

PENGEMBANGAN SIMULASI *ORGANIC RANKINE CYCLE* BERBASIS EXCEL VBA (*VISUAL BASIC APPLICATION*)

AULIA SHEPIANI



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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 University

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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan Simulasi *Organic Rankine Cycle* Berbasis Excel VBA (*Visual Basis Application*)” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juni 2025

Aulia Shepiani
F1401211030

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

AULIA SHEPIANI. Pengembangan Simulasi *Organic Rankine Cycle* Berbasis Excel VBA (*Visual Basic Appliaction*). Dibimbing oleh Muhamad Yulianto.

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi fokus penting dalam mendukung target bauran energi nasional, salah satunya melalui konversi energi panas limbah biomassa menjadi listrik. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah biomassa potensial yang dapat diolah melalui proses pirolisis, menghasilkan *flue gas* yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas untuk sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC). Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi simulasi ORC berbasis *Visual Basic for Applications* (VBA) yang mampu mengevaluasi kinerja termal dan estimasi emisi CO₂. Aplikasi diverifikasi dengan metode *black box* dan divalidasi menggunakan lima referensi dengan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), menunjukkan galat di bawah 20%. Simulasi menunjukkan peningkatan input termal dari TKKS memengaruhi suhu keluaran evaporator, kerja bersih, dan efisiensi sistem. Suhu kondensasi dan suhu evaporasi juga memengaruhi efisiensi termal. Termal input 4,44 kW memungkinkan sembilan fluida mencapai kondisi *superheated vapor*. Fluida dengan efisiensi tertinggi adalah R22, propana, dan isobutana. Mempertimbangkan emisi yang dihasilkan, propana dan isobutana menjadi alternatif pilihan untuk sistem ORC.

Kata kunci: emisi, *flue gas*, ORC, VBA

ABSTRACT

AULIA SHEPIANI. Development of *Organic Rankine Cycle* Simulation using Excel VBA (*Visual Basic Application*). Supervised by Muhamad Yulianto.

The utilization of renewable energy has become a key focus in supporting the national energy mix targets, one of which is through the conversion of biomass waste heat into electricity. *Oil Palm Empty Fruit Bunches* (EFB) represent a promising biomass waste that can be processed through pyrolysis, producing flue gas that can be utilized as a heat source for an *Organic Rankine Cycle* (ORC) system. This study aims to develop a simulation application of the ORC based on *Visual Basic for Applications* (VBA), capable of evaluating thermal performance and estimating CO₂ emissions. The application was verified using the black-box method and validated against five references using the *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) method, showing an error rate below 20%. The simulation results indicate that increasing heat input from EFB affects the evaporator outlet temperature, net work output, and system efficiency. Both condensation and evaporation temperatures also influence thermal efficiency. A thermal input of 4.44 kW enables nine working fluids to reach a superheated vapor condition. The fluids with the highest efficiencies are R22, propane, and isobutane. Considering the emissions produced, propane and isobutane are the preferred alternatives for ORC system.

Keywords: emission, flue gas, ORC, VBA

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 2025¹
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.

PENGEMBANGAN SIMULASI *ORGANIC RANKINE CYCLE* BERBASIS EXCEL VBA (*VISUAL BASIC APPLICATION*)

AULIA SHEPIANI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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 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 Skripsi:

- 1 Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc. Agr.
- 2 Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si.



@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.

Judul Skripsi : Pengembangan Simulasi *Organic Rankine Cycle* Berbasis Excel
VBA (*Visual Basic Application*)

Nama : Aulia Shepiani

NIM : F1401211030

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Ir. Edy Hartulistiyo, M.Sc.Agr

NIP 196304251989031001



Tanggal Ujian:
(24 Juni 2025)

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2025 sampai bulan Juni 2025 ini ialah skripsi, dengan judul “Pengembangan Simulasi *Organic Rankine Cycle* Berbasis Excel VBA (*Visual Basic Application*)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing, Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Pak Angga selaku Teknisi Laboratorium Energi Terbarukan yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Terimakasih pula kepada teman-teman yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2025

Aulia Shepiani

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Organic Rankine Cycle (ORC)</i>	4
2.2 Pemilihan Fluida Kerja	5
2.3 Sumber Energi Termal ORC	6
2.4 REPROP	7
2.5 <i>Visual Basic for Application (VBA)</i>	8
2.6 <i>Life Cycle Climate Performance (LCCP)</i>	8
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Tahapan Penelitian	9
3.4 Analisis data	17
3.5 Matriks Penelitian	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Perancangan dan Pengembangan Simulasi Sistem ORC	22
4.2 Hasil Perancangan dan Pengembangan Simulasi Sistem ORC	28
4.3 Validasi	34
4.4 Simulasi Kinerja ORC Pemanfaatan Panas Pembakaran TKKS di Retort	37
4.5 <i>Life Cycle Climate Performance (LCCP)</i>	51
V SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Simpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	58
RIWAYAT HIDUP	71



DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Fluida kerja ORC	6
2	Tabel 2 Literatur ilmiah untuk validasi sistem ORC	19
3	Tabel 3 Skala evaluasi MAPE	19
4	Tabel 4 Matriks Validasi	20
5	Tabel 5 Variabel <i>Parametric Study</i> ORC	20
6	Tabel 6 Matriks Penelitian <i>Parametric Study</i> Evaluasi Performansi	21
7	Tabel 7 Hasil Pengujian Black Box	34
8	Tabel 8 Nilai eror validasi simulasi dengan literatur ilmiah Marzouk et al. (2025)	34
9	Tabel 9 Nilai eror validasi simulasi dengan literatur ilmiah Kiki (2023)	35
10	Tabel 10 Nilai eror validasi simulasi dengan literatur ilmiah Sharma (2019)	35
11	Tabel 11 Nilai eror validasi simulasi dengan literatur ilmiah Akkaya (2017)	35
12	Tabel 12 Nilai eror validasi simulasi dengan literatur ilmiah Safarian dan Aramoun (2015)	35
13	Tabel 13 Potensi panas untuk ORC	37
14	Tabel 14 Efisiensi termal optimum masing-masing fluida kerja dan kondisinya	38

DAFTAR GAMBAR

1	(a) Skema siklus Rankine Cycle (Cengel dan Boles 2006); (b) Diagram P-h Rankine Cycle (Salim dan Melkias 2021)	4
2	Tahapan penelitian	10
3	Metode SDLC	11
4	Alur proses <i>rankine cycle</i>	12
5	Komponen perhitungan LCCP (IRR 2016)	14
6	Tahapan simulasi sistem Organic Rankine Cycle	16
7	Rancangan tungku retort dan rangkaian sistem ORC	17
8	Halaman landing page perancang sistem ORC	22
9	Halaman utama simulasi ORC ideal	23
10	Halaman input parameter P dan T di pompa ORC ideal	23
11	Halaman input P dan T komponen evaporator ORC ideal	24
12	Halaman input P dan T komponen turbin ORC ideal	24
13	Halaman input P dan T komponen kondensor ORC ideal	24
14	Halaman utama simulasi ORC aktual	25
15	Halaman input parameter panas masuk evaporator	25
16	Halaman parameter kondensor ORC aktual	26
17	Halaman parameter pompa ORC aktual	26
18	Halaman parameter evaporator ORC aktual	27
19	Halaman parameter turbin ORC aktual	27
20	Halaman parameter LCCP	27
21	Hasil rancangan landing page perangkat sistem ORC	28

22	Hasil rancangan halaman utama simulasi ORC ideal	28
23	Hasil rancangan halaman parameter input pompa ORC ideal	29
24	Hasil rancangan halaman parameter input evap ORC ideal	29
25	Hasil rancangan halaman parameter input turbin ORC ideal	29
26	Hasil rancangan halaman parameter input kondens ORC ideal	29
27	Hasil rancangan halaman utama simulasi ORC aktual	30
28	Hasil rancangan halaman utama akses komponen	31
29	Hasil rancangan halaman input parameter kondensor ORC aktual	31
30	Hasil rancangan halaman input parameter pompa ORC aktual	31
31	Hasil rancangan halaman input parameter evaporator ORC aktual	32
32	Hasil rancangan halaman input parameter turbin ORC aktual	33
33	Hasil rancangan halaman input parameter LCCP	33
34	Analisis error simulasi The Poci dengan literatur ilmiah untuk (a) Condensor duty, (b) Pump power, (c) Turbin power, (d) Mass flow, (e) Thermal efficiency	36
35	P-h diagram fluida kerja R22	39
36	P-h diagram fluida kerja R245fa	40
37	Diagram P-h fluida kerja R134a	41
38	Diagram P-h fluida kerja R1234ze(Z)	42
39	Diagram P-h fluida kerja R1234ze(E)	43
40	Diagram P-h fluida kerja R1234yf	44
41	Diagram P-h fluida kerja propana	45
42	Diagram P-h fluida kerja butana	46
43	Diagram P-h fluida kerja isobutana	47
44	Pengaruh perlakuan nilai termal masuk evaporator terhadap suhu keluar evaporator pada berbagai fluida	48
45	Pengaruh perlakuan nilai termal masuk evaporator terhadap kerja bersih pada berbagai fluida	48
46	Pengaruh perlakuan nilai termal masuk evaporator terhadap efisiensi termal pada berbagai fluida kerja	49
47	Hubungan suhu kondensasi dengan efisiensi termal pada suhu evaporasi 65 °C pada berbagai jenis fluida	50
48	Hubungan suhu evaporasi dengan efisiensi termal pada suhu kondensasi 35 °C pada berbagai jenis fluida	51
49	Analisis LCCP	52

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Data suhu, tekanan, performansi ORC pada jurnal validasi	59
2	Lampiran 2 Dokumentasi simulasi validasi	61
3	Lampiran 3 Penulisan coding dalam VBA untuk simulasi ORC	63
4	Lampiran 4 Tampilan Integrasi REPROP sebagai Library Sistem ORC	64
5	Hasil Parametric Study	65
6	Lampiran 6 Tabel Properti LCCP menurut IIR (2016)	70