

**ANALISA PEMANFAATAN *BRAIN WATER* DI PEMBANGKIT  
LISTRIK PANAS BUMI (PLTP) SALAK SEBAGAI SUMBER  
ALTERNATIF PEMANAS *DOMESTIC WATER***



AGUS HARIADHI

UNIVERSITAS NIM: 41315110086 S

MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2017

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISA PEMANFAATAN *BRAIN WATER* DI PEMBANGKIT  
LISTRIK PANAS BUMI (PLTP) SALAK SEBAGAI SUMBER  
ALTERNATIF PEMANAS *DOMESTIC WATER*



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Nama : Agus Hariadhi

NIM : 41315110086

Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)

AGUSTUS 2017

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Agus Hariadhi

N.I.M : 41315110086

Jurusan : TeknikMesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisa Pemanfaatan *Brain Water* di Pembangkit Listrik Panas Bumi  
(PLTP) Salak Sebagai Sumber Alternatif Pemanas *Domestic Water*

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Jakarta, Agustus 2017  
6000  
Agus Hariadhi



**LEMBAR PENGESAHAN**

Analisa Pemanfaatan *Brain Water* di Pembangkit Listrik  
Panas Bumi (PLTP) Salak Sebagai Sumber  
Alternatif Pemanas *Domestic Water*




Disusun Oleh:

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Nama : Agus Hariadhi  
NIM : 41315110086  
Program Studi : Teknik Mesin


Mengetahui,

Dosen Pembimbing



(Prof. DR. Ir. Chandrasa Soekardi, DEA)

Koordinator Tugas Akhir



(Haris Wahyudi, ST. MT)

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala nikmat, karunia dan rezeki-Nya sehingga dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini penulis susun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir pada program Sarjana Strata Satu (S1) di Universitas Mercu Buana. Selama penyusunan Tugas Akhir ini, baik saat persiapan maupun pelaksanaannya, penulis banyak mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta dukungan kepada penulis agar mendapatkan keberkahan dan mamberikan manfaat dari pendidikan yang ditempuh.
2. Istriku Anisya Hajar Sholikhah dan kedua putra dan putriku yang selalu menjadi semangat untuk terus mencari ilmu agar menjadi inspirasi bagi mereka.
3. Bapak Danto Sukmajadi, ST, MSc, Ph.D sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi, DEA sebagai Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan masukan dalam memecahkan masalah.
5. Bapak Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Bapak Haris Wahyudi, ST., M.Sc sebagai Koordinator Tugas Akhir sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu kami para mahasiswa mengenai gambaran, panduan hingga informasi yang bermanfaat terkait penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen pengajar dan Staf Tata Usaha Pak Nandi, Pak Charli serta semua karyawan/ karyawanati program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik yang sangat membantu dan kemudahannya dalam berkomunikasi dengan penulis dalam proses kegiatan belajar di Universitas Mercu Buana.

8. Mentor, sahabat dan rekan dari perusahaan Star Energy Geothermal Salak yang telah membantu penulis dalam hal memberikan informasi mengenai data-data yang diperlukan dalam penyusunan Tugas Akhir.
9. Semua rekan-rekan mahasiswa/ mahasiswi program studi Teknik Mesin yang di setiap tatap muka di kelas maupun forum di e-learning dengan saling memberikan dukungan dan bertukar informasi baik dari sisi akademis maupun diskusi mengenai pekerjaan.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan kita semua dan penulis memohon maaf atas segala kesalahan yang pernah dilakukan selama berinteraksi didalam perkuliahan hingga berakhirnya masa studi di Universitas Mercu Buana ini.

Penulis sangat menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan saran, masukan dan kritik yang bersifat konstruktif agar penulis dapat melakukan perbaikan di kemudian hari. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan para pembaca pada umumnya.



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, Agustus 2017  
Hormat penulis,

Agus Hariadhi

## ABSTRAK

Energi panas bumi yang dihasilkan sebagian besar pemanfaatannya untuk membangkitkan tenaga listrik (PLTP), selain itu energi panas bumi ini dimanfaatkan juga diberbagai sektor seperti pertanian, perkebunan, perumahan dan sektor industri lainnya. Berdasarkan pada jenis fluida yang diproduksi dari reservoir bumi, dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sistem satu fasa dan sistem dua fasa. Fluida satu fasa merupakan uap yang langsung dapat digunakan untuk memutar turbin sedangkan fluida dua fasa merupakan campuran air dan uap. Untuk fluida dua fasa harus dipisahkan terlebih dahulu, air yang dihasilkan dari pemisahan tersebut disebut air separasi (*brain water*). Air separasi yang dihasilkan dari proses pemisahan tersebut akan diinjeksikan ke bumi kembali dan air separasi tersebut masih mempunyai temperatur air panas sekitar  $160^{\circ}\text{C}$  -  $170^{\circ}\text{C}$ . Hal ini merupakan potensial sumber energi apabila dimanfaatkan untuk keperluan tertentu. Dengan menggunakan analisa morfologi dan mempertimbangkan sistem operasi yang berada dilapangan, maka penggunaan tipe APK *double pipe* yang memanfaatkan panas dari air separasi untuk memanaskan *domestic water* dari temperatur  $20^{\circ}\text{C}$  ke  $60^{\circ}\text{C}$  adalah alternatif pilihan sebagai pengganti alat pemanas elektrik. Dengan dimensi panjang APK adalah 3200 mm dan diameter dalam pipa *annulus* APK adalah 650 mm dapat memanaskan *domestic water* sebesar 1750 liter selama 3 jam. Penghematan energi listrik yang dapat diperoleh dari penggunaan APK ini sebagai akibat dari penggantian sumber pemanas dari elektrik ke APK panas air separasi sebesar Rp 2.839.550 per bulan.

Kata kunci: Air separasi (*brain water*), *domestic water*, APK *double pipe*, penghematan



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

		<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b>		i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>		ii
<b>PENGHARGAAN</b>		iii
<b>ABSTRAK</b>		v
<b>DAFTAR ISI</b>		vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>		ix
<b>DAFTAR TABEL</b>		x
<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	3
1.3	Tujuan Penelitian	4
1.4	Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5	Sistematika Penulisan	4
<b>BAB II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1	Pendahuluan	6
2.2	Pemanfaatan Energi Panas Bumi	7
	2.2.1 Pemanas Ruangan dan Pemanas Suatu Wilayah	8
	2.3.2 Pendingin Ruangan	9
	2.3.3 Aplikasi Industri dan Pengering Pertanian	10
2.3	Perpindahan Panas	11
	2.3.1 Konduksi	11
	2.3.2 Konveksi	12
	2.3.3 Radiasi	13
2.4	Alat Penukar Kalor ( <i>Heat Exchanger</i> )	13
	2.4.1 Penukar Panas Pipa Rangkap	14



2.4.2	Penukar Panas Tabung dan Pipa	14
2.4.3	Penukar Panas Pipa Spiral	15
2.4.4	Penukar Panas Tipe Plat	15
2.4.5	Penukar Panas Plat Spiral	16
2.4.6	Penukar Panas Lamella	17
2.5	Mekanisme Pertukaran Energi Panas di Dalam APK	17
2.6	Pertukaran Energi Panas di Dalam APK	19
2.7	Laju Perpindahan Energi Panas Total	20
2.7.1	Beda Temperatur Logaritmik	20
2.7.2	Koefisien Perpindahan Panas Global	21
2.8	Perpindahan Energi Panas Konveksi Aliran di <i>Inner Tube</i>	22
2.9	Perpindahan Energi Panas Konveksi Aliran di <i>Annulus</i>	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Pendahuluan	27
3.2	Diagram Alir Penelitian	27
3.3	Metode Pengumpulan Data	29
3.3.1	Data Air Separasi	29
3.3.2	Data <i>Domestic Water</i>	30
3.4	Analisa Morfologi	31
<b>BAB IV HASIL YANG DICAPAI</b>		
4.1	Pendahuluan	33
4.2	Analisa Perhitungan	33
4.2.1	Perhitungan Laju Beban Termal yang Diterima oleh <i>Domestic Water</i> ( $Q_c$ )	33
4.2.2	Perhitungan $h_o$ pada <i>Annulus</i>	34
4.2.3	Perhitungan $h_i$ pada <i>Inner Tube</i>	36
4.2.4	Koefisien Perpindahan Panas Global dalam Keadaan Kotor ( <i>fouled</i> )	38

4.2.5	Beda Temperatur Rata-rata Logaritmik	38
4.2.6	Luas Permukaan Perpindahan Panas Total	39
4.2.7	Estimasi Penghematan Listrik	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran	43

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>No. Gambar</b>		<b>Halaman</b>
1.1	Ilustrasi sistem pembangkit listrik tenaga panas bumi	1
1.2	Pipa injeksi air separasi berdiameter 24 inch	3
2.1	Ilustrasi Pembentukan Energi Panas Bumi	7
2.2	Diagram Pemanfaatan Sumber Panas Bumi	8
2.3	Diagram Sistem Pemanas Wilayah di Reykjavík, Islandia	9
2.4	Diagram Geothermal Absorption Refrigeration Cycle	9
2.5	Sistem Pemanasan dan Pendingin di Oregon Institute of Technology	10
2.6	Diagram Continuous Belt Dehydration Plant	11
2.7	Perpindahan Energi Panas Konduksi	11
2.8	Perpindahan Energi Panas Konveksi	12
2.9	Perpindahan Energi Panas Radiasi	13
2.10	Ilustrasi Alat Penukar Kalor Pipa Rangkap	14
2.11	Ilustrasi Alat Penukar Kalor Tabung dan Pipa	15
2.12	Ilustrasi Alat Penukar Kalor Spiral Pipa	15
2.13	Ilustrasi Alat Penukar Kalor Tipe Plat	16
2.14	Ilustrasi Alat Penukar Kalor Tipe Plat Spiral	16
2.15	Ilustrasi Alat Penukar Kalor Tipe Lamella	17
2.16	Skema Sederhana Sebuah APK	17
2.17	Mekanisme Perpindahan Energi Panas pada Sistem Pipa	18
2.18	Pertukaran Energi Panas di Dalam APK	19
2.19	Profil Suhu Untuk Single-pass, Penukar Panas Pipa Rangkap	20
3.1	Diagram Alir Penelitian	28
3.2	Ilustrasi Sistem APK Pipa Rangkap	32
4.1	Dimensi APK double pipe	34
4.2	Diagram Temperatur rata-rata logaritmik	39

**DAFTAR TABEL**

<b>No. Gambar</b>		<b>Halaman</b>
3.1	Data Air Separasi	29
3.2	Pemakaian Air Panas Minimum Sesuai Penggunaan Gedung	30
3.3	Data Domestic Water	30
3.4	Tabel Pemilihan Desain APK	31

