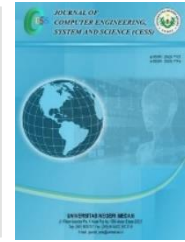


Contents list available at www.jurnal.unimed.ac.id

CESS
(Journal of Computing Engineering, System and Science)

journal homepage: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>



Pengembangan *Intelligent Electrocardiograph Portable* untuk Pemantauan Detak Jantung: *Systematic Literature Review*

Development of Intelligent Electrocardiograph Portable for Heart Rate Monitoring: Systematic Literature Review

Septian Akbar Noor Wahyu Hardi¹, Rizqi Aviando², Feddy Setio Pribadi³, Rizky Ajie Aprilianto⁴

^{1 2 3 4}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50229

email: ¹septianakbarr92@students.unnes.ac.id, ²aviandozqi@gmail.com, ³feddy.setio@mail.unnes.ac.id,
⁴rizkyajie@mail.unnes.ac.id

ABSTRAK

Kesehatan jantung menjadi faktor penting yang harus diperhatikan, terutama pada orang yang melakukan aktivitas fisik tinggi, seperti atlet. Untuk meningkatkan identifikasi dini penyakit jantung dan mengurangi bahaya kematian mendadak, perangkat elektrokardiogram (EKG) cerdas portabel telah banyak diusulkan untuk mendeteksi aktivitas jantung secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang klasifikasi sinyal jantung dengan memanfaatkan Filter *Infinite Impulse Response* (IIR) untuk menghilangkan *noise* sinyal dan *Random Forest* yang berguna untuk mengkategorikan masalah jantung secara cepat dan akurat. Referensi yang dirujuk, dipetakan berdasarkan *systematic literature review* menggunakan metode *preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses* (PRISMA). Berdasarkan hasil ulasan yang telah dilakukan, terbukti EKG portabel dengan filter IIR terbukti mampu membersihkan sinyal yang didukung dengan algoritma *Random Forest* untuk klasifikasi sehingga menghasilkan tingkat akurasi yang baik.

Kata Kunci: *Electrocardiogram (ECG); Klasifikasi Sinyal Jantung; Filter IIR; Random Forest; PRISMA*

ABSTRACT

Heart health is a critical consideration, particularly for individuals engaging in high levels of physical activity, such as athletes. Portable smart electrocardiogram (ECG) devices have been extensively proposed for real-time heart activity monitoring to enhance early detection of heart disease and mitigate the risk of sudden cardiac death. This study aims to classify heart signals using the Infinite Impulse Response (IIR) Filter to remove signal noise and the

*Penulis Korespondensi:

email: septianakbarr92@students.unnes.ac.id

Random Forest algorithm to rapidly and accurately categorise heart conditions. The references are systematically reviewed and mapped using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) method. The review results demonstrate that portable ECG devices equipped with an IIR filter effectively clean signals, and when supported by the Random Forest algorithm, they achieve a high level of classification accuracy.

Keywords: *Electrocardiogram (ECG); Heart Signal Classification; Filter IIR; Random Forest; PRISMA*

1. PENDAHULUAN

Olahraga memiliki manfaat kesehatan yang luar biasa, bahkan dalam jumlah yang sedikit, jika dibandingkan dengan gaya hidup yang tidak banyak bergerak. Namun, berbagai tingkat dan jenis olahraga dapat menyebabkan perubahan pada jantung, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Pengamatan Darling dan Henschen terhadap jantung yang membesar pada atlet pada tahun 1899 memicu banyak penelitian tentang efek aktivitas fisik yang berlebihan pada jantung dan hubungannya dengan penyakit kardiovaskular. Kematian jantung mendadak (SCD) adalah penyebab utama kematian pada atlet, dengan angka yang berubah-ubah berdasarkan demografi. Sebagai contoh, Maron dkk. (2009) menemukan bahwa kejadian SCD di kalangan atlet muda berkisar antara 1:50.000 hingga 1:300.000 setiap tahunnya.

Olahraga menjadi bagian penting dari kehidupan banyak orang. Namun, bahaya kesehatan seperti SCD harus diidentifikasi dan dipantau secara ketat. Oleh karena itu, pemantauan dan analisis elektrokardiogram (EKG) secara terus-menerus sangat penting untuk deteksi dini. EKG adalah tes yang menganalisis aktivitas listrik jantung, dan dengan teknologi yang tepat, perangkat pemantauan EKG dapat menjadi alat yang berguna dalam perawatan kesehatan. Goldberger dkk. (2018) menemukan bahwa deteksi dini melalui pemantauan EKG dapat sangat menurunkan risiko kejadian kardiovaskular utama [1].

Analisis EKG secara manual memiliki keterbatasan karena melibatkan keahlian khusus dan membutuhkan banyak waktu. Hal ini menyebabkan penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam analisis EKG merupakan kemajuan yang signifikan. EKG berbasis AI memberikan solusi baru untuk kesulitan deteksi dini penyakit kardiovaskular. AI dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi pemantauan jantung dengan mengotomatiskan proses analisis [2].

Salah satu aspek penting dalam menggunakan AI pada EKG adalah kemampuannya untuk mengklasifikasikan detak jantung. Dengan menganalisis sinyal PQRST, sistem dapat membedakan berbagai jenis kesehatan jantung dan memberikan lebih banyak informasi tentang status kardiovaskular seseorang. Fokus penelitian ini yaitu memberikan informasi tentang klasifikasi sinyal jantung dengan memanfaatkan Filter *Infinite Impulse Response* (IIR) untuk menghilangkan *noise* sinyal dan *Random Forest* yang berguna untuk mengkategorikan masalah jantung secara cepat dan akurat. Referensi yang dirujuk, dipetakan berdasarkan *systematic literature review* menggunakan metode *preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses* (PRISMA). Karenanya, penelitian ini dapat memberikan solusi yang lebih efisien dan akurat untuk pemantauan kesehatan jantung [3].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknik filter IIR digunakan untuk mengurangi derau dari pembacaan elektrokardiogram (ECG)[7], yang rentan terhadap berbagai jenis gangguan. Filter IIR merespons input saat ini dan sebelumnya, memanfaatkan koefisien yang dihasilkan dari fungsi transfer dengan polinomial pada pembilang dan penyebut. Filter ini dapat digunakan sebagai filter low-pass, high-pass, atau band-pass, tergantung pada kebutuhan. Filter IIR digunakan untuk mengurangi gangguan pada sinyal ECG, seperti derau frekuensi tinggi dan distorsi gerakan elektroda. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan keefektifan filter IIR dalam menghasilkan sinyal ECG yang lebih bersih, dengan berbagai referensi yang memeriksa kinerja metode denoising ini pada beragam set data ECG. Keunggulan utama filter IIR adalah kemampuannya untuk mengurangi derau secara efisien dan beradaptasi dengan kebutuhan unik dalam aplikasi medis [7][8].

Untuk klasifikasi metode Random Forest adalah strategi ampuh untuk kategorisasi detak jantung berdasarkan sinyal elektrokardiogram (ECG) yang telah terbukti efisien dalam berbagai penelitian. Teknik pembelajaran ensemble ini menggunakan banyak pohon keputusan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Dalam Random Forest, setiap pohon dilatih menggunakan subset acak dari data pelatihan, dan hasil klasifikasi akhir ditentukan oleh suara mayoritas dari semua pohon dalam ansambel [9].

Dalam konteks klasifikasi detak jantung, pendekatan Random Forest digunakan untuk mengkategorikan detak jantung dengan menggunakan karakteristik yang dikumpulkan dari sinyal EKG, seperti fitur seleksi dan fitur "label segmen" yang baru. Penerapan algoritme ini, seperti yang dijelaskan dalam penelitian oleh Zou dkk. (2022), memiliki potensi untuk meningkatkan proses diagnosis penyakit kardiovaskular dengan memberikan informasi ritme yang penting, terutama dalam kasus detak jantung yang membutuhkan konteks tambahan, seperti detak supraventrikular ektopik [9][10].

3. METODE

Dalam penelitian ini, evaluasi literatur dilakukan untuk menyajikan informasi secara terstruktur dan sistematis untuk menginterpretasikan sinyal elektrokardiogram (EKG). Penelitian sebelumnya menetapkan konsep penggunaan Filter IIR untuk menghilangkan *noise* dari sinyal EKG portabel, yang telah terbukti meningkatkan akurasi interpretasi sinyal jantung. Lebih lanjut, penelitian ini menekankan manfaat algoritma *Random Forest* dalam klasifikasi data medis, seperti mengidentifikasi pola karakteristik jantung yang normal dan abnormal [4][2][1]. Referensi yang dirujuk, dipetakan berdasarkan *systematic literature review* menggunakan metode *preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses* (PRISMA).

3.1. Research Questions

RQ1: Bagaimana kinerja algoritma Random Forest dalam mengklasifikasikan jantung normal dan tidak normal?

- Kemampuan algoritma Random Forest untuk mengklasifikasikan jantung yang normal dan yang sakit dengan menggunakan data EKG akan dinilai. Proses evaluasi meliputi pengumpulan data EKG yang berisi contoh dari kedua kondisi, membagi data ke dalam set pelatihan dan pengujian, melatih model dengan data pelatihan, menguji model dengan data pengujian, dan menganalisis hasil untuk menilai

kinerja algoritme dalam mengidentifikasi pola karakteristik kedua kondisi jantung [5].

RQ2: Bagaimana filter IIR dapat mengurangi noise pada sinyal ECG agar lebih akurat?

- Filter IIR menghasilkan respons filter dengan menggabungkan nilai sebelumnya dari sinyal input dan output, sehingga memungkinkan penekanan yang lebih efektif terhadap frekuensi derau yang tidak diinginkan dalam sinyal. Struktur rekursif IIR Filter memungkinkan penyaringan yang lebih halus dan lebih adaptif terhadap perubahan sinyal EKG dengan tetap mempertahankan kecepatan komputasi yang tinggi dan ekonomis. Dengan demikian, penerapan Filter IIR pada pembacaan EKG dapat menghasilkan sinyal yang lebih bersih dan lebih jelas, meningkatkan kemampuan untuk melihat pola karakteristik jantung yang mendasarinya, dan pada akhirnya, meningkatkan keakuratan interpretasi dan kategorisasi masalah jantung [6].

3.2. Search Strategy and Collection

a. Inclusion

String : “ECG classification for heart disease”, “ECG arrhythmia classification”, “ECG filtering”, “Electrocardiogram signal processing”.

Language : English, Indonesian

Year : 2020 – 2024

Publication Type : Journal

Document Type : PDF

Database :

IEEE Explore	https://ieeexplore.ieee.org/
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com/
Scopus	https://www.scopus.com/

b. Exclusion

- Artikel tidak boleh dalam bahasa yang berbeda dari bahasa Indonesia dan Inggris
- Diterbitkan di luar periode waktu yang ditentukan
- Menyimpang dari jawaban research question

3.3. Quality Assesment Research

RQ1: Bagaimana kinerja algoritma Random Forest dalam mengklasifikasikan jantung normal dan tidak normal?

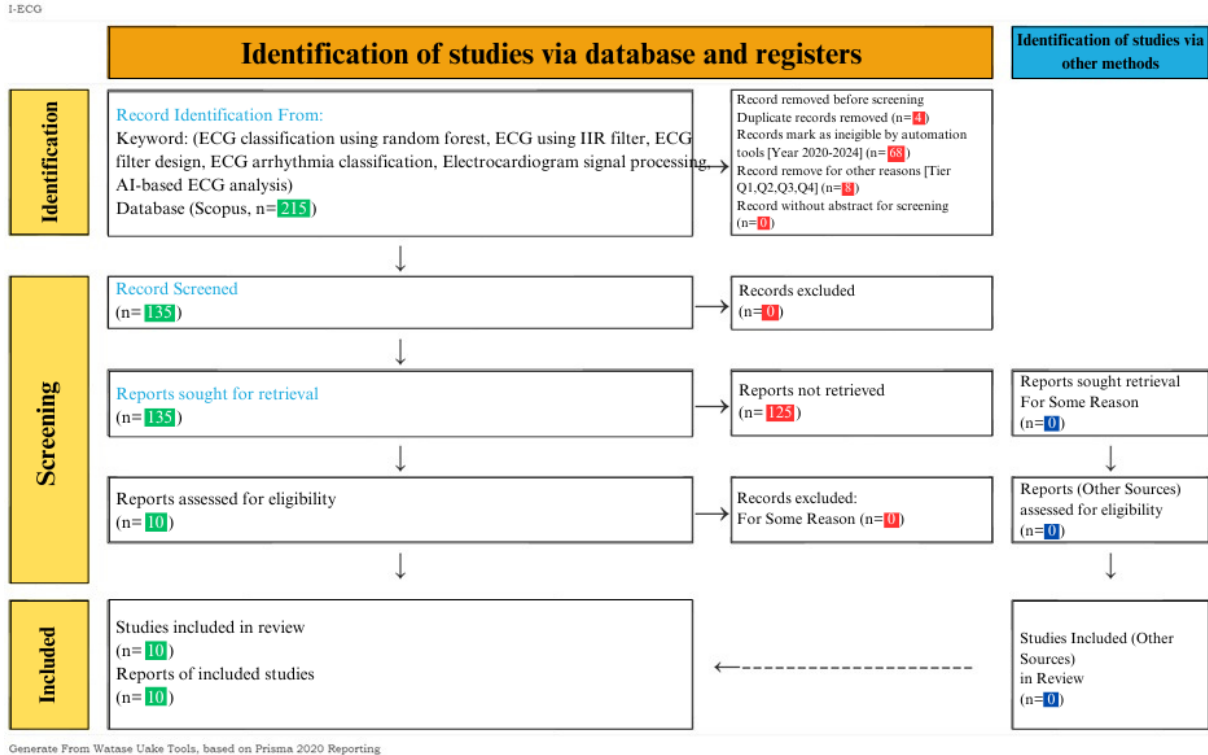
- Teknologi apa yang sudah dikembangkan orang lain untuk mengklasifikasikan sinyal ECG?
- Menggunakan metode apa untuk mengklasifikasi sinyal ECG?

RQ2: Bagaimana Filter IIR dapat mengurangi noise pada sinyal ecg agar lebih akurat?

- Menggunakan filter apa untuk memfilter sinyal ECG?

3.4. Data Collection

Gambar 1 menunjukkan diagram alir pengumpulan data dari artikel ilmiah yang diulas dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir *Collecting Data* Menggunakan Metode PRISMA

3.5. Analisis Data

Tabel 1. Daftar Referensi

Ref	Author(s)	Topik Area & User	Institusi	Negara	Tahun	Publikasi
[1]	Alireza Pedram Razi, Zahra Einalou, Mohammad Manthouri.	Sleep Apnea Classification Using Random Forest via ECG	Islamic Azad University	IRAN	2021	Journal
[2]	B. -H. Kung, P. -Y. Hu, C. -C. Huang, C. -C. Lee, C. -Y. Yao and C. -H. Kuan	An Efficient ECG Classification System using Resource-Saving Architecture and Random Forest	National Taiwan University	Taiwan	2021	Journal

[3]	Ngoc Thang Bui, Thi My Tien Nguyen, Sumin Park, Jaeyeop Choi, Thi Mai Thien Vo, Yeon- Hee Kang, Byung- Gak Kim, Junghwan Oh.	Design of a nearly linear-phase IIR filter and JPEG compression ECG signal in real-time system	Pukyong National University	Korea	2021	Journal
[4]	Hemant Amhia and A.K.Wadhvani	Stability and Phase Response Analysis of Optimum Reduced- Order IIR Filter Designs for ECG R-Peak Detection	MADHAV INSTITUTE OF TECHNOLOG Y & SCIENCE	India	2022	Journal
[5]	Mahesh Chandra, Pankaj Goel, Ankita Anand, Asutosh Kar	Design and analysis of improved high speed adaptive filter architectures for ECG signal denoising	Birla Institute of Technology	India	2021	Journal
[6]	T.V. Padmavathy, Dr. S.Saravanan, Dr. M.N.Vimalkumar.	Partial Product Addition in Vedic Design-Ripple Carry Adder Design Fir Filter Architecture for Electro Cardiogram (ECG) Signal De-Noising Application	Vellore Institute of Technology	India	2020	Journal
[7]	Sanjay Tanaji San amdikar,Satish Tu karam Hamde, Vinayak Ganpat A sutkar	Analysis and classification of cardiac arrhythmia based on general sparsed neural network of ECG signals	Shri Guru Gobind Singhji Institute of Engineering and Technology	India	2020	Journal
[8]	Arun Kumar Sangaiah, Maheswari Arumugam, Gui- Bin Bian	An Intelligent Learning Approach for Improving ECG Signal Classification and Arrhythmia Analysis	Vellore Institute of Technology	India	2019	Journal
[9]	Talal A. A. Abdullah, Mohd Soperi Mohd Zahid, Waleed Ali, and Shahab UI Hassan	B-LIME: An Improvement of LIME for Interpretable Deep Learning Classification of Cardiac Arrhythmia from ECG Signals	Universiti Teknologi PETRONAS	Malaysi a	2023	Journal

[10]	Mohammed M.Farag	A Tiny Matched Filter- Based CNN for Inter- Patient ECG Classification and Arrhythmia Detection at the Edge	King Faisal University	Saudi Arabia	2023	Journal
----------	---------------------	--	---------------------------	-----------------	------	---------

3.6. Quality Assesment Evaluation

Tabel 2. Quality Assesment Evaluation

Ref	RQ1	RQ2	Total Score
[1]	0,5	1	1,5
[2]	1	0,5	1,5
[3]	1	0,5	1,5
[4]	1	1	2
[5]	1	1	2
[6]	1	0	1
[7]	1	0	1
[8]	1	1	2
[9]	1	0,5	1,5
[10]	1	1	2
[11]	1	0,5	1,5
[12]	1	0	1
[13]	1	1	2

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengumpulan dataset untuk klasifikasi menunjukkan akurasi sebesar 0,98 dengan kategori “Jantung Abnormal” dan “Jantung Normal” yang memiliki nilai tinggi pada precision, recall, fi-score, support dan jumlah data, menunjukkan performa yang baik serta didukung oleh skor rata-rata makro dan rata-rata tertimbang.

Table 3. Classification Result

Akurasi : 0.98

Hasil Klasifikasi:

	Precision	Recall	fi-score	support
Jantung Abnormal	0.97	0.98	0.98	496
Jantung Normal	0.98	0.97	0.98	504
Accuracy			0.98	1000
Macro avg	0.98	0.98	0.98	1000
Weighted avg	0.98	0.98	0.98	1000

a. Hasil

- Sistem ini mencapai akurasi 98% dengan Random Forest Classification.

- Sistem ini lebih mudah digunakan untuk umum terutama pada atlet olahraga dan membantu mencegah kematian mendadak pada atlet.

b. Penjelasan

- Sistem ini menunjukkan hasil yang cukup akurat untuk klasifikasi detak jantung normal dan abnormal
- Random Forest memberikan akurasi terbaik
- Filter IIR pada ECG portabel mampu menghilangkan derau secara efisien, sehingga memungkinkan pemantauan jantung yang akurat.
- Sistem ini dapat diimplementasikan di berbagai tempat seperti pusat olahraga, apotik, gym, GOR, dan lain-lain

5. KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa penggunaan EKG portabel untuk pemantauan detak jantung dengan menggunakan teknik Filter IIR dan klasifikasi Random Forest menghasilkan akurasi yang tinggi, berkisar antara 97% hingga 98%. Teknik filter IIR secara efektif menyaring noise dari sinyal EKG, sehingga menghasilkan sinyal yang lebih bersih dan akurat untuk analisis selanjutnya. Sementara itu, Random Forest terbukti sangat berhasil dalam membedakan detak jantung normal dan abnormal, karena kemampuannya untuk mengelola data yang kompleks dan tidak seimbang sekaligus menghasilkan temuan yang stabil dan dapat diandalkan. Keuntungan mendasar dari metode ini adalah kombinasi filter yang efisien dan algoritme klasifikasi yang canggih, yang menghasilkan hasil yang akurat dan konsisten. Sistem EKG portabel ini memiliki potensi untuk secara signifikan meminimalkan kejadian kematian mendadak pada atlet sekaligus memberi manfaat bagi lingkungan medis dan masyarakat. Dengan fleksibilitas untuk digunakan dalam berbagai pengaturan, termasuk pusat olahraga dan fasilitas medis, sistem ini memberikan jawaban yang efektif untuk masalah kematian mendadak pada atlet. Temuan ini membuka jalan untuk kemajuan lebih lanjut dalam deteksi dini dan pemantauan kesehatan jantung, yang menunjukkan bahwa teknik IIR Filter dan Random Forest berpotensi menjadi standar baru dalam pemantauan EKG yang lebih akurat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Suryana and R. Aziz, "Sistem Pemonitor Detak Jantung Portable Menggunakan Tiga Sensor Elektroda," *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 4, no. 1, p. 14, 2018, doi: 10.36722/sst.v4i1.240.
- [2] R. S. Kusuma, M. Pamungkasty, F. S. Akbaruddin, and U. Fadlilah, "Prototipe Alat Monitoring Kesehatan Jantung berbasis IoT," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 2, pp. 59–63, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i2.6353.
- [3] A. K. Sangaiah, M. Arumugam, and G. Bin Bian, "An intelligent learning approach for improving ECG signal classification and arrhythmia analysis," *Artif. Intell. Med.*, vol. 103, p. 101788, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.ARTMED.2019.101788.
- [4] S. Alam, S. Hartanto, and I. Pratama, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Elektrokardiograf Berbasis Bluetooth Dan Labview," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 5, no. 2, pp. 47–55, 2019, doi: 10.31884/jtt.v5i2.215.
- [5] H. Hidayat, A. Sunyoto, and H. Al Fatta, "Klasifikasi Penyakit Jantung Menggunakan Random Forest Classifier," *J. SISKOM-KB (Sistem Komput. dan Kecerdasan Buatan)*, vol.

- 7, no. 1, pp. 31–40, 2023, doi: 10.47970/siskom-kb.v7i1.464.
- [6] S. Abdillah, P. C. Nugraha, and D. Titisari, "Analisis Filter Digital (Filter IIR pada ECG Pada," *Pros. Semin. Nas. Kesehat. Politek. Kesehat. Kementeri. Kesehat. Surabaya*, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <http://semnas.poltekkesdepkes-sby.ac.id/index.php/2020/article/view/299>
- [7] H. Amhia and A. K. Wadhvani, "Stability and Phase Response Analysis of Optimum Reduced-Order IIR Filter Designs for ECG R-Peak Detection," *J. Healthc. Eng.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/9899899.
- [8] M. Chandra, P. Goel, A. Anand, and A. Kar, "Design and analysis of improved high-speed adaptive filter architectures for ECG signal denoising," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 63, p. 102221, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.BSPC.2020.102221.
- [9] D. H. Depari, Y. Widiastiw, and M. M. Santoni, "Perbandingan Model Decision Tree, Naive Bayes dan Random Forest untuk Prediksi Klasifikasi Penyakit Jantung," *Inform. J. Ilmu Komput.*, vol. 18, no. 3, p. 239, 2022, doi: 10.52958/iftk.v18i3.4694.
- [10] L. A. Dewi, "Klasifikasi Machine Learning Untuk Mendeteksi Penyakit Jantung Dengan Algoritma K-Nn, Decision Tree dan Random Forest," *Repository.Uinjkt.Ac.Id*, 2023, [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/71124%0Ahttps://repositor y.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/71124/1/LIZKY ASKA DEWI-FST.pdf>