

PERANCANGAN SISTEM PENCATATAN ATRIBUT KEBERLANJUTAN DAN OTOMATISASI *PROOF OF SUSTAINABILITY* *SUSTAINABLE AVIATION FUEL* BERBASIS BLOCKCHAIN

HANIFA HUSNA SABILA



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan tugas akhir dengan judul “Perancangan Sistem Pencatatan Atribut Keberlanjutan dan Otomatisasi *Proof of Sustainability Sustainable Aviation Fuel* berbasis Blockchain” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Hanifa Husna Sabila
F3401221020



ABSTRAK

HANIFA HUSNA SABILA. Perancangan Sistem Pencatatan Atribut Keberlanjutan dan Otomatisasi *Proof of Sustainability Sustainable Aviation Fuel* berbasis Blockchain. Dibimbing oleh FARAH FAHMA dan YANDRA ARKEMAN.

Peningkatan pemanfaatan *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) mendorong kebutuhan pengelolaan atribut keberlanjutan yang akurat dan dapat ditelusuri untuk memenuhi persyaratan sertifikasi ISCC. Namun, pencatatan atribut keberlanjutan dan penerbitan *Proof of Sustainability* (PoS) pada rantai pasok SAF masih melibatkan berbagai sumber data dan proses manual yang berpotensi menimbulkan inkonsistensi data serta menurunkan efisiensi proses bisnis. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pencatatan atribut keberlanjutan SAF yang terintegrasi dengan data operasional, mengotomatisasi penerbitan PoS, dan menerapkan teknologi blockchain untuk mendukung *traceability*, integritas data, dan validasi dokumen keberlanjutan. Metode yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan aplikasi berbasis web, serta implementasi blockchain Hyperledger Fabric. Sistem yang dikembangkan mampu mencatat atribut keberlanjutan pada setiap tahapan rantai pasok *downstream* SAF, mengotomatisasi proses penerbitan PoS, dan menyediakan mekanisme *traceability* berbasis nomor batch dan *Transaction ID*. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan dan memperoleh tingkat penerimaan pengguna sebesar 97,73%. Selain itu, waktu penerbitan PoS berkurang dari 90 menit menjadi 5 menit, sehingga meningkatkan efisiensi proses sebesar 94,44%. Sistem yang dikembangkan berpotensi mendukung pengelolaan atribut keberlanjutan SAF secara lebih terintegrasi, transparan, dan andal.

Kata kunci: *Sustainable Aviation Fuel*, atribut keberlanjutan, blockchain, *Proof of Sustainability*, ketertelusuran



ABSTRACT

HANIFA HUSNA SABILA. Design of a Blockchain-Based Sustainability Attribute Recording and Proof of Sustainability Automation System for Sustainable Aviation Fuel. Supervised by FARAH FAHMA and YANDRA ARKEMAN.

The growing adoption of Sustainable Aviation Fuel (SAF) has increased the need for accurate and traceable management of sustainability attributes to comply with ISCC certification requirements. However, sustainability attribute recording and Proof of Sustainability (PoS) issuance within the SAF supply chain still rely on multiple data sources and manual processes, which may lead to data inconsistencies and reduced operational efficiency. This study aims to design an information system for recording sustainability attributes integrated with operational data, automate the PoS issuance process, and implement Hyperledger Fabric to support traceability, data integrity, and document validation. The research methodology included requirements analysis, system design, web-based application development, and Hyperledger Fabric implementation. The developed system enables sustainability attribute recording across the downstream SAF supply chain, automates PoS generation, and provides a traceability mechanism based on batch numbers and Transaction IDs. The testing results showed that all system functions operated as intended and achieved a User Acceptance Test (UAT) score of 97.73%. In addition, the PoS issuance time was reduced from 90 minutes to 5 minutes, resulting in a 94.44% improvement in process efficiency. The proposed system has the potential to improve the integration, transparency, and reliability of sustainability attribute management across the SAF supply chain.

Keywords: Sustainable Aviation Fuel, sustainability attributes, blockchain, Proof of Sustainability, traceability



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PERANCANGAN SISTEM PENCATATAN ATRIBUT KEBERLANJUTAN DAN OTOMATISASI *PROOF OF SUSTAINABILITY* *SUSTAINABLE AVIATION FUEL* BERBASIS BLOCKCHAIN

HANIFA HUSNA SABILA

Tugas Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Hartrisari Hardjomidjojo, D.E.A.
2. Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, M.S.

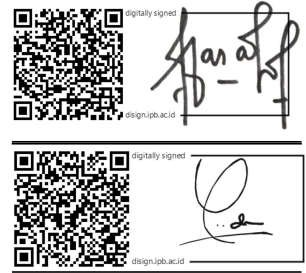
Judul Laporan : Perancangan Sistem Pencatatan Atribut Keberlanjutan dan Otomatisasi *Proof of Sustainability Sustainable Aviation Fuel* berbasis Blockchain

Nama : Hanifa Husna Sabila
NIM : F3401221020

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Farah Fahma, S.T.P., M.T.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Ono Suparno, S.T.P., M.T.
NIP. 197212031997021001



Tanggal Ujian:
8 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul “Perancangan Sistem Pencatatan Atribut Keberlanjutan dan Otomatisasi *Proof of Sustainability* SAF berbasis Blockchain” berhasil diselesaikan. Penelitian dilaksanakan sejak bulan Februari hingga Juli 2026 sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penulis menyadari dalam proses penyusunan karya ilmiah ini tidak terlepas dari bantuan, doa, dan dukungan berbagai pihak sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik.
2. Prof. Dr. Farah Fahma, S.T.P., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis selama pelaksanaan dan penyelesaian Produta.
3. Prof. Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng., selaku dosen penanggung jawab Produta yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan, dan wawasan berharga selama pelaksanaan dan penyelesaian Produta.
4. Prof. Dr. Ir. Erliza Hambali, M.Si., yang telah menjadi dosen pembimbing akademik penulis sejak semester enam hingga pertengahan pelaksanaan Produta ini, serta telah memberikan bimbingan, dukungan, dan kesempatan kepada penulis untuk terlibat dalam Produta ini.
5. Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, M.S., yang turut memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan selama pelaksanaan dan penyelesaian Produta.
6. Seluruh tim BRAIN IPB University yang telah memberikan saran, masukan, dan dukungan selama proses pelaksanaan Produta.
7. PT Pertamina Patra Niaga sebagai mitra penelitian yang telah memberikan kesempatan, data, serta dukungan dalam pelaksanaan Produta ini.
8. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, teknisi, dan staf Program Studi Teknik Industri Pertanian IPB University yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta fasilitas selama penulis menempuh pendidikan sarjana.
9. Elmanda, Shabrina, dan Zaidan selaku rekan satu tim Produta yang telah menjadi teman berdiskusi, belajar, dan berjuang bersama dalam menyelesaikan proyek ini.
10. Seluruh teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Kritik dan saran membangun sangat diharapkan penulis untuk perbaikan di masa mendatang. Demikian laporan ini disusun, semoga dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Hanifa Husna Sabila

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Sustainable Aviation Fuel (SAF)</i>	4
2.2 Sertifikasi Keberlanjutan SAF	4
2.3 Blockchain	6
2.4 <i>State of The Art</i>	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Tahapan Desain Keteknikan	10
3.4 Pengumpulan Data	13
3.5 Analisis Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Hasil Eksplorasi	15
4.2 Perancangan Model Sistem	20
4.3 Pengembangan Prototipe	31
4.4 Validasi Sistem	48
V SIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Simpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	58
RIWAYAT HIDUP	69



DAFTAR TABEL

1	Perbandingan penelitian terdahulu dan posisi penelitian	7
2	<i>Hardware</i> utama yang digunakan	9
3	<i>Software</i> utama yang digunakan	9
4	Kebutuhan fungsional sistem	20
5	Kebutuhan non-fungsional sistem	21
6	Validasi fungsional sistem menggunakan <i>Black Box Testing</i>	48
7	Validasi penerimaan pengguna menggunakan UAT	49

DAFTAR GAMBAR

1	Tahapan desain keteknikan	11
2	Peta proses bisnis dan rantai pasok SAF (IATA 2024)	16
3	Diagram <i>fishbone</i> identifikasi akar permasalahan pencatatan atribut keberlanjutan dan penyusunan	19
4	<i>Framework</i> pencatatan atribut keberlanjutan dan penerbitan PoS berbasis blockchain	22
5	BPMN sistem <i>traceability</i> SAF berbasis blockchain	24
6	<i>Use case diagram</i> sistem <i>traceability</i> SAF berbasis blockchain	26
7	CRC Card sistem <i>traceability</i> SAF berbasis blockchain	27
8	Arsitektur fisik sistem <i>traceability</i> SAF berbasis blockchain	29
9	Halaman <i>input</i> data produksi	32
10	Halaman <i>input</i> data <i>loading</i>	34
11	Halaman <i>input</i> data <i>shipping</i>	34
12	Halaman <i>input</i> data terminal	35
13	Halaman <i>input</i> data <i>fueling</i>	36
14	Halaman <i>Traceability View</i>	36
15	<i>Emission statement</i>	38
16	Halaman <i>Public Redemption</i>	39
17	Halaman <i>Generate PoS</i>	41
18	Format dokumen <i>Proof of Sustainability</i> (PoS) ISCC CORSIA (IATA 2024)	43
19	Mekanisme <i>dual endorsement</i> pada sistem	46

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kode implementasi penerbitan <i>Proof of Sustainability</i> (PoS) pada <i>backend</i>	59
2	Kode implementasi <i>Public Redemptions</i> pada <i>backend</i>	65
3	Kode <i>smart contract</i> (<i>chaincode</i>) untuk penerbitan PoS dan rekonsiliasi	67