

**“Modifikasi Pipa Kondensasi Proses Pendinginan Uap dan  
Pengujian Alat Destilasi Dengan Memanfaatkan Sampah Kayu  
Sebagai Sumber Energi”**



**Skripsi Ini Ditulis Sebagai Persyaratan Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Pendidikan**

**ACHMAD SOFYAN MAROGHI**

**5315107473**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

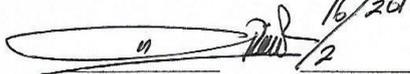
Judul : Modifikasi Pipa Kondensasi Proses Pendinginan Uap dan  
Pengujian Alat Destilasi Dengan Memanfaatkan Sampah  
Kayu Sebagai Sumber Energi

Nama : Achmad Sofyan Maroghi

No. Reg : 5315107473

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

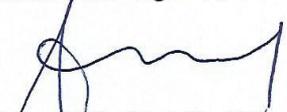
### Dosen Pembimbing

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Dosen Pembimbing I</b> <u>Dr. Darwin Rio Budi Syaka, ST., MT.</u> NIP : 197604222006041001		16/2017
<b>Dosen Pembimbing II</b> <u>Ahmad Kholil, S.T., MT.</u> NIP : 197908312005011001		24/2 2017

### Dosen Penguji

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Ketua Sidang</b> <u>Prof. Dr. Hj. Hartati, M.Pd</u> NIP : 194704291976032001		20/2-17
<b>Sekretaris Sidang</b> <u>Triyono, ST., M.Eng</u> NIP : 197102232006041001		20/2 2017
<b>Dosen Ahli</b> <u>Dr. Catur Setyawan K</u> NIP : 197508162009121001		17/2 2017

Mengetahui  
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta

  
Ahmad Kholil, S.T., M.T.  
NIP : 197908312005011001

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa :

Nama : Achmad Sofyan Maroghi

No. Reg : 5315107473

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Jurusan : Fakultas Teknik

Universitas : Universitas Negeri Jakarta

Adalah benar menulis skripsi ini dengan gagasan sendiri dan melakukan penelitian sesuai dengan arahan Dosen pembimbing skripsi. Dalam skripsi tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang atau sumbernya dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian lembar pernyataan ini dibuat dengan sungguh – sungguh. Apabila terdapat kesalahan dan kekeliruan, akan dilakukan pembenaran sebagaimana mestinya.

Jakarta, Januari 2017

Achmad Sofyan Maroghi

NRM. 5315107473

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa terpanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Perancangan Pipa Kondensasi Proses Pendinginan Uap dan Pengujian Pada Alat Destilasi Dengan Memanfaatkan Sampah Kayu Sebagai Sumber Energi”.

Begitu banyak pelajaran dan pengalaman baru yang diperoleh selama proses skripsi ini. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan, do’a, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis, terutama :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T, M.T, selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing II
2. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T, M.T, selaku Kepala Lab Otomotif Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing I
3. Bapak Imam Basori, S.T, M.T, selaku Pembimbing Akademik
4. Seluruh anggota keluarga, terutama kedua Orang Tua, Bpk. H. Sulaeman dan Ibu Hj. Maisaroh, Kakak dan Adik-adik yang tiada hentinya memberikan do’a, dukungan dan semangat khususnya selama proses pengerjaan skripsi dan Kahfi yang bersedia meminjamkan laptopnya selama penulis menyelesaikan skripsi.
5. Laboran Lab Otomotif Teknik Mesin UNJ, Mas Dani dan Mas Min yang senantiasa membantu penulis selama di Lab Otomotif.

6. Segenap Dosen pengajar Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
7. Tri Wiyatno, kawan, sahabat, rekan se-perskripsian yang telah bekerja sama untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman – teman seperjuangan Teknik Mesin 2010, BEMJ TM 2010-2012, BEM FT 2013 (Fams Of Blue), DKD DKI Jakarta 2013-2018, SR, Talirimba Indonesia, Grup Salfok, Grup JL yang senantiasa memberikan do'a, semangat dan segala bantuan yang tidak bisa disebutkan untuk semangat dan solidaritasnya.
9. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sampai selesai yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari keterbatasan, sehingga skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dalam sistematika maupun isi dalam materi. Oleh karena itu penulis sangat menghargai kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan penulisan skripsi ini dimasa yang akan datang.

Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat dan penulis mendo'akan untuk segala bentuk bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak mendapatkan sebaik-baiknya balasan, limpahan rahmat dan keberkahan dari Allah SWT. Aamiin.

Jakarta, Januari 2017

Penulis,

## **ABSTRAK**

**ACHMAD SOFYAN MAROGHI**, Perancangan Pipa Kondensasi Proses Pendinginan Uap dan Pengujian Pada Alat Destilasi Dengan Memanfaatkan

Sampah Kayu Sebagai Sumber Energi. (2017). Jakarta: Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kondensasi proses destilasi dari alat yang sudah ada sebelumnya di Lab Otomotif Gedung M, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang dikembangkan dengan mengubah pipa kondensasi untuk memaksimalkan hasil dari proses destilasi dengan kadar garam yang rendah, kadar keasaman (ph) yang sesuai SNI dan volume yang dihasilkan dengan menggunakan sampah / limbah kayu sebagai sumber energi untuk mendapatkan air bersih dan tawar.

Metode penelitian yang digunakan adalah rekayasa teknik untuk dapat memaksimalkan alat destilasi yang sudah ada dengan merubah pipa kondensasi berdasarkan perhitungan dari persamaan *Heat Transfer Konduksi* dan memperpendek dimensi pipa dengan cara *me-roll*, sehingga pipa kondensasi berbentuk spiral. Pengujian dilakukan secara tiga kali, berdasarkan volume air pada level 1 yang berisikan air laut sebanyak 50 Liter, level 2 yang berisikan air laut sebanyak 60 Liter dan level 3 yang berisikan air laut sebanyak 70 Liter dengan menggunakan bahan bakar yang sama sebanyak 10 kg selama 60 menit , yang dibedakan hanya pada banyaknya (kg) bahan bakar pada pembakaran awal. Pengujian dilakukan pada udara bebas atau ruang terbuka.

Hasil yang diperoleh dari pengujian ketiga level air yang berbeda menghasilkan kadar garam, dan volume yang berbeda, tetapi untuk kadar keasaman (ph) konstan pada tiap levelnya. Dimana pada level 1 menghasilkan kadar garam 4 ppt, kadar keasaman 6,5 ph dan volume air 450 ml, sedangkan pada level 2 menghasilkan kadar garam 5 ppt, kadar keasaman 6,5 ph dan volume air 700 ml kemudian pada level 3 menghasilkan kadar garam 6 ppt, kadar keasaman 6,5 ph dan volume air 1000 ml. Yang mempengaruhi bedanya hasil dari proses destilasi adalah volume air yang berbeda dan banyaknya bahan bakar pada awal pembakaran.

**Kata Kunci :** Destilasi, Kondensasi, Pipa Kondensasi, Air Bersih, Air Tawar.

## ABSTRACT

**ACHMAD SOFYAN MAROGHI**, *Condensation Pipe Design Steam Cooling Process and Testing At the Distillation Equipment By Utilizing Wood Waste as a Source of Energy. (2017). Jakarta: Education Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta*

*The purpose of this research to determine the result of the condensation process of distillation existing tools in the automotive lab building M, Faculty of Engineering, State University of Jakarta developed by changing the condensation pipe to maximize the result from distillation processes with low salinity, acidity (ph) in accordance with SNI and the volume is generated by using garbage / waste wood as an energy source for clean water and fresh water.*

*The method used is Technical Engineer in order to maximize the existing distillation equipment by changing the condensation pipe by calculation of the equation Heat Transfer conduction and shorten the pipe dimensions with how to roll so that condensation pipe shaped spiral. Tests are done three times, based on the volume of water at level 1 which contains as much as 50 liters of sea water. Level 2 which contains as much as 60 liters of sea water and level 3 which contains as much as 70 liters of sea water using the same fuel as much as 10 kg for 60 minutes which are distinguished only at the number (kg) fuel at the start of combustion. The tests carried out on free air or outdoors.*

*The results of the third test the different water levels resulted in salinity and a different volume but for acidity (ph) constant at each level. Where at level 1 produces 4 ppt of salinity, acidity of 6.5 pH and water volume of 450 ml, while at level 2 produces 5 ppt of salinity, acidity of 6.5 pH and water volume of 700 ml then at level 3 produces 6 ppt of salinity, acidity of pH 6.5 and the volume of 1000 ml of water. That affects the difference between the result of the distillation process is a different volume of water and the amount of fuel at the start of combustion.*

**Key Words:** Distillation, Condensation, pipe condensation, clean water, Freshwater.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	2
D. Rumusan Masalah .....	3
E. Tujuan Penelitian .....	3
F. Manfaat Penelitian Untuk .....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
A. Deskripsi Teori .....	5
2.1 Perancangan Pipa Kondensasi .....	5
2.1.1 Perancangan .....	5
2.1.2 Teknik Penyambungan Pipa .....	8
2.2 Kondensasi .....	12
2.3 Destilasi .....	13
2.3.1 Jenis - Jenis Destilasi .....	13
2.4 Proses Destilasi (Penguapan) .....	17
2.4.1 Multi Stage Flash Distillation .....	18

2.4.2 Multiple Effect Distillation.....	20
2.4.3 Vapour Compression Method .....	22
2.5 Jumlah Energi Sampah .....	25
2.6 Salinitas .....	26
2.7 Konduksi .....	28
2.8 Konveksi.....	28
2.9 Termokopel .....	29
BAB III .....	32
METODE PENELITIAN.....	32
A. Tempat dan waktu penelitian.....	32
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	32
C. Diagram Alir Penelitian .....	38
1. Pengumpulan data dan studi literatur.....	39
2. Rancangan Pipa Kondensasi .....	39
3. Pengerjaan Perubahan / Perbaikan Alat Destilasi Air Laut .....	41
4. Pengujian Secara Langsung Dengan Alat Uji.....	44
D. Teknik Pengumpulan Data.....	47
BAB IV .....	48
HASIL PENELITIAN.....	48
A. Deskripsi Hasil Penelitian.....	48
B. Analisis Data Penelitian.....	48
1. Pengujian Pada Level Tangki Air 50 Liter .....	48
2. Pengujian Pada Level Tanki Air 60 Liter .....	55
3. Pengujian Pada Level Tangki Air 70 Liter.....	60
C. Pembahasan .....	65
1. Hasil Penguapan.....	65
2. Efisiensi Hasil Kondensasi .....	67
3. Hasil Kondensasi (PPT dan PH).....	69
4. Perbandingan Temperatur.....	71
5. Perbandingan Kalor Yang Diserap .....	73
6. Perbandingan Efisiensi Alat Penukar Kalor .....	74

BAB V.....	76
KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
A. Kesimpulan.....	76
B. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN.....	80
RIWAYAT HIDUP.....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pipa tembaga lunak .....	7
Gambar 2.2 Pipa tembaga Keras ( <i>Hard</i> ).....	8
Gambar 2.3 Proses Soldering .....	10
Gambar 2.4 Proses Brazing .....	10
Gambar 2.5 Pipa Hasil Pengembangan ( <i>Flare</i> ).....	11
Gambar 2.6 Proses <i>Flaring</i> Menggunakan <i>Flare Block</i> .....	12
Gambar 2.7 Destilasi Sederhana .....	14
Gambar 2.8 Destilasi Fraksionasi (bertingkat) .....	15
Gambar 2.9 Destilasi Azeotropic .....	15
Gambar 2.10 Destilasi Uap .....	16
Gambar 2.11 Destilasi Vakum .....	17
Gambar 2.12 Diagram yang Disederhanakan Tentang Proses <i>Multistage Flash Distillation</i> .....	19
Gambar 2.13 <i>Flow Diagram</i> Desalinasi Air Laut Dengan Proses <i>Multiple Effect Distillation</i> .....	22
Gambar 2.14 <i>Flow Diagram</i> Desalinasi Air Laut Dengan Proses <i>Vapout Compression Method</i> .....	24
Gambar 3.1 <i>Flare Fitting dan Flare Nut (Double Nipple)</i> .....	33
Gambar 3.2 Thermokopel .....	34
Gambar 3.3 <i>Clam Meter</i> .....	34
Gambar 3.4 <i>Salinity meter</i> .....	35
Gambar 3.5 PH Tester .....	35
Gambar 3.6 Timbangan .....	36
Gambar 3.7 <i>Flaring Box</i> .....	36
Gambar 3.8 Pengambilan Air Laut .....	37
Gambar 3.9 Tahapan penelitian.....	38
Gambar 3.10 Rencana Rancangan Alat Destilasi Pipa Spiral .....	40
Gambar 3.11 Pipa yang Sudah Dispiral .....	42
Gambar 3.12 Pengelasan Pada Pipa Stainlesssteel .....	42
Gambar 3.13 Pemasangan Pipa .....	43
Gambar 3.14 pemasangan Pipa Kondensasi Dengan Pipa Heater .....	43

Gambar 3.15 Setelah Pemasangan Pipa Kondensasi Spiral .....	43
Gambar 3.16 Level Air.....	44
Gambar 3.17 Sampah / Limbah Kayu .....	44
Gambar 3.18 Pembakaran Bahan Bakar .....	45
Gambar 3.19 Proses Pengujian .....	45
Gambar 3.20 Pengukuran Suhu .....	46
Gambar 3.21 Pengukuran Kadar Keasaman dan Garam .....	46
Gambar 3.22 Hasil Air Yang Terkumpul .....	47
Gambar 4.1 Temperatur Pembakaran Pada Level Air 1 .....	49
Gambar 4.2 Grafik Kalor yang Diserap pada Level Air 1 .....	53
Gambar 4.3 Temperatur Pembakaran Pada Level Air 2.....	55
Gambar 4.4 Grafik Kalor yang Diserap Pada Level Air 2 .....	58
Gambar 4.5 Temperatur Pembakaran Pada Level Air 3 .....	60
Gambar 4.6 Grafik Kalor yang Diserap Pada Level Air 3 .....	63
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Selama 60 Menit .....	65
Gambar 4.8 Grafik Efisiensi Hasil Kondensasi .....	68
Gambar 4.9 hasil Garam Setelah Proses Desalinasi .....	69
Gambar 4.10 Kadar Keasaman .....	70
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Suhu Exhaust.....	71
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Kalor Yang Diserap .....	73
Gambar 4.13 Perbandingan Efisiensi Alat Penukar Kalor .....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kadar Air Laut Dalam Senyawa .....	24
Tabel 2.2 Rata-Rata kalor Sampah .....	26
Tabel 4.1 Kalor Jenis .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Permohonan Pemakaian Lab. Otomotif .....	81
Lampiran 2 Syarat Mutu Air Minum SNI 01-3553-2006 .....	82
Lampiran 3 Rencana Bentuk Pipa Kondensasi .....	83
Lampiran 4 Recana Alat Destiasi .....	84
Lampiran 5 Foto Alat Destilasi .....	85

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Desalinasi berarti pemisahan air asin menjadi air tawar. Metode yang digunakan pada proses ini disebut desalinasi air asin. Dalam pemisahan air tawar dari air asin, ada beberapa teknologi proses desalinasi yang telah banyak dikenal antara lain yakni proses destilasi/penguapan, teknologi proses dengan membrane, proses pertukaran ion dll.<sup>1</sup>

Alat desalinasi yang sudah ada di bengkel / Lab Otomotif Teknik Mesin UNJ adalah alat desalinasi dengan menggunakan metode destilasi (penguapan). Pada proses destilasi, air laut dipanaskan untuk menguapkan air laut dan kemudian uap air yang dihasilkan dikondensasikan untuk memperoleh air tawar. Proses ini diperkirakan menghasilkan air tawar yang tingkat kemurniaannya cukup baik dibandingkan dengan proses lain. Energi panas yang merupakan komponen utama dalam proses destilasi disini menggunakan sampah / limbah kayu, karena akan menghasilkan panas yang baik untuk menghasilkan uap yang maksimal. Hal ini kami lakukan untuk membantu kelestarian dan membantu memanfaatkan sampah sebagai sumber energi panasnya.

Namun demikian dari alat destilasi yang sudah ada masih ada kekurangan yang harus diperbaiki guna tercapainya proses destilasi yang memang dapat menghasilkan air tawar yang cukup baik, dengan kadar garam rendah dan kadar keasaman yang cukup, penulis bermaksud untuk memaksimalkan kegunaan dari alat destilasi tersebut dengan beberapa perbaikan / perubahan di beberapa bagian.

---

<sup>1</sup> Nusa Idaman Said, Pengolahan air payau menjadi air minum dengan teknologi *reverse osmosis* , hal. 444

Pada hal ini penulis merencanakan perubahan pada pipa kondensasi dengan tujuan memperbaiki hasil destilasi dari penelitian sebelumnya. Pada perencanaan perubahan pipa kondensasi didasari pada perhitungan *Heat Transfer Konduksi*, dimana dari persamaan tersebut dapat memaksimalkan proses kerja dari alat ini yang kemudian akan menghasilkan air tawar dengan kadar garam yang rendah.

### **B. Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat di Identifikasikan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan perubahan pada pipa kondensasi agar hasilnya maksimal?
2. Adakah pengaruh level air laut terhadap hasil dari destilasi air laut?
3. Berapa banyak kadar garam yang terkandung pada air hasil kondensasi?
4. Adakah perbedaan efisiensi hasil kondensasi dari masing-masing level air?
5. Adakah perbedaan efisiensi alat penukar kalor dari masing-masing level air?
6. Berapa temperatur panas optimal untuk menghasilkan proses destilasi yang baik?
7. Adakah perbedaan kalor yang diserap alat desalinasi pada masing-masing level?

### **C. Batasan Masalah**

1. Pengujian alat ini hanya menggunakan limbah / sampah kayu sebagai bahan bakarnya sebanyak 10 Kg dengan level air laut 50 Liter, 60 Liter dan 70 Liter.

2. Bagaimana merancang pipa kondensasi yang sesuai dengan kebutuhan.
3. Pengujian alat ini dalam kondisi udara bebas luar ruangan.
4. Pengujian alat ini untuk mencari tahu volume, kadar garam dan kadar keasaman (ph) dari hasil proses destilasi masing-masing level air.

#### **D. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang dikemukakan yaitu bagaimana cara melakukan perubahan / perbaikan pada pipa kondensasi alat destilasi dengan memanfaatkan sampah/ limbah kayu sebagai sumber energi agar dapat diuji dan diaplikasikan.

#### **E. Tujuan Penelitian**

1. Merancang pipa kondensasi agar hasilnya maksimal
2. Mengetahui pengaruh perbedaan level air laut terhadap hasil dari proses destilasi
3. Mengetahui kadar garam yang terkandung dalam air hasil dari proses destilasi
4. Mengetahui perbedaan efisiensi hasil kondensasi dari masing-masing level air
5. Mengetahui adanya perbedaan efisiensi alat penukar kalor dari masing-masing level air
6. Mengetahui temperatur panas optimal untuk menghasilkan proses destilasi yang baik
7. Mengetahui perbedaan kalor yang diserap alat destilasi pada masing-masing level

**F. Manfaat Penelitian Untuk**

1. Merancang sebuah alat pengubah air laut menjadi air tawar.
2. Mengurangi biaya pembelian air tawar,
3. Memanfaatkan air laut yang ada di lingkungan,
4. Mengurangi jumlah sampah / limbah kayu maupun ranting,
5. Penghematan bahan bakar yang telah ada dengan cara melakukan konversi energi pada destilasi air laut menjadi air tawar, dan
6. Sebagai referensi bahan pembelajaran di Program Studi Teknik Mesin.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Deskripsi Teori**

##### **2.1 Perancangan Pipa Kondensasi**

###### **2.1.1 Perancangan**

Perancangan menurut ensiklopedia Nasional Indonesia adalah; proses pengambilan keputusan mengenai apa yang akan dilakukan dimasa yang akan datang, kapan, bagaimana, dan siapa yang melakukan.<sup>2</sup>

Dalam jurnal penelitian dan pengembangan pemukiman, Eko W. Irianto dan Baprudin Mahbub mendefinisikan bahwa perancangan instalasi adalah; bagian dari suatu studi literature yang bertujuan untuk mengetahui secara garis besar kemampuan dari instalasi yang di rencanakan.<sup>3</sup>

Pipa adalah saluran tertutup sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energi dalam aliran. Pipa biasanya ditentukan berdasarkan ukuran nominalnya, sedangkan *tube* adalah merupakan salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya.

Dalam keadaan sehari-hari pipa AC menggunakan pipa tembaga. Pengerjaan pemipaan yang berhubungan dengan sistem pemanasan, pendinginan dan sistem lainnya. Semua produksi pipa tembaga di Amerika yang digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan, harus sesuai standar

---

<sup>2</sup> *Ensiklopedia Nasional Indonesia Jilid 13* (Jakarta :PT. Cipto Adi Pustaka, 1990), hlm 50

<sup>3</sup> Eko W. Irianto & Babrudin Mahbub, *Instalasi pengolahan air sangat sederhana/IPAS sebagai modifikasi SIPAS*, Jurnal Penelitian & Pengembangan Pemukiman, No.37 Tahun III-KW 1996, Puslitbang Pengairan, hlm.39

dan spesifikasi dari *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Dan semua pipa tembaga ber-standar ASTM harus berkomposisi minimal 99,9% tembaga murni.

Pipa tembaga adalah pipa yang paling sering digunakan untuk keperluan mesin pendingin yang menggunakan bahan refrigeran. Pipa tembaga yang dipergunakan pada mesin pendingin adalah pipa tembaga khusus yaitu disebut *ACR TUBING (Air Conditioning and Refrigeration Tubing)* yang telah dirancang dan memenuhi persyaratan atau karakteristik khusus untuk mesin pendingin. Bagian dalam pipa untuk keperluan mesin pendingin harus dijaga agar tetap kering dan biasanya dibersihkan dengan menggunakan nitrogen. Ujung-ujung pipa jangan dibiarkan terbuka dan harus ditutup agar tidak terkontaminasi udara luar (uap air) atau kotoran lainnya dengan cara digepengkan ataupun ditutup dengan penutup khusus.<sup>4</sup> Pipa tembaga pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

**a. Pipa Tembaga Lunak (*Soft*)**

Pipa tembaga lunak biasanya digunakan pada mesin-mesin pendingin jenis domestik dan komersial. Pipa tembaga ini memiliki sifat kekerasan tertentu yang disebut "*Annealed Copper Tubing*", yaitu pipa dipanaskan kemudian dibiarkan mendingin sendiri. Hal ini membuat pipa tembaga menjadi lunak dan mudah dibentuk. Pipa tembaga lunak mempunyai sifat khusus. Jika pipa dibengkokkan berulang kali maka pipa tersebut akan menjadi keras dan kaku, sehingga mudah rusak, retak atau patah.

---

<sup>4</sup> Msy. Najiatul Khoriah, Robiatul Adawiyah, Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kelurahan Talang Semut Palembang, (Palembang, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015) hal.5

Sifat ini dapat diperbaiki dengan cara memanaskan pipa tersebut sampai warnanya berubah menjadi merah atau ungu dan didinginkan secara perlahan-lahan di udara, selanjutnya pipa dapat dengan mudah dibentuk seperti semula . pekerjaan ini dinamakan proses “*annealing*”. Penyambungan pipa tembaga ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengelasan (*brazing*) dan tanpa pengelasan, tetapi menggunakan *flare fitting* yang disebut sebagai *flare nut*, yaitu baut khusus untuk keperluan penyambungan secara cepat (*flaring*).<sup>5</sup>



**Gambar 2.1. Pipa Tembaga Lunak**

#### **b. Pipa Tembaga Keras (*Hard*)**

Pipa tembaga keras biasanya digunakan pada mesin pendingin untuk keperluan komersial, dimana sifat pipa tembaga ini kaku dan keras, jadi pada saat pemasangan pipa tersebut harus dipasang klem atau penyangga sebagai tumpuan dan pengikatnya, apalagi jika ukuran diameter pipa yang digunakan ukurannya besar. Pipa tembaga keras tidak dapat dibengkokkan, jadi harus menggunakan elbow bila diperlukan bengkokan. Penyambungan pipa hanya hanya dilakukan dengan sistem pengelasan dengan las perak (*silver brazing*) atau

---

<sup>5</sup> Ibid, hal. 6

menggunakan *flare fitting*. Penyolderan hanya dilakukan untuk saluran tekanan rendah. Pipa tembaga keras ini diperjualbelikan di pasaran dalam bentuk batangan, dimana setiap batangnya mempunyai panjang kurang lebih 7 meter.<sup>6</sup>



**Gambar 2.2. Pipa Tembaga Keras (*Hard*)**

**Sumber : indotrading.com**

### **2.1.2 Teknik Penyambungan Pipa**

Beberapa teknik penyambungan pipa, yaitu :

#### **1. Pengelasan**

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, maka logam yang disekitar daerah las mengalami perubahan struktur metalurgi, deformasi dan tegangan termal. Untuk mengurangi pengaruh buruk tersebut, maka dalam proses pengelasan perlu prosedur pengelasan yang benar dan tepat, atau dicari kecepatan arus, pengelasan dan panas masukan yang optimal.

Sebagian alat penyambung permanen dari bagian – bagian, pengelasan merupakan sambungan yang lebih ringan dan kuat daripada

---

<sup>6</sup> Ibid, hal. 6

sambungan keliling. Sesuai kemajuan yang begitu pesat sari teknik pengelasan, dan penyambungan dengan las sangat luas penggunaanya, dalam industri, sebagai alat penyambung permanen dari bagian – bagian mesin dan kontruksi.<sup>7</sup>

## 2. Las Pipa Tembaga (*Soldering and Brazing*)

*Brazing* merupakan teknik penyambungan dengan menggunakan bahan pengisi logam antara dua permukaan yang akan disambung. Bahan pipa tembaga yang akan disambung dipanaskan sampai suhu tertentu / tembaga akan membara tapi masih dibawah titik cairnya, kemudian bahan pengisi dipanaskan hingga mencair dan secara kapiler secara otomatis merembes mengisi ruang diantara dua pipa tembaga yang akan di sambung.

*Soldering* adalah proses penyambungan dua atau lebih logam dengan melumerkan dan mengalirkan *filler metal* (logam pengisi) diantara sendi sambungan, dimana filler metal memiliki titik lumer yang lebih rendah dari pada logam yang akan disambung. Logam yang akan disambung tidak ikut meleleh pada proses *soldering*.

Titik lumer filler metal pada soft soldering berada dibawah temperatur 400°C, sedangkan titik lumer filler metal pada hard soldering berkisar 450°C. *Filler metal* yang digunakan pada *soft soldering* merupakan paduan timah sedangkan pada *hard soldering* paduan timah dengan tembaga (40% tembaga) *Hard soldering* sering

---

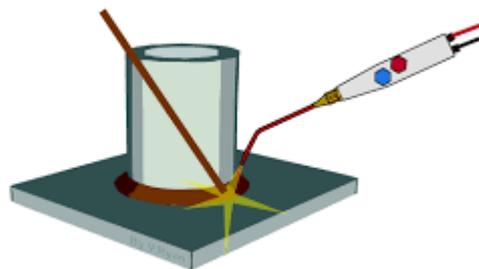
<sup>7</sup> Prof. Dr. Ir. Harsono Wiryosumarto, Teknologi pengelasan logam (jakarta, pradnya paramita 2004) hal.1

disebut juga *silver soldering* atau *silver brazing*. Hasil sambungan dari *hard soldering* lebih kuat dan lebih baik dibandingkan *soft soldering*.<sup>8</sup>



**Gambar 2.3. Proses Soldering**  
Sumber : [builddailys.com](http://builddailys.com)

BRAZE WELDING / BRONZE WELDING



**Gambar 2.4. Proses Brazing**  
Sumber : [technologystudent.com](http://technologystudent.com)

### 3. Flare Adapter

*Flare adapter* digunakan untuk menyambungkan pipa hasil *flaring*.

Ciri khas *flare adapter* adalah pipa yang dihubungkan mudah untuk dilepaskan kembali sambungannya, karena tidak memakai proses *brazing* ataupun *soldering*.

---

<sup>8</sup> Stephens K. Scott Weil *Brazing and soldering* (san antonio, texas, USA, 2006) editors john J. hal.18



**Gambar 2.5. Pipa Hasil Pengembangan (*Flare*)**  
**Sumber : durowelder.en.alibaba.com**

*Swaging* digunakan untuk membesarkan ujung pipa, agar dua buah pipa yang sama diamerterinya dapat disambung dengan solder timah atau las perak. Panjang sambungan untuk tiap pipa berbeda, pada umumnya diambil sepanjang diameter dari pipa yang akan disambung.

Selain *swaging*, salah satu cara untuk menyambung pipa tembaga pada suatu sistem pemipaaan adalah penyambungan dengan menggunakan *flare* dan jenis yang paling umum yang dipakai adalah *flare* 45°. *Flaring* dan *swaging* adalah proses pengembangan pipa yang akan disambungkan dan diinstalasi. Supaya hasil *flare* pipa tepat maka diperlukan peralatan yang baik.

*Flare-block* adalah salah satu alat untuk *flaring* yang mempunyai diameter lubang yang berlainan agar mampu mengakomodasi bermacam ukuran pipa. Setelah pipa dijepit dalam posisi yang benar barulah ulit pengatur *flare* dipasang. Batang ulir pengatur diputar perlahan sehingga *cone* bertemu dengan ujung pipa. Setelah itu barulah proses *flare* dilakukan sampai ujung pipa membentuk *flare*. Dalam praktik yang baik, gunakan sedikit oli pada konis agar *flare* menjadi halus dan mudah dilepas. Yakinkan bahwa sambungan telah berada pada posisi tepat

sebelum *flaring* dilakukan untuk menghindari pipa terlalu panjang atau pendek.<sup>9</sup>



**Gambar 2.6. Proses *flaring* menggunakan *flare block***

## 2.2 Kondensasi

Kondensasi atau pengembunan adalah perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, seperti gas (atau uap) menjadi cairan. Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi (yaitu, tekanan ditingkatkan) menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Cairan yang telah terkondensasi dari uap disebut kondensat. Sebuah alat yang digunakan untuk mengkondensasi uap menjadi cairan disebut kondenser. Kondenser umumnya adalah sebuah pendingin atau penukar panas yang digunakan untuk berbagai tujuan, memiliki rancangan yang bervariasi, dan banyak ukurannya dari yang dapat digenggam sampai yang sangat besar.

---

<sup>9</sup> Msy. Najiatal Khoriah, Robiatul Adawiyah, Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kelurahan Talang Semut Palembang, (Palembang, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015) hal.15

Kondensasi uap menjadi cairan adalah lawan dari penguapan (evaporasi) dan merupakan proses eksothermik (melepas panas). Air yang terlihat di luar gelas air yang dingin di hari yang panas adalah kondensasi.

Uap air di udara yang terkondensasi secara alami pada permukaan yang dingin dinamakan embun. Uap air hanya akan terkondensasi pada suatu permukaan ketika permukaan tersebut lebih dingin dari titik embunnya, atau uap air telah mencapai kesetimbangan di udara, seperti kelembapan jenuh. Titik embun udara adalah temperatur yang harus dicapai agar mulai terjadi kondensasi di udara<sup>10</sup>

## **2.3 Destilasi**

Destilasi atau penyulingan adalah suatu proses metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu.<sup>11</sup>

### **2.3.1 Jenis - Jenis Destilasi**

#### **2.3.1.1 Destilasi Sederhana**

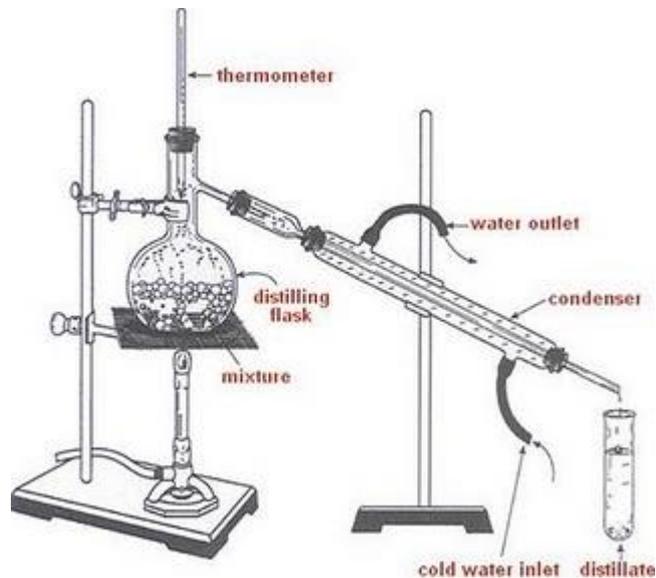
Destilasi sederhana atau destilasi biasa adalah teknik pemisahan kimia untuk memisahkan dua atau lebih komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang jauh. Suatu campuran dapat dipisahkan dengan destilasi biasa ini untuk memperoleh senyawa murni. Senyawa yang terdapat dalam campuran akan menguap saat mencapai titik

---

<sup>10</sup> James R. Welty, dkk, Dasar-dasar fenomena transport volume 2 transfer panas, (jakarta, erlangga, 2004) hal 152

<sup>11</sup> Ir, budi prasodjo, Teori dan aplikasi fisika, (yudistira, 2006) hal 97

didih masing-masing. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.<sup>12</sup>



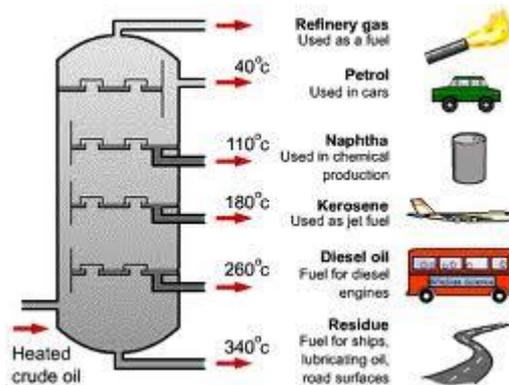
**Gambar 2.7. Destilasi Sederhana**  
**Sumber : kimiamagik.blogspot.com**

### 2.3.1.2 Destilasi Fraksionasi (Bertingkat)

Sama prinsipnya dengan destilasi sederhana, hanya destilasi bertingkat ini memiliki rangkaian alat kondensor yang lebih baik, sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan. Untuk memisahkan dua jenis cairan yang sama mudah menguap dapat dilakukan dengan destilasi bertingkat. Destilasi bertingkat adalah suatu proses destilasi berulang. Proses berulang ini terjadi pada kolom fraksional. Kolom fraksional terdiri atas beberapa plat dimana pada setiap plat terjadi pengembunan. Uap yang naik plat yang lebih tinggi lebih banyak

<sup>12</sup> Ir, budi prasodjo, Teori dan aplikasi fisika, ( yudistira, 2006) hal 97

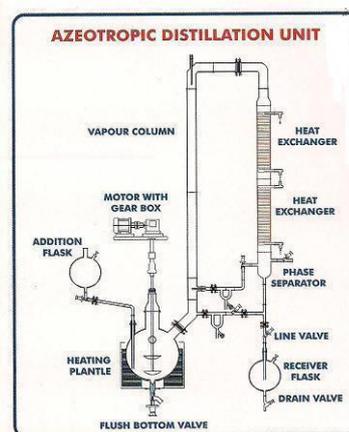
mengandung cairan yang lebih atsiri (mudah menguap) sedangkan cairan yang kurang atsiri lebih banyak kondensan.



**Gambar.2.8. Destilasi Fraksionisasi**  
Sumber : caesarvery.com

### 2.3.1.3 Destilasi Azeotrop

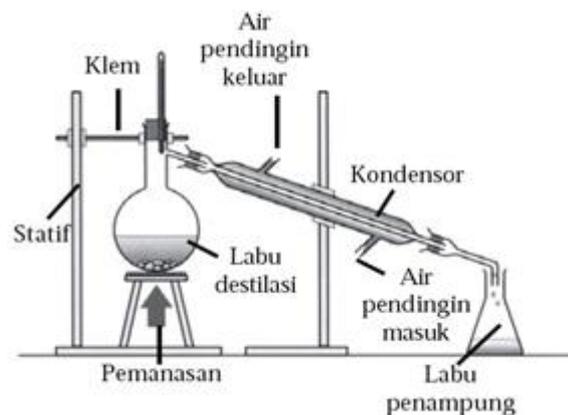
Memisahkan campuran *azeotrop* (campuran dua atau lebih komponen yang sulit di pisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan *azeotrop* tersebut atau dengan menggunakan tekanan tinggi.



**Gambar.2.9. Destilasi Azeotropic**  
Sumber : farida393 - wordpress.com

### 2.3.1.4 Destilasi Uap

Cara untuk memurnikan zat / senyawa cair yang tidak larut dalam air, dan titik didihnya cukup tinggi, sedangkan sebelum zat cair tersebut mencapai titik didihnya, zat cair sudah terurai, teroksidasi atau mengalami reaksi pengubahan (*rearrangement*), maka zat cair tersebut tidak dapat dimurnikan secara destilasi sederhana atau destilasi bertingkat, melainkan harus didestilasi dengan destilasi uap. Destilasi uap adalah istilah yang secara umum digunakan untuk destilasi campuran air dengan senyawa yang tidak larut dalam air, dengan cara mengalirkan uap air kedalam campuran sehingga bagian yang dapat menguap berubah menjadi uap pada temperatur yang lebih rendah dari pada dengan pemanasan langsung.



**Gambar. 1.10. Destilasi Uap**  
 Sumber : basic concept of chemistry, 2002

### 2.3.1.5 Destilasi Vakum

Memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi, metode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan permukaan lebih rendah dari 1 atm, sehingga titik didihnya juga

menjadi rendah, dalam prosesnya suhu yang digunakan untuk mendistilasinya tidak perlu terlalu tinggi. Destilasi Vakum<sup>13</sup>



**Gambar. 2.11. Destilasi Vakum**  
**Sumber : theprinces9208.wordpress.com**

#### **2.4 Proses Destilasi (Penguapan)**

Pada proses distilasi, air laut dipanaskan untuk menguapkan air laut dan kemudian uap air yang dihasilkan dikondensasi untuk memperoleh air tawar. Proses ini menghasilkan air tawar yang sangat tinggi tingkat kemurniannya dibandingkan dengan proses lain. Air laut mendidih pada  $100^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer, namun dapat mendidih dibawah  $100^{\circ}\text{C}$  apabila

Tekanan diturunkan, penguapan air yang terjadi sebagai panas laten. Apabila Uap air dikondensasi maka panas laten akan dilepaskan yang dapat dimanfaatkan untuk pemanasan awal air laut.

Korosi (Karat) sudah tentu akan merusak peralatan dan pipa, yang dapat mengakibatkan sistem pengolahan tidak dapat beroperasi, yang kemudian akan menghabiskan biaya dan waktu yang tidak sedikit pada saat perbaikan.

<sup>13</sup> K. B. A. Walangare, A. S. M. Lumenta, J. O. Wuwung, B. A. Sugiarto, *Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Dengan Menggunakan Pemanas Elektrik*, (Menado: Jurusan Teknik Elektro-FT UNSRAT, 2013), hal.1

Produksi air akan terhenti pada periode itu. Oleh karena itu pemilihan bahan merupakan hal yang sangat penting. Proses desalinasi telah bertahun-tahun dan telah dihasilkan beberapa perbaikan.

Masalah yang biasa timbul pada semua jenis system destilasi adalah kerak dan karat pada peralatan. Apabila terjadi kerak pada *tube* penukaran panas evaporator maka efisiensi panas harus diberhentikan untuk pembersihan *Tube* dengan asam. Penerapan pengolahan yang efektif yang sangat diperlukan.<sup>14</sup>

Proses distilasi dibagi dalam 3 sistem utama yaitu yakni: *Multistage flash distillation, multiple effect distillation dan Vapor compression distillation*. Penjelasan singkat setiap proses tersebut akan diuraikan dibawah ini.<sup>15</sup>

#### **2.4.1 Multi Stage Flash Distillation**

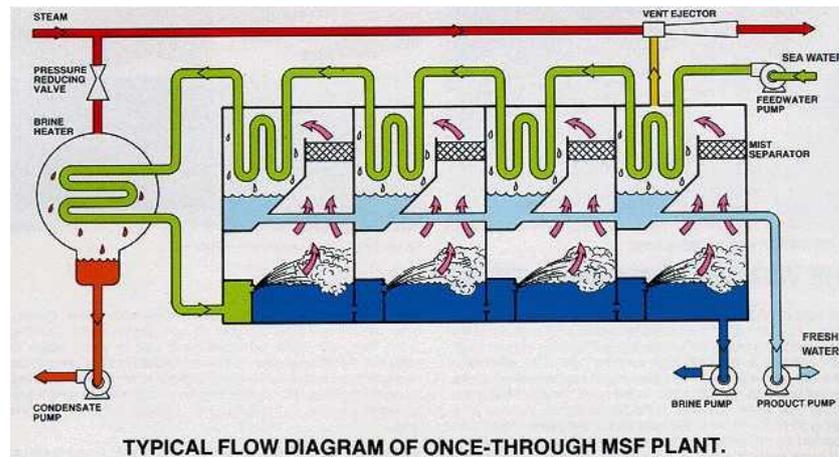
##### **a. Proses Pengolahan**

Apabila air laut yang telah dipanaskan dialirkan kedalam *vessel* pada tekanan kecil, sebagian dari air laut yang dipanaskan akan segera mendidih dengan mengambil panas penguapan dari sisa air laut, sehingga mengakibatkan penurunan temperatur sisa air laut. Fenomena ini disebut *flash evaporation*.

---

<sup>14</sup> Nusa Idaman Said, *Pengolahan Air Payau Menjadi Air Minum dengan Teknologi Reverse Osmosis*, hal, 446-447

<sup>15</sup> Nusa Idaman Said, *Pengolahan Air Payau Menjadi Air Minum dengan Teknologi Reverse Osmosis*, hal, 445



**Gambar 2.12 Diagram Yang Disederhanakan Tentang Proses *Multistage Flash Distillation*<sup>16</sup>**  
**Sumber : sandfordlegenda.blogspot.com**

Evaporator (penguap dibagi dalam beberapa bagian yang disebut *stage*. Gambar tersebut memperlihatkan empat *stage* (tahap) evaporator, namun pada umumnya di tempat pengolahan terdapat lebih dari sepuluh *stage*. Setiap *stage* selanjutnya dibagi menjadi *flash chamber* yang merupakan ruangan yang terletak dibawah pemisah kabut dan bagian kondensor yang teretak di atas pemisah kabut.

Air laut dialirkan dengan pompa kedalam bagian kondensor melalui tabung penukar gas dan hal ini menyebabkan terjadinya pemanasan air laut oleh uap air yang terjadi dalam setiap bagian *flash chamber*. Kemudian air laut selanjutnya dipanaskan dalam pemanas garam dan kemudian di alirkan kedalam *flash chamber* tahap pertama.

Setiap tahap dipertahankan dengan kondisi vakum tertentu dengan sistem *vent ejector*, dan beda tekanan antara tahap-tahap dipertahankan

<sup>16</sup> Ibidem, hal 447

dengan sistem *vent orifices* yang terdapat pada vent penyambung pipa yang menyambungkan antara tahap-tahap.

Air laut yang telah panas mengalir dari tahap bertemperatur tinggi ke tahap bertemperatur rendah melalui suatu bukaan kecil antara setiap tahap yang disebut *brine orifice*, sementara itu penguapan tiba-tiba terjadi dalam setiap shamber, air laut pekat keluar dari tahap akhir dengan menggunakan pompa garam.

Uap air yang terjadi dalam *flash chamber* pada setiap tahap mengalir melalui pemisah kabut, dan mengeluarkan panas laten ke dalam tabung penukar panas sementara air laut mengalir melalui bagian dalam dan kemudian uap berkondensasi. Air yang terkondensasi dikumpulkan dalam wadah.

Air yang terkondensasi biasa disebut destilat atau uap air produk, yang dihasilkan dari pemanasan air laut secara bertahap yakni dari tahap bertemperatur panas ke tahap bertemperatur rendah dan dipisahkan dari tahap terakhir dengan pompa produk.<sup>17</sup>

#### **2.4.2 Multiple Effect Distillation**

*Multiple effect* adalah suatu proses yang terdiri dari beberapa *flash chamber* yang disebut "effect". Dalam proses ini, hanya effect pertama yang dialiri steam dari boiler dan *effect* kedua dan selanjutnya memperoleh steam yang diproduksi oleh *effect* sebelumnya.

Dalam multi *effect evaporator*, air laut disemprotkan ke bagian luar dari tabung penukar panas yang diletakkan secara horizontal. Pada saat uap

---

<sup>17</sup> Ibidem, hal 447-448

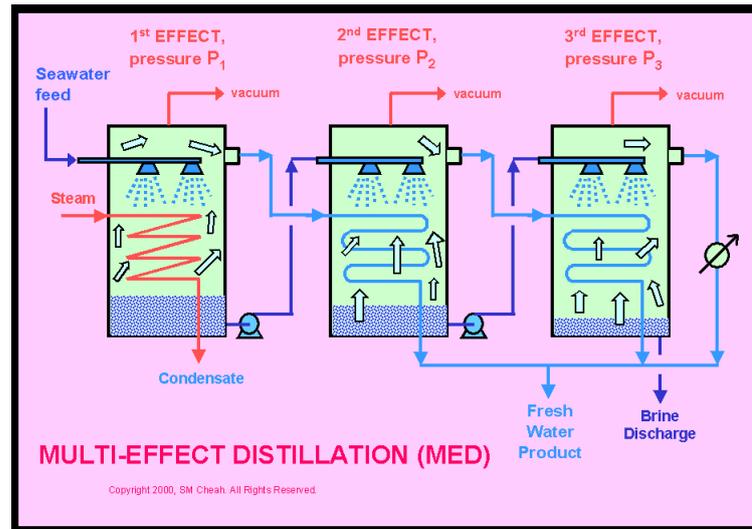
air yang lebih panas yang terdapat dalam tabung berkondensasi dan menghasilkan air tawar, saat itu itu pula menyebabkan air laut diluar tabung mendidih, dan menghasilkan uap air baru yang kemudian mengalir ke tabung penukar panas berikutnya. Setiap *effect* mengurangi tekanannya dibawah tekana jenuh dari tempratur *brine* (air laut yang lekat karena evaporasi).

Proses kondensasi/evaporasi berulang-ulang sejak dari efek pertama hingga efek keempat dan air tawar dan air laut pekat yang diproduksi akhirnya mengalir kedalam ruang lain yang mengandung efek penolakan panas R1 dan R2. Dalam hal ini pengulangan *evaporasi* sesuai dengan nomer efek yang memproduksi air tawar dengan efisiensi panas tinggi.

Sistem pengolahan desalinasi *Reheat* (RH) adalah kombinasi dari *multi effect evaporator* dan *thermo-compressor*. *Thermo-compressor* adalah *jet ejector steam* dan disebut *ejector* utama dalam proses. *Ejector* utama menyedot uap bertempratur rendah dari efek keempat, kemudian memadatkannya dan mengalirkan campuran steam dan uap yang lebih panas ke efek pertama. *Vent ejector* dipasang dengan maksud yang sama seperti pada sistem *multistage flash distillation* dan zat penghambat kerak terpilih disuntikkan ke dalam air baku. Gambar 2.13 memperlihatkan *flow diagram* desalinasi air laut denga prose *Multiple Effect Evaporation*<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Ibidem, hal 451-452



**Gambar 2.13 Flow Diagram Desalinasi Air Laut Dengan Prose *Multiple Effect Distillation***<sup>19</sup>

Sumber : separationproceses.com

### 2.4.3 Vapour Compression Method

Apabila dilakukan penekanan adiabatic terhadap uap air, maka temperatur akan naik dan terkondensasi pada temperatur tinggi. Berdasarkan teori ini, uap air yang diproduksi dalam evaporator dapat digunakan kembali sebagai steam pemanas untuk evaporator yang sama. Proses ini disebut *vapour compression distillation*.

Dalam sistem ini terdapat empat komponen utama ; pemanas awal air baku, tabung evaporator horizontal dan thin film evaporator, *blower* uap sebagai kompresor dan pemanas auat penukar panas yang mengambil panas dari beberapa sumber panas cadangan. Kondisi vakum pada pengolahan dipertahankan dengan menggunakan pompa vakum kecil. Air baku yang masuk diolah dengan sejumlah zat kecil penghambat kerak.

Air laut mula-mula dihangatkan dengan pemanas awal air baku, kemudian dialirkan kebagian atas dari evaporator dan disemburkan

<sup>19</sup> Ibidem, hal 447

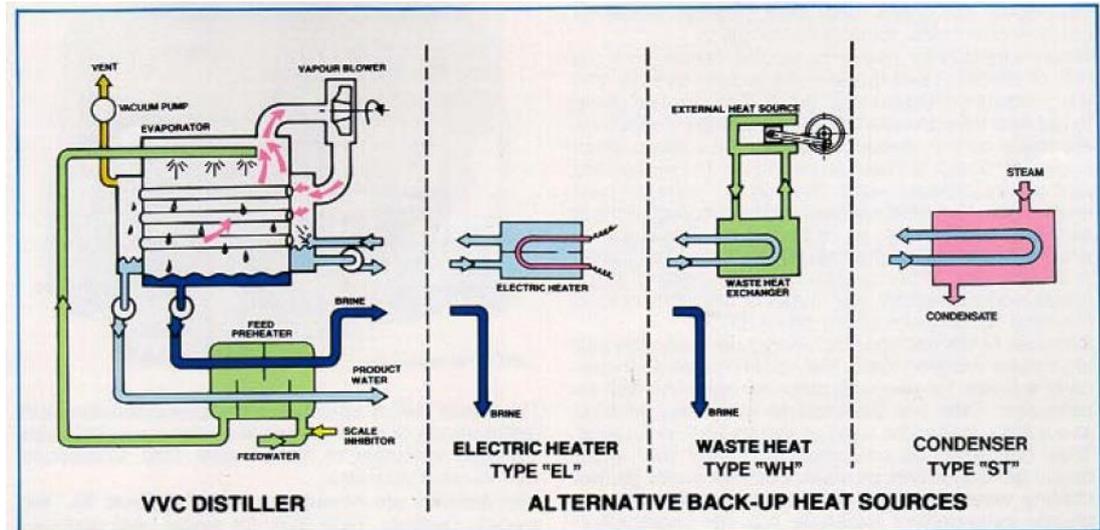
keseluruh bagian luar dari tabung penukar panas. Air laut menjadi berupa lapisan film tipis diatas permukaan tabung dan kemudian menguap karena terjadinya kondensasi uap air yang lebih panas yang berada di dalam tabung. Uap air yang terbentuk dari air laut disedot dan ditekan oleh *blower* uap dan tempratur naik beberapa derajat dan kemudian dialirkan ke tabung penukar panas, yang di dalam uap air terkondensasi menjadi air tawar sebagai produk pengolahan.

Sejumlah panas meninggalkan evaporator bersama produksi air dan air pekat. Pemanas awal air baku memanfaatkan panas tersebut semaksimal mungkin. Namun sejumlah kecil tetap hilang bersama aliran yang di keluarkan (air tawar dan air pekat) dan keluar ke lingkungan sekitar. Sejumlah panas yang sama dengan panas yang hilang harus dimasukan kembali dan dipasok dari sumber panas dengan tujuan untuk mempertahankan proses dalam keadaan tetap. Sumber panas dapat berupa listrik, steam, gas panas atau air panas dengan tempratur di atas 80 derajat.

Sejumlah besar panas secara efektif disirkulasi dalam proses evaporasi/kondensasi secara terus menerus. Konsumsi tenaga listrik dari blower uap lebih kecil dari sepersepuluh panas evaporasi dan efisiensi thermal tinggi tercapai. Namun sumber energy utama adalah tenaga listrik dan jumlah konsumsi besar dibandingkan denga proses lainnya. *Vapour compression distillation* hanya cocok digunakan dengan kapasitas kecil. Flow diagram proses *vapour compression method* di tunjukan pada gambar 2.14.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Ibidem, hal 452-453



Gambar 2.14 Flow Diagram Desalinasi Air Laut Dengan Proses *Vapour Compression Method*.<sup>21</sup>

Sumber : nanosmartfilter.com

Tabel 2.1 Kadar Air Laut Dalam Senyawa

No	Senyawa	Gram per liter air laut
1	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003
2	CaCO <sub>3</sub>	0,1172
3	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	1,7488
4	NaCl	29,6959
5	MgSO <sub>4</sub>	2,4787
6	MgCl <sub>2</sub>	3,3172
7	NaBr	0,5524
8	KCl	0,5339
Total		38,44471 <sup>22</sup>

Sumber: Riley and Skirrow (1975) dan PN Garam

<sup>21</sup> Ibidem, hal 453

<sup>22</sup> Riley and skirrow,1975

## 2.5 Jumlah Energi Sampah

Sampah memang mengandung energi. Pada sampah organik berupa sisa tumbuhan, energi itu berasal dari matahari yang ditangkap oleh tumbuhan hijau melalui proses fotosintesis. Energi dalam sampah organik/non organik, baik yang berupa sisa tumbuhan maupun sisa bahan berupa zat kimia sintetik dapat dibebaskan lagi dengan pembakaran. Energi yang dibebaskan itu dapat digunakan untuk memanaskan air dalam pipa heater, uap yang terbentuk akan terkondensasi dan menjadi air. Terjadilah konversi sampah jadi energi (*waste to energy*). Pada prinsipnya sampah itu digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar minyak, gas atau batubara. Teknologi sampah menjadi energi adalah dengan pembusukkan sampah secara anaerobik untuk menghasilkan gas metan. Gas metan yang terbentuk dikumpulkan dan digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Dalam proses ini metan diubah menjadi CO<sub>2</sub> yang potensi pemanasan globalnya adalah 1/20 metan. Aliran panas hanya berlangsung ke arah radial (arah r) saja luas bidang aliran panas dalam system slinder ini.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Shirley Wahadaputera, MT, Theresia Pynkywati, MT, Utilitas bangunan modul plumbing, reditor dewanti nurcahyani. (Griya kreasi, jakarta, 2015) hal 134

**Tabel 2.2 Rata-Rata Kalor Sampah**

Jenis sampah	%	Kalor spesifik (kJ/kg)	Nilai kalor (kJ/kg)
Sampah makanan	68,70	4.170	2.864,79
Aneka kertas	6,30	17.530	1.104,39
Kaca/gelas	3,10	-	-
Plastik	11,60	17.910	2.077,56
Logam	0,90	-	-
Kayu	2,50	19.940	498,5
Kain/tekstil	3,30	17.720	584,76
Karet	2,10	26.230	550,83
Baterei	0,10	-	-
Lain-lain	1,40	-	-
Nilai kalor rata-rata			7.680,83

Sumber : Wiradarma (2002)

## 2.6 Salinitas

Salinitas adalah kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini, secara definisi, kuran dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5% disebut brine. Faktor-faktor yang mempengaruhi salinitas adalah:

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut disuatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya.
2. Curah hujan, makin besar atau banyak curah hujan disuatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya, makin sedikit atau kecil curah hujan yang turun, maka salinitasnya akan tinggi.

3. Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut, maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut maka salinitasnya akan tinggi.

Zat terlarut meliputi garam-garam anorganik, senyawa-senyawa anorganik yang berasal dari organisme hidup, dan gas-gas yang terlarut. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55,04%), natrium (30,61%), sulfat (7,68%), magnesium (3,69%), kalsium (1,16%), kalium (1,10%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama dari garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vent*) di laut dalam.

Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas.

Perpindahan kalor terjadi dari suatu fluida yang temperatur lebih tinggi kepada fluida yang temperaturnya lebih rendah. Besar kalor yang dipindahkan diantara kedua fluida sangat tergantung pada kecepatan aliran fluida, kondisi permukaan, arah alirannya, sifat-sifat fisik fluida, dan luas bidang perpindahan panas serta beda temperatur diantara kedua fluida. ada 3 macam mekanisme perpindahan kalor, yaitu:

1. Secara molekuler, yang disebut dengan perpindahan kalor konduksi.
2. Secara aliran yang disebut dengan perpindahan kalor konveksi
3. Secara gelombang elektromagnet yang disebut dengan perpindahan kalor radiasi.

Dimana masing-masing sistem memiliki ciri atau karakter tertentu sesuai dengan prosesnya. Dalam suatu peristiwa, tiga cara perpindahan kalor tersebut dapat terjadi secara bersamaan.<sup>24</sup>

## 2.7 Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas melalui kontak langsung antara molekul zat yang berbeda suhu. Besaran perpindahan panas secara konduksi tergantung pada nilai konduktivitas panas bahan. Namun biasanya pada pelat kolektor, kerugian kalor secara konduksi diabaikan sebab tebal cover dan pelat kecil sehingga perbedaan temperatur tidak begitu signifikan.

Persamaan Dasar Konduksi<sup>25</sup>:  $Q_{\text{kond}} = \frac{kA \Delta T}{L}$  .....(2.1)

Keterangan :

$Q_{\text{kond}}$  = laju perpindahan panas (W)

$k$  = konduktivitas termal (W /°C.m)

$A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)

## 2.8 Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas yang dihubungkan dengan pergerakan fluida. Jika fluida bergerak karena adanya gaya gerak dari luar

<sup>24</sup> Samadi, S.Pd, Msi, Geografi 1, editor Ervin hidyat, S.Si, (Yusdistira, 2007) hal 191

<sup>25</sup> Peter J. Lunde, *Solar Thermal Engineering : Space Heating and Hot Water Systems*, (New York:John Wiley & Sons, 1980), hal. 12.

maka disebut konveksi paksa, sedangkan jika pergerakan fluida terjadi karena perbedaan massa jenis yang disebabkan oleh perbedaan suhu disebut konveksi alami.

Persamaan kerugian kalor konveksi pada pelat adalah<sup>26</sup> :

$$Q = hA \Delta T \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Q = laju perpindahan panas (W)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/°C.m<sup>2</sup>)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = perbedaan suhu pelat (°C)

## 2.9 Termokopel

Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengetahui perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan temperatur. Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C.<sup>27</sup>

Jenis jenis termokopel :

1. Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy))

Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu -200 °C hingga +1200 °C.

---

<sup>26</sup>Ibidem., hal. 14

<sup>27</sup><http://erikasmanusu.blogspot.com/2013/10/pengertian-termokopel.html>, diakses pada 21.00, 12 Juli 2014

2. Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy))

Tipe E memiliki output yang besar ( $68 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.

3. Tipe J (Iron / Constantan)

Rentangnya terbatas ( $-40$  hingga  $+750 \text{ }^\circ\text{C}$ ) membuatnya kurang populer dibanding tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar  $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$

4. Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy))

Stabil dan tahan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Sensitivitasnya sekitar  $39 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  pada  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.

5. Tipe B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh)

Cocok mengukur suhu di atas  $1800 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tipe B memberi output yang sama pada suhu  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  hingga  $42 \text{ }^\circ\text{C}$  sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

6. Tipe R (Platinum /Platinum with 7% Rhodium)

Cocok mengukur suhu di atas  $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ . sensitivitas rendah ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

7. Tipe S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium)

Cocok mengukur suhu di atas  $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ . sensitivitas rendah ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk

tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan waktu penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Otomotif, Gedung M, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta pada waktu penelitian mulai Desember 2015 sampai dengan Oktober 2016.

#### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

Dalam pengujian dan analisis alat destilasi ini, peneliti menggunakan alat dan bahan yang mendukung dalam pengujian dan analisis antara lain:

##### **1. Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang peneliti gunakan antara lain :

- a. Solidwork 2010
- b. Autocadd 2010
- c. Microsoft word 2012

##### **2. Alat dan Bahan Penelitian**

Mempersiapkan bahan dan alat yang dibuthkan dalam penelitian ini untuk memperoleh data penelitian.

Bahan dan alat yang dibutuhkan dalam pembuatan Alat Destilasi adalah :

##### **a. Pipa stainless 304**

Pipa stainless steel 304 adalah standar 18/8 stainless steel yang mengandung 18% chromium, 8% nickel dengan maximum 0.08% carbon. 18/10 SS yang mengandung 18 chromium & 10% nickel juga dikenal sebagai grade 304.

Stainless steel Grade 304 memiliki karakteristik pembentukan dan pengelasan yang sangat baik dan daya tahan karat yang baik terhadap berbagai asam Grade 304 juga banyak digunakan untuk pipa uap panas (steam pipes), system pembuangan uap/gas (exhaust systems), tangki penyimpanan (storage tank), ketel uap (steam-heated boilers).

b. Pipa Refrigeran 3/8"

Pipa refrigeran atau yang biasa disebut pipa AC tembaga yang digunakan adalah pipa merk Kembla dengan diameter 3/8 inch tebal 0,61mm panjang satu roll 15 meter. Pipa tembaga roll ini biasa digunakan untuk pipa AC, pipa kompresor dan lain sebagainya. Pipa ini bersifat ringan dan kuat dengan pengaplikasian yang mudah dibentuk, penggunaan pipa ini lebih baik dari pipa besi karena tahan terhadap karat dan juga tahan terhadap api dan hampir semua Alkalin atau zat beracun. Penyambungan pipa tembaga ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengelasan (*brazing*) dan tanpa pengelasan, tetapi menggunakan *flare fitting* yang disebut sebagai *flare nut*, yaitu baut khusus untuk keperluan penyambungan secara cepat (*flaring*).



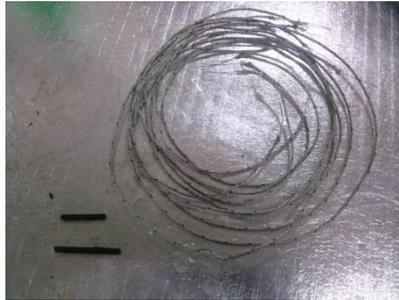
**Gambar 3.1. Flare Fitting Dan Flare Nut(Double Nipple)**

c. Las Busur Listrik

Proses menyambung dengan cara membakar sehingga pipa stainless steel menjadi cair disambung dengan elektroda khusus stainless steel.

d. *Thermokopel* tipe k

Thermokopel tipe k digunakan sebagai sensor pembaca temperature.



**Gambar 3.2 Thermokopel Type-K**

e. *Clam Meter*

Clam meter digunakan untuk menampilkan hasil bacaan suhu yang telah diukur oleh thermokopel.



**Gambar 3.3 Clam Meter**

f. *Salinity Meter*

Alat ukur kadar garam pada air digunakan sebelum dan setelah air melalui proses destilasi.



**Gambar 3.4 Salinity Meter**

g. PH tester

PH tester jenis kertas lakmus untuk mengetahui kadar keasaman (PH) yang terkandung dalam air, digunakan sebelum dan setelah air melalui proses destilasi.



**Gambar 3.5 PH Tester**

#### h. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berapa banyak (Kg) sampah / limbah kayu yang akan dibakar.



**Gambar 3.6 Timbangan**

#### i. Flaring box

Digunakan untuk memotong dan membentuk pipa refrigeran untuk bisa disambungkan.



**Gambar 3.7 Flaring Box**

j. Air laut

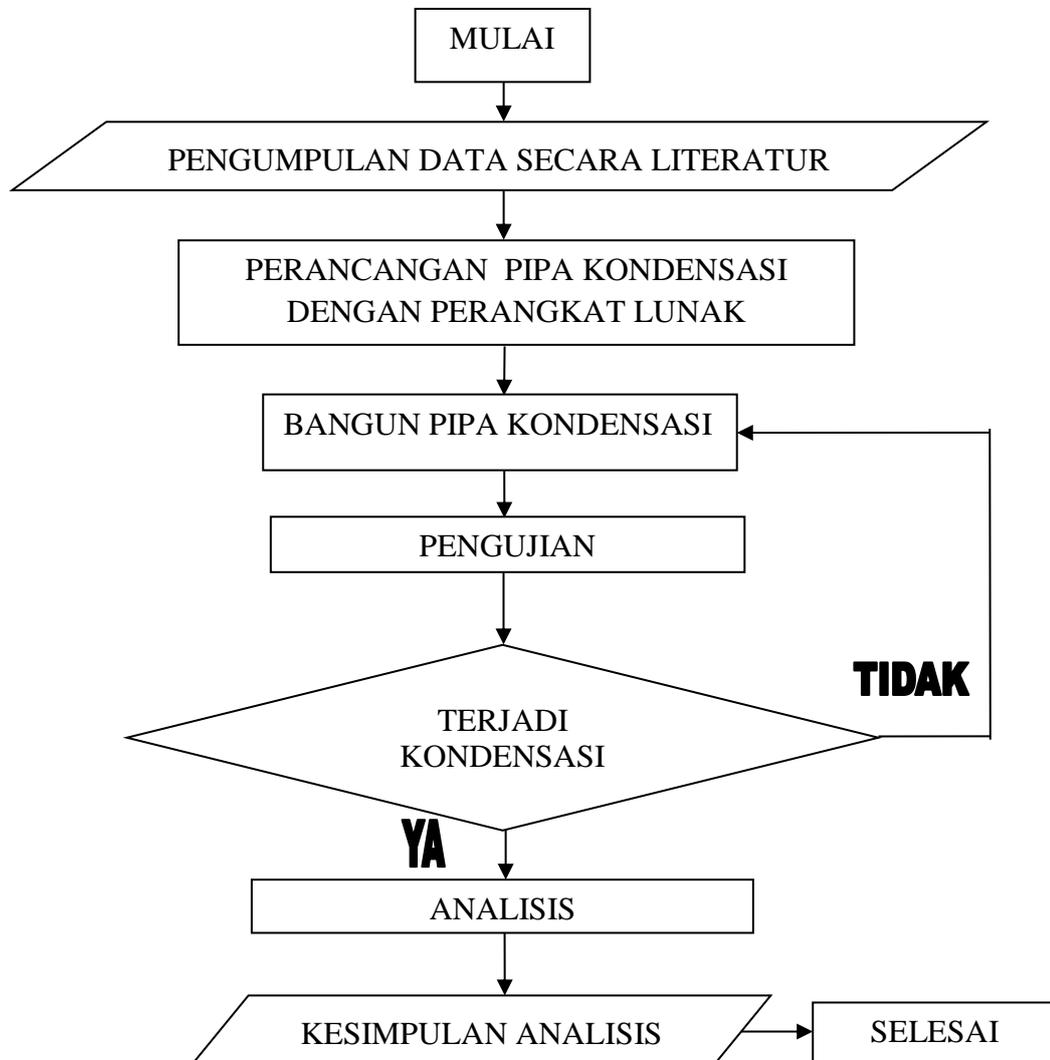
Air laut yang nantinya akan digunakan sebagai alat pengujian destilasi ini diambil di kampung nelayan kawasan Kalibaru, Cilincing, Jakarta Utara sebanyak 76 Liter.



**Gambar 3.8 Pengambilan Air Laut**

### C. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian pengujian dan analisis alat destilasi air tawar pada alat uji dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 3.9 Tahapan Penelitian**

Yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data dan studi literatur. Pengumpulan data spesifik alat simulasi
2. Perancangan alat destilasi dengan menggunakan perangkat lunak
3. Bangun pipa kondensasi / Pengerjaan perubahan alat destilasi air laut
4. Pengujian secara langsung dengan alat uji
5. Analisis.

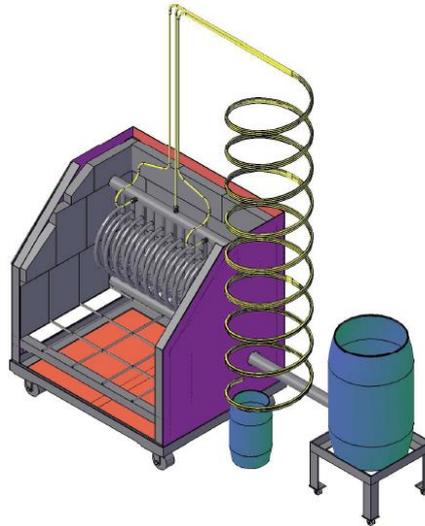
## 1. Pengumpulan data dan studi literatur

Pada proses mengumpulkan data dan literatur peneliti mengumpulkan data mengenai landasan teori apa saja yang dibutuhkan untuk menjalankan penelitian ini kepada dosen pembimbing, buku–buku pustaka, dan jurnal. Peneliti juga mencari tempat dimana penelitian ini dapat dilakukan.

## 2. Rancangan Pipa Kondensasi

Perancangan dengan menggunakan perangkat lunak (*Solidwok* 2010 dan *Autocadd* 2010) dengan potongan pipa destilasi pada tungku pembakaran, cerobong pembuangan, pipa masuk dan keluar, lubang sirkulasi udara dan pintu dari tungku.

Pada proses perencanaan modifikasi pipa kondensasi pada alat destilasi ini didasari pada perhitungan *Heat Transfer Konduksi*, dimana sebelum dimodifikasi, hasil dari proses kondensasi ini masih kurang maksimal, dalam artian penguapan masih belum sempurna, hasil kondensasi yang masih mengandung garam dengan nilai minimum 8 ppt. Perencanaan ini menggunakan bantuan media *Software Solidwork* dengan menggunakan material pipa refrigerant tembaga produksi MM Kembla astm refrigeration, diameter 3/8 Inch tebal 0,61 mm.



**Gambar 3.10 Rencana Rancangan Alat Destilas Dengan Pipa Kondensasi Spiral**

Penentuan rencana modifikasi pipa kondensasi menggunakan persamaan dari *Heat Transfer Konduksi* untuk mendapatkan perhitungan yang tepat pada panjang laju kondensasi, dimana :

$$Q = m C (\Delta T) \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

Q = Kalor

m = massa

C = Kalor Jenis Zat

$\Delta T$  = Perbedaan Suhu

$$m = v \times \rho$$

$$m = 0,06 \text{ m}^3 \times 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 61,8 \text{ kg}$$

$$Q = 61,8 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} (160^\circ \text{ C} - 30^\circ \text{ C})$$

$$Q = 241020 \text{ J} \times 130^\circ \text{ C}$$

$$Q = 31332,6 \text{ kJ}$$

$$L = \frac{2\pi K}{Q \ln \frac{r_2}{r_1}} (T \text{ Panas} - T \text{ dingin})^{28} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

L = Panjang Pipa Kondensasi (meter)

K = Koefisien konduktivitas termal material

Q = Kalori

r 1 = Jari – jari dalam pipa

r 2 = Jari – jari luar pipa

$$= \frac{6,28 \cdot 385}{31332,6 \cdot \ln \frac{0,5}{0,4}} (160^\circ C - 30^\circ C)$$

$$= \frac{6,28 \cdot 385}{31332,6 \cdot 0,2} (160^\circ C - 30^\circ C)$$

$$= \frac{2417,8}{6266,52} (130^\circ C)$$

$$= 0,39 \times 130$$

$$= 5,7 \text{ meter}$$

Dari persamaan 3.2, maka panjang pipa kondensasi yang dibutuhkan adalah 5 meter. Dengan turbulen sebesar 30%, maka panjang pipa menjadi 7 meter. Untuk memperpendek dimensi, maka pipa dibentuk spiral.

### 3. Pengerjaan Perubahan / Perbaikan Alat Destilasi Air Laut

Setelah melakukan perencanaan dan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang tepat, maka langkah selanjutnya adalah melakukan Perubahan / perbaikan pipa kondensasi dengan proses pengerjaan pipa seperti memotong, menyambung dan lain sebagainya dengan beberapa metode, seperti Pengelasan, Flaring, Rolling, sehingga

<sup>28</sup> Cukup Mulyana, Perhitungan Heat Loss Pada Pipa Transmisi Uap di PLTU Cilacap. Hal. 221

bentuk alat Destilasi air laut yang diinginkan dapat di bangun sesuai dengan rancangan.



**Gambar 3.11 Pipa Yang Sudah Dispiral**



**Gambar 3.12 Pengelasan Pada Pipa Stainlesssteel**



**Gambar 3.13 Pemasangan Pipa**



**Gambar 3.14 Pemasangan Pipa Kondensasi Dengan Pipa Heater**



**Gambar 3.15 Setelah Dipasang Pipa Kondensasi Spiral**

#### 4. Pengujian Secara Langsung Dengan Alat Uji

Setelah melakukan perubahan pada pipa kondensasi, ini adalah penjelasan dari alur kerja penelitian. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Langkah – langkah pengujian :

1. Menyiapkan air laut dengan kebutuhan level air yang dibutuhkan



**Gambar 3.16 Level Air**

2. Menyiapkan bahan bakar yang diperoleh dari sampah / limbah kayu / ranting yang berada di pembuangan sampah Universitas Negeri Jakarta
3. Menimbang berat sampah sesuai kebutuhan 10 kg untuk satu jam pembakaran dan kemudian letakkan pada tungku



**Gambar 3.17 Sampah / Limbah Kayu**

4. Menyiapkan instrumen seperti, ph tester, salinity meter, clam meter dan log book
5. Setelah air laut sudah dimasukkan ke dalam tangki penampungan dengan level air yang dibutuhkan dan sampah sudah dimasukkan kedalam ruang pembakaran, catat dalam log book semua data yang diperlukan, seperti jumlah liter air laut, suhu air laut pada penampungan, jumlah sampah yang dimasukkan dalam ruang pembakaran harus dibawah 10 kg dan kemudian ditambahkan sisanya pada menit ke-30, kemudian suhu awal pada heater dan exhaust, kadar garam dan keasaman sebelum dilakukan proses destilasi. Setelah semuanya dicatat, maka sudah bisa dilakukan langkah selanjutnya
6. Pembakaran bahan bakar



**Gambar 3.18 Pembakaran Bahan Bakar**



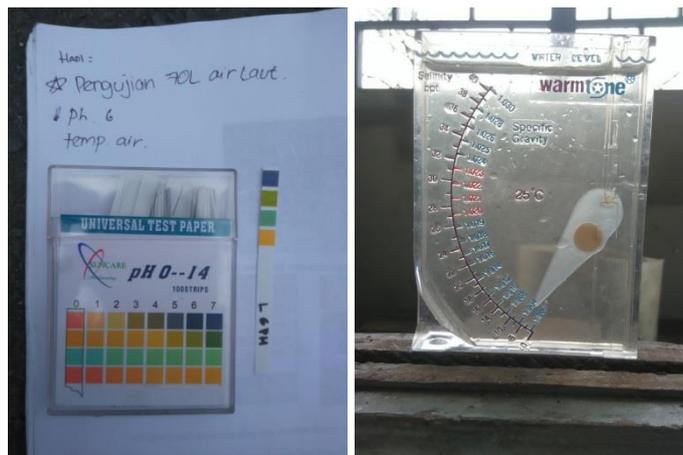
**Gambar 3.19 Proses Pengujian**

7. Mencatat suhu air masuk dan keluar, suhu heater dan juga exhaust pada menit ke-5, menit ke-10 dan kemudian kelipatan 10 menit hingga menit ke-60



**Gambar 3.20 Pengukuran Suhu**

8. Setelah menit ke-30, tambahkan bahan bakar yang tersisa keruang pembakaran
9. Setelah menit ke-60, lakukan pengecekan pada kadar air hasil dari proses destilasi, baik kadar garam maupun ph dan jumlah (liter) air hasil proses destilasi, cek volume penampungan, catat berapa banyak air yang masuk kedalam proses destilasi.



**Gambar 3.21 Pengukuran Kadar Ph Dan Garam**



**Gambar 3.22 Hasil Air Yang Berkumpul**

#### **D. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data didapatkan dengan cara melakukan pengujian langsung pada alat destilasi sesuai dengan urutan pelaksanaan pengujian. Pengambilan data menggunakan thermokopel dan clam meter sebagai indikator yang menunjukkan berapa suhu panas pada beberapa titik bagian pada alat destilasi yang kemudian dicatat dalam log book dan kemudian menggunakan ph tester kertas lakmus dan salinity meter untuk mengetahui kadar keasaman dan kadar garam. Hasil uji akan menunjukkan suhu panas alat destilasi, kadar keasaman dan kadar garam.

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN**

#### **A. Deskripsi Hasil Penelitian**

Pada pengujian alat destilasi ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, yaitu pada level tangki air 50 liter, level tangki air 60 liter dan level tangki air 70 liter dengan menggunakan bahan bakar yang sama, yaitu sampah / limbah kayu sebanyak 10 kg yang dibakar secara bertahap. Dimana dari tiap level mendapatkan hasil uji yang berbeda.

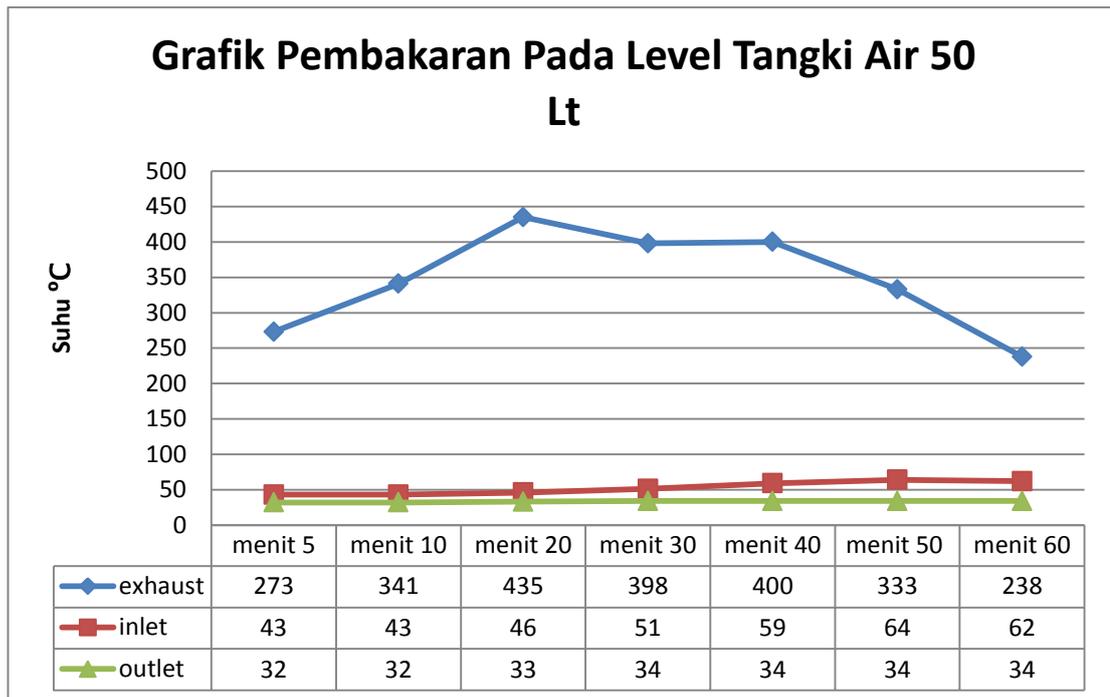
#### **B. Analisis Data Penelitian**

##### **1. Pengujian Pada Level Tangki Air 50 Liter**

###### **a. Temperatur Pembakaran**

Pengujian destilasi dengan menggunakan :

sampah / limbah kayu	: 10 Kg = 498,5 kJ/kg dibakar bertahap pada menit ke-30
level air	: 50 Liter
kadar garam awal	: 24 ppt
PH awal	: 7 PH
Suhu air awal	: 28° C
Suhu Exhaust awal	: 36°



**Gambar 4.1. Temperatur Pembakaran Pada Level Tangki Air 50 Lt**

Gambar 4.1. Menunjukkan temperatur exhaust, air masuk (inlet) dan air yang keluar (outlet) pada hitungan waktu menit ke-5 sampai dengan menit ke-60 dengan menggunakan bahan bakar sampah / limbah kayu sebanyak 10 kg, dimana nilai kalori kayu adalah 498,5 kJ/kg, bahan bakar tidak sepenuhnya langsung dibakar diwaktu bersamaan, tetapi bertahap pada menit pertama sebanyak 7 kg dan pada menit ke-30 sebanyak 3 kg, guna mempertahankan suhu pada panas stabil antara suhu exhaust 300° C sampai dengan 450° C, karena suhu optimal untuk membuat uap terkondensasi menjadi air antara suhu exhaust 300° C – 450° C, jika panas kurang dari itu maka uap tidak terkondensasi dengan baik atau uap belum menjadi air, tetapi jika panas melebihi itu maka uap tidak terkondensasi dengan baik atau uap panas yang akan keluar melalui pipa kondensasi. Dapat dilihat pada gambar 4.1. Grafik pada menit ke-20

menuju menit ke-30 ada penurunan suhu panas pada exhaust dan menit ke-30 menuju ke-40 ada peningkatan suhu panas, itu karena ada penambahan bahan bakar untuk tetap menjaga konsisten panas pada suhu tersebut. Namun pada menit ke-50 dan menit ke-60 pada exhaust sudah ada penurunan suhu panas, tetapi pada suhu tersebut pipa kondensasi masih dapat mengeluarkan air hasil kondensasi. Suhu tertinggi exhaust disini terjadi pada menit ke-20 disuhu  $435^{\circ}\text{C}$ , tetapi dalam angka yang normal. Pada suhu panas air masuk (inlet) terus meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Sedangkan untuk suhu air hasil proses destilasi (outlet) konstan, tidak ada peningkatan atau penurunan yang besar.

#### **b. Perhitungan Kalor yang Diserap**

Volume (V) air yang terproses = 2 Liter =  $0,002\text{ m}^3$

Massa Jenis ( $\rho$ ) =  $1030\text{ Kg/m}^3$  (massa jenis air laut )

$$m = v \times \rho^{29} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$= 0,002 \times 1030$$

$$= 2,06\text{ Kilogram}$$

Jadi 2 liter air sama dengan 2,06 kilogram

Kalor jenis air laut =  $3900\text{ J/kg}$

---

<sup>29</sup> Cornel Barbu, *Electrician in North America* (Canada, 2009) hal. 63

**Tabel 4.1. Kalor Jenis (J/kg.K)**

Zat	Kalor jenis (J/Kg.K)
Air	4.180
Air laut	3.900
Es	2.060
Aluminium	903
Besi	450
Kaca	670
Kuningan	376
Raksa	140
Seng	388
Spiritus	240
Tembaga	385
Timbal	130

Sumber: Widodo, 2009

Perhitungan kalor yang diserap pada saat pembakaran level air 1 (tangki berisikan air 50 liter)

pada level air 1 menit ke-5

dimana Q = Banyaknya kalor (kJ)

m = massa (kg)

c = Kalor jenis zat (J/kg)

$\Delta T$  = Perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$Q = m c \Delta T^{30} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$= 2,06 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 88,374 \text{ kJ}$$

---

<sup>30</sup> Dewi Rossalia, dkk. 99% Lulus UN SMP 2015 (Jakarta: Cmedia, 2014) hal 350

pada level air 1 menit ke-10

$$\begin{aligned} Q &= m c \Delta T \\ &= 2,06 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 11 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 88,374 \text{ kJ} \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-20

$$\begin{aligned} Q &= m c \Delta T \\ &= 2,06 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 13 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 104,442 \text{ kJ} \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-30

$$\begin{aligned} Q &= m c \Delta T \\ &= 2,06 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 17 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 136,578 \text{ kJ} \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-40

$$\begin{aligned} Q &= m c \Delta T \\ &= 2,06 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 25 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 200,85 \text{ kJ} \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-50

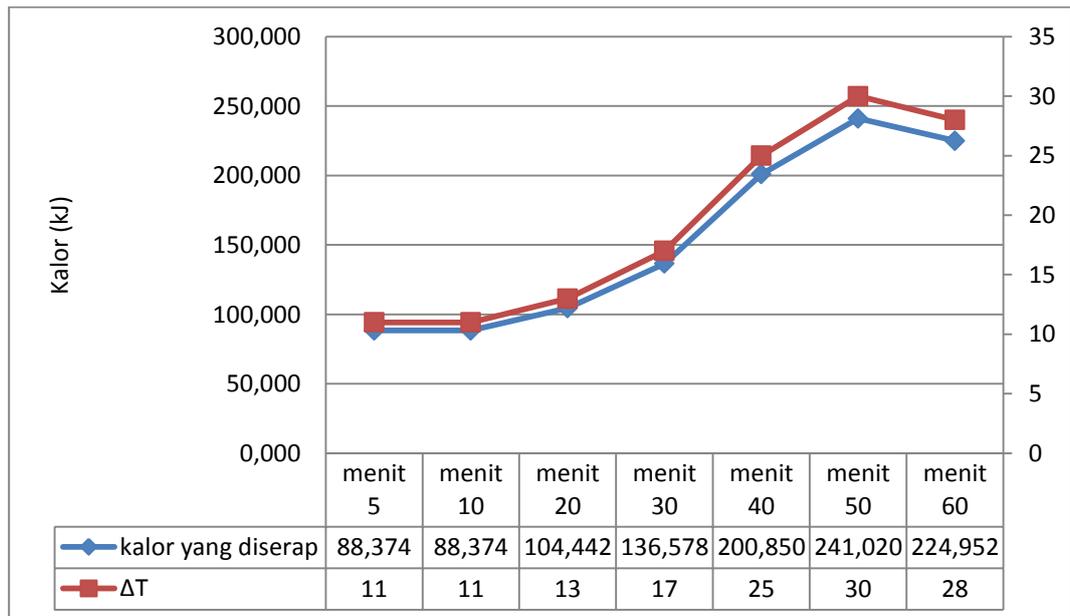
$$\begin{aligned} Q &= m c \Delta T \\ &= 2,06 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 241,02 \text{ kJ} \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-60

$$Q = m c \Delta T$$

$$= 2,06 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 224,952 \text{ kJ}$$



**Gambar 4.2. Grafik Kalor Yang Diserap Pada Level Air 50**

Pada Gambar 4.2. menunjukkan grafik kalor yang diserap selama proses pengujian 60 menit, dimana perhitungan kalor yang diserap didapat dari persamaan 4.2, dimana  $\Delta T$  lebih berpengaruh pada perubahan kalor yang diserap, karena masa zat dan kalor jenisnya konstan.

### c. Efisiensi Dari Alat Penukar Kalor

Efisiensi dari alat penukar kalor pada level air 1 adalah :

$$\eta = \frac{Q_{\text{air}}}{Q_{\text{pembakaran}}} \times 100\% \quad \text{.....}^{31} \quad \text{.....(4.3)}$$

$$\eta = \frac{\text{air masuk} - \text{air keluar (hasil kondensasi)}}{\text{kalori sampah kayu} \times \text{masa zat}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2000 \text{ ml} - 450 \text{ ml}}{498,5 \text{ kJ/kg} \times 10 \text{ kg}}$$

$$\eta = \frac{1550 \text{ ml}}{4985 \text{ kJ/kg}} \times 100\%$$

$$\eta = 31\%$$

---

<sup>31</sup> Tajudin, Rangkuman rumus Matematika, fisika, kimia (Jakarta, kawan Pustaka, 2005) hal. 142

## 2. Pengujian Pada Level Tanki Air 60 Liter

### a. Temperatur pembakaran pada level tangki air 60 Lt

Pengujian Destilasi dengan menggunakan :

sampah / limbah kayu : 10 Kg = 498,5 kJ/kg dibakar

bertahap pada menit ke-50

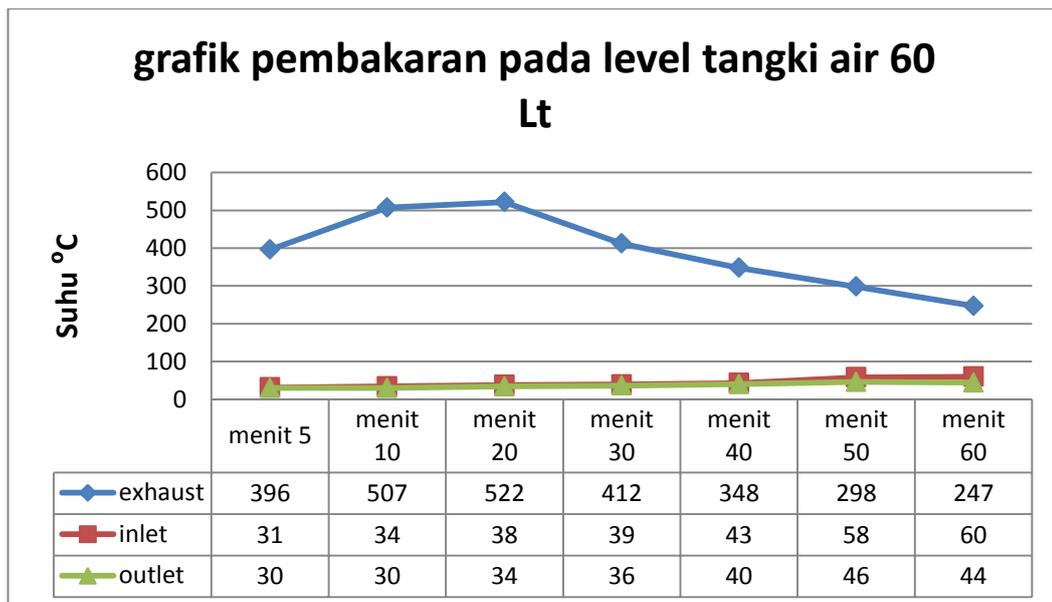
level air : 60 Liter

kadar garam awal : 24 ppt

PH awal : 7 PH

Suhu air awal : 28° C

Suhu Exhaust awal : 36° C



**Gambar 4.3. Temperatur Pembakaran Pada Level Tangki Air 60 Lt**

Gambar 4.3. Menunjukkan temperatur exhaust, air masuk (inlet) dan air yang keluar (outlet) pada hitungan menit ke-5 sampai dengan menit ke-60, dapat dilihat pada gambar 4.3. Menunjukkan grafik yang tinggi pada awal pembakaran dan terus naik pada menit ke 20, pada

menit ke-5 air hasil destilasi sudah dapat terkondensasi dan keluar, karena bahan bakar yang dibakar pada awal pembakaran cukup banyak, yaitu 8 Kg, pada grafik di menit ke-30 tidak ada penurunan suhu pada exhaust, karena suhu masih pada angka yang cukup tinggi, jadi tidak ada penambahan bahan bakar, penambahan bahan bakar di tambahkan pada menit ke-50 sebanyak 2 kg untuk menjaga konsisten suhu agar tetap stabil. Dimana pada menit ke-20 adalah suhu tertinggi yang terjadi pada exhaust  $522^{\circ}\text{C}$  dan heater  $357^{\circ}\text{C}$ , pada titik ini, suhu terlalu tinggi, tidak baik pada proses kondensasi yang dapat mengakibatkan uap tidak dapat terkondensasi, karena suhu yang terlalu panas membuat uap tidak dapat menjadi air. Karena dari awal suhu panas cepat naik hingga menit ke-30, itu berdampak pada suhu air masuk (inlet) dan air yang keluar (outlet) yang terus naik pada suhu inlet dan pada suhu outlet ada peningkatan suhu pada menit ke-20.

#### **b. Perhitungan Kalor yang Diserap**

Volume (V) air yang terproses = 3 Liter =  $0,003\text{ m}^3$

Massa Jenis ( $\rho$ ) =  $1030\text{ Kg/m}^3$  (massa jenis air laut )

$$m = v \times \rho \dots\dots\dots( 4.4)$$

$$= 0,003 \times 1030$$

$$= 3,09\text{ Kilogram}$$

Jadi 3 liter air sama dengan 3,09 kilogram

Kalor jenis air laut =  $3900\text{ J/kg}$

Perhitungan kalor yang diserap pada saat pembakaran level air 2 (tangki berisikan air 60 liter)

pada level air 1 menit ke-5

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \dots\dots\dots(4.5) \\
 &= 3,09 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 1 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 12,051 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-10

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \\
 &= 3,09 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 48,204 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-20

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \\
 &= 3,09 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 48,204 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-30

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \\
 &= 3,09 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 3 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 36,153 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-40

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \\
 &= 3,09 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 3 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 36,153 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-50

$$Q = m c \Delta T$$

$$= 3,09 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

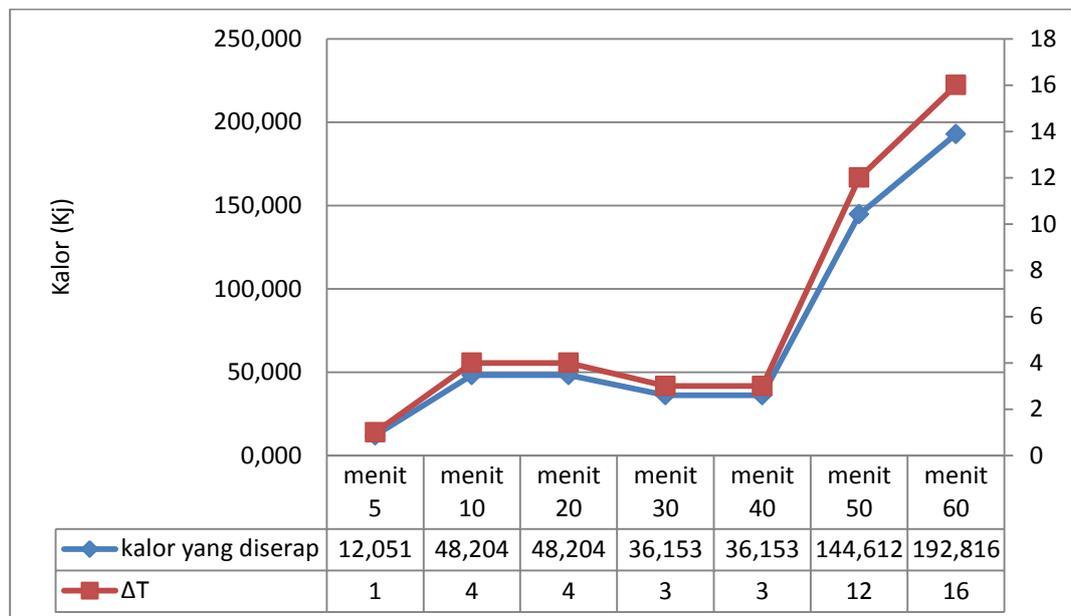
$$= 144,612 \text{ kJ}$$

pada level air 1 menit ke-60

$$Q = m c \Delta T$$

$$= 3,09 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 192,816 \text{ kJ}$$



**Gambar 4.4. Grafik Kalor Yang Diserap Pada Level Air 60 Liter**

Pada Gambar 4.4. menunjukkan grafik kalor yang diserap selama proses pengujian 60 menit, dimana perhitungan kalor yang diserap didapat dari persamaan 4.5, dimana  $\Delta T$  lebih berpengaruh pada perubahan kalor yang diserap, karena masa zat dan kalor jenisnya konstan.

### c. Efisiensi Alat Penukar Kalor

Efisiensi dari alat penukar kalor pada level air 2 adalah :

$$\eta = \frac{Q_{\text{air}}}{Q_{\text{pembakaran}}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.6)$$

$$\eta = \frac{\text{air masuk} - \text{air keluar (hasil kondensasi)}}{\text{kalori sampah kayu} \times \text{masa zat}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3000 \text{ ml} - 7000 \text{ ml}}{498,5 \text{ kJ/kg} \times 10 \text{ kg}}$$

$$\eta = \frac{2300 \text{ ml}}{4985 \text{ kJ/kg}} \times 100\%$$

$$\eta = 46\%$$

### 3. Pengujian Pada Level Tangki Air 70 Liter

#### a. Temperatur pembakaran pada level tangki air 70 Lt

Pengujian Desalinasi dengan menggunakan :

sampah / limbah kayu : 10 Kg = 498,5 kJ/kg dibakar  
bertahap pada menit ke-30

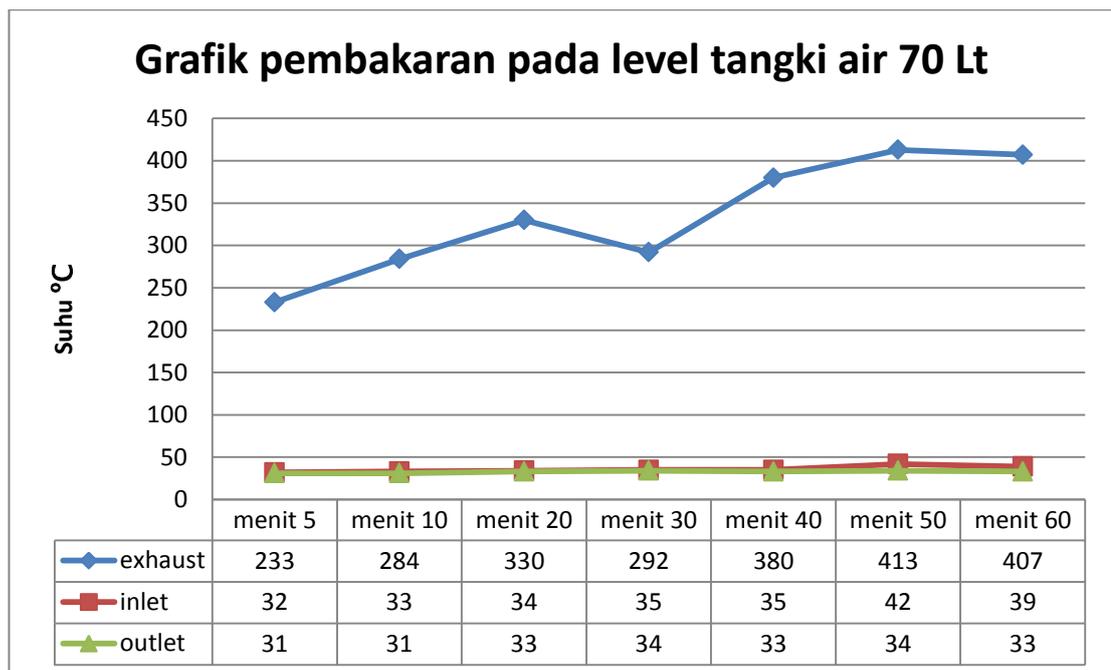
level air : 70 Liter

kadar garam awal : 24 ppt

PH awal : 7 PH

Suhu air awal : 28° C

Suhu Exhaust awal : 36° C



**Gambar 4.5. Temperatur Pembakaran Pada Level Tangki Air 70 Lt**

Gambar 4.5. Menunjukkan temperatur exhaust, air masuk (inlet) dan air yang keluar (outlet) pada hitungan menit ke-5 sampai dengan menit ke-60, dapat dilihat pada gambar 4.5. Menunjukkan grafik yang

diawali pada suhu yang tidak terlalu tinggi dan terus meningkat pada suhu exhaust hingga menit ke-20 dan ada penurunan grafik pada menit ke-30, karena bahan bakar yang dibakar pada awal pembakaran adalah 6 Kg, di menit ke-30 ini ada penambahan bahan bakar sebanyak 4 kg guna menjaga konsisten suhu agar tetap stabil pada kisaran suhu 300 °C - 450 °C, maka setelah ditambahkan bahan bakar ada peningkatan grafik pada menit ke-40 hingga menit ke-50, ada penurunan grafik pada menit ke-60 tetapi suhu exhaust dan heater dalam angka yang aman. Suhu pada inlet disini dapat dikatakan cukup stabil hingga menit ke-40, ada peningkatan grafik pada menit ke-50 dan menit ke-60 itu dikarenakan meningkatnya suhu setelah ditambahkan bahan bakar dan outlet disini dapat dikatakan cukup stabil untuk dapat menghasilkan air.

#### **b. Perhitungan Kalor yang Diserap**

Volume (V) air yang terproses = 4 Liter = 0,004 m<sup>3</sup>

Massa Jenis ( $\rho$ ) = 1030 Kg/m<sup>3</sup> (massa jenis air laut )

$$m = v \times \rho \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

$$= 0,004 \times 1030$$

$$= 4,12 \text{ Kilogram}$$

Jadi 4 liter air sama dengan 4,12 kilogram

Kalor jenis air laut = 3900 J/Kg

Perhitungan kalor yang diserap pada saat pembakaran level air 3 (tangki berisikan air 70 liter)

pada level air 1 menit ke-5

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \dots\dots\dots(4.8) \\
 &= 4,12 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 1 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 16,068 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-10

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \\
 &= 4,12 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 32,136 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-20

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \\
 &= 4,12 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 1 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 16,068 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-30

$$\begin{aligned}
 Q &= m c \Delta T \\
 &= 4,12 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 1 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 16,068 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

pada level air 1 menit ke-40

$$Q = m c \Delta T$$

$$= 4,12 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 32,136 \text{ kJ}$$

pada level air 1 menit ke-50

$$Q = m c \Delta T$$

$$= 4,12 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 8 \text{ }^\circ\text{C}$$

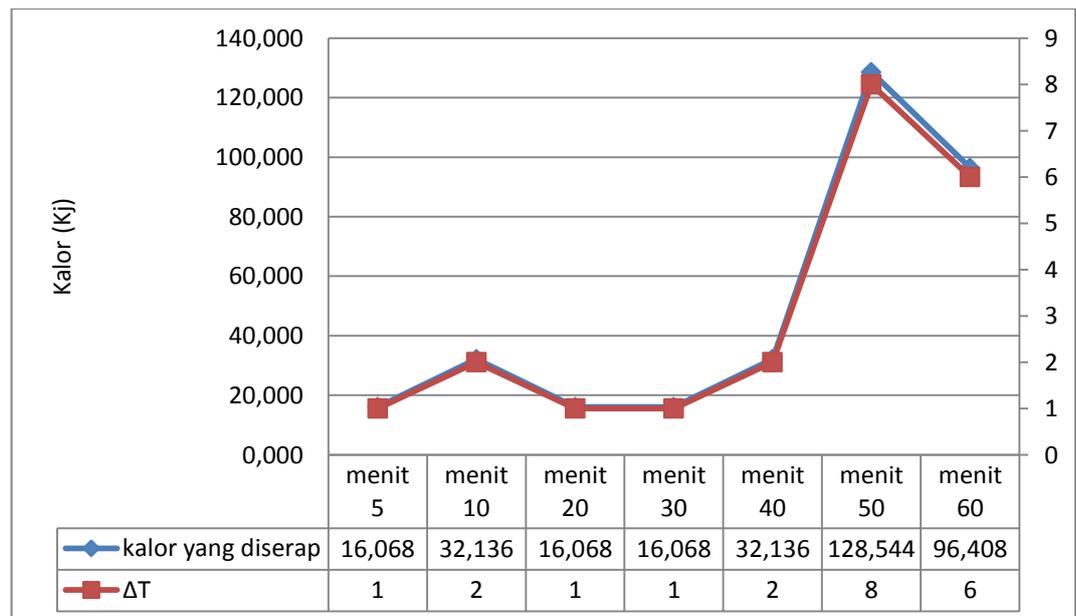
$$= 128,544 \text{ kJ}$$

pada level air 1 menit ke-60

$$Q = m c \Delta T$$

$$= 4,12 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg} \times 6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 96,408 \text{ kJ}$$



**Gambar 4.6 Grafik Kalor Yang Diserap Pada Level Air 70 Liter**

Pada Gambar 4.6. menunjukkan grafik kalor yang diserap selama proses pengujian 60 menit, dimana perhitungan kalor yang diserap didapat dari persamaan 4.8, dimana  $\Delta T$  yang lebih berpengaruh pada perubahan kalor yang diserap, karena masa zat satuan dan kalor jenisnya konstan.

### c. Efisiensi Alat Penukar Kalor

Efisiensi dari alat penukar kalor pada level air 3 adalah :

$$\eta = \frac{Q_{air}}{Q_{pembakaran}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.9)$$

$$\eta = \frac{air\ masuk - air\ keluar (hasil\ kondensasi)}{kalori\ sampah\ kayu \times masa\ zat} \times 100\%$$

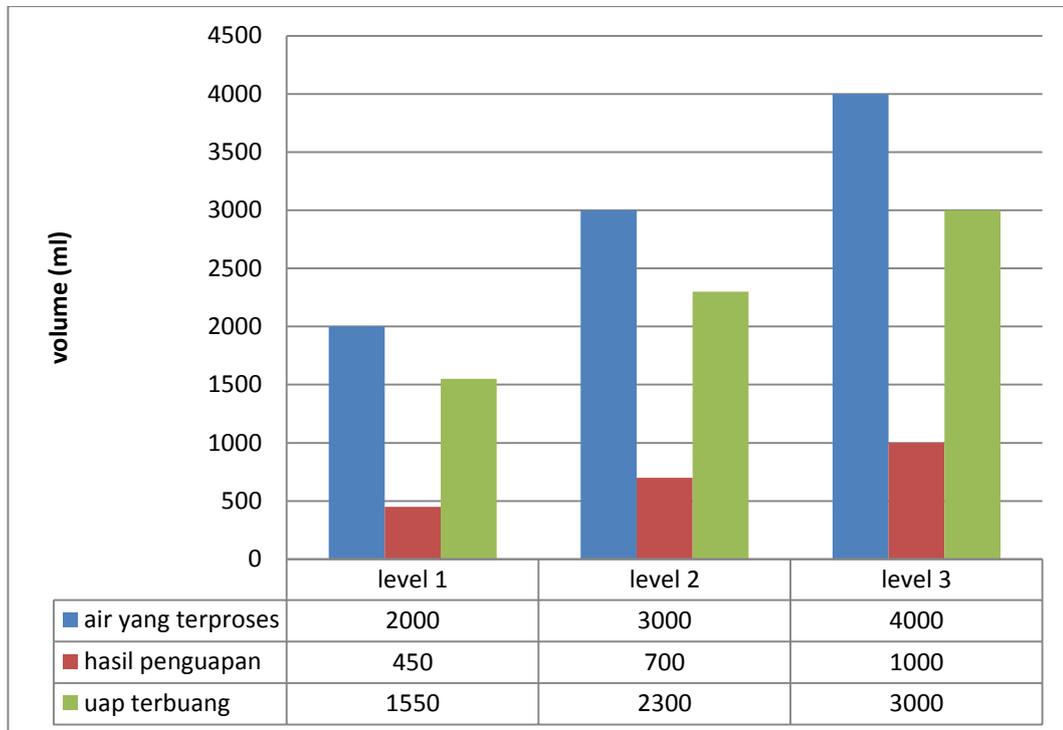
$$\eta = \frac{4000\ ml - 1000\ ml}{498,5\ KJ/Kg \times 10\ kg}$$

$$\eta = \frac{3000\ ml}{4985\ kJ/Kg} \times 100\%$$

$$\eta = 60\ %$$

## C. Pembahasan

### 1. Hasil Penguapan



**Gambar 4.7. Hasil Penguapan Selama 60 Menit**

Gambar 4.7. Menunjukkan jumlah air dalam liter, pada level air 1 adalah volume air dalam tangki yang berisikan 50 liter air laut, hanya 2 liter yang mengalami proses destilasi dan dari air yang terproses destilasi hanya menghasilkan air sebanyak 450 ml, jadi ada 1550 ml menjadi uap yang terbang, itu menjadi buih-buih dan kembali lagi ke tangki dan menjadi uap didalam tangki karena air dalam tangki menjadi panas.

Pada level air 2 adalah volume air dalam tangki yang berisikan 60 liter air laut, hanya 3 liter yang mengalami proses destilasi dan dari air yang terproses destilasi hanya menghasilkan air sebanyak 700 ml, jadi ada 2300 ml menjadi uap yang terbang, itu menjadi buih-buih dan kembali lagi tangki dan menjadi uap didalam tangki karena air dalam tangki menjadi panas.

Pada level air 3 adalah volume air dalam tangki yang berisikan 70 liter air laut, hanya 4 liter yang mengalami proses destilasi dan dari air yang terproses destilasi hanya menghasilkan air sebanyak 1 liter, jadi ada 3 liter menjadi uap yang terbang, itu menjadi buih-buih dan kembali lagi tangki dan menjadi uap didalam tangki karena air dalam tangki menjadi panas.

Jadi Semakin tinggi level air, semakin banyak air yang dihasilkan, banyak air yang terproses, itu berarti banyak juga uap yang terbang.

## 2. Efisiensi Hasil Kondensasi

Perhitungan efisiensi hasil kondensasi pada level air 50 Liter:

$$\eta = \frac{\text{air yang diproses (masuk)}}{\text{air yang dihasilkan (keluar)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.10)$$

$$\eta = \frac{450 \text{ ml}}{2000 \text{ ml}} \times 100\%$$

$$\eta = 22.5 \%$$

Jadi efisiensi hasil kondensasi pada level air 50 liter adalah 22,5 %

Perhitungan efisiensi hasil kondensasi pada level air 60 Liter:

$$\eta = \frac{\text{air yang diproses (masuk)}}{\text{air yang dihasilkan (keluar)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.11)$$

$$\eta = \frac{700 \text{ ml}}{3000 \text{ ml}} \times 100\%$$

$$\eta = 23.3 \%$$

Jadi efisiensi hasil kondensasi pada level air 60 liter adalah 23,3 %

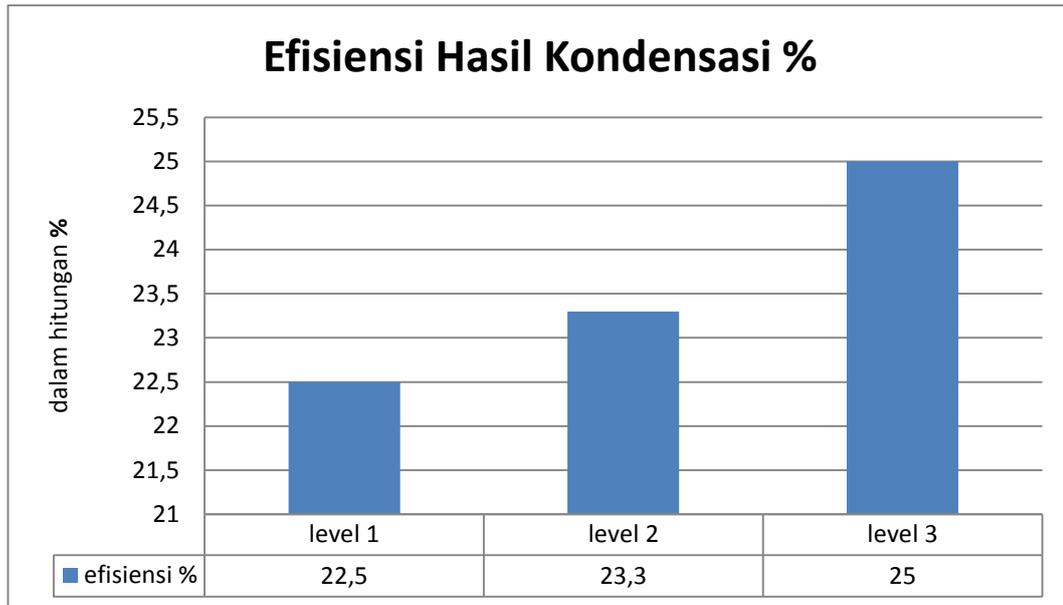
Perhitungan efisiensi hasil kondensasi pada level air 70 Liter:

$$\eta = \frac{\text{air yang diproses (masuk)}}{\text{air yang dihasilkan (keluar)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.12)$$

$$\eta = \frac{1000 \text{ ml}}{4000 \text{ ml}} \times 100\%$$

$$\eta = 25 \%$$

Jadi efisiensi hasil kondensasi pada level air 70 liter adalah 25 %

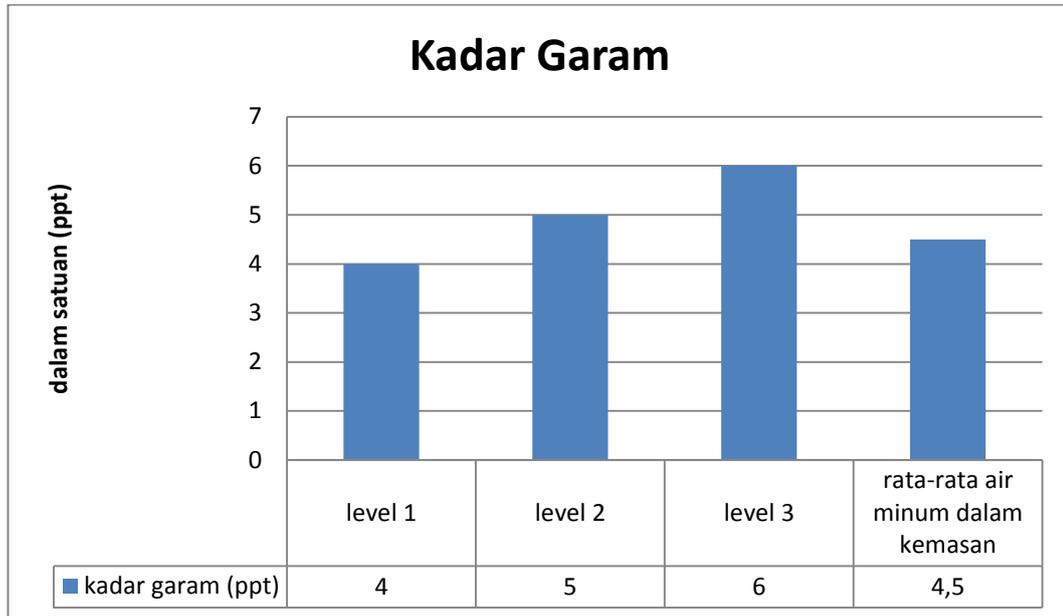


**Gambar 4.8. Grafik Efisiensi Hasil Kondensasi**

Gambar 4.8. Menunjukkan grafik prosentase efisiensi dari hasil destilasi sesuai dengan level air yang berbeda, dihitung dari hasil air yang keluar dan air yang terproses destilasi pada persamaan 4.10, 4.11, 4.12, menghasilkan prosentase efisiensi dimana efisiensi paling besar terjadi pada level air 3.

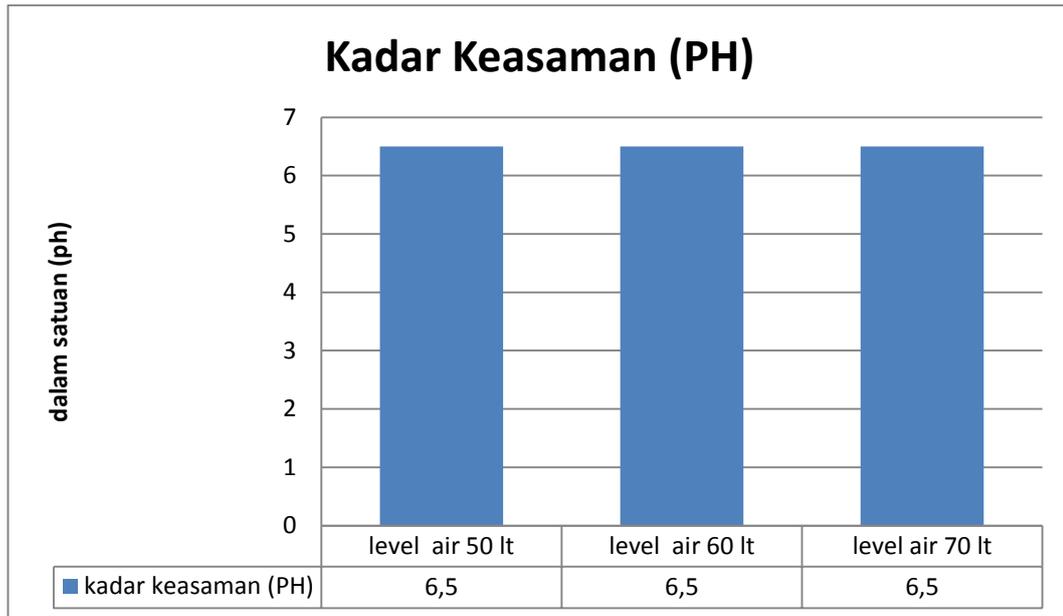
Kesimpulannya semakin banyak level air maka semakin tinggi efisiennya. Level air 3 adalah level air yang terisi pada tangki sebanyak 70 liter, pada level ini adalah level maksimal untuk menghasilkan uap yang terkondensasi atau menjadi air sepenuhnya, jika lebih dari 70 liter, maka panjang laju kondensasinya akan semakin pendek yang berdampak pada hasil uap yang belum menjadi air.

### 3. Hasil Kondensasi (PPT dan PH)



**Gambar 4.9. Kadar Garam Setelah Proses Desalinasi**

Gambar 4.9. Menunjukkan grafik kadar garam setelah dilakukan proses destilasi, dimana kadar garam yang diperoleh dari hasil destilasi ini menghasilkan kadar yang berbeda berdasarkan level air masing-masing, semakin sedikit level air, semakin rendah kadar garam yang terkandung, itu dikarenakan semakin sedikit level air maka semakin panjang laju proses kondensasinya yang dapat mengurangi kadar garam seperti pada gambar 4.9. Grafik menunjukkan kadar garam yang tinggi pada level air 3. Rata – rata kadar garam pada air minum dalam kemasan adalah 4,5 PPT yang diambil sampel pada beberapa air minum kemasan berbagai brand, dimana ada kadar garam tertinggi air minum kemasan adalah 6 PPT, ketiga level air hasil proses destilasi ini masih dikatakan air yang masuk standar dilihat dari nilai PPTnya.

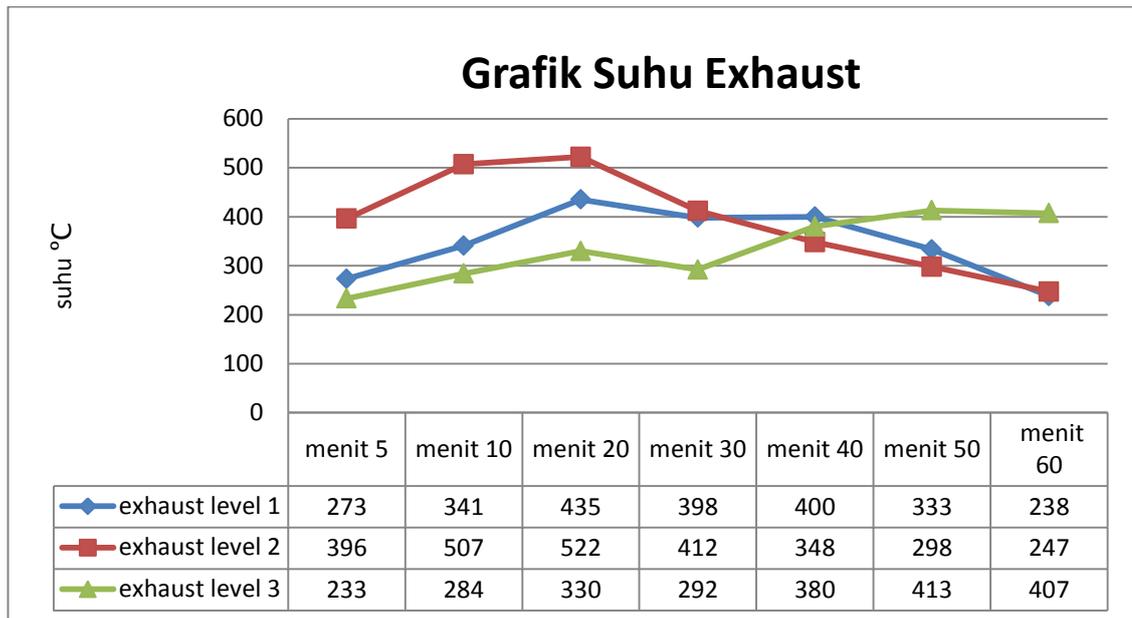


**Gambar 4.10. Kadar Keasaman**

Gambar 4.10. Menunjukkan kadar keasaman dari hasil proses destilasi cenderung konstan pada setiap proses masing – masing level air yaitu 6,5 ph, sedangkan syarat mutu air minum 6 – 8,5 ph<sup>32</sup>. Jadi air dari hasil proses destilasi ini masih dikatakan air yang masuk standar SNI dari nilai Phnya.

<sup>32</sup> Standar Nasional Indonesia, Air minum dalam kemasan (BSN, 2006) hal. 2

#### 4. Perbandingan Temperatur



**Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Suhu Exhaust**

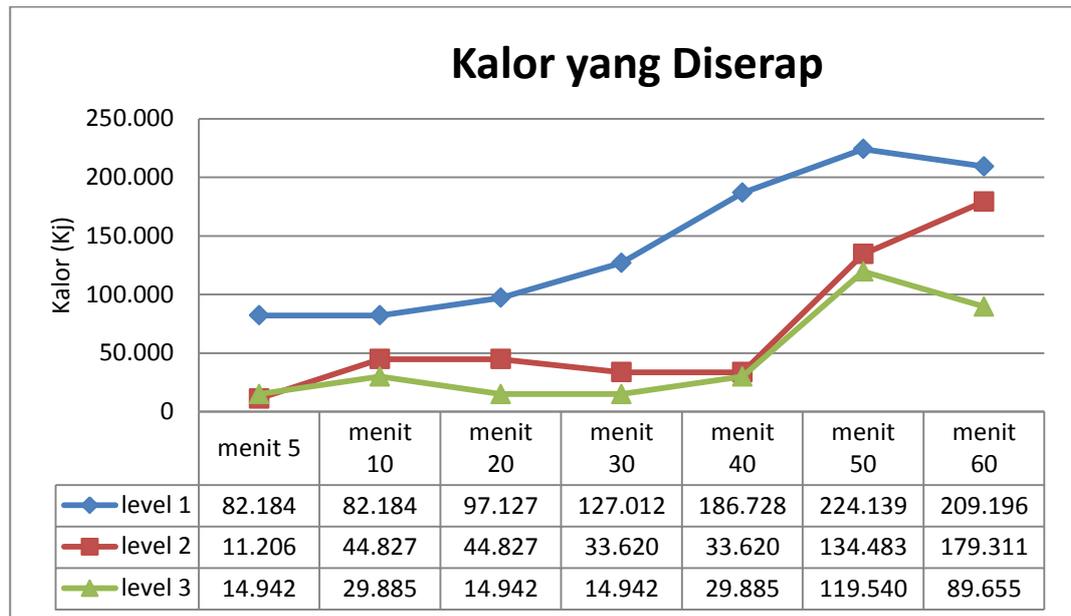
Gambar 4.14. Menunjukkan grafik perbandingan suhu exhaust dari masing-masing level air dalam waktu 60 menit, dimana terdapat perbedaan suhu exhaust sedangkan bahan bakar yang digunakan sama, yaitu sampah / limbah kayu dan ranting, tetapi yang membedakan hanya banyaknya bahan bakar pada awal pembakaran, dimana pada level 1 bahan bakar diawal sebanyak 7 kg atau kalorinya setara dengan 3489,5 kJ/kg. Pada level 2 bahan bakar diawal sebanyak 8 kg atau kalorinya setara dengan 3988 kJ/kg. Pada level 3 bahan bakar diawal sebanyak 6 kg atau kalorinya setara dengan 2991 kJ/kg.

Yang terlihat pada gambar 4.11. Exhaust pada level 2 memiliki grafik awal yang tinggi hingga menit ke-30 yaitu 522° C itu karena bahan bakar pada awal pembakaran sebanyak 8 kg, kemudian pada menit ke-50 baru ditambah bahan bakar sebanyak 2 kg agar penurunan suhu tidak terlalu

signifikan. Sedangkan pada level 1 bahan bakar awal sebanyak 7 kg yang menyebabkan meningkatnya suhu exhaust , namun tidak bertahan lama, pada menit ke-30 suhu menurun dan ditambah bahan bakar sebanyak 3 kg yang mampu menaikkan suhu pada menit ke-40, kemudian bahan bakar mulai berkurang hingga menit ke-60 dan ditandai dengan penurunan suhu pada exhaust. Pada level 3 bahan bakar awal 6 kg yang menyebabkan suhu tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan level lainnya, penurunan suhu baru terjadi pada menit ke-30 dan ditambahkan bahan bakar sebanyak 4 kg, itu yang menyebabkan suhu heater terus meningkat, karena penambahan bahan bakar lebih banyak dibanding level lainnya.

Kesimpulan dari gambar 4.11. Terjadi perbedaan suhu awal dan waktu penambahan bahan bakar dikarenakan perbedaan banyaknya bahan bakar yang dibakar pada awal waktu, semakin banyak bahan bakar yang dibakar pada awal pembakaran maka semakin tinggi suhu awal pembakaran dan itu berpengaruh terhadap air yang dikondensasikan, jika terlalu banyak sampah yang dibakar berdampak pada tingginya suhu exhaust yang nantinya akan menjadikan uap tidak terkondensasi dengan baik. Pembakaran bahan bakar yang baik terjadi pada level 1, dimana suhu exhaust relatif stabil pada 300° C sampai dengan 450° C, pada suhu exhaust kisaran 300° C air akan keluar melalui pipa kondensasi setelah terproses destilasi.

## 5. Perbandingan Kalor Yang Diserap



**Gambar 4.12. Perbandingan Kalor Yang Diserap**

Gambar 4.12. Menunjukkan kalor yang diserap dari perbandingan antara level 1, level 2 dan level 3 setelah dari masing – masing level sudah mendapatkan hasil dari kalor yang diserap. Dimana kalor yang lebih banyak diserap terjadi pada saat proses level 1, itu terjadi karena tingginya  $\Delta T$  yang dipengaruhi oleh tingginya perbedaan temperatur antara air yang masuk dan keluar (hasil kondensasi) pada menit tersebut, pada masing-masing level cenderung terjadi peningkatan kalor pada menit ke 40, karena ada penambahan bahan bakar yang mempengaruhi temperatur air masuk dan keluar (hasil kondensasi). Pada level 2 menunjukkan peningkatan grafik pada menit ke 40 sampai ke 60 karena tingginya  $\Delta T$  yang disebabkan perbedaan antara temperatur air masuk dan air keluar (hasil kondensasi), sedangkan pada level 3 menunjukkan peningkatan grafik pada menit ke 40 kemudian turun pada menit ke 50, itu dikarenakan turunnya  $\Delta T$  yang dipengaruhi oleh perbedaan temperatur antara air masuk dan air keluar (hasil kondensasi).

## 6. Perbandingan Efisiensi Alat Penukar Kalor

Efisiensi dari alat penukar kalor pada level air 1 adalah :

$$\eta = \frac{Q_{\text{air}}}{Q_{\text{pembakaran}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.13)$$

$$\eta = \frac{\text{air masuk} - \text{air keluar} (\text{hasil kondensasi})}{\text{kalori sampah kayu} \times \text{masa zat}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2000 \text{ ml} - 450 \text{ ml}}{498,5 \text{ kJ/kg} \times 10 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1550 \text{ ml}}{4985 \text{ kJ/kg}} \times 100\%$$

$$\eta = 31\%$$

Efisiensi dari alat penukar kalor pada level air 2 adalah :

$$\eta = \frac{Q_{\text{air}}}{Q_{\text{pembakaran}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.14)$$

$$\eta = \frac{\text{air masuk} - \text{air keluar} (\text{hasil kondensasi})}{\text{kalori sampah kayu} \times \text{masa zat}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2000 \text{ ml} - 7000 \text{ ml}}{498,5 \text{ kJ/kg} \times 10 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2300 \text{ ml}}{4985 \text{ kJ/kg}} \times 100\%$$

$$\eta = 46\%$$

Efisiensi dari alat penukar kalor pada level air 3 adalah :

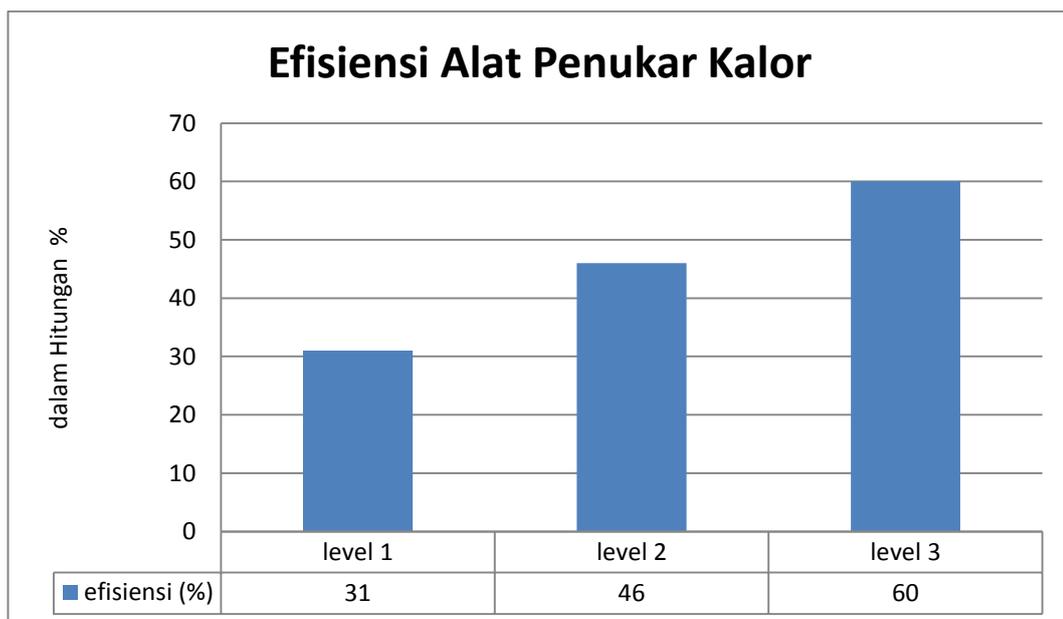
$$\eta = \frac{Q_{\text{air}}}{Q_{\text{pembakaran}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.15)$$

$$\eta = \frac{\text{air masuk} - \text{air keluar} (\text{hasil kondensasi})}{\text{kalori sampah kayu} \times \text{masa zat}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{4000 \text{ ml} - 1000 \text{ ml}}{498,5 \text{ kJ/kg} \times 10 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3000 \text{ ml}}{4985 \text{ kJ/kg}} \times 100\%$$

$$\eta = 60\%$$



**Gambar 4.13. Perbandingan Efisiensi Alat Penukar Kalor**

Gambar 4.13. Menunjukkan efisiensi alat penukar kalor dari perbandingan antara level 1, level 2 dan level 3 setelah dari masing – masing level sudah mendapatkan hasil perhitungan dari persamaan 4.13, 4.14, 4.15. Dimana level 3 lebih efisien dibandingkan dengan level lainnya, itu berarti semakin tinggi level air maka semakin tinggi tingkat efisien dari alat penukar kalor.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Modifikasi pipa kondensasi alat desalinasi ini menggunakan pipa refrigeran tembaga lunak dengan menggunakan perhitungan *heat transfer konduksi* yang dapat menghasilkan air dengan kadar garam yang masuk standar air minum.
2. Pada hasil volume air yang dihasilkan setelah proses destilasi masing – masing level terjadi perbedaan, dimana level 1 menghasilkan air sebanyak 450ml, pada level 2 menghasilkan air sebanyak 700 ml dan pada level 3 menghasilkan air sebanyak 1000ml. Pada masing – masing level air memiliki kadar garam (ppt) yang berbeda, tetapi untuk kadar keasamannya (ph) sama, dimana ppt pada level air 1 adalah 4 ppt, level air 2 adalah 5 ppt dan level 3 adalah 6 ppt dan ketiga level air hasil proses destilasi ini masih dikatakan air yang masuk standar air minum dilihat dari nilai kadar garam dan kadar keasamannya.
3. Semakin tinggi level air maka semakin tinggi efisiensi kondensasinya. Level air 3 25%, level 2 23,3% dan level 1 22,5%. Pada level 3 adalah level maksimal untuk menghasilkan uap yang terkondensasi atau menjadi air sepenuhnya, jika lebih dari 70 liter, maka panjang laju kondensasinya akan semakin pendek yang berdampak pada hasil uap yang belum menjadi air. Hitungan efisiensi hasil kondensasi didapat dari persamaan 4.13, 4.14, 4.15.

4. Efisiensi tertinggi alat penukar kalor berada pada level 3 yaitu 60% sedangkan pada level 2 46% dan level 1 31%. Dimana level 3 lebih efisien dibandingkan dengan level lainnya, dapat dilihat dari persamaan 4.18, itu berarti semakin tinggi level air maka semakin tinggi tingkat efisien dari alat penukar kalor.
5. Temperatur panas yang optimal untuk dapat menghasilkan hasil destilasi yang baik adalah panas *exhaust* 300° C sampai dengan 450° C, jika panas kurang dari itu, maka air tidak akan terkondensasi dan jika panas *exhaust* sampai 500° C atau bahkan lebih, maka yang keluar melalui pipa kondensasi bukan air, melainkan uap panas, itu artinya uap belum terkondensasi dengan baik. Jadi pada pembakaran ini harus mengatur suhu pembakaran dengan melakukan satu kali penambahan bahan bakar pada menit tertentu untuk menjaga konsistensi panas jika suhu *exhaust* sudah mulai turun dari 300° C.
6. Kalor yang diserap pada masing-masing level berbeda, dikarenakan perbedaan  $\Delta T$  (perubahan suhu) pada beberapa titik yang sudah ditentukan, dapat dilihat pada gambar 4.10 dan 4.11.

## **B. Saran**

1. Perlu dibuat buku pedoman penggunaan yang berkaitan dengan kapasitas / batasan pada alat desalinasi ini.
2. Perlu ada *Preventive Maintenance* untuk merawat dan mencegah kerusakan pada pipa yang dapat tumbuh jamur pada sambungan-sambungan pipa kondensasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, Robiatul & Msy, Najiatul, Khoirillah. (2015). *Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kelurahan Talang Semut Palembang*, [Laporan Akhir]. Palembang: Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Barbu, Cornel. (2009). *Electrician in North America. Canada*
- Holman, J.P.. *Heat Transfer Tenth Edition*
- Irianto, Eko W. & Babrudin Mahbub. (1996). *Instalasi Pengolahan Air Sangan Sederhana/IPAS Sebagai Modifikasi SIPAS, Jurnal Penelitian & Pengembangan Pemukiman*, No.37 Tahun III-KW.
- Lumenta, A.S.M., et al. (2013). *Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Dengan Menggunakan Pemanas Elektrik*. [Skripsi]. Manado: Jurusan Teknik Elektro-FT UNSRAT.
- Lunde, Peter J., (1980). *Solar Thermal Engineering : Space Heating and Hot Watter Systems*. New York.
- Mulyana, Cukup., (2014). *Perhitungan Heat Loss Pada Pipa Uap di PLTU Cilacap*. Yogyakarta.
- Prasojo, Budi., (2006). *Teori dan Aplikasi Fisika*. Yudhistira.
- Pynkywati, Theresia, MT & Shirley Wahadaputera, MT. (2015) *Utilitas Bangunan Modul Plumbing*. Jakarta: Griya Kreasi.
- Rosalia, Dewi. et al. (2014) *99% Lulus UN SMP 2015*. Jakarta: Cmedia.
- Said, Nusa, Idaman. *Pengolahan Air Payau Menjadi Air Minum Dengan Teknologi Reserve Osmosis*.
- Samadi, S.Pd, M.Si. (2007). *Geografi 1*. Yudhistira

SNI] Standar Nasional Indonesia, Air minnum dalam kemasan (BSN), 2006

Tajudin. (2005). *Rangkuman Rumus Matematika, Fsika, Kimia*. Jakarta: Kawan Pustaka.

Weil, Stephens, K, Scott.(2006). *Brazzing and Soldering*. Texas, Usa.

Welty, James, R. dkk. (2004). *Dasar-Dasar Fenomena Transpport Volume 2 Transfer Panas*. Jkarta: Erlangga.

Wirjosumarto, Harsono. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

# LAMPIRAN











## RIWAYAT HIDUP



Achmad Sofyan Maroghi, lahir di Jakarta pada tanggal 20 Januari 1992. Anak ke-2 dari 4 bersaudara, dari pasangan Bapak H. Sulaeman dan ibu Hj. Maisaroh. Beralamat di Jl. Raya Tugu No. 19, RT 003, RW 014, Tugu Utara, Koja, Jakarta Utara, DKI Jakarta.

Jenjang Pendidikan yang dijalani oleh penulis sebagai berikut :

Lulus Madrasah Ibtidaiyah Ar-Rasyidiyah, Jakarta Utara Tahun 2004, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama Negeri 114 Jakarta dan lulus pada tahun 2007. Selanjutnya masuk Sekolah Menengah Kejuruan Perguruan Cikini Jakarta dan lulus pada tahun 2010. Melanjutkan ke Program Studi Strata satu (S1) Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.