

**KLASIFIKASI KEASLIAN DAN CAMPURAN BAHAN
BAKAR MINYAK MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER DENGAN METODE
*MACHINE LEARNING***

SKRIPSI

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Greice Simbolon
1306621068**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2025

ABSTRAK

GREICE SIMBOLON. Klasifikasi Keaslian dan Campuran Bahan Bakar Minyak Menggunakan Spektrofotometer dengan Metode *Machine Learning*. Dibawah bimbingan BAMBANG HERU ISWANTO, FACHRIZA FATHAN.

Klasifikasi bahan bakar minyak (BBM) merupakan langkah penting dalam memastikan kualitas dan keaslian BBM di tengah maraknya praktik pencampuran ilegal. Penelitian ini mengusulkan metode klasifikasi BBM berbasis spektrofotometri UV-Vis portabel yang dikombinasikan dengan algoritma *machine learning* untuk membedakan antara murni RON 92 dan campuran RON 92 RON 90. Sebanyak 180 sampel diuji, terdiri dari Pertamina RON 92 murni dan campuran dengan variasi konsentrasi Pertalite RON 90 (10%-90%). Pengukuran spektrum dilakukan pada rentang 400-900 nm menggunakan sensor CMOS, kemudian data intensitas dikonversi menjadi absorbansi melalui Hukum *Beer-Lambert* dan di praproses serta normalisasi. Ekstraksi fitur dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu *feature importance* berbasis XGBoost pada data absorbansi, serta pada fitur statistik (maksimum, minimum, area di bawah kurva/AUC, dan standar deviasi). Selanjutnya, data dievaluasi menggunakan empat model klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest* (RF), *Decision Tree* (DT), dan *K-Nearest Neighbors* (KNN) dengan validasi silang *stratified 5-fold* dan optimasi *hyperparameter* melalui *GridSearchCV*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh model mampu mengidentifikasi BBM murni dan campuran dengan akurasi, presisi, *Recall*, dan *F1-score* mendekati 100%, terutama ketika menggunakan fitur absorbansi terpilih. Analisis spektrum juga memperlihatkan adanya pergeseran karakteristik puncak absorbansi pada campuran Pertamina RON 92-Pertalite RON 90 ke panjang gelombang yang lebih tinggi. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa integrasi spektrofotometer portabel dan *machine learning* sangat efektif untuk klasifikasi dan deteksi keaslian BBM secara cepat, akurat, serta aplikatif di lapangan, sekaligus memberikan kontribusi nyata bagi pengawasan mutu BBM di Indonesia.

Kata kunci. klasifikasi BBM, spektrofotometri UV-Vis, RON 92, RON 90, *machine learning*.

ABSTRACT

GREICE SIMBOLON. Classification of Authenticity and Mixture of Fuel Oil Using Spectrophotometer with Machine Learning Method. Supervised by BAMBANG HERU ISWANTO, FACHRIZA FATHAN.

Classification of fuel oil (BBM) is an important step in ensuring the quality and authenticity of fuel amidst the rampant practice of illegal blending. This study proposes a portable UV-Vis spectrophotometry-based fuel classification method combined with a machine learning algorithm to distinguish between pure RON 92 and blend RON 92 RON 90. A total of 180 samples were tested, consisting of pure Pertamina RON 92 and blends with varying Peralite RON 90 concentrations (10%-90%). Spectral measurements were carried out in the range of 400-900 nm using a CMOS sensor, then the intensity data was converted to absorbance through the Beer-Lambert Law and preprocessed and normalized. Feature extraction was carried out with two main approaches, namely XGBoost-based feature importance on absorbance data, and on statistical features (maximum, minimum, area under the curve/AUC, and standard deviation). Furthermore, the data was evaluated using four classification models: Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Decision Tree (DT), and K-Nearest Neighbors (KNN) with 5-fold stratified cross-validation and hyperparameter optimization through GridSearchCV. The results showed that all models were able to identify pure and blended fuels with accuracy, precision, recall, and F1-score close to 100%, especially when using selected absorbance features. Spectral analysis also showed a shift in the characteristics of the absorbance peak in the Pertamina RON 92-Peralite RON 90 mixture to higher wavelengths. Thus, this study proves that the integration of a portable spectrophotometer and machine learning is very effective for the classification and detection of fuel authenticity quickly, accurately, and applicable in the field, while providing a real contribution to fuel quality control in Indonesia.

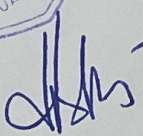
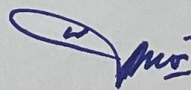
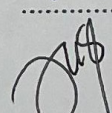
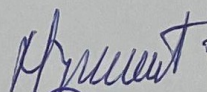
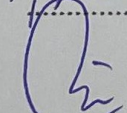
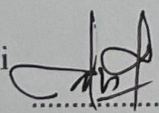
Keywords: fuel classification, UV-Vis spectrophotometry, RON 92, RON 90, machine learning.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KLASIFIKASI KEASLIAN DAN CAMPURAN BAHAN BAKAR MINYAK MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER DENGAN METODE *MACHINE LEARNING*

Nama : Greice Simbolon

No. Registrasi : 1306621068

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si. NIP. 197909162005011004		13/8 2025
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc. NIP. 197905042009122002		13/8 2025
Ketua	: Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si. NIP. 198011192008012007		31/07/2025
Sekretaris	: Siti Julia, M.Si. NIP. 199205282025062007		31/07/2025
Anggota			
Pembimbing I	: Dr.rer.nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si. NIP. 196804011994031002		31/7 2025
Pembimbing II	: Fachriza Fathan, M.Si. NIP. 199203102024061002		31/7 2025
Penguji	: Ahmad Zatnika Purwalaksana, S. Si, M. Si NIP. 199402032023211015		30/7 2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 28 Juli 2025.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Klasifikasi Keaslian dan Campuran Bahan Bakar Minyak Menggunakan Spektrofotometer dengan Metode *Machine Learning*”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 26 Juli 2025



Greice Simbolon



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Greice Simbolon
NIM : 1306621068
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : greicesimbolon17@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Klasifikasi Keaslian dan Campuran Bahan Bakar Minyak Menggunakan Spektrofotometer
dengan Metode Machine Learning

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin 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 Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 14 Agustus 2025

Penulis

(Greice Simbolon)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang dengan judul **“Klasifikasi Keaslian dan Campuran Bahan Bakar Minyak Menggunakan Spektrofotometer dengan Metode *Machine Learning*”**. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, bimbingan, motivasi, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang secara langsung dan tidak langsung telah memberikan kontribusi, saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini. Secara khusus ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Bambang Heru Iswanto, M.Si. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Fachriza Fathan, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Esman Simbolon dan Ibu Jusminar Veronika Malau selaku orang tua saya atas doa, dukungan moral, serta semangat yang tiada henti.
5. Kakak Mekael Hamonangan Simbolon dan Kakak Reinal Agustivan Simbolon selaku saudara kandung saya atas doa, dukungan moral, serta semangat yang tiada henti.
6. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Fisika angkatan 2021, khususnya teman-teman satu bimbingan yang telah berbagi pengetahuan, cerita, dan dukungan kepada penulis.

7. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam berbagai bentuk selama proses studi dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika terapan dan teknologi analisis bahan bakar.

Jakarta, 26 Juli 2025

Greice Simbolon



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
A. Gelombang Cahaya	7
B. Spektrofotometer.....	8
C. Sensor CMOS.....	12
D. Bahan Bakar Minyak.....	14
E. <i>Machine Learning</i>	17
1. Konsep Pembelajaran Mesin	17
2. Klasifikasi dengan <i>Machine Learning</i>	18
3. Model <i>Machine Learning</i>	20
F. Penelitian Relevan.....	26
G. Kerangka Berpikir	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
A. Tempat dan Waktu Penelitian	31
B. Metode Penelitian.....	31
1. Alat dan Bahan	32

2. Prosedur Penelitian	34
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	39
1. Teknik Pengumpulan	39
2. Teknik Analisis Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
A. Akuisisi Data	42
B. Pra-pemrosesan Data	45
1. Ekstraksi Fitur	45
2. Seleksi Fitur <i>Importance</i>	53
3. Analisis Data	55
C. Klasifikasi	56
1. Model SVM	57
2. Model Random Forest	58
3. Model Decision Tree	61
4. Model KNN	62
D. Pembahasan	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
A. Kesimpulan	69
B. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	78
RIWAYAT HIDUP	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Tabel Panjang Gelombang Spektrum Cahaya Tampak	8
Tabel 3. 1	Spesifikasi Alat Spektrofotometer	32
Tabel 3. 2	Spesifikasi Laptop yang Digunakan	32
Tabel 3. 3	Jumlah Sampel	33
Tabel 3. 4	Hyperparameter Model	38
Tabel 4. 1	Jumlah data yang didapatkan pada penelitian	42
Tabel 4. 2	Pelatihan Model SVM Pada Fitur 50 Absorbansi	57
Tabel 4. 3	Pelatihan Model SVM Pada Fitur 2 Statistik	57
Tabel 4. 4	Konfusi Matriks Model SVM	58
Tabel 4. 5	Evaluasi Model SVM dengan Data uji	58
Tabel 4. 6	Pelatihan Model RF Pada Fitur 50 Absorbansi	58
Tabel 4. 7	Pelatihan Model RF Pada Fitur 2 Fitur Statistik	59
Tabel 4. 8	Konfusi Matriks Model RF	60
Tabel 4. 9	Evaluasi Model RF dengan Data uji	60
Tabel 4. 10	Pelatihan Model DT Pada Fitur 50 Absorbansi	61
Tabel 4. 11	Pelatihan Model DT Pada Fitur 2 Statistik	61
Tabel 4. 12	Konfusi Matriks Model DT	62
Tabel 4. 13	Evaluasi Model DT dengan Data uji	62
Tabel 4. 14	Pelatihan Model KNN Pada Fitur 50 Absorbansi	62
Tabel 4. 15	Pelatihan Model KNN Pada Fitur 50 Absorbansi	63
Tabel 4. 16	Konfusi Matriks Model KNN	64
Tabel 4. 17	Evaluasi Model KNN dengan Data uji	64
Tabel 4. 18	Komparasi Model <i>Machine Learning</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Spektrum Frekuensi Cahaya Tampak.....	7
Gambar 2. 2	Instrumentasi Spektroskopi UV-Vis.....	9
Gambar 2. 3	Ilustrasi SVM secara linear.....	21
Gambar 2. 4	<i>Support Vector Machine (SVM) non-linear</i>	22
Gambar 2. 5	(a) Sebelum menggunakan K-NN dan (b) setelah menggunakan K-NN	23
Gambar 2. 6	Ilustrasi Proses Klasifikasi Random Forest	24
Gambar 2. 7	Contoh <i>decision tree</i> dengan “Age” sebagai simpul akar; “Gender” dan “Last R” adalah dua simpul keputusan.....	25
Gambar 3. 1	Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	34
Gambar 3. 2	Confusion Matrix.....	40
Gambar 4. 1	(a) Proses persiapan bahan yang akan digunakan; (b) Proses pengambilan data	43
Gambar 4. 2	Spektrum data intensitas (a) Bensin pertamax RON 92 murni; (b) Campuran bensin pertamax RON 92 dan bensin pertalite RON 90	44
Gambar 4. 3	Spektrum absorbansi (a) Bensin pertamax RON 92 asli; (b) Campuran bensin pertamax RON 92 dan bensin pertalite RON 90	46
Gambar 4. 4	Perbandingan Spektrum Absorbansi Murni vs Campuran	48
Gambar 4. 5	Boxplot Fitur Statistik per Komposisi Campuran (a) <i>Max</i> ; (b) <i>Min</i> ; (c) <i>AUC</i> ; (d) Standar deviasi (std).....	51
Gambar 4. 6	Skala <i>Feature Importance</i> Fitur absorbansi.....	53
Gambar 4. 7	Skala <i>Feature Importance</i> Fitur Statistik.....	54
Gambar 4. 8	Visualisasi PCA (a) Fitur absorbansi hasil seleksi fitur <i>Feature Importance</i> ; (b) Fitur absorbansi hasil seleksi fitur fitur <i>Feature Importance</i>	55