

**Simulasi *Organic Rankine Cycles* ( *ORC* )  
untuk Pembangkit Listrik Biomassa Skala 100 KW**

**TESIS**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Magister dari Universitas Darma Persada**

**Oleh**

**I PUTU HIKARIANTARA**

**NIM : 2015910008**

**( Program Studi Magister Energi Terbarukan )**



**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

**JAKARTA**

**2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN

"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya"

Jakarta, September 2017

I Putu Hikariantara  
NIM : 2015910008



## ABSTRAK

**I PUTU HIKARIANTARA (2015910008).** *Simulasi Organic Rankine Cycle ( ORC ) Untuk Pembangkit Biomassa Skala 100Kw .* Dibawah Bimbingan, Dr. Aep Saepul Uyun, M. Eng. Dr. Muhamad Syukri Nur, dan Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah,IPU

*Organic Rankine Cycle (ORC)* adalah salah satu sistem pembangkit listrik yang merupakan modifikasi dari Rankine Cycle dimana fluida kerja yang digunakan adalah refrigerant. *ORC* memiliki empat komponen utama yaitu evaporator, turbin, kondensor, dan pompa. Sumber panas yang digunakan dalam simulasi *ORC* ini berasal dari biomassa, perancangan simulasi ini menggunakan software DWSIM, berdasarkan parameter biomassa yang dibuat, akan dikelompokkan menjadi 3 kelompok, masing – masing dari tanaman pertanian, perkebunan, dan tanaman kehutanan, hasil perhitungan menggunakan software terdapat beberapa parameter yang dilihat seperti nilai efisiensi dari setiap sumber biomassa serta jumlah biomassa yang akan digunakan untuk pembangkit skala 100Kw. dibutuhkan 19,26 Kg / Jam dan 462,14 Kg/day bahan yang akan digunakan dalam sistem *ORC*, Efisiensi yang dihasilkan rata – rata mencapai 20% - 30% dari simulasi *ORC*

Kata Kunci : *ORC*, Konversi Biomassa, Efisiensi Daya,

## ABSTRACT

I PUTU HIKARIANTARA (2015910008). Organic Rankine Cycle Simulation (ORC) for 100Kw Scale Biomass Plant. Under the Guidance, Dr. Aep Saepul Uyun, M. Eng. Dr. Muhamad Syukri Nur, and Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU

Organic Rankine Cycle (ORC) is one of the power plant system which is a modification of Rankine Cycle, where the working fluid used is refrigerant. ORC has four main components: evaporator, turbine, condenser, and pump. The heat source used in this ORC simulation comes from biomass, the design of this simulation using DWSIM software, based on the parameters of biomass made, will be grouped into 3 groups, each from agricultural crops, plantations, and forestry crops, the results of calculations using the software there are some parameters seen such as the efficiency of each biomass source and the amount of biomass that will be used for 100Kw scale generator. it takes 19.26 Kg / hr and 462.14 Kg / day material to be used in ORC system, The resulting efficiency reaches an average of 20% - 30% of the ORC simulation

Keywords: ORC, Biomass Conversion, Power Efficiency,

## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**Judul Tesis** : Simulasi *Organic Rankine Cycles* ( *ORC* )  
untuk Pembangkit Listrik Biomassa Skala 100  
Kw  
**Nama** : I Putu Hikariantara  
**NIM** : 2015910008

### Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Aep Saepul Uyun, M.Eng  
(Pembimbing Utama / Penguji)

Dr. Muhamad Syukri Nur  
(Anggota 1 / Penguji)

Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU  
(Anggota 2 / Penguji)

Ir. Erkata Yandri, M.Sc  
(Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

(Dr. Aep Saepul Uyun, M.Eng)

(Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU)

Tanggal Ujian : 18 Agustus 2017

Tanggal Yudisium : 18 Agustus 2017



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis ini. Maksud dan tujuan dari penulisan tesis ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Magister Srata 2, Sekolah Pascasarjana, Program Studi Energi Terbarukan di Universitas Darma Persada Jakarta.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, selama masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan Proposal Thesis ini. Maka pada kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng. Sebagai Ketua Program Studi Energi Terbarukan Sekolah Pascasarjana Universitas Darma Persada yang sekaligus pembimbing utama. Selanjutnya bapak Dr. Muhamad Syukri Nur, M.Si. selaku Dosen Pascasarjana Energi Terbarukan yang sekaligus sebagai pembimbing pertama dan bapak Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU, sebagai Direktur Sekolah Pascasarjana Universitas Darma Persada, yang sekaligus pembimbing kedua.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kitaa semua terutama untuk pengembangan ilmu dibidang energi terbarukan

Jakarta, September 2017

I Putu Hikariantara

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bekasi, pada tanggal 11 Mei 1992, Sebagai anak pertama dari pasangan I Wayan Widana dan Ni Made Darmi. Pada tahun 2005 penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar di SDN VI Harapan Jaya Bekasi, ditahun itu juga penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 05 Bekasi dan tamat pada tahun 2007 kemudian penulis melanjutkan sekolah di SMA Travina Prima Bekasi, dan selesai pada tahun 2010. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang strata satu perguruan tinggi tepatnya di Universitas Darma Persada Jakarta pada program studi Teknik Mesin.

Semasa menjalani studi penulis menjadi salah satu anggota Himpunan Mahasiswa Mesin, penulis juga aktif di dalam organisasi sosial kepemudaan yang berada di Pura Agung Tirta Bhuana Bekasi. Pada tahun 2015 penulis menyelesaikan studi strata satu nya. Ditahun yang sama penulis diberikan kesempatan untuk melanjutkan pendidikan ke strata dua di Sekolah Pascasarjana Energi Terbarukan Universitas Darma Persada Jakarta. Pada tahun 2017 penulis diberi kesempatan sebagai salah satu perwakilan kampus untuk mengikuti salah satu program yang diadakan oleh *Institute Ocean Energy Saga University, Japan*. Selama mengikuti program penulis mendapatkan penghargaan akademik. Dan ditahun ini juga penulis menyelesaikan studinya serta memperoleh gelar Magister dibidang Energi Terbarukan.



*Dipersembahkan untuk I Wayan Widana dan Ni Made Darmi.*

*Yang tiada henti memberikan support dan doa*

.....



## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa , penyusunan tesis ini telah mencapai tahap akhir dan selesai pada waktunya. Penulis sangat berterima kasih kepada Dr. Aep Saepul Uyun, M.Eng sebagai ketua Tim Pembimbing atas segala saran, bimbingan dan nasehatnya selama penelitian ini berlangsung dan selama penulisan tesis ini. Penulis juga berterima kasih atas saran, kritik dan nasihat dari anggota Tim Pembimbing Dr. Muhamad Syukri Nur dan Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU yang telah memberi tuntunan dan arahan dalam penyelesaian tesis ini, serta Ibu Dra. Irna Djajadiningrat, M.Hum sebagai Wakil Direktur Pascasarjana dan Ibu Rita Handayani Selaku staff sekretariat pascasarjana yang telah memberikan semangat.

Ucapan terimakasih untuk Keluarga besar penulis, Bapak I Wayan Widana, Ibu Made Darmi, Paman Komang Surya Jaya, Paman Wayan Tantra, Ibu Komang Muliani, Paman Wayan Sudana, I Putu Pratama Yudhistira, I Kadek Arya Yogi Miyaantara, Ni Kadek Kartika Paramitha, Ayu Nareswari Keluarga Besar Pemuda STT Yowana Bagasasi, Pande Wayan Rinanta, Ayu Ade, Dalile Putra, Wayan Agus Sumarjaya, Kadek Aditya Jaya Kusuma, Putu Dharma Yusa serta teman teman yang lainnya.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pengajar yang telah membekali ilmu dan pengetahuan selama penulis menyelesaikan studi di Sekolah Pascasarjana Program Energi Terbarukan Universitas Darma Persada. Mas Tohirin sebagai salah staf pendukung yang telah memberikan pelayanan dan bantuan tenaga, serta rekan – rekan angkatan 2014 dan 2015. Pak Abu Nansa, Mba Tifa Asrianti, Mba Henny Handayani, Pak Alie Bamahry, Pak Rino Imanda, Jaelani Sidik, Pak Rolando Silitonga, Pak Heri Susanto, Rino Agustianto, Jadearman Saragih, Doni Susenno, Pak Dedy Jaya Abadi Manuhuruk, Pak Hepi Santosa, Pak Rusmana, Pak Abdul Rahman, Ibu Murniati Sibarani, Pak Djohari Tatang yang dengan kebersamaannya telah memberikan semangat yang luar biasa.

Akhir kata semoga tesis ini dapat bermanfaat serta menambah keilmuan bagi pengembangan penelitian dibidang ilmu energi terbarukan.

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>III</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....</b>	<b>IV</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>V</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>VI</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>	<b>IX</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>X</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>XII</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>XIII</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....</b>	<b>XIV</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>XV</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 * LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUANG LINGKUP PENELITIAN .....	3
1.3 PERUMUSAHAN MASALAH .....	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN .....	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 TINJAUAN UMUM .....	4
2.2 FLUIDA KERJA ORC.....	6
2.3 PROSES KONVERSI BIOMASSA.....	7
2.4 PEMBAKARAN BAHAN BAKAR BIOMASSA .....	7
2.4.1 <i>Pembakaran Langsung ( Direct Combustion )</i> .....	8
2.4.2 <i>Efisiensi Konversi Biomassa</i> .....	9
2.4.3 <i>Kelebihan dan Kekurangan ORC</i> .....	9
2.5 KERANGKA PEMIKIRAN PENELITIAN .....	11
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	12
3.2 DESAIN SIMULASI ORC .....	13
3.2.1 <i>DWSIM Software</i> .....	13

3.2.2	<i>Metoda Analisis sistem ORC</i> .....	13
3.2.3	<i>Skema Sistem ORC</i> .....	14
3.3	PROSES PENGAMBILAN DATA .....	15
3.4	PARAMETER KONVERSI BIOMASSA .....	15
3.4.1	<i>Tanaman Pertanian</i> .....	16
3.4.2	<i>Tanaman Perkebunan</i> .....	18
3.4.3	<i>Tanaman Kehutanan</i> .....	20
3.5	MODEL TERMODINAMIKA .....	21
3.6	ASUMSI PARAMETER DESAIN.....	22
3.6.1	<i>Pompa</i> .....	22
3.6.2	<i>Evaporator</i> .....	23
3.6.3	<i>Turbin</i> .....	24
3.6.4	<i>Condensor</i> .....	25
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>26</b>
4.1	HASIL DESAIN SIMULASI ORC.....	26
4.2	SIKLUS TERMODINAMIKA.....	27
4.3	ANALIS DARI DESAIN SIMULASI ORC.....	29
4.4	DAYA TURBIN .....	30
4.5	KEBUTUHAN BIOMASSA.....	31
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>33</b>
5.1	KESIMPULAN .....	33
5.2	SARAN.....	33
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>34</b>
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>35</b>

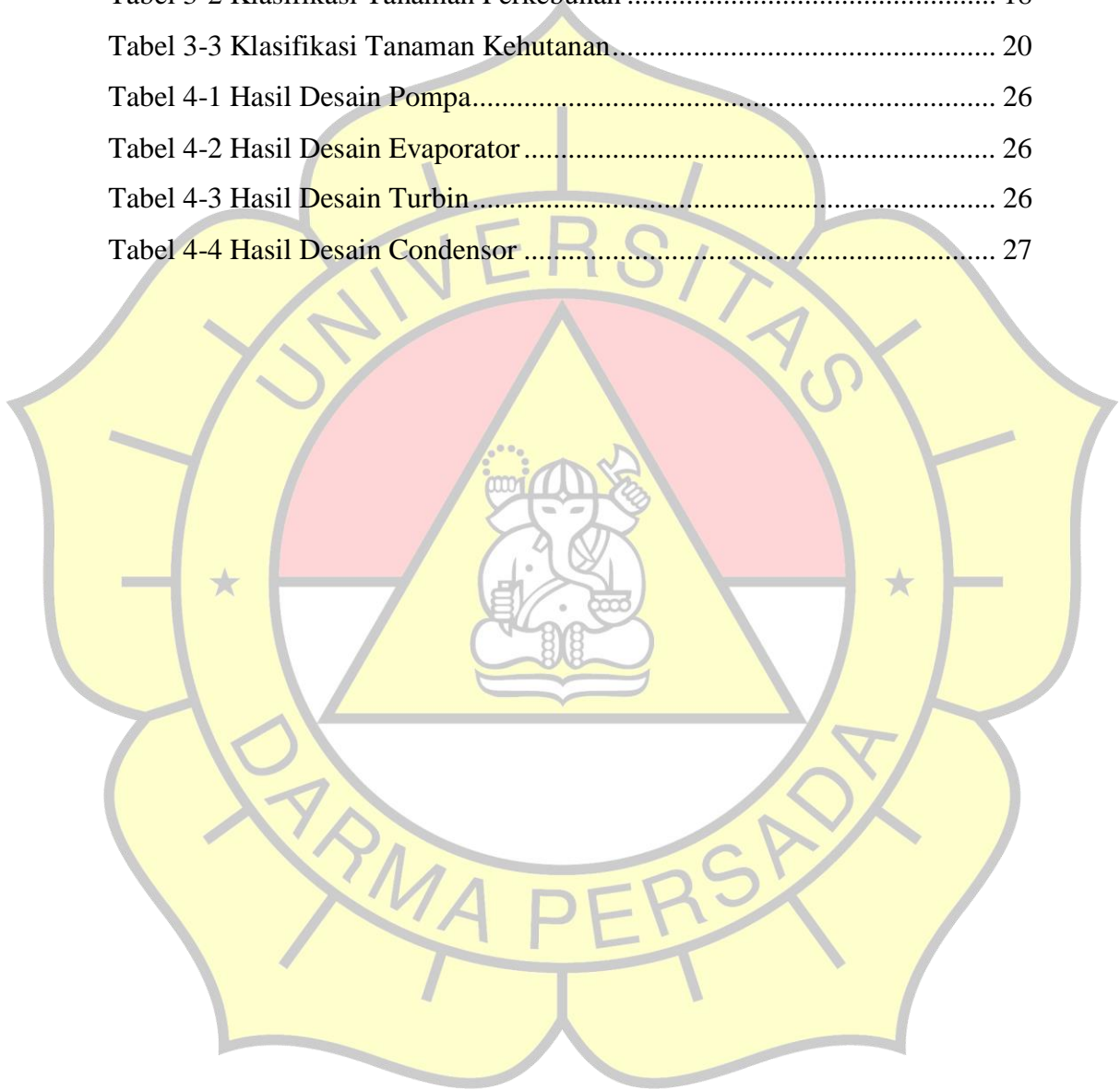
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus ORC ideal beserta kondisi termodinamikanya.....	4
Gambar 2.2 Perkembangan Teknologi ORC dan Aplikasinya .....	5
Gambar 2.3 Tingkat Temperatur Fluida Kerja.....	6
Gambar 2.4 Limbah Biomassa .....	7
Gambar 2.5 Direct Combustion Of Biomass .....	8
Gambar 2.6 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	12
Gambar 3.2 DWSIM Software.....	13
Gambar 3.3 Design Sistem ORC .....	14
Gambar 3.4 Litertature Sumber Panas Biomassa.....	15
Gambar 3.5 Parameter Desain Pompa .....	22
Gambar 3.6 Parameter Desain Evaporator.....	23
Gambar 3.7 Parameter Desain Turbin.....	24
Gambar 3.8 Parameter Desain Condensor .....	25
Gambar 4.1 Diagram Siklus ORC.....	27
Gambar 4.2 Diagram T-h .....	28
Gambar 4.3 Grafik Hasil Simulasi .....	29
Gambar 4.4 Grafik Daya Turbin .....	30
Gambar 4.5 Jumlah Massa Biomass Per-Jam .....	31
Gambar 4.6 Jumlah Biomassa Per-hari.....	32



## DAFTAR TABEL

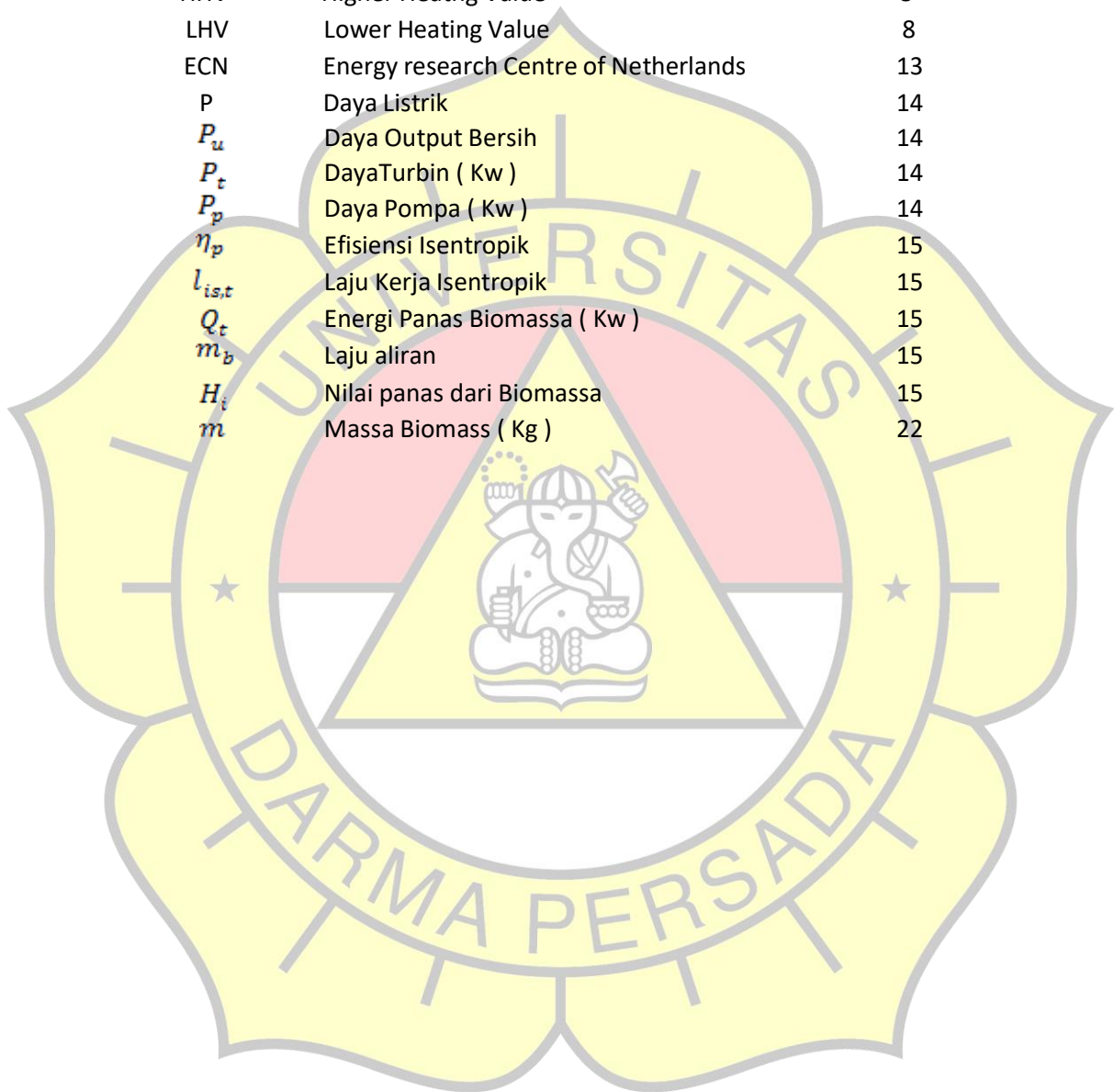
Tabel 2-1 Perbandingan sifat fluida kerja ORC .....	6
Tabel 2-2 Efisiensi Konversi Biomassa .....	9
Tabel 3-1 Klasifikasi Tanaman Pertanian .....	16
Tabel 3-2 Klasifikasi Tanaman Perkebunan .....	18
Tabel 3-3 Klasifikasi Tanaman Kehutanan.....	20
Tabel 4-1 Hasil Desain Pompa.....	26
Tabel 4-2 Hasil Desain Evaporator .....	26
Tabel 4-3 Hasil Desain Turbin.....	26
Tabel 4-4 Hasil Desain Condensor .....	27





## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	NAMA	HALAMAN
ORC	Organic Rankine Cycle	1
ODP	Ozone Depleting Potential	5
HHV	Higher Heatng Value	8
LHV	Lower Heating Value	8
ECN	Energy research Centre of Netherlands	13
$P$	Daya Listrik	14
$P_u$	Daya Output Bersih	14
$P_t$	Daya Turbin ( Kw )	14
$P_p$	Daya Pompa ( Kw )	14
$\eta_p$	Efisiensi Isentropik	15
$l_{is,t}$	Laju Kerja Isentropik	15
$Q_t$	Energi Panas Biomassa ( Kw )	15
$m_b$	Laju aliran	15
$H_i$	Nilai panas dari Biomassa	15
$m$	Massa Biomass ( Kg )	22



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 5-1 Annual Report Coller DWSIM Softwae .....	35
Lampiran 5-2 Annual Report Pump DWSIM Software.....	35
Lampiran 5-3 Annual Report Evaporator DWSIM Software .....	36
Lampiran 5-4 Annual Report Condensor DWSIM Software.....	37
Lampiran 5-5 Annual Report Turbine & Heater.....	38

