIMPULAN

Sistem bioflok berpotensi diterapkan pada budidaya lele di lahan sempit kawasan permukiman padat seperti Kampung Hijau Kaliandra. Pengelolaan media air sebagai bagian utama dalam sistem budidaya memungkinkan limbah organik dari sisa pakan dan feses ikan diolah kembali di dalam kolam, sehingga kualitas air dapat terjaga dan dampak pencemaran lingkungan dapat diminimalkan.

Bioflok yang terbentuk di dalam media air berperan sebagai sumber nutrisi tambahan bagi ikan dan mendukung efisiensi pemanfaatan pakan. Kondisi ini berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pakan komersial serta menekan biaya operasional budidaya. Penerapan sistem pakan otomatis turut membantu menjaga keteraturan dan ketepatan pemberian pakan, sehingga pemborosan pakan dapat dikurangi dan kestabilan proses biologis dalam sistem bioflok tetap terjaga.

Integrasi sistem bioflok dan pemberian pakan otomatis menjadi kebaruan utama dalam kajian ini, khususnya pada konteks budidaya lele di kawasan permukiman padat perkotaan. Pendekatan tersebut berpotensi mendukung budidaya lele yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan. Dengan pemberian pakan otomatis sesuai dengan karakteristik Kampung Hijau Kaliandra yang memiliki keterbatasan lahan dan mengutamakan pelestarian lingkungan. Kebaruan kajian ini terletak pada integrasi terpadu kedua teknologi tersebut di konteks permukiman padat perkotaan—aspek yang masih jarang dikaji dalam literatur. Pendekatan ini berpotensi mendukung budidaya lele yang ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan, serta membuka peluang penguatan ketahanan pangan dan pemberdayaan masyarakat di kawasan permukiman padat. Secara sosial-ekonomi, pendekatan ini berpotensi menekan biaya operasional budidaya, meningkatkan kemandirian pangan masyarakat, serta memperkuat pemberdayaan warga melalui penerapan teknologi budidaya yang sederhana dan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih: -.

Kontribusi Penulis: Seluruh penulis berkontribusi selama pelaksanaan kegiatan PkM dan penyusunan penulisan artikel.

Sumber Pendanaan: -.

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

Referensi

Amiruddin, A. (2018). Penerapan teknologi bioflok pada budidaya ikan lele *(Clarias sp.)* untuk Meningkatkan Ekonomi dan Ketahanan Pangan Masyarakat. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 7(2), 85–93.

Emerenciano, M. G. C., dkk. (2017). The biofloc technology (BFT) in indoor and outdoor aquaculture systems.

Dalam: *Aquaculture: Nutrition and Management*. New York: Science Publishers.
Endrawati, H., dkk. (2021). Pengaruh manajemen pakan terhadap kualitas air media budidaya ikan. *Jurnal Riset Akuakultur Nasional*, 16(1), 45-56.
Faridah, Diana, S. S Yuniati, 2019. Budidaya Ikan Lele Dengan Metode Bioflok Pada Peternak Ikan Lele Konvensional. CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 1(2), pp. 224-227.
Fauzan, A., Sitohang, E. P., S Natasya, S. (2020). Sistem Pemberi Pakan Ikan Otomatis Menggunakan Arduino Nano Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 8(2), 115-121.
Gunadi, B., Robisal, S Nasir, M. (2020). Aplikasi teknologi bioflok pada budidaya ikan lele intensif. *Jurnal Riset Akuakultur*, 15(3), 201-210.
Hadi, S., S Amin, M. (2020). Rancang Bangun Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler.
Jurnal Teknik Elektro, 12(1), 15-22.
Khanjani, M. H., S Sharifinia, M. (2020). Biofloc technology as a promising tool to integrated aquaculture- agriculture-livestock: A review. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1376-1393.
Manan, H., Kasan, N. A., Ikhwanuddin, M., & Wahid, M. E. A. (2022). Review of biofloc technology in sustainable aquaculture: Water quality, growth performance and disease management. Aquaculture Reports, 24, 101135. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101135
Mokolensang, J. F., Hariawan, M. G. V. S Manu, l., 2018. Maggot (Hermetia illunces) Sebagai Pakan Alternatif pada Budidaya Ikan. E-Journal Budidaya Perairan , 6(3), pp. 32-37.
Nadya, N., Setyono, B. D. H., S Wibowo, E. S. (2016). Pengaruh penerapan sistem bioflok terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan lele (Clarias sp.). *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 2(2), 67–75.
Nurmawati, I., Hidayat, R., S Lestari, D. (2021). Penerapan Metode Bioflok Pada Budidaya Ikan Lele Di Kelurahan Margo Mulyo, Balikpapan Barat. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(1).
Pramleonita, M., Yuliani, N., S Rizal, S. (2018). Parameter Kualitas Air pada Budidaya Ikan Lele (Clarias gariepinus) Sistem Bioflok. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 1(1), 37-46.
Supono. (2019). *Teknologi Bioflok dalam Budidaya Perikanan*. Bandar Lampung: Aura Publishing..
Weku, H. S., S Poekoel, V. C. (2015). Rancang bangun alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis mikrokontroler.
Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 4(2), 25–33.
Avnimelech, Y. (2012). Biofloc Technology: A Practical Guide Book (2nd ed.). World Aquaculture Society.
Dauda, A. B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A. S., & Akinwole, A. O. (2019). Waste production in aquaculture: sources, components, and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*, 4(3), 81–88. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002
Manan, H., Kasan, N. A., Ikhwanuddin, M., & Wahid, M. E. A. (2022). Review of biofloc technology in sustainable aquaculture: Water quality, growth performance and disease management. *Aquaculture Reports*, 24, 101135. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101135
Pratama, R. I., Rostini, I., & Liviawaty, E. (2023). Pengaruh sistem bioflok terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan lele (*Clarias gariepinus*) pada budidaya intensif skala kecil. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 45–55.
Ridha, M. T., & Azad, I. S. (2022). Biofloc-based aquaculture: An overview of the technology and its application in sustainable fish farming. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 789–808. https://doi.org/10.1111/raq.12627
Widyasari, R. A. H. E., Budi, D. S., & Ariyanto, D. (2022). Pemanfaatan teknologi IoT pada pemberian pakan otomatis untuk budidaya ikan air tawar. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(4), 701–710. https://doi.org/10.25126/jtiik.2022915

This is an open access article which is publicly available on our journal's website under Institutional Repository at
https://e-journals2.unmul.ac.id/index.php/ANDIL/index