



**ANALISIS POTENSI PENGGUNAAN CAMPURAN
R290/R22 SEBAGAI FLUIDA KERJA PADA SIKLUS
ORGANIK RANKINE DI DALAM SISTEM *OCEAN
THERMAL ENERGY CONVERSION* DI PERAIRAN
PAPUA BARAT**

SKRIPSI

TITUS DWITAMA

2110313002

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2025**



**ANALISIS POTENSI PENGGUNAAN CAMPURAN
R290/R22 SEBAGAI FLUIDA KERJA PADA SIKLUS
ORGANIK RANKINE DI DALAM SISTEM *OCEAN
THERMAL ENERGY CONVERSION* DI PERAIRAN
PAPUA BARAT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik**

TITUS DWITAMA

2110313002

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Titus Dwitama

NIM : 2110313002

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Analisis Potensi Penggunaan Campuran R290/R22 Sebagai
Fluida Kerja Pada Siklus Organik Rankine di dalam Sistem
Ocean Thermal Energy Conversion di Perairan Papua Barat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Purwo Joko Suranto, S.T., M.T.
Penguji Utama



Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D
Penguji Lembaga



Dr. Ir. Fairi Ashfi Ravhan, ST., MT.
Penguji I (Pembimbing)



Dr. Muchamad Oktaviandri, ST., MT.,
IPM., ASEAN.Eng
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.
Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 3 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS POTENSI PENGGUNAAN CAMPURAN R290/R22 SEBAGAI
FLUIDA KERJA PADA SIKLUS ORGANIK RANKINE DI DALAM SISTEM
OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION DI PERAIRAN PAPUA BARAT

Disusun Oleh:

Titus Dwitama

2110313002

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T. M.T.



Fathin Muhammad Mahdudhu, S.T.,
M.Sc.

Kepala Program Studi SI Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Titus Dwitama

NIM : 2110313002

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 16 Juli 2025

Yang menyatakan,



Titus Dwitama

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Titus Dwitama

NIM : 2110313002

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISIS POTENSI PENGGUNAAN CAMPURAN R290/R22 SEBAGAI
FLUIDA KERJA PADA SIKLUS ORGANIK RANKINE DI DALAM
SISTEM *OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION* DI PERAIRAN
PAPUA BARAT”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 16 Juli 2025

Yang menyatakan,



Titus Dwitama

ANALISIS POTENSI PENGGUNAAN CAMPURAN R290/R22 SEBAGAI FLUIDA KERJA PADA SIKLUS ORGANIK RANKINE DI DALAM SISTEM OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION DI PERAIRAN PAPUA BARAT

Titus Dwitama

ABSTRAK

Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) adalah teknologi yang memanfaatkan perbedaan suhu antara air laut yang hangat di permukaan dan air lebih dingin di kedalaman untuk menghasilkan energi listrik melalui Siklus Organik Rankine (ORC). Pemilihan fluida kerja yang optimal sangat krusial untuk meningkatkan efisiensi sistem OTEC, sehingga penelitian ini menganalisis potensi campuran R290/R22 dibandingkan dengan fluida kerja tunggal R22, R717 dan R290 untuk menghasilkan daya dan efisiensi termal yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa R717 memiliki nilai kalor masuk (Q_{in}) paling tinggi, yaitu 1260 kJ/kg, serta daya keluaran tertinggi mencapai 6.296 kW, meskipun efisiensi termalnya tergolong rendah. R22, meski mempunyai nilai kalor buang (Q_{out}) terendah yaitu 201.1 kJ/kg, menghasilkan daya dan efisiensi termal paling rendah (0.973 kW, 4.435%), sehingga kurang cocok untuk sistem OTEC-ORC. Campuran (0.7)R290/(0.3)R22 menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan efisiensi termal tertinggi mencapai 6.617%, yang lebih baik dibandingkan dengan fluida tunggal lainnya, meskipun daya yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan R717. Oleh karena itu, kombinasi R290/R22 memberikan solusi yang lebih efektif untuk meningkatkan kinerja sistem OTEC-ORC dalam mengubah energi laut menjadi listrik secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Efisiensi Termal, Fluida Kerja Campuran, OTEC-ORC.

ANALYSIS OF THE POTENTIAL USE OF R290/R22 MIXTURE AS WORKING FLUID IN RANKINE ORGANIC CYCLE IN OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION SYSTEM IN WEST PAPUA WATERS

Titus Dwitama

ABSTRACT

Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) is a technology that utilizes the temperature difference between warm seawater at the surface and cooler water at depth to generate electrical energy through the Organic Rankine Cycle (ORC). The selection of optimal working fluid is crucial to improve the efficiency of OTEC systems, so this research analyzes the potential of R290/R22 blends compared to single working fluids R22, R717 and R290 to produce better power and thermal efficiency. The results show that R717 has the highest inlet heating value (Q_{in}) of 1260 kJ/kg, and the highest output power of 6.296 kW, although its thermal efficiency is low. R22, despite having the lowest exhaust heating value (Q_{out}) of 201.1 kJ/kg, produced the lowest power and thermal efficiency (0.973 kW, 4.435%), making it less suitable for OTEC-ORC systems. The (0.7)R290/(0.3)R22 mixture showed better performance with the highest thermal efficiency reaching 6.617%, which compares favorably with other single fluids, although the power generated was lower than that of R717. Therefore, the R290/R22 combination provides a more effective solution to improve the performance of OTEC-ORC systems in converting ocean energy into electricity in a sustainable manner.

Keywords: OTEC-ORC, Thermal Efficiency, Working Fluid Mixture.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan rasa puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Potensi Penggunaan Campuran R290/R22 Sebagai Fluida Kerja Pada Siklus Organik Rankine di Dalam Sistem *Ocean Thermal Energy Conversion* di Perairan Papua Barat” yang mana skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc. selaku pembimbing II yang telah memberikan arahan kepada penulis.
4. Ibu Maya Sari Zanty dan bapak M.H. Panangian H. selaku orang tua penulis yang tercinta atas doa dan restunya selama penulis menyusun skripsi.
5. Erika Natalia Safe yang senantiasa memberikan semangat, motivasi dan menyertai penulis selama penulis menyusun skripsi.
6. Teman – teman penulis yang senantiasa menemani penulis dalam suka dan duka.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan baik dalam penyajian materi hingga sistematika penulisan, oleh sebab itu penulis sangat terbuka untuk kritik dan saran agar melengkapi kekurangan tersebut.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan berpikir serta sebagai bahan referensi dan informasi yang bermanfaat bagi pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Perkapalan.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

VIII

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	II
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	III
PERNYATAAN ORISINALITAS	IV
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	V
ABSTRAK.....	VI
ABSTRACT.....	VII
KATA PENGANTAR.....	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR GAMBAR.....	XIII
DAFTAR NOTASI.....	XVI
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Hipotesis	5
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
1.7 Sistematika Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Komponen Mesin OTEC.....	7
2.1.1 Pompa	7
2.1.2 Evaporator.....	9
2.1.3 Kondensor	10
2.1.4 Turbin	12
2.1.5 Generator	13
2.2 Jenis – Jenis OTEC	14
2.2.1 <i>Open-Cycle</i> OTEC	14
2.2.2 <i>Close-Cycle</i> OTEC.....	15

2.2.3	<i>Hybrid-Cycle OTEC</i>	16
2.3	Pengaplikasian OTEC	17
2.3.1	<i>Floating OTEC Platform</i>	17
2.3.2	<i>On-Shore OTEC Platforms</i>	18
2.4	Prinsip Dasar Sistem OTEC	19
2.4.1	Hukum 1 Termodinamika.....	19
2.4.2	Hukum 2 Termodinamika.....	19
2.4.3	Siklus Rankine	20
2.4.4	<i>Organic Rankine Cycle</i>	20
2.5	Fluida Kerja	21
2.5.1	R22	21
2.5.2	R290	22
2.5.3	R717	23
2.5.4	Fluida Kerja Campuran	24
2.6	Potensi Wilayah Indonesia Untuk Pengembangan OTEC	25
2.6.1	Papua Barat	27
2.7	<i>Research Gap</i>	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	35
3.1.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah	36
3.1.2	Studi Literatur	36
3.1.3	Pengumpulan Data.....	36
3.1.4	Perancangan Skema OTEC-ORC	36
3.1.5	Simulasi Termodinamika.....	38
3.1.6	Validasi	39
3.1.7	Analisis Hasil Simulasi Perbandingan R-717, R22, R290, dan Campuran R290/R22	39
3.2	Variasi Penelitian	39
3.3	Analisis Termodinamika	40
3.2.1	Analisis Menggunakan EES	40
3.2.2	Analisis Menggunakan REFPROP	48
3.2.3	Analisis Menggunakan Microsoft Excel	58

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Validasi.....	60
4.2 Energi	62
4.1.1 Kerja Pompa Jenuh dan Kerja Pompa Aktual	62
4.1.2 Sumber Kalor	67
4.1.3 Kerja Turbin Jenuh dan Kerja Turbin Aktual	71
4.1.4 Kalor Kondensor	77
4.3 Daya.....	83
4.4 Efisiensi <i>Thermal</i>	85
BAB 5 PENUTUP	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Suhu Air Laut Bulanan Pada Permukaan laut dan kedalaman 700 meter di Perairan Papua Barat	28
Tabel 2.2 Daya Terpasang Provinsi Papua Barat Tahun 2015 – 2019	29
Tabel 2.3 Penyusutan Daya Provinsi Papua Barat Tahun 2015 – 2019	30
Tabel 2.4 Tinjauan Pustaka	31
Tabel 3.1 Karakteristik Fluida Kerja yang Digunakan	38
Tabel 3.2 Karakteristik Fluida Kerja yang Digunakan	39
Tabel 3.3 Data parameter variasi penelitian.....	40
Tabel 4.1 <i>Mean Deviation</i> dari data simulasi dan data validasi fluida R290.....	61
Tabel 4.2 <i>Mean Deviation</i> dari data simulasi dan data validasi fluida R717.....	61
Tabel 4.3 <i>Mean Deviation</i> dari data simulasi dan data validasi fluida R22.....	61
Tabel 4.4 Perbandingan dengan penelitian (Bharyah, 2024)	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Floating OTEC Plant</i>	2
Gambar 1.2 <i>Organic Rankine Cycle</i>	3
Gambar 1.3 <i>Fluida Kerja R717</i>	4
Gambar 2.1 <i>Komponen Mesin dalam Sistem OTEC</i>	7
Gambar 2.2 <i>Pompa Sentrifugal</i>	9
Gambar 2.3 <i>Evaporator</i>	10
Gambar 2.4 <i>Kondensor</i>	11
Gambar 2.5 <i>Turbin</i>	13
Gambar 2.6 <i>Generator</i>	14
Gambar 2.7 <i>Open-Cycle OTEC</i>	15
Gambar 2.8 <i>Close-Cycle OTEC</i>	16
Gambar 2.9 <i>Hybrid-Cycle OTEC</i>	17
Gambar 2.10 <i>Situs OTEC di seluruh dunia dan LCOE-nya</i>	18
Gambar 2.11 <i>onshore OTEC</i>	19
Gambar 2.12 <i>Siklus Rankine</i>	20
Gambar 2.13 <i>Siklus Organik Rankine</i>	21
Gambar 2.14 <i>R22</i>	22
Gambar 2.15 <i>R290</i>	23
Gambar 2.16 <i>R717</i>	24
Gambar 2.17 <i>Wilayah Potensi Pengembangan OTEC di Indonesia</i>	25
Gambar 2.18 <i>Peta Persebaran Suhu Permukaan laut</i>	26
Gambar 2.19 <i>Peta Lokasi Laut Utara Papua Barat</i>	27
Gambar 2.20 <i>Skema Mesin (Bhariyah, 2024)</i>	33
Gambar 2.21 <i>Skema Mesin Pribadi</i>	33
Gambar 3.1 <i>Diagram alir penelitian</i>	35
Gambar 3. 2 <i>Skema OTEC-ORC yang Dirancang</i>	37
Gambar 3.3 <i>software EES dalam EES</i>	40
Gambar 3.4 <i>Equations Window dalam EES</i>	41
Gambar 3.5 <i>Equations Window dalam EES</i>	41
Gambar 3.6 <i>menu bar Calculate dalam EES</i>	41

Gambar 3.7 Tabel <i>information</i> dalam EES.....	42
Gambar 3.8 Menu <i>Solve</i> dalam EES	42
Gambar 3.9 tabel <i>solution</i> dalam EES.....	42
Gambar 3.10 <i>property plot</i> dalam EES	43
Gambar 3.11 window <i>Property Plot Information</i> dalam EES	43
Gambar 3.12 window <i>Property Plot Information</i> dalam EES	44
Gambar 3.13 <i>T-S Diagrams</i> dalam EES.....	44
Gambar 3.14 menu <i>overlay</i> dalam EES.....	45
Gambar 3.15 <i>T-S Diagrams</i> dalam EES.....	45
Gambar 3.16 window <i>property plot</i> dalam EES	46
Gambar 3.17 window <i>property plot</i> dalam EES	46
Gambar 3.18 <i>P-H Diagrams</i> dalam EES.....	47
Gambar 3.19 <i>overlay</i> dalam EES.....	47
Gambar 3.20 <i>P-H Diagrams</i> dalam EES.....	48
Gambar 3.21 REFPROP	48
Gambar 3.22 menu <i>Units</i> dalam REFPROP	49
Gambar 3.23 window <i>Units</i> dalam REFPROP	49
Gambar 3.24 menu <i>Properties</i> dalam REFPROP	50
Gambar 3.25 window <i>Properties</i> dalam REFPROP.....	50
Gambar 3.26 <i>Substance</i> dalam REFPROP	51
Gambar 3.27 <i>Define New Mixture</i> dalam REFPROP.....	51
Gambar 3.28 <i>Specify Mixture Composition</i> dalam REFPROP	52
Gambar 3.29 menu <i>Calculate</i> dalam REFPROP	52
Gambar 3.30 <i>Specified State Points</i> dalam REFPROP	53
Gambar 3.31 <i>Plot</i> dalam REFPROP	53
Gambar 3.32 <i>Setup Temperature vs. Entropy Plot</i> dalam REFPROP.....	54
Gambar 3.33 <i>Overlay Plot</i> dalam REFPROP	54
Gambar 3.34 <i>Window Overlay Plot</i> dalam REFPROP	55
Gambar 3.35 <i>T-S Diagrams</i> dalam REFPROP	55
Gambar 3.36 <i>Plot</i> dalam REFPROP	56
Gambar 3.37 <i>Window Setup Pressure vs. Enthalpy Plot</i> dalam REFPROP.....	56
Gambar 3.38 <i>Overlay Plot</i> dalam REFPROP	57

Gambar 3.39 <i>Window Overlay Plot</i> dalam REFPROP	57
Gambar 3.40 <i>P-H Diagrams</i> dalam REFPROP	58
Gambar 3.41 Microsoft Excel.....	58
Gambar 3.42 Data – data yang diperlukan	59
Gambar 3.43 Hasil entalpi dan entropi.....	59
Gambar 3.44 Hasil keseluruhan	59
Gambar 4. 1 Grafik Batang <i>Mean Deviation</i> Penelitian.....	61
Gambar 4.2 <i>Work Pump Saturated</i> Variasi 1	63
Gambar 4.3 <i>Work Pump Saturated</i> Variasi 2	64
Gambar 4.4 <i>Work Pump Actual</i> Variasi 1	65
Gambar 4.5 <i>Work Pump Actual</i> Variasi 2	66
Gambar 4. 6 Nilai h_3 variasi 1.....	67
Gambar 4.7 Nilai h_3 variasi 2.....	68
Gambar 4.8 Q_{in} Variasi 1.....	69
Gambar 4.9 Q_{in} Variasi 2.....	70
Gambar 4.10 h_{4s} Variasi 1.....	71
Gambar 4.11 h_{4s} Variasi 2.....	72
Gambar 4.12 WTS Variasi 1	73
Gambar 4.13 WTS Variasi 2	74
Gambar 4.14 WTA Variasi 1	75
Gambar 4.15 WTA Variasi 2	76
Gambar 4.16 h_1 Variasi 1.....	78
Gambar 4.17 h_1 Variasi 2.....	78
Gambar 4.18 h_4 Variasi 1.....	79
Gambar 4.19 h_4 Variasi 2.....	80
Gambar 4.20 Q_{out} Variasi 1	81
Gambar 4.21 Q_{out} Variasi 2	82
Gambar 4.22 <i>Power</i> Variasi 1.....	83
Gambar 4.23 <i>Power</i> Variasi 2.....	84
Gambar 4.24 <i>Thermal Efficiency</i> Variasi 1	86
Gambar 4.25 <i>Thermal Efficiency</i> Variasi 2	87

DAFTAR NOTASI

h	Entalpi	kJ/kg
P	Daya	kW
P	Tekanan	kPa
Q_{in}	Kalor evaporator	kJ/kg
Q_{out}	Kalor kondensor	kJ/kg
s	Entropi	kJ/kg.k
T	Suhu	$^{\circ}\text{C}$
W_{net}	Kerja bersih	kJ/kg
W_{PA}	Energi aktual pompa	kJ/kg
W_{Ps}	Energi ideal pompa	kJ/kg
W_{TA}	Energi aktual turbin	kJ/kg
W_{TS}	Energi ideal turbin	kJ/kg
X_4	Fraksi massa	-
v	Spesifik volume	m^3/kg
Simbol		
η	Efisiensi	%
η_{P}	Efisiensi pompa	%
η_{Th}	Efisiensi termal	%
$\dot{m}$	Laju aliran massa	kg/s
Δh	Perbedaan entalpi	kJ/kg
Singkatan		
OTEC	<i>Ocean Thernal Energy Conversion</i>	
ORC	<i>Organic Rankine Cycle</i>	
OTEC-ORC	<i>Ocean Thernal Energy Conversion - Organic Rankine Cycle</i>	
GWP	<i>Global Warming Potential</i>	
ODP	<i>Ozone Depletion Potential</i>	
LCOE	<i>Levelised Cost Of Electricity</i>	