

SISTEM IDENTIFIKASI STATUS RISIKO KESEHATAN JANIN (*FETAL HEALTH*) BERDASARKAN DATA *CARDIOTOCOGRAPHY* MENGGUNAKAN XGBOOST DENGAN *ISOLATION FOREST* SEBAGAI DETEKSI *OUTLIER*

SKRIPSI



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

Disusun Oleh
FIRDA YUNITA SARI
09040221052

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

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : FIRDA YUNITA SARI

NIM : 09040221052

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "SISTEM IDENTIFIKASI STATUS RISIKO KESEHATAN JANIN (*FETAL HEALTH*) BERDASARKAN DATA *CARDIOTOCOGRAPHY* MENGGUNAKAN XGBOOST DENGAN *ISOLATION FOREST* SEBAGAI DETEKSI *OUTLIER*". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 18 Desember 2024

Yang menyatakan,



FIRDA YUNITA SARI

NIM. 09040221052

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : FIRDA YUNITA SARI
NIM : 09040221052
Judul skripsi : SISTEM IDENTIFIKASI STATUS RISIKO KESEHATAN
JANIN (*FETAL HEALTH*) BERDASARKAN DATA
CARDIOTOCOGRAPHY MENGGUNAKAN XGBOOST
DENGAN *ISOLATION FOREST* SEBAGAI DETEKSI
OUTLIER

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



Dr. Dian Candra Rini Novitasari, M. Kom
NIP. 198511242014032001

Pembimbing II



Dr. Abdulloh Hamid, M. Pd
NIP. 198506282014031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : FIRDA YUNITA SARI
NIM : 09040221052
Judul Skripsi : SISTEM IDENTIFIKASI STATUS RISIKO KESEHATAN JANIN (*FETAL HEALTH*) BERDASARKAN DATA *CARDIOTOCOGRAPHY* MENGGUNAKAN XGBOOST DENGAN *ISOLATION FOREST* SEBAGAI DETEKSI *OUTLIER*

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 18 Desember 2024

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



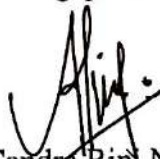
Yuniar Farida, MT.
NIP. 197905272014032002

Penguji II



Putroue Keumala Intan, M.Si.
NIP. 198805282018012001

Penguji III



Dr. Dian Candra Rini Novitasari, M. Kom
NIP. 198511242014032001

Penguji IV



Dr. Abdulloh Hamid, M. Pd
NIP. 198508282014031003



Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Sunan Ampel Surabaya

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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : FIRDA YUNITA SARI
NIM : 09040221052
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : firdasari465@gmail.com

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

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

SISTEM IDENTIFIKASI STATUS RISIKO KESEHATAN JANIN (FETAL
HEALTH) BERDASARKAN DATA CARDIOTOGRAPHY MENGGUNAKAN
XGBOOST DENGAN ISOLATION FOREST SEBAGAI DETEKSI OUTLIER

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 18 Desember 2024

Penulis



(FIRDA YUNITA SARI)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

SISTEM IDENTIFIKASI STATUS RISIKO KESEHATAN JANIN (*FETAL HEALTH*) BERDASARKAN DATA *CARDIOTOCOGRAPHY* MENGGUNAKAN XGBOOST DENGAN *ISOLATION FOREST* SEBAGAI DETEKSI *OUTLIER*

Kehamilan merupakan masa dimana pertumbuhan dan perkembangan janin dimulai dan berlangsung di dalam rahim ibu. Pada masa tersebut, tubuh ibu mengalami banyak perubahan hormonal dan fisik yang dapat menyebabkan berbagai komplikasi kesehatan, baik bagi ibu maupun janin. Oleh karena itu, diperlukan adanya penanganan yang tepat oleh tenaga medis untuk mengidentifikasi risiko kesehatan janin. Identifikasi kesehatan janin dapat dilakukan menggunakan sistem klasifikasi dengan metode XGBoost. XGBoost menerapkan teknik *ensemble* yang mana model akan terus diperbarui untuk memperbaiki kesalahan pada model sebelumnya. Data pada penelitian ini memiliki variasi yang tinggi, sehingga diperlukan penanganan khusus untuk mendeteksi data *outlier* dengan menggunakan IForest untuk meningkatkan kinerja model XGBoost. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil deteksi data *outlier* menggunakan metode IForest dengan model optimal klasifikasi menggunakan XGBoost pada data status kesehatan janin. Uji coba dilakukan dengan memvariasikan *contamination percentage* (CP), *learning rate* (η), *max_depth*, dan *n_estimator*. Hasil uji coba terbaik adalah pada parameter CP= 8%, η = 0.01, *max_depth*= 7, dan *n_estimator*= 100 yang memperoleh rata-rata nilai akurasi 98.93%, sensitivitas 99.22%, dan spesifisitas 99.34% dengan waktu komputasi 0.38 s. IForest mampu mendeteksi data *outlier* dari 2126 data menjadi 1956 data dengan menghapus data *outlier*, hal ini menunjukkan bahwa IForest dapat meningkatkan akurasi sebesar 5.04% dengan efisiensi waktu komputasi 0.23 s.

Kata kunci: Deteksi *Outlier*, *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost), *Isolation Forest* (IForest), Kesehatan Janin, Klasifikasi.

ABSTRACT

FETAL HEALTH RISK STATUS IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON CARDIOTOCOGRAPHY DATA USING XGBOOST WITH ISOLATION FOREST AS OUTLIER DETECTION

Pregnancy is a period where the growth and development of the fetus begins and takes place in the mother's womb. During this time, the mother's body undergoes many hormonal and physical changes that can cause various health complications, both for the mother and the fetus. Therefore, medical personnel must identify the risk of fetal health. Fetal health identification can be done using a classification system using the XGBoost method. XGBoost applies the ensemble technique where the model will be continuously updated to correct errors in the previous model. The data in this study has high variation, so special handling is needed to detect outlier data using IForest to improve the performance of the XGBoost model. This study aims to determine the results of detecting outlier data using the IForest method with the optimal classification model using XGBoost on fetal health status data. Trials were conducted by varying the contamination percentage (CP), learning rate (η), max_depth, and n_estimator parameters. The best trial result is at parameter CP= 8%, η = 0.01, max_depth= 7, and n_estimator= 100 which obtained an accuracy average value of 98.93%, sensitivity 99.22%, and specificity 99.34% with a computation time of 0.36 s. IForest is capable of detecting outlier data from 2126 data to 1956 data by removing outlier data, this shows that IForest can improve accuracy by 5.04% with 0.23 s computation time efficiency.

Keywords: Outlier Detection, Extreme Gradient Boosting (XGBoost), Isolation Forest (IForest), Fetal Health, Classification.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	9
1.3. Tujuan Penelitian	9
1.4. Manfaat Penelitian	9
1.5. Batasan Masalah	10
1.6. Sistematika Penulisan	11
II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. <i>Cardiotocography</i> (CTG)	13
2.1.1. <i>Baseline</i>	16
2.1.2. <i>Accelerations</i>	16
2.1.3. <i>Decelerations</i>	17
2.1.4. <i>Variability</i>	18
2.1.5. <i>Fetal Movement</i>	19
2.1.6. <i>Uterine Contraction</i>	20

2.1.7. Histogram	20
2.1.8. Status Kesehatan Janin	22
2.2. <i>Isolation Forest</i> (IForest)	24
2.3. <i>K-fold Cross Validation</i>	28
2.4. <i>Extreme Gradient Boosting</i> (XGBoost)	29
2.5. <i>Confusion Matrix</i> (CM)	36
2.6. Integrasi Keilmuan	38
2.6.1. Janin Dalam Kajian Islam	38
2.6.2. Manajemen Risiko Dalam Pandangan Islam	42
III METODE PENELITIAN	48
3.1. Jenis Penelitian	48
3.2. Sumber Data	48
3.3. Tahapan Penelitian	50
3.3.1. Langkah Pertama: Input Dataset	51
3.3.2. Langkah Kedua: Deteksi data <i>outlier</i>	51
3.3.3. Langkah Ketiga: Klasifikasi	52
3.3.4. Langkah Keempat: Evaluasi Hasil	55
3.4. Skema Uji Coba <i>Tuning Parameter</i>	55
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1. Deskriptif Data Berdasarkan Ketentuan FIGO	56
4.2. <i>Pre-Processing</i>	60
4.3. Klasifikasi	83
4.3.1. Proses <i>Training</i>	84
4.3.2. Proses <i>Testing</i>	109
4.4. Pengujian Model dan Evaluasi Hasil	112
4.5. Aplikasi Deteksi Kesehatan Janin	127
4.6. Integrasi Keilmuan	129
V PENUTUP	137
5.1. Kesimpulan	137
5.2. Saran	138

DAFTAR PUSTAKA	139
A Pohon Keputusan Ke-1 IForest	155
B Pohon Keputusan Ke-2 IForest	156
C Pohon Keputusan Ke-100 IForest	157
D Pohon Keputusan Ke-1 XGBoost Kelas Normal	158
E Pohon Keputusan Ke-1 XGBoost Kelas <i>Suspect</i>	159
F Pohon Keputusan Ke-1 XGBoost Kelas <i>Pathologic</i>	160
G Pohon Keputusan Ke-2 XGBoost Kelas Normal	161
H Pohon Keputusan Ke-2 XGBoost Kelas <i>Suspect</i>	162
I Pohon Keputusan Ke-2 XGBoost Kelas <i>Pathologic</i>	163
J Pohon Keputusan Ke-100 XGBoost Kelas Normal	164
K Pohon Keputusan Ke-100 XGBoost Kelas <i>Suspect</i>	165
L Pohon Keputusan Ke-100 XGBoost Kelas <i>Pathologic</i>	166



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

3.1	Sampel Data Penelitian	49
3.2	Deskripsi Parameter Uji Coba	55
4.1	Data Pada Proses <i>Isolation Forest</i>	60
4.2	<i>Path Length</i> Pada Masing-Masing Data	76
4.3	Rata-Rata <i>Path Length</i> Pada Masing-Masing Data	78
4.4	Skor Anomali Pada Masing-Masing Data	79
4.5	Pelabelan Skor Anomali Pada Data	80
4.6	Jumlah Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i>	84
4.7	Data Pada Proses <i>Training</i>	85
4.8	Perhitungan Residual Pada Pohon Pertama Kelas Normal	87
4.9	Nilai <i>Gain Node</i> ke-1 Pohon Pertama Kelas Normal	90
4.10	Nilai <i>Gain Node</i> ke-2 Pohon Pertama Kelas Normal	91
4.11	Nilai <i>Gain Node</i> ke-3 Pohon Pertama Kelas Normal	92
4.12	Nilai <i>Gain Node</i> ke-4 Pohon Pertama Kelas Normal	93
4.13	Perhitungan Residual Pada Pohon Pertama Kelas <i>Suspect</i>	95
4.14	Perhitungan Residual Pada Pohon Pertama Kelas <i>Pathologic</i>	96
4.15	Nilai <i>Leaf</i> Pada Pohon Pertama untuk Masing-Masing Kelas	97
4.16	Sampel Data Proses <i>Testing</i>	109
4.17	Nilai <i>Leaf</i> Data <i>Testing</i>	110
4.18	Nilai Probabilitas Masing-Masing Kelas Sampel Data <i>Testing</i>	112
4.19	Hasil Uji Coba CP=5%	113
4.20	Hasil Uji Coba CP=6%	114
4.21	Hasil Uji Coba CP=7%	115
4.22	Hasil Uji Coba CP=8%	116
4.23	Hasil Uji Coba CP=9%	117
4.24	Hasil Uji Coba CP=10%	118

4.25 Hasil Uji Coba Setiap <i>Fold</i> Pada CP= 8%	120
4.26 <i>Confusin Matrix</i> Pada Uji Coba Terbaik	121
4.27 Hasil Uji Coba Tanpa <i>Outlier Handling</i>	123
4.28 Hasil Uji Coba Setiap <i>Fold</i> Tanpa <i>Outlier Handling</i>	124
4.29 Perbandingan Hasil Kinerja Dengan Penelitian Lainnya	126



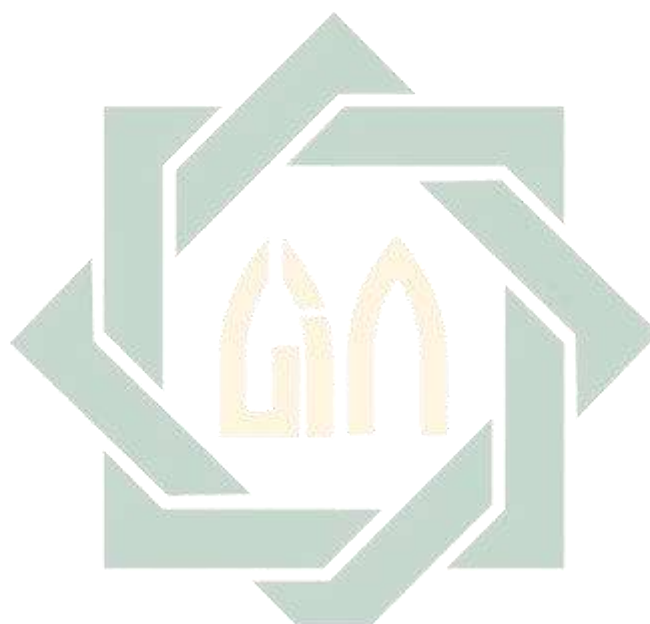
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

2.1	Alat Pemeriksaan <i>Cardiotocography</i> (CTG)	14
2.2	Grafik Hasil Keluaran Alat CTG	15
2.3	Grafik Hasil CTG yang Mengalami <i>Accelerations</i>	17
2.4	Grafik Hasil CTG yang Mengalami <i>Decelerations</i>	17
2.5	Grafik Hasil CTG yang Mengalami <i>Variability</i>	19
2.6	Visualisasi Cara Kerja <i>Isolation Forest</i> (IForest)	24
2.7	Ilustrasi Teknik <i>K-fold Cross Validation</i>	28
2.8	Ilustrasi Bagian-Bagian Pada XGBoost	30
2.9	Arsitektur Pada XGBoost	31
2.10	Visualisasi <i>Confusion Matrix</i>	36
3.1	Diagram Alir Penelitian	50
3.2	Diagram Alir <i>Isolation Forest</i> (IForest)	51
3.3	Diagram Alir <i>Extreme Gradient Boosting</i> (XGBoost)	53
4.1	Distribusi Variabel <i>Baseline</i> Berdasarkan Kategori <i>Fetal Health</i>	56
4.2	Distribusi Variabel Yang Mengandung <i>Variability</i> Berdasarkan Kategori <i>Fetal Health</i>	57
4.3	Distribusi Variabel Yang Mengandung <i>Decelerations</i> Berdasarkan Kategori <i>Fetal Health</i>	59
4.4	<i>Root Node</i> Pohon Keputusan Ke-1 IForest	62
4.5	<i>Path</i> ke-1 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	63
4.6	<i>Path</i> ke-2 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	63
4.7	<i>Path</i> ke-3 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	64
4.8	<i>Path</i> ke-4 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	64
4.9	<i>Path</i> ke-5 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	65
4.10	<i>Path</i> ke-6 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	66
4.11	<i>Path</i> ke-7 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	67

4.12	<i>Path</i> ke-8 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	67
4.13	<i>Path</i> ke-9 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	68
4.14	<i>Path</i> ke-10 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	69
4.15	<i>Path</i> ke-11 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	70
4.16	<i>Path</i> ke-12 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	71
4.17	<i>Path</i> ke-13 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	72
4.18	<i>Path</i> ke-14 Pohon Keputusan Ke-1 IForest	73
4.19	<i>Root Node</i> Hingga Kedalaman 4 Pohon Keputusan Ke-2 IForest	74
4.20	<i>Root Node</i> Hingga Kedalaman 4 Pohon Keputusan Ke-100 IForest	75
4.21	Grafik Distribusi Data Sebelum dan Sesudah Ditangani <i>Outlier</i> Pada Variabel $x_1 - x_{12}$	81
4.22	Grafik Distribusi Data Sebelum dan Sesudah Ditangani <i>Outlier</i> Pada Variabel $x_{13} - x_{20}$	82
4.23	Pohon Pada <i>Node</i> ke-1 <i>Split</i> $x_1 < 133$	87
4.24	Pohon Pada <i>Node</i> ke-1 <i>Split</i> $x_1 < 106$	88
4.25	Pohon Pada <i>Node</i> ke-1 <i>Split</i> $x_9 < 0.6$	89
4.26	Pohon Pada <i>Node</i> ke-2 <i>Split</i> $x_8 < 60$	91
4.27	Pohon Pada <i>Node</i> ke-3 <i>Split</i> $x_{10} < 60$	92
4.28	Pohon Pada <i>Node</i> ke-3 <i>Split</i> $x_{10} < 60$ Dengan Nilai <i>Leaf</i> Pada <i>Branch</i> Kanan	94
4.29	Pohon Keputusan Ke-1 Pada Kelas Normal	100
4.30	Pohon Keputusan Ke-1 Pada Kelas <i>Suspect</i>	101
4.31	Pohon Keputusan Ke-1 Pada Kelas <i>Pathologic</i>	102
4.32	Pohon Keputusan Ke-2 Pada Kelas Normal	103
4.33	Pohon Keputusan Ke-2 Pada Kelas <i>Suspect</i>	104
4.34	Pohon Keputusan Ke-2 Pada Kelas <i>Pathologic</i>	105
4.35	Pohon Keputusan Ke-100 Pada Kelas Normal	106
4.36	Pohon Keputusan Ke-100 Pada Kelas <i>Suspect</i>	107
4.37	Pohon Keputusan Ke-100 Pada Kelas <i>Pathologic</i>	108
4.38	Visualisasi Hasil Uji Coba Pada Uji Coba Terbaik Setiap CP	119
4.39	Visualisasi Hasil Uji Coba Terbaik Dengan Dan Tanpa IForest	125

4.40 Tampilan Utama Aplikasi Deteksi Kesehatan Janin 127
4.41 Hasil Keluaran Aplikasi Deteksi Kesehatan Janin 128



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. S. Y. B., Zein, A., and Elmetwaly, A. A. (2020). The Discussion Between Muslim Scholars in the Malay Archipelago. *Journal of Critical Reviews*, 7(8):1734–1737.
- Airlangga, G. (2024). Advanced Machine Learning Techniques for Seismic Anomaly Detection in Indonesia: a Comparative Study of Lof, Isolation Forest, and One-Class Svm. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 5(1):49–61.
- Al Duhayyim, M., Abbas, S., Al Hejaili, A., Kryvinska, N., Almadhor, A., and Mughal, H. (2023). Ensemble learning for fetal health classification. *Computer Systems Science & Engineering*, 47(1).
- Alam, M. T., Khan, M. A. I., Dola, N. N., Tazin, T., Khan, M. M., Albraikan, A. A., and Almalki, F. A. (2022). Comparative Analysis of Different Efficient Machine Learning Methods for Fetal Health Classification. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2022.
- Aminanto, M. E., Ban, T., Isawa, R., Takahashi, T., and Inoue, D. (2020). Threat Alert Prioritization Using Isolation Forest and Stacked Auto Encoder with Day-Forward-Chaining Analysis. *IEEE Access*, 8:217977–217986.
- Ananda, I. K., Fanani, A. Z., Setiawan, D., and Firdaus, D. (2024). Penerapan Random Oversampling dan Algoritma Boosting untuk Memprediksi Kualitas Buah Jeruk. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8(1):282–289.

- Angkasa, Vincent, P. J. J. (2022). Information System Development Komparasi Tingkat Akurasi Random Forest dan KNN untuk Mendiagnosis Penyakit Kanker Payudara. *Journal Information System Development (ISD)*, 7(1):37–38.
- Aprilia, N. and Waruwu, F. T. (2021). Implementasi Metode Apriori Pada Sistem Persediaan Bahan Kimia Di Laboratorium Forensik Medan. *Bulletin of Computer Science Research*, 2(1):6–10.
- Aprilia, W. (2020). Perkembangan Pada Masa Prnatal dan Kelahiran. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 4:1–18.
- Aqsha, M. and Sunusi, N. (2023). Performa Klasifikasi Data Tidak Seimbang Dengan Pendekatan Machine Learning (Studi Kasus: Diabetes Indian Pima). *Jurnal Matematika UNAND*, 12(2):176–193.
- Ardiyansyah, D. and Oktafiani, N. (2024). Perbandingan Metode Pengukuran Jarak Pada K-Nearest Neighbour Dalam Klasifikasi Data Teks Kardiovaskular. *Journal of Information Systems Management and Digital Business*, 1(2):116–122.
- Ayres-de campos, D., Bernardes, J., Garrido, A., Marques-de sa, J., and Pereira-Leite, L. (2000). SisPorto 2.0: A Program for Automated Analysis of Cardiotocograms. *Journal of Maternal-Fetal Medicine*, 318(November 1999):311–318.
- Ayres-De-Campos, D., Spong, C. Y., and Chandrharan, E. (2015). FIGO Consensus Guidelines on Intrapartum Fetal Monitoring: Cardiotocography. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, 131(1):13–24.
- Azies, H. A. (2023). Integrating Water Indicators In A Data-Driven Artificial

- Intelligence Model For Food Security Classification. *TheJournalish: Social and Government*, 4(5):168–180.
- Azmi, T. A. U., Hakim, L., Novitasari, D. C. R., and Utami, W. D. U. D. (2023). Application Random Forest Method for Sentiment Analysis in Jamsostek Mobile Review. *Telematika*, 20(1):117.
- Barnova, K., Martinek, R., Vilimkova Kahankova, R., Jaros, R., Snasel, V., and Mirjalili, S. (2024). *Artificial Intelligence and Machine Learning in Electronic Fetal Monitoring*, volume 31. Springer Netherlands.
- Baxi, S. (2021). Machine Learning Based Clinical Decision Support System to Predict Fetal Hypoxia in Women During Ante-Natal Check-Up. *PARIPEX - Indian Journal of Research*, 10(04):82–90.
- Blanchard, P., Higham, D. J., and Higham, N. J. (2021). Accurately Computing the Log-Sum-Exp and Softmax Functions. *IMA Journal of Numerical Analysis*, 41(4):2311–2330.
- Chen, T. and Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 13-17-August-2016:785–794.
- Cheng, Z., Zou, C., and Dong, J. (2019). Outlier Detection Using Isolation Forest and Local Outlier Factor. *Proceedings of the 2019 Research in Adaptive and Convergent Systems, RACS 2019*, pages 161–168.
- Costa, M., Xavier, M., Nunes, I., and Henriques, T. S. (2021). Fetal Heart Rate Fragmentation. *Frontiers in Pediatrics*, 9(September):1–9.

- Dachi, J. M. A. S. and Sitompul, P. (2023). Analisis Perbandingan Algoritma XGBoost dan Algoritma Random Forest Ensemble Learning pada Klasifikasi Keputusan Kredit. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2):87–103.
- Darajat, W., Juardi, D., and Solehudin, A. (2023). Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Dengan Parameter Quality Of Service Pada Kafe 99. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(3).
- Das, S., Mukherjee, H., Roy, K., and Saha, C. K. (2023). Fetal Health Classification from Cardiotocograph for Both Stages of Labor—A Soft-Computing-Based Approach. *Diagnostics*, 13(5):1–24.
- Das, S., Mukherjee, H., Santosh, K. C., Saha, C. K., and Roy, K. (2020a). Periodic Change Detection in Fetal Heart Rate Using Cardiotocograph. *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, 2020-July:104–109.
- Das, S., Obaidullah, S., Santosh, K. C., Roy, K., and Saha, C. K. (2020b). Cardiotocograph Based Labor Stage Classification from Uterine Contraction Pressure During Ante Partum and Intra Partum Period: A Fuzzy Theoretic Approach. *Health Information Science and Systems*, 8(16):1–13.
- Devi, S. P., Anshari, F., and Kaligis, R. A. (2022). Peran Bidan Sebagai Agen Perubahan dalam Sosialisasi Tele-CTG untuk Kesehatan Ibu Hamil. *CoverAge: Journal of Strategic Communication*, 12(2):108–121.
- Dinas Kesehatan (2024). Cegah Kematian Ibu dan Bayi Dengan Peningkatan Kualitas Pelayanan ANC. <https://dinkes.gorontaloprov.go.id>. [Accessed 24-08-2024].

- Dixit, R. R. (2022). Predicting Fetal Health using Cardiotocograms: A Machine Learning Approach. *Journal of Advanced Analytics in Healthcare Management*, 6(1):43–57.
- Dwinanda, M. W., Satyahadewi, N., and Andani, W. (2023). Classification of Student Graduation Status Using Xgboost Algorithm. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 17(3):1785–1794.
- Estève, L. (2024). Scikit-learn iforest. https://github.com/scikit-learn/scikit-learn/blob/main/sklearn/ensemble/_iforest.py. [Accessed 20-12-2024].
- Farida, Y., Ulinnuha, N., Sari, S. K., and Desinaini, L. N. (2023). Comparing Support Vector Machine and Naïve Bayes Methods with A Selection of Fast Correlation Based Filter Features in Detecting Parkinson's Disease. *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 14(2):80.
- Fasihi, M., Nadimi-Shahraki, M. H., and Jannesari, A. (2021). A Shallow 1-D Convolution Neural Network for Fetal State Assessment Based on Cardiotocogram. *SN Computer Science*, 2(4):1–9.
- Fastest Obstetric, Gynecology, and Pediatric Insight Engine (2019). Intrapartum Fetal Evaluation. <https://obgynkey.com/intrapartum-fetal-evaluation/>. [Accessed 22-08-2024].
- Ghummiyah, S. M. (2024). Islam dan Isu Gender: Kesehatan Reproduksi Perempuan dalam Relasi Pernikahan. *Syakhshiyah Jurnal Hukum Keluarga Islam*, 4(1):73–92.
- Hirono, Y., Sato, I., Kai, C., Yoshida, A., Kodama, N., Uchida, F., and Kasai, S.

- (2024). The Approach to Sensing the True Fetal Heart Rate for CTG Monitoring: An Evaluation of Effectiveness of Deep Learning with Doppler Ultrasound Signals. *Bioengineering*, 11(7):658.
- Hong, W., Zhou, X., Jin, S., Lu, Y., Pan, J., Lin, Q., Yang, S., Xu, T., Basharat, Z., Zippi, M., Fiorino, S., Tsukanov, V., Stoel, S., Grottesi, A., Chan, Q., and Pan, J. (2022). A Comparison of XGBoost, Random Forest, and Nomograph for the Prediction of Disease Severity in Patients With COVID-19 Pneumonia: Implications of Cytokine and Immune Cell Profile. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12(1):1–13.
- Ilham, A., Kindarto, A., Fathurohman, A., Khikmah, L., Dias, R., Jawad, S. A., Liana, D. A., Ar, A. A., Kareem, A., and Mutiar, A. (2024). CFCM-SMOTE : A Robust Fetal Health Classification to Improve Precision Modeling in Multiclass Scenarios. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 16(1).
- Ilmu Islam (2024). Portal Belajar Agama Islam. <https://ilmuislam.id/hadits/5317/hadits-ahmad-nomor-15556>. [Accessed 24-08-2024].
- Islami, Nasriyah, and Asiyah, N. (2021). Perbedaan Skor Kecemasan Ibu Hamil Selama Pandemi. *Jurnal Keperawatan dan Kebidanan*, 12(1):164–170.
- Jebadurai, I. J., Paulraj, G. J. L., Jebadurai, J., and Silas, S. (2022). Experimental Analysis of Filtering-Based Feature Selection Techniques for Fetal Health Classification. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 19(2):207–224.
- Khaikal, M. F., Jamil, J., and Patimah (2022). Pelaksanaan Ibadah Berjamaah Saat Pandemic Covid-19. *Qadauna*, 3(2):265–284.
- Kiromi, M. S. (2023). *Klasifikasi Status Kesehatan Janin Pada Kardiotokografi*

Menggunakan Metode Extreme Learning Machine. PhD thesis, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Kodkin, V. (2022). Cardiotocography in Obstetrics: New Solutions for “Routine” Technology. *Sensors*, 22(14).

Kostania, G., Yulifah, R., and Suprpti (2024). Program Kemitraan Masyarakat Bagi Kelompok Kader Kesehatan Ibu Hamil Dalam Implementasi Program Pendampingan Kehamilan. *Jurnal Empathy*, Vol.5, No.1(1):1–15.

Krishna, G. J., Jaiswal, H., Teja, P. S. R., and Ravi, V. (2019). Keystroke based User Identification with XGBoost. *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, 2019-October(19):1369–1374.

Kurniawan, W. and Indahyanti, U. (2024). Prediksi Angka Harapan Hidup Penduduk Menggunakan Metode XGBoost. *Indonesian Journal of Applied Technology*, (2):1–18.

Larxel (2020). Fetal Health Classification. <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/fetal-health-classification>. [Accessed 19-08-2024].

Lestari, Y. D. and Winarsih, S. (2022). Pengetahuan Ibu Hamil Tentang Tanda Kegawatdaruratan Kehamilan Dengan Kepatuhan Dalam Pemeriksaan Antenatal Care di Wilayah Kerja Puskesmas Glagah. *SEHATMAS: Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat*, 1(3):279–286.

Mahendra, Y. I. and Putra, R. E. (2024). Penerapan Algoritma Gradient Boosted Decision Tree (GBDT) untuk Klasifikasi Serangan DDoS. *JINACS: (Journal of Informatics and Computer Science) ISSN*, 06:158–166.

- Makins, A., Hearing, F., Taghinejadi, N., Kiarie, J., Kabra, R., Sabaratnam, S., and Petrus, A. (2024). The Impact of Cascade Training — A FIGO and WHO Department of Sexual and Reproductive Health and Research Collaboration to Improve Access to Quality Family Planning Globally. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, 164(October 2023):75–85.
- Maulana, A., Faisal, F. R., Noviandy, T. R., Rizkia, T., Idroes, G. M., Tallei, T. E., El-Shazly, M., and Idroes, R. (2023). Machine Learning Approach for Diabetes Detection Using Fine-Tuned XGBoost Algorithm. *Infolitika Journal of Data Science*, 1(1):1–7.
- Miller, D. A. (2020). Electronic Fetal Heart Rate Monitoring. *Protocols for High-Risk Pregnancies: an Evidence-Based Approach: Seventh Edition*, 52:539–553.
- Muhaimin, A., Amin Hariyadi, M., and Imamudin, M. I. (2024). Klasifikasi Prestasi Akademik Siswa Berdasarkan Nilai Rapor dan Kedisiplinan dengan Metode K-Nearest Neighbor. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 7(1):193–202.
- Murugappan, M., Prakash, N. B., Jeya, R., Mohanarathinam, A., Hemalakshmi, G. R., and Mahmud, M. (2022). A Novel Few-Shot Classification Framework for Diabetic Retinopathy Detection and Grading. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 200(July):111485.
- Naufal, M. A., Muklason, A., Vinarti, R. A., Tyasnurita, R., and Riksakomara, E. (2022). Pengembangan Aplikasi Healthcare Intelligence System Untuk Pemantauan Kesehatan Ibu Dan Anak: Perancangan Aplikasi Frontend. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 9(2):1038–1052.

- Novitasari, D. C. R., Ramadanti, A. N., and Haq, D. Z. (2024). Enhancing Covid-19 Diagnosis: GLRLM Texture Analysis and Kelm for Lung X-Ray Classification. *Fountain of Informatics Journal*, 9(1):1–8.
- Nugroho, E. S. (2021). Catatan Belajar Anomaly Detection Menggunakan Algoritma Isolation Forest. <https://shorturl.at/4L24w>. [Accessed 22-08-2024].
- Nwokoro, C. O., Duke, O. A., and Nwokoro, K. C. (2024). Predicting Maternal Outcomes Using Tree-based Methods in Machine Learning. *Research Square*, June:0–14.
- Potter, L. (2023). CTG Interpretation. <https://geekymedics.com/how-to-read-a-ctg/>. [Accessed 23-09-2024].
- Pradipta, G. A. and Ayu, P. D. W. (2023). Klasifikasi Fetal Cardiotocography Menggunakan Pendekatan Boosting Classifier. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, 18(1):103–110.
- Pramudhyta, N. A. and Rohman, M. S. (2024). Perbandingan Optimasi Metode Grid Search dan Random Search dalam Algoritma XGBoost untuk Klasifikasi Stunting. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 8(1):19.
- Prasetyo, S. E., Prastyo, P. H., and Arti, S. (2021). A Cardiotocographic Classification using Feature Selection: A comparative Study. *JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering)*, 5(01):25–32.
- Rahmayanti, N., Pradani, H., Pahlawan, M., and Vinarti, R. (2021). Comparison of Machine Learning Algorithms to Classify Fetal Health Using Cardiotocogram Data. *Procedia Computer Science*, 197(2021):162–171.

- Rahmayanti, N., Pradani, H., Pahlawan, M., and Vinarti, R. (2022). Comparison of Algorithms to Classify Fetal Health Using Cardiotocogram Data. *Procedia Computer Science*, 197(2021):162–171.
- Ramdhani, M. N. (2024). Perbedaan Pola Sidik Jari Manusia Menurut Sains dan Tafsir Qur ' an Surat Al-Qiyamah Ayat 3-4. *Moral: Jurnal kajian Pendidikan Islam*, 1(3):46–53.
- Ramon, M. and Anatami, D. (2023). Analisis Yuridis Pelaksanaan Pemberian Dispensasi Kawin di Pengadilan Agama Batam dalam Perspektif Kepastian Hukum dan Perlindungan Anak. *Jurnal Fusion*, 13(1):104–116.
- Ranera, C. M. (2022). *Multi-Label Classification of a Hydraulic System Using Machine Learning Methods*. PhD thesis, Programme in Computer, Communication, and Information Sciences.
- Regmi, B. and Shah, C. (2023). Classification Methods Based on Machine Learning for the Analysis of Fetal Health Data. *arXiv*, pages 1–5.
- Religia, Y., Nugroho, A., and Hadikristanto, W. (2021). Klasifikasi Analisis Perbandingan Algoritma Optimasi pada Random Forest untuk Klasifikasi Data Bank Marketing. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(1):187–192.
- Ridwansyah, M. and Zakaria, H. (2023). Implementasi Algoritma Gradient Boosting Pada Aplikasi Hutang Piutang Perorangan Secara Berbasis Web Untuk Meningkatkan Akurasi Prediksi Pelunasan Hutang (Studi Kasus : PT Naila Kreasi Mandiri). *JURIHUM : Jurnal Inovasi dan Humaniora*, 1(4):440–451.
- Ripan, R., Sarker, I., Anwar, M., Furhad, M., Rahat, F., Hoque, Mohammed,

- and Sarfraz, M. (2021). An Isolation Forest Learning Based Outlier Detection Approach for Effectively Classifying Cyber Anomalies Rony. *Springer Nature Switzerland*, 1375(His):270–279.
- Ripan, R. C., Islam, M. M., Alqahtani, H., and Sarker, I. H. (2022). Effectively Predicting Cyber-Attacks Through Isolation Forest Learning-Based Outlier Detection. *Security and Privacy*, 5(3):1–18.
- Rohayati (2020). Aplikasi e-Health Berbasis Teknologi Smartphone dalam Monitoring Klien di Komunitas: Studi Literatur. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 11(April):120–124.
- Sadaf, Kishwar, S. J. (2020). Intrusion Detection Based on Autoencoder and Isolation Forest in Fog Computing. *IEEE Access*, 8:167059–167068.
- Sajiwo, A. F. B., Rahmat, B., and Junaidi, A. (2024). Klasifikasi Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Menggunakan Algoritma Xgboost Dengan Teknik Imbalanced Data (SMOTE). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3):2190–2200.
- Salamah, E. N., Novitasari, D. C. R., Asyhar, A. H., and Ma'arif, M. (2022). Identification of Glioma using Discrete Wavelet Transform (DWT) and Artificial Neural Network (ANN). *Proceedings of the Built Environment, Science and Technology International Conference (BEST ICON 2018)*, pages 289–294.
- Sari, F. I., Gunawan, E. L., and Adhigiadany, C. A. (2023a). Model Prediksi Kepadatan Lalu Lintas : Perbandingan Antara Algoritma Random Forest dan XGBoost. *Seminar Nasional Sains Data 2023 (SENADA 2023)*, (Senada):296–303.

- Sari, F. I., Gunawan, E. L., Adhigiadany, C. A., and Lisanthoni, A. (2023b). Model Prediksi Kepadatan Lalu Lintas : Perbandingan Antara Algoritma Random Forest dan XGBoost. *Seminar Nasional Sains Data 2023 (SENADA 2023)*, 3(1):296–303.
- Sepbriant, Genta Dwigi Utomo, D. W. (2024). Ensemble Learning pada Kategorisasi Produk E-Commerce Menggunakan Teknik Boosting. *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*, 9(2):123–133.
- Septian, F. (2023). Optimasi Klusterisasi pada Lama Tempo Pekerjaan Berbasis Gradient Boost Algorithm. *Indonesian Journal Of Information Technology*, 2(1):1–5.
- Shao, C., Du, X., Yu, J., and Chen, J. (2022). Cluster-Based Improved Isolation Forest. *Entropy*, 24(5).
- Sharma, R., Valivati, N. K., Sharma, G. K., and Pattanaik, M. (2020). A New Hardware Trojan Detection Technique using Class Weighted XGBoost Classifier. *2020 24th International Symposium on VLSI Design and Test, VDAT 2020*, pages 1–6.
- Shihab, M. Q. (2021a). *Tafsir Al-Mishbah (Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an)*. Penerbit Lentera Hati, Tangerang, 8 edition.
- Shihab, M. Q. (2021b). *Tafsir Al-Mishbah (Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an)*. Penerbit Lentera Hati, Tangerang, 14 edition.
- Shihab, M. Q. (2021c). *Tafsir Al-Mishbah (Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an)*. Penerbit Lentera Hati, Tangerang, 5 edition.

- Shihab, M. Q. (2021d). *Tafsir Al-Mishbah (Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an)*. Penerbit Lentera Hati, Tangerang, 2 edition.
- Shokry, A. E. M., Rizka, M. A., and Labib, N. M. (2020). Counter Terrorism Finance by Detecting Money Laundering Hidden Networks Using Unsupervised Machine Learning Algorithm. *International Conferences ICT, Society, and Human Beings 2020*, pages 89–97.
- Shrestha, S., Shakya, S., and Jaiswal, A. (2023). Analyzing Cloud Traffic for Web Honeypot using Microservice-based Architecture and XGBoost algorithm. *Proceedings of 14th IOE Graduate Conference*, 14(December):1127–1135.
- Singh, D. and Singh, B. (2019). Investigating The Impact Of Data Normalization On Classification Performance. *Applied Soft Computing*, 97(B):1–23.
- Sriram, V., Rajesh, K., and Alekhya (2024). Cardiotocogram Data classification using Machine Learning Algorithms along with Swarm-Based Metaheuristic optimizations for Autonomous Fetal distress detection Cardiotocogram Data classification using Machine Learning Algorithms along with Swarm-Based Met. *Journal of Electrical Systems*, (October):6098–6113.
- Sudarman, E. J. and Budi, S. (2023). Pengembangan Model Kecerdasan Mesin Extreme Gradient Boosting untuk Prediksi Keberhasilan Studi Mahasiswa. *Jurnal Strategi*, 5(2):297–314.
- Suhartini, L. and Endjun, J. J. (2021). Penggunaan Drawing Pen Tablet sebagai Media Pembelajaran Cardiotocography di Masa Pandemi COVID-19. *Maternal and Neonatal Health Journal*, 2(2):60–65.
- Syarif, S. (2022). Pemanfaatan Teknologi Tentang Menghitung Denyut Jantung

- Janin Di Desa Tanakaraeng Kabupaten Gowa. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Indonesia (JPPMI)*, 1(2):10–14.
- Taurusta, C., Fira, A. A. S., Indira Sari, Sari, K. P., and Amilya, W. I. (2024). Upaya Pencegahan Stunting Melalui Program Pengukuran Antropometri pada Balita dan Penyuluhan Ibu Hamil di Desa Jatijejer Trawas. *JURPIKAT (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 5(2):479–497.
- Vabalas, A., Gowen, E., Poliakoff, E., and Casson, A. J. (2019). Machine Learning Algorithm Validation With a Limited Sample Size. *PLoS ONE*, 14(11):1–20.
- Vijayakumar, V., Divya, N. S., Sarojini, P., and Sonika, K. (2020). Isolation Forest and Local Outlier Factor for Credit Card Fraud Detection System. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(4):261–265.
- Widjiyati, N. (2021). Implementasi Algoritme Random Forest Pada Klasifikasi Dataset Credit Approval. *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi*, 1(1):1–7.
- Wijayanto, A., Sugiharto, A., Santoso, R., Diponegoro, U., and Korespondensi, P. (2024). Identifikasi Dini Curah Hujan Berpotensi Banjir Menggunakan Algoritma Long Short-Term Memory (LSTM) Dan Isolation Forest Studi Kasus Wilayah Semarang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 11(3):637–647.
- World Health Organization (2023). Preterm birth. <http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth>. [Accessed 19-08-2024].
- World Health Organization (2024). World Birth Defects Day: Every journey

matters. <https://www.who.int/southeastasia/news/detail/02-03-2024-world-birth-defects-day-every-journey-matters#:~:text=Between2000and2021%2Cthe,for11%25ofthetotal.> [Accessed 19-08-2024].

Xodo, S. and Londero, A. P. (2022). Is It Time to Redefine Fetal Decelerations in Cardiotocography. *Journal of Personalized Medicine*, 12(10).

Yustanti, W. (2024). Studi Komparasi Local Outlier Factor (LOF) dan Isolation Forest (IF) pada Analisis Anomali Kinerja Dosen. *JINACS: (Journal of Informatics and Computer Science)*, 06(02):532–540.

Yuyun, Nurul Hidayah, and Supriadi Sahibu (2021). Algoritma Multinomial Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Sentimen Pemerintah Terhadap Penanganan Covid-19 Menggunakan Data Twitter. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(4):820–826.

Zuhri, N. Z. and Abdurrahman, M. (2023). I'rab dan Tafsir Al-Qur'an: Fase Manusia dalam Perspektif QS. Al- Mu ' minun Ayat 12 -14. *Hamalatul Qur'an: Jurnal Ilmu-Ilmu Al-Qur'an*, 4(1):63–68.