



SKRIPSI - TK 091383

**PEMBUATAN GRAFIK KENAIKAN TITIK DIDIH DAN
PERHITUNGAN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS
PADA PENDIDIHAN LARUTAN Na_2SnO_3 .**

PASYUDHA TOFINAS
NRP 2311 105 011

FAIZAL RAKHMATULLAH
NRP 2311 105 017

Dosen Pembimbing
Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D
NIP. 198107132005011001
Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno. M. Eng
NIP. 1944 08 09 1973 01 1001

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2013



SKRIPSI - TK 091383

**PEMBUATAN GRAFIK KENAIKAN TITIK DIDIH DAN
PERHITUNGAN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS
PADA PENDIDIHAN LARUTAN Na_2SnO_3 .**

PASYUDHA TOFINAS
NRP 2311 105 011

FAIZAL RAKHMATULLAH
NRP 2311 105 017

Dosen Pembimbing
Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D
NIP. 198107132005011001
Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno. M. Eng
NIP. 1944 08 09 1973 01 1001

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2013



FINAL PROJECT - TK 091383

**BOILING POINT ELEVATION CURVE PLOTTING AND
CALCULATION OF HEAT TRANSFER COEFFICIENT FOR
NA₂SNO₃ SOLUTION**

PASYUDHA TOFINAS
NRP 2311 105 011

FAIZAL RAKHMATULLAH
NRP 2311 105 017

Advisor
Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D
NIP. 198107132005011001
Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno. M. Eng
NIP. 1944 08 09 1973 01 1001

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2013



FINAL PROJECT - TK 091383

**BOILING POINT ELEVATION CURVE PLOTTING AND
CALCULATION OF HEAT TRANSFER COEFFICIENT FOR
NA₂SNO₃ SOLUTION**

PASYUDHA TOFINAS
NRP 2311 105 011

FAIZAL RAKHMATULLAH
NRP 2311 105 017

Advisor
Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D
NIP. 198107132005011001
Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno. M. Eng
NIP. 1944 08 09 1973 01 1001

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2013

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN GRAFIK KENAIKAN TITIK DIDIH DAN PERHITUNGAN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS PADA PENDIDIHAN LARUTAN Na_2SnO_3

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Pasyudha Tofinas

NRP : 2311 105 011

Faizal Rakhmatullah

NRP : 2311 105 017

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D
(Pembimbing I)

.....
Fadli

2. Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M. Eng
(Pembimbing II)

.....
Nonot

3. Dr. Ir. Susianto, DEA
(Penguji I)

.....
Susianto

4. Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT.
(Penguji II)

.....
Lailatul



Surabaya

Juli, 2013

**PEMBUATAN GRAFIK KENAIKAN TITIK DIDIH DAN
PERHITUNGAN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS
PADA PENDIDIHAN LARUTAN Na_2SnO_3 .**

Nama Mahasiswa : 1. Pasyudha Tofinas
2. Faizal Rakhmatullah
NRP : 1. 2311 105 011
2. 2311 105 017
Jurusan : Teknik Kimia FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Fadlilatul Taufany, ST. PhD
Prof.Dr.Ir Nonot Soewarno, M.Eng

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari fenomena kenaikan titik didih dan mencari koefisien heat transfer pada proses evaporasi larutan Na_2SnO_3 yang dihasilkan setelah proses evaporasi dalam pemurnian timah dari slag timah. Data didapatkan menggunakan metode pengukuran kenaikan titik didih dengan variabel tekanan (760, 720, 680, 640, 600, 560, 520, 480, 440, 400, 360 mmHg) dan variabel konsentrasi larutan Na_2SnO_3 (50%, 40%, 30%, 25%, 20%, 10% berat). Harga kenaikan titik didih rata-rata dari larutan Na_2SnO_3 dengan konsentrasi 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, dan 50% secara berurutan adalah 1,13 °C; 2,26 °C; 2,96 °C; 3,19 °C; 3,85 °C; dan 4,59 °C. Harga koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata dari pendidihan larutan Na_2SnO_3 dengan konsentrasi 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, dan 50% secara berurutan adalah 3457,23; 3904,90; 4250,02; 4498,20; 4965,90; dan 5688,50 $\text{W/m}^2 \text{K}$.

Kata kunci : slag, timah, Na_2SnO_3 , kenaikan titik didih, koefisien perpindahan panas.

***Boiling Point Elevation Curve Plotting And Calculation Of
Heat Transfer Coefficient For Na₂SnO₃ Solution***

Name : 1. Pasyudha Tofinas
2. Faizal Rakhmatullah
NRP : 1. 2311 105 011
2. 2311 105 017
Department : Chemical Engineering FTI – ITS
Advisor : Fadlilatul Taufany, ST, Ph.D
Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng

ABSTRACT

This research is established to study mainly the phenomena of the boiling pint elevation and the calculation of heat transfer coefficient in the boiling process of Na₂SnO₃ solution that produced after going through the evaporation process to purify tin from tin slag. Pressure variable (760, 720, 680, 640, 600, 560, 520, 480, 440, 400, 360 mmHg) and Na₂SnO₃ solution concentration variable (50%, 40%, 30%, 25%, 20%, 10% weight) is used to collect data using measurement of boiling point elevation method. From the research we got the average boiling point elevation of Na₂SnO₃ solution, with a concentration of 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, and 50% sequentially is 1,13 °C; 2,26 °C; 2,96 °C; 3,19 °C; 3,85 °C; and 4,59 °C. The average heat transfer coefficient of Na₂SnO₃ solution with a concentration of 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, and 50% sequentially is 3457,23; 3904,90; 4250,02; 4498,20; 4965,90; and 5688,50 W/m² K.

Key words : slag, tin, Na₂SnO₃, boiling point rise, heat transfer coefficient.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul :

Pembuatan Grafik Kenaikan Titik Didih dan Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Pada Pendidihan Larutan Na_2SnO_3

Proposal skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaaan di Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya. Pada kesempatan kali ini atas segala bantuannya dalam pengerjaan proposal skripsi ini, kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, MS, selaku Kepala Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa.
2. Fadlilatul Taufany, ST. PhD dan Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing kami.
3. Para dosen penguji kami, Dr. Ir. Susianto, DEA, Dr. Ir. Lailatul Qadariah, ST. MT, dan Siti Nurkhamidah, S.T., MS, PhD.
4. Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
5. Setyo Gunawan, ST, Ph.D, selaku koordinator Tugas Akhir dan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
6. Orang tua serta saudara-saudara kami atas doa, dukungan, bimbingan, perhatian dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.

Kami menyadari materi yang kami sajikan ini masih jauh daripada sempurna, untuk itu penyusun sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Surabaya, 15 Juli 2013
Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak	i
Abstract	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Slag Timah	7
2.2 Sodium Stannate (Na_2SnO_3)	8
2.3 Kenaikan Titik Didih	9
2.4 Duhring`s Plot	11
2.5 Koefisien Perpindahan Panas	18
III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Gasir Besar Penelitian	19
3.2 Bahan yang Digunakan	20
3.3 Alat yang Digunakan	20
3.4 Variabel Penelitian	20
3.4.1 Variabel	20
3.4.2 Parameter Terukur	20
3.5 Prosedur Penelitian	21
3.5.1 Tahap Persiapan Alat	21
3.5.2 Tahap Persiapan Bahan Baku	21
3.5.3 Tahap Percobaan	22

3.5.3.1	Percobaan Kenaikan Titik Didih dan Koefisien Perpindahan Panas	22
3.5.3.2	Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas	22
3.6	Jadwal Kegiatan	23
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Hasil Penelitian	25
4.2	Pembahasan	26
V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
	Daftar Pustaka	viii
	Appendiks	
	Lampiran	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Produksi dan Konsumsi Timah Dunia.....	2
Tabel 2.1	Data Komposisi Slag Timah	7
Tabel 4.1	Data – Data yang Didapatkan dari Percobaan	25
Tabel 4.2	Data Hubungan Kenaikan Titik Didih dengan Konsentrasi Larutan Na_2SnO_3 pada Beberapa Tekanan	30
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas pada Pendidihan Larutan Na_2SnO_3 ...	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1	Blok Diagram Pengolahan Bijih Timah	2
Gambar 1-2	Blok Diagram <i>Recovery</i> Timah dengan Metode Asam.....	4
Gambar 2-1	<i>Duhring's Diagram</i>	12
Gambar 2-2	Kenaikan titik didih dari beberapa larutan.....	14
Gambar 2-3	<i>Duhring's Plot</i> untuk larutan dari beberapa logam.....	15
Gambar 2-4	<i>Duhring's Plot</i> untuk larutan NaCl	16
Gambar 2-5	<i>Duhring's Plot</i> untuk larutan D-glucose dan air	16
Gambar 2-6	<i>Duhring's Plot</i> untuk larutan D-fructose dan air.....	17
Gambar 2-7	Kenaikan titik didih dari pulp mangga.....	17
Gambar 3-1	Skema Alat Percobaan	21
Gambar 4-1	Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na ₂ SnO ₃ 10%	27
Gambar 4-2	Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na ₂ SnO ₃ 20%	27
Gambar 4-3	Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na ₂ SnO ₃ 25%	28
Gambar 4-4	Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na ₂ SnO ₃ 30%	28
Gambar 4-5	Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na ₂ SnO ₃ semua variabel konsentrasi	29
Gambar 4-6	Grafik Hubungan Kenaikan Titik Didih dengan Konsentraasi Larutan Na ₂ SnO ₃ pada Beberapa Tekanan	30
Gambar 4-7	Grafik Hubungan Koefisien Perpindahan Panas dengan Perbedaan Suhu Dinding dan Suhu Larutan (ΔT)	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Timah termasuk logam non-ferrous yang banyak berasal dari mineral kasiterit (SnO_2) yang di tambang dalam bentuk pasir. Timah dalam keadaan logam murni berwarna putih keperakan. Logam timah memiliki beberapa sifat yaitu titik leleh yang lebih rendah dari logam berat lainnya ($231,93^\circ\text{C}$), kekerasasan rendah, sifat pembasahaan yang baik (untuk solder), ketahanan korosi yang baik, dan *food grade*.

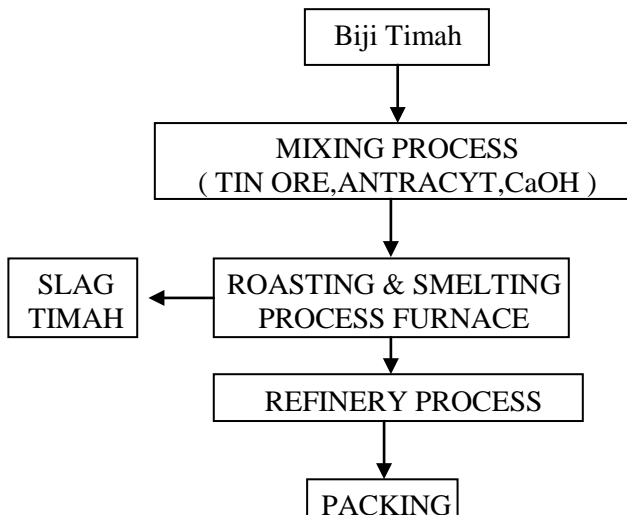
Saat ini permintaan akan timah (Sn) semakin meningkat diiringi dengan perkembangan industri elektronika dan industri manufaktur sejak abad ke-19. Hal ini mengakibatkan suatu perhatian mengingat timah merupakan kekayaan alam yang sangat terbatas sehingga perlunya *recovery* bijih timah dari limbah slag yang dilakukan melalui proses *leaching* sebelum dilakukan pemurnian.

Pada umumnya bijih timah putih diperoleh dari aktivitas pertambangan yang dilakukan baik di darat maupun di laut dimana persebarannya di bumi tidak merata. Hanya sebagian kecil negara yang memiliki daerah pertambangan timah. Proses pertambangan bijih timah putih di Indonesia dimulai sejak abad 18 atau sekitar tahun 1709 di kepulauan Bangka Belitung dan masih berlangsung hingga saat ini, dimana Indonesia menempati posisi ke-2 sebagai penghasil bijih timah putih (Sn) dengan kapasitas produksi mencapai 51.000 metrik ton bijih timah pada tahun 2011 dan cadangan bijih timah sebesar 800.000 metrik ton. Dari jumlah kapasitas produksi tersebut sekitar 95% digunakan sebagai produk ekspor dan 5% lainnya diperuntukkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pada tahun 2011 kebutuhan bijih timah (Sn) dunia sebesar 351.300 metrik ton, sementara total produksi timah dunia sebesar 253.000 metrik ton. Dengan kata lain pasokan akan permintaan bijih timah putih (Sn) mengalami kekurangan sebesar ± 108.000 metrik ton per tahun.

Tabel 1.1 Data Produksi dan Konsumsi Timah Dunia^[1]

Tahun	Produksi (ton)	Kebutuhan (ton)
2006	298000	367700
2007	308000	372700
2008	274000	350700
2009	279000	325100
2010	276000	362000
2011	253000	351300

Proses utama pada pengolahan bijih timah diantaranya proses pertambangan, proses roasting, smelting dan proses pemurnian. *Roasting* adalah proses penghilangan secara langsung kandungan karbon dan sulfur yang tidak diinginkan yang terdapat pada senyawa *oxide* dengan cara pembakaran langsung. Sebelum proses *roasting* dilakukan pencucian pada bijih timah untuk memisahkan dari pengotor ringan.



Gambar 1.1 Blok Diagram Pengolahan Bijih Timah

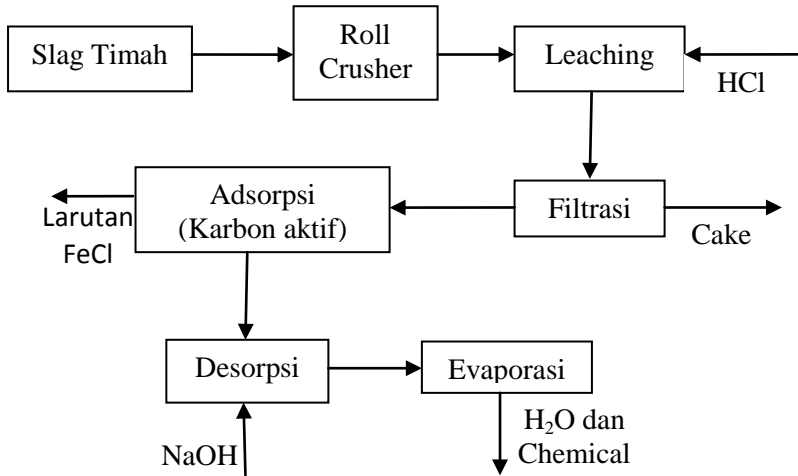
Smelting adalah proses peleburan bijih hingga mencapai titik lelehnya yang dilakukan pada furnace. Pada proses pengolahan bijih timah umumnya terdapat 2 tahapan smelting. Pada smelting tahapan pertama akan dihasilkan timah kasar dan slag/terak, sementara proses smelting tahapan kedua akan dihasilkan *hardhead* dan slag 1.

Pada proses roasting dan smelting yang dilakukan pada furnace akan dihasilkan limbah slag yang masih memiliki komposisi kandungan timah sebesar $\pm 4\%$. Di Indonesia industri pertambangan dan pengolahan bijih timah putih menghasilkan limbah slag sebesar 10.000 metrik ton per tahunnya yang biasanya dijadikan *landfill*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tiap tahunnya bijih timah (Sn) yang dapat di-*recovery* sebesar ± 400 metrik ton per tahunnya.

Proses *recovery* bijih timah dari limbah slag yang dilakukan industri pemurnian timah saat ini adalah dengan metode *recycle* slag timah ke proses roasting. proses ini kurang efektif karena kandungan timah pada slag timah sedikit (terlalu banyak impuritis). Proses lainnya berupa proses leaching dengan larutan asam atau basa. Namun saat ini proses *recovery* dengan metode leaching masih sangat jarang dilakukan karena proses ini membutuhkan penambahan alat baru dan belum didapatkannya kondisi operasi optimum dari proses tersebut.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya metode basa dapat digunakan untuk memurnikan timah dengan yield yang dihasilkan antara 74%– 83%, akan tetapi proses pada metode ini sangat kompleks dan biaya yang mahal seperti pada proses elektrolisis. Penelitian terhadap metode lainnya yaitu metode asam juga telah dilakukan dan mempunyai beberapa keunggulan seperti metode ini dapat memurnikan timah dengan yield yang dihasilkan antara 80% - 85% dengan hanya menggunakan 3 proses utama yakni leaching, adsorpsi dan desorpsi dan selanjutnya dilakukan pemurnian dengan proses evaporasi yang menghasilkan produk berupa sodium stannat

(Na_2SnO_3). Berikut adalah blok diagram dari proses leaching dengan asam.



Gambar 1.2 Blok Diagram *Recovery* Timah dengan Metode Asam

Mengenai proses evaporasi, data mengenai larutan sodium stannat masih sangat kurang. Data mengenai kenaikan titik didih dan koefisien heat transfer dari larutan ini juga belum ada. Data ini sangat penting dalam perhitungan neraca massa dan panas dalam proses evaporasi larutan tersebut. Dari permasalahan tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk membuat grafik kenaikan titik didih dan mencari koefisien heat transfer pada proses evaporasi larutan Na_2SnO_3 .

1.2 Perumusan Masalah

Dari penelitian sebelumnya mengenai *recovery* bijih timah, sedikit sekali ditemukan data mengenai proses akhir yaitu evaporasi. Dimana dalam perhitungan neraca massa dan panas serta desain alat evaporator memerlukan data-data penting seperti kenaikan titik didih dan koefisien heat transfer larutan Na_2SnO_3 .

Kurangnya data mengenai kenaikan titik didih dan koefisien heat transfer dari larutan ini menjadi dasar dilakukannya penelitian ini. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk membuat grafik kenaikan titik didih larutan Na_2SnO_3 dan mencari koefisien heat transfer pada proses evaporasi larutan Na_2SnO_3 .

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu : Feed yang digunakan adalah Na_2SnO_3 sintesis 95% berbentuk padatan yang dilarutkan dengan air.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang disampaikan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat grafik kenaikan titik didih dari larutan sodium stannat.
2. Mengetahui koefisien perpindahan panas dari larutan sodium stannat dan mengetahui pengaruh kenaikan titik didih terhadap koefisien perpindahan panas.

1.5 Manfaat Penelitian

Data mengenai kenaikan titik didih dan koefisien heat transfer larutan sodium stannat yang didapat diharapkan dapat digunakan dalam perhitungan neraca massa dan panas serta desain alat evaporator pada proses recovery timah.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Slag Timah

Selama kegiatan peleburan hingga menghasilkan timah batangan, lazimnya proses ini dilakukan dengan dua tahapan. Pada tahapan pertama menghasilkan timah balokan murni, karena pada tahapan pertama dimungkinkan masih terdapat sekitar 20% kandungan timah yang terdapat didalam slag beserta mineral ikutan lainnya seperti zircon, torium, ilmenit maupun mineral lainnya yang bisa menghasilkan timah paduan, sehingga dapat diolah kembali. Sedangkan tin slag II diperkirakan kadar timahnya hanya mencapai 4% dan selebihnya adalah mineral ikutan. Slag pada pengolahan kedua ini pada akhirnya menjadi limbah timah. Saat ini ndustri pertambangan dan pengolahan bijih timah putih menghasilkan limbah slag sebesar 10.000 metrik ton per tahunnya yang biasanya dijadikan *landfill*. Adapun komposisi pada slag timah dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Data Komposisi Slag Timah

Komponen	Kadar (%)
SiO ₂	21,4
TiO ₂	12,13
Al ₂ O ₃	7,72
Fe ₂ O ₃	11,01
CaO	5,42
MnO ₂	0,642
MgO	1,62
Na ₂ O	0,386
K ₂ O	0,411
P ₂ O ₅	2,59
ZrO ₂	14,32

Tabel 2.1 Data Komposisi Slag Timah lanjutan

Slag Timah	
Komponen	Kadar (%)
HfO ₂	0,22
Cr ₂ O ₃	0,263
Gd ₂ O ₃	0,107
Y ₂ O ₃	1,09
Nb ₂ O ₅	1,22
Nd ₂ O ₃	0,653
Ta ₂ O ₃	0,739
ThO ₂	0,52
La ₂ O ₃	0,868
Dy ₂ O ₃	0,112
WO ₃	0,713
CeO ₂	1,74
SnO ₂	13,39
Impurities	0,716
Total	100

2.2 Sodium Stannate (Na₂SnO₃)

Sodium stannate merupakan senyawa anorganik dengan dengan rumus molekul Na₂SnO₃. Memiliki bentuk berupa garam serbuk yang berwarna putih, tidak berbau, dan mudah larut dalam air. Merupakan jenis bahan yang beracun.

Sifat-sifat dari sodium stannate adalah:

- Bentuk fisik : padatan (serbuk)
- Berat Molekul : 266.71 g/mol
- Warna : Putih
- Titik lebur : dekomposisi
- Kelarutan : mudah larut pada air dingin
- Titik beku : 140°C
- Persen volatile : 0% pada suhu 21°C

2.3 KENAIKAN TITIK DIDIH

Kenaikan titik didih merupakan sebuah peristiwa dimana titik didih sebuah cairan akan menjadi lebih tinggi ketika dilarutkan sebuah senyawa lain kedalamnya. Sebuah larutan memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan sebuah pelarut murni. Hal ini terjadi ketika sebuah zat terlarut non-volatile, seperti garam, ditambahkan dalam pelarut murni, seperti air. Titik didih dapat diukur secara akurat dengan menggunakan ebullioscope.

Kenaikan titik didih merupakan sifat koligatif, yang mana bergantung pada jumlah partikel terlarut, bukan dari jenis senyawanya. Hal tersebut merupakan pengaruh dari terlarutnya sebuah zat pada pelarut. Peristiwa ini terjadi pada semua larutan dengan semua jenis zat terlarut, bahkan dalam larutan ideal sekalipun, dan tidak bergantung pada interaksi antara solute-solvent. Kenaikan titik didih terjadi ketika solute adalah elektrolit, seperti garam, ataupun sebuah non-elektrolit. Dari segi termodinamika, asal dari kenaikan titik didih dipandang sebagai entropic dan dapat dijelaskan baik dari segi tekanan uap atau potensial kimia dari pelarut. Penjelasan dari peristiwa itu dari segi manapun bergantung dari kenyataan bahwa sebagian besar solute berada dalam fase cair dan tidak menjadi fase gas, kecuali pada tekanan yang sangat tinggi.

Dari segi tekanan uap, kenaikan titik didih dapat digambarkan pada saat sebuah cairan mendidih pada suhu ketika tekanan uap sama dengan tekanan sekitar. Tekanan uap dari pelarut dapat berkurang dikarenakan adanya pelarutan dari zat yang terlarut. Zat terlarut yang non-volatile memiliki tekanan uap nol, jadi tekanan uap dari larutan memiliki tekanan uap yang lebih rendah dari pelarut, yang berarti tekanan yang tinggi diperlukan untuk meningkatkan nilai tekanan uap hingga menjadi tekanan sekitar, sehingga titik didihnya meningkat.

Dari segi potensial kimia peristiwa kenaikan titik didih dapat dilihat pada saat fase cair dan fase gas memiliki nilai potensial kimia yang sama yang berarti kedua sama memiliki

energi yang seimbang. Potensial kimia bergantung dari suhu, dan pada suhu lain, fase gas maupun fase cair dapat memiliki potensial kimia yang lebih tinggi. Maka apabila sebuah zat terlarut yang non-volatile ditambahkan, harga potensial kimia dari pelarut fase cair akan berkurang karena adanya pelarutan, tetapi potensial kimia dari pelarut fase gas tetap. Jadi kesetimbangan antara kedua fase akan didapatkan pada suhu yang berbeda untuk sebuah larutan, atau dengan kata lain titik didihnya meningkat.

Rentang dari kenaikan titik didih dapat dihitung dengan menggunakan clausius-clayperon relation dan Raoult's Law, dengan asumsi bahwa zat terlarut (solute) bersifat non-volatile. Untuk larutan ideal yang encer didapatkan bahwa batasan dari kenaikan titik didih proposional dengan molalitas dari larutan dengan persamaan.^[2]

$$\Delta T_b = K_b \cdot b_B$$

Dimana :

- ΔT_b , adalah kenaikan titik didih, didefinisikan sebagai $T_b(\text{larutan}) - T_b(\text{pelarut murni})$
- K_b , merupakan konstanta ebullioscopic yang mana bergantung dari sifat-sifat pelarut. Dapat dihitung dengan $K_b = RT_b^2 M / \Delta H_v$, dimana R adalah konstanta gas, dan T_b adalah suhu didih dari pelarut murni dalam Kelvin, M adalah berat molar dari pelarut, dan ΔH_v adalah panas penguapan per mol pelarut.
- B_B adalah molalitas larutan, dihitung dengan mempertimbangkan terjadinya disosiasi karena kenaikan titik didih merupakan sifat koligatif yang bergantung dari jumlah partikel dalam larutan.

Untuk kenaikan titik didih dari suatu larutan A karena adanya penambahan zat terlarut B pada molalitas rendah dapat digunakan persamaan :^[3]

$$\Delta T_b = \frac{R T_b^2}{\Delta H_v} x_B$$

Dimana x_B adalah fraksi mol zat terlarut.

Pada proses evaporasi, cairan yang dipisahkan dalam evaporator akan mengalami kenaikan konsentrasi yang mana dapat menyebabkan kenaikan titik didih dari larutan tersebut. Batas kenaikan titik didih tergantung dari sifat-sifat bahan dan seberapa besar perubahan konsentrasinya.

Pada *multiple-effect evaporator*, dimana umpan dimasukkan secara seri pada tiap efek, titik didih akan meningkat dari satu efek ke efek selanjutnya dengan naiknya konsentrasi. Penurunan suhu yang relatif lebih rendah terjadi dalam perpindahan panas, walaupun titik didihnya lebih tinggi, suhu kondensasi dari uap pada kotak *steam* dari efek selanjutnya masih tetap sebagai uap murni. Kenaikan titik didih membuat perhitungan evaporator lebih rumit, tetapi neraca energi masih bisa dibuat.

Kenaikan titik didih menunjukkan perbedaan antara titik didih dari komposisi larutan konstan dan titik didih dari air murni pada tekanan yang sama. Contoh air murni mendidih pada suhu 100 °C pada 1 atm dan larutan NaOH 35% mendidih pada 121°C pada 1 atm. Jadi kenaikan titik didihnya adalah 21°C. walaupun demikian, uap dari larutan berupa *superheated steam* pada suhu 121°C, tetapi *steam* hanya akan terkondensasi pada 100°C. jadi kenaikan titik didih mewakili banyaknya panas yang hilang karena perbedaan suhu.^[4]

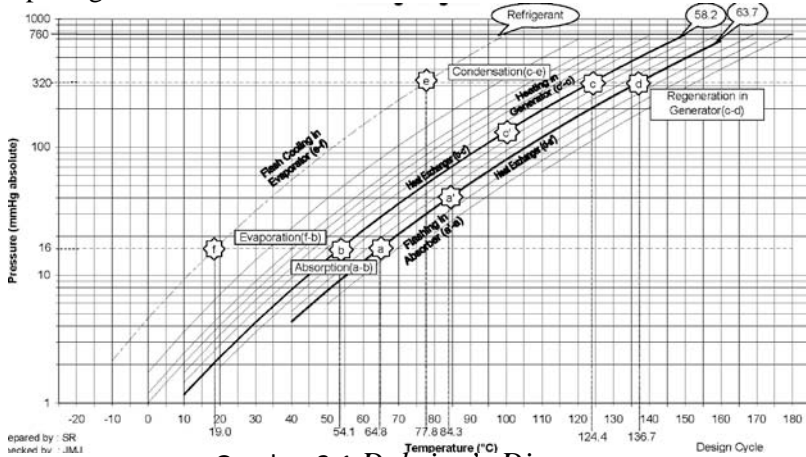
2.4 DUHRING'S PLOT

Tidak ada metode langsung yang dapat digunakan untuk memprediksi batasan dari kenaikan titik didih pada larutan pekat yang dijumpai pada beberapa evaporator pada kenyataan. Banyak larutan yang memiliki tabel dari nilai titik didih pada konsentrasi tertentu pada beberapa literatur, data tersebut dapat dikembangkan dengan penggunaan *Duhring 's rule*. (Earle, 1983)

Duhring 's rule menyatakan bahwa hubungan linier terjadi antara titik didih dari larutan dan titik didih dari air murni pada tekanan yang sama. Yang mana berarti perbedaan suhu antara titik didih pada evaporator dan titik didih air pada tekanan

yang sama merupakan pengukuran langsung dari konsentrasi larutan. (Minton, 1986)

Dengan mengplotkan antara titik didih dari larutan pada *y-axis* dan titik didih dari pelarut pada *x-axis* pada tekanan yang sama, dan mencari titik didih tersebut pada tekanan yang lain, dengan konsentrasi yang berbeda pula, akan didapatkan grafik berupa garis linier masing masing konsentrasi yang di sebut dengan *Duhring's Plot* Yaitu grafik yang mewakili hubungan antara titik didih cairan murni dan titik didih larutan yang tercampur. Secara umum plot dari *Duhring's plot* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Duhring's Diagram*

Duhring's rule menyatakan bahwa apabila suhu dari dua buah zat yang memiliki tekanan uap yang sama diplotkan satu sama lainnya, akan didapatkan titik-titik yang mendekati garis linier. Ada tiga persamaan atau variasi dari *Duhring's rule* yang sering dijumpai,

Persamaan pertama :

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{T'_A}{T'_B} = Constant$$

Atau,

$$T_A = KT_B + b$$

Dimana,

- T_A, T_B adalah titik didih absolut dari kedua zat pada tekana yang sama, dan T'_A dan T'_B pada tekanan yang berbeda.
- K adalah Slope
- b adalah interept

Persamaan Kedua :

$$R' = R + c(t' - t) + c'(t' - t)^2$$

Dimana,

- R adalah rasio dari suhu absolut dari dua zat pada semua tekanan uap.
- R' adalah rasio pada tekanan lain.
- c, c' adalah konstanta.
- t', t adalah suhu salah satu zat pada kedua tekanan uap.

Persamaan ini dapat digunakan pada kasus dimana terjadi perbedaan kima ekstrim pada kedua zat. Apabila perbedaan tidak terlalu ekstrim maka bagian akhir persamaan dapat diabaikan menjadi

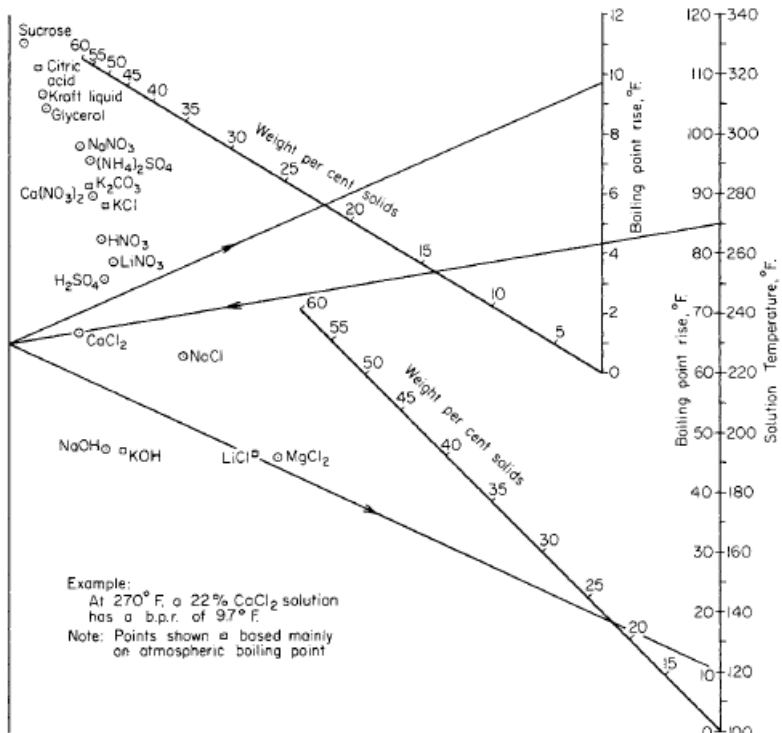
$$R' = R \quad \text{atau} \quad \frac{T_A}{T_B} = \frac{T'_A}{T'_B} = \text{constant}$$

Bentuk ini sama dengan bentuk persamaan *Duhring's rule*.

Persamaan Ketiga :

$$\frac{1}{T_A} = \text{konstanta} \times \frac{1}{T_B}$$

Aplikasi dari *Duhring's rule*. dapat digunakan untuk berbagai macam larutan. Berikut contoh dari *Duhring's Plot* beberapa larutan yang pernah dipublikasikan :

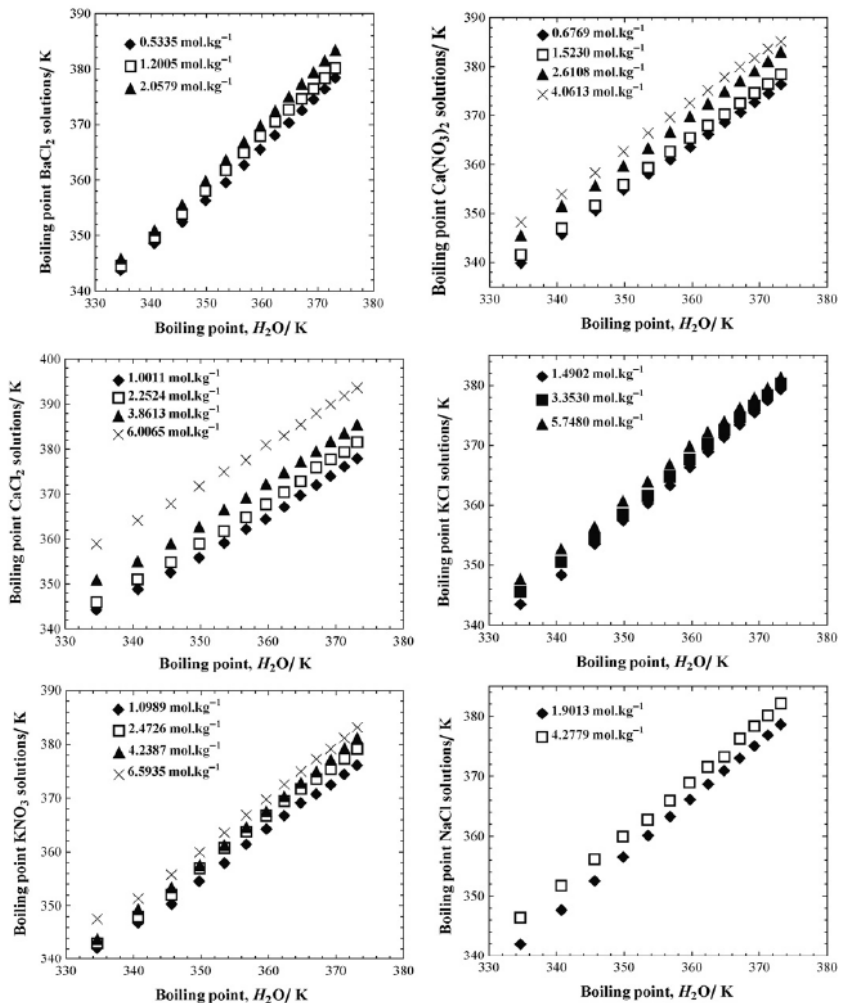


Gambar 2.2 Kenaikan titik didih dari beberapa larutan

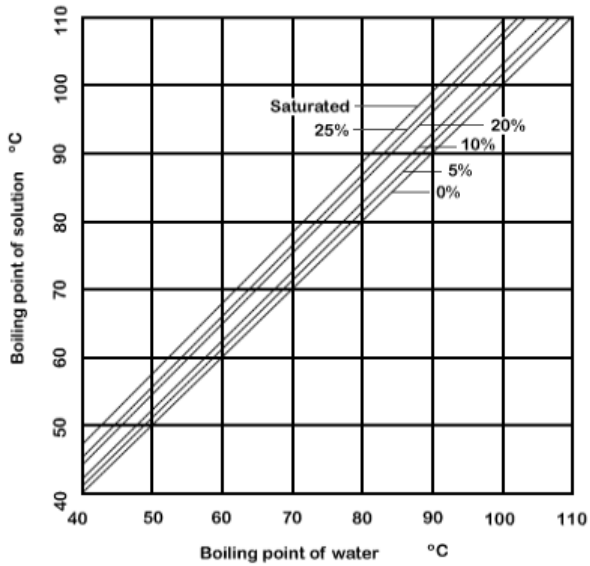
Gambar 2.2 diambil dari buku Perry's chemical engineers handbook 8th edition. Merupakan grafik yang menunjukkan kehilangan kenaikan titik didih pada beberapa larutan. Hubungan titik didih dari beberapa garam anorganik pada tekanan *atmospheric*. Dapat dituliskan sebagai

$$BPR = 104,9N_2^{1,14}$$

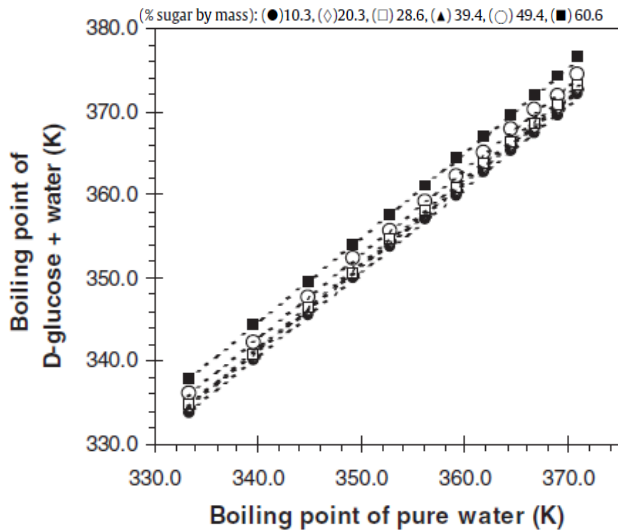
Dimana N_2 adalah fraksi mol dari garam pada larutan.



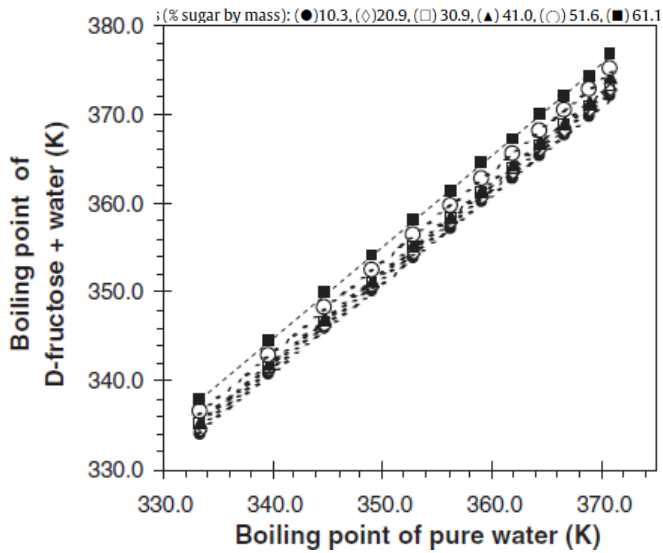
Gambar 2.3 Dühring's Plot untuk larutan dari beberapa logam golongan I dan II



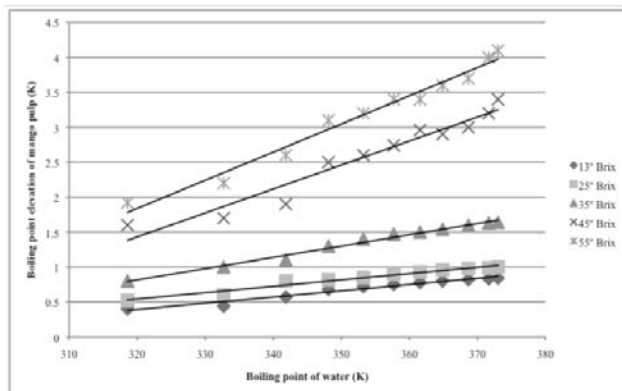
Gambar 2.4 *Dühring's Plot* untuk larutan NaCl



Gambar 2.5 *Dühring's Plot* untuk larutan D-glucose dan air



Gambar 2.6 *Dühring's Plot* untuk larutan D-fructose



Gambar 2.7 Kenaikan titik didih dari pulp mangga

2.5 KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS

Koefisien perpindahan panas sering digunakan untuk menghitung perpindahan panas, baik secara konveksi maupun perubahan fase antara fluida dan padatan dalam ilmu termodinamika mekanik dan teknik kimia. Koefisien perpindahan panas untuk konduksi (k) dipengaruhi oleh jenis benda yang digunakan. Sedangkan koefisien perpindahan panas untuk konveksi dapat ditentukan dengan persamaan:

$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_w - T_d)}$$

dimana,

- Q = Laju panas yang masuk atau keluar, $J/s = W$
- h = koefisien perpindahan panas konveksi, $W/(m^2K)$
- A = luas permukaan perpindahan panas (m^2)
- T_w = suhu permukaan padatan atau dinding (K)
- T_d = titik didih larutan (K)

Koefisien perpindahan panas konveksi dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satunya yaitu konsentrasi larutan dan tekanan. Konsentrasi dan tekanan akan berpengaruh pada titik didih larutan yang otomatis akan berpengaruh pada nilai koefisien perpindahan panas.

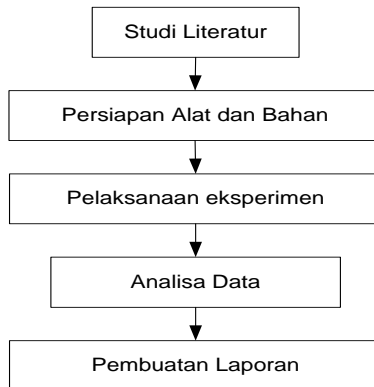
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 GARIS BESAR PENELITIAN

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan secara eksperimen. Bahan baku yang digunakan adalah Sodium Stannat sintetis 95%. Bahan tersebut akan dilarutkan dengan air membentuk larutan sodium stannat dengan konsentrasi sesuai variabel percobaan.

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan aparatus yang disusun seperti gambar 3.2. Terdapat heater listrik yang digunakan untuk mendidihkan larutan dan sebuah pompa vacum untuk membuat tekanan operasi dibawah tekanan atmosfer. Apparatus dilengkapi dengan termometer untuk mengukur suhu dinding alat dan thermocouple untuk mengukur suhu larutan. Untuk mengukur tekanan digunakan vacum pressure gauge. Apparatus percobaan juga dilengkapi dengan gas sealed proof untuk mencegah terjadinya kebocoran yang dapat mengakibatkan tekanan berubah.

Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian maka ditempuh metodologi sebagai berikut :



Gambar 3.1 Langkah-langkah Penelitian

3.2 BAHAN yang DIGUNAKAN

1. Larutan sodium stannat (Na_2SnO_3) sintetis
2. Aquades

3.3 ALAT yang DIGUNAKAN

1. Aparatus percobaan dan perlengkapannya
 - a) Labu leher tiga, volume 500 mL
 - b) Kondensor refluks
 - c) Gas sealed proof
 - d) Thermocouple
 - e) Vacum pressure gauge (VPG)
 - f) Pompa vakum
 - g) Heater listrik
2. Gelas ukur 100 mL
3. Beaker glass, volume 500 mL dan 1000 mL
4. Labu ukur
5. Thermometer
6. Thermokopel
7. Timbangan
8. Stopwatch

3.4 VARIABEL PENELITIAN

Pada percobaan digunakan volume feed larutan sodium stannat 100 ml. Sodium stannat yang digunakan adalah Na_2SnO_3 95% merk Aldrich.

3.4.1 Variabel

1. Tekanan (dalam mmHg) : 360, 400, 440, 480, 520, 540, 600, 640, 680, 720 dan 760 mmHg.
2. Larutan sodium stannat dengan fraksi berat 10%, 20%, 25%, dan 30%.

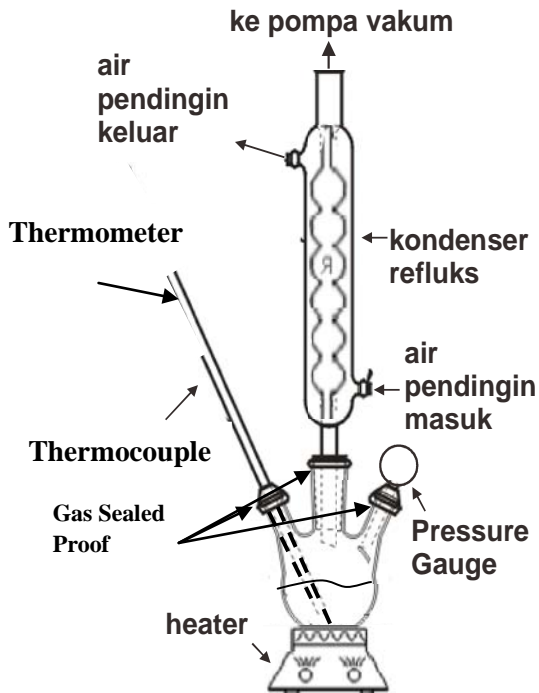
3.4.2 Parameter Terukur

1. Kenaikan titik didih larutan
2. Koefisien perpindahan panas konveksi

3.5 PROSEDUR PENELITIAN

3.5.1 Tahap Persiapan Alat

Percobaan dilakukan dengan menyusun aparatus percobaan dengan susunan yang sesuai dengan skema yang didapatkan dari percobaan pencarian kenaikan titik didih sebelumnya. Adapun skema aparatus percobaan yang kami dapatkan sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 3.2 Skema Alat Percobaan

3.5.2 Tahap persiapan bahan baku

Bahan baku berupa air dan larutan sodium stannat dengan fraksi berat 10%, 20%, 25%, dan 30%.

3.5.3 Tahap Percobaa

3.5.3.1 Percobaan Kenaikan Titik Didih dan Koefisien Perpindahan Panas

Percobaan penentuan kenaikan titik didih dan penentuan koefisien perpindahan panas larutan bersamaan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Memasukkan Larutan Sodium Stannat dengan fraksi berat 30% kedalam apparatus percobaan.
2. Menjalankan pompa vakum hingga tercapai tekanan 360 mmHg.
3. Menghidupkan pemanas sampai larutan mendidih
4. Mencatat suhu larutan dan suhu dinding yang terbaca pada thermometer dan thermokopel.
5. Mengulang prosedur no. 2 hingga no. 4 diatas untuk tekanan 400, 440, 480, 520, 540, 600, 640, 680, 720 dan 760 mmHg.
6. Mengulangi prosedur no. 1 hingga no. 5 dengan larutan sodium stannat dengan fraksi berat 25%, 20%, 10%, dan 0%.

3.5.3.2 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas

Koefisien perpindahan panas dihitung dengan persamaan:

$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_w - T_d)}$$

dimana,

- Q = Laju panas yang masuk atau keluar, J/s = W, didapatkan dari perhitungan banyaknya panas yang diberikan oleh pemanas.
- h = koefisien perpindahan panas konveksi, W/(m²K)

- A = luas permukaan perpindahan panas (m^2), yaitu luas permukaan dari aparatus percobaan yang terpakai.
- T_w = suhu permukaan padatan atau dinding (K), didapatkan dari hasil percobaan.
- T_d = titik didih larutan (K), didapatkan dari hasil percobaan.

3.6 JADWAL KEGIATAN

KEGIATAN	2013												
	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Juni	Juli						
Studi literature	■	■											
Penyusunan Literatur		■											
Seminar Proposal		■											
Persiapan Bahan Baku dan Peralatan Penelitian		■	■										
Pelaksanaan Penelitian			■	■	■	■							
Analisa Hasil						■	■						
Pengolahan Data								■	■				
Penyusunan Laporan									■	■	■		
Seminar Skripsi										■	■	■	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Penelitian

Dari hasil percobaan untuk tiap 100 ml bahan baku didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1
Data – Data yang Didapatkan dari Percobaan

P vakum (mmHg)	air		10 % Na ₂ SnO ₃		20 % Na ₂ SnO ₃	
	Td (°C)	Tw (°C)	Td (°C)	Tw (°C)	Td (°C)	Tw (°C)
360	76.8	86	78.5	88	79.4	88.5
400	80.1	89	81.2	89	82.6	90.5
440	82.9	92.5	83.9	93.5	84.4	94
480	86.1	96	86.2	96.5	88	97
520	88.1	98.5	89	98	90.1	98
560	89.4	101	91.3	100	92.3	100
600	91	102	92.7	101	93.4	101
640	93	104.5	94.9	104	95.1	103.5
680	94.8	107	95.1	106	97.7	105.5
720	96.3	108	97.4	107.5	99.2	107
760	100	111	100.7	110	101.2	109

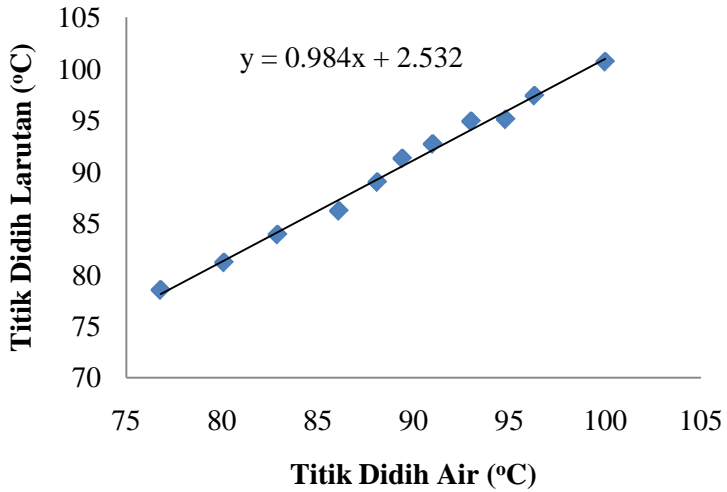
Tabel 4.1
Data – Data yang Didapatkan dari Percobaan -lanjutan

P vakum (mmHg)	25 %		30 %	
	Na ₂ SnO ₃		Na ₂ SnO ₃	
	Td (°C)	Tw (°C)	Td (°C)	Tw (°C)
360	80.9	89	81.1	89
400	83	91	83.2	91.5
440	85.9	94.5	86.1	94.5
480	88.2	97	88.4	97
520	90.5	98	90.5	98
560	92.6	100	93.1	100
600	94.3	101	94.6	101
640	96.3	103	96.4	102.5
680	98	105	98.2	104.5
720	99.7	107	99.8	106.5
760	101.7	109	102.2	108.5

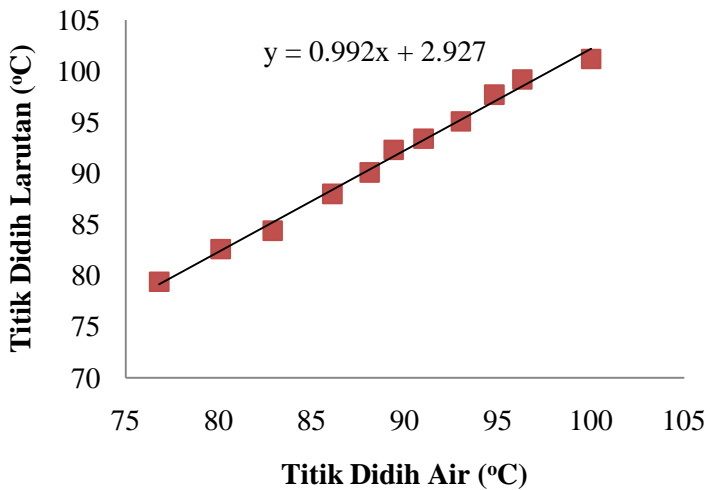
4.2 Pembahasan

4.2.1 Grafik Kenaikan titik didih

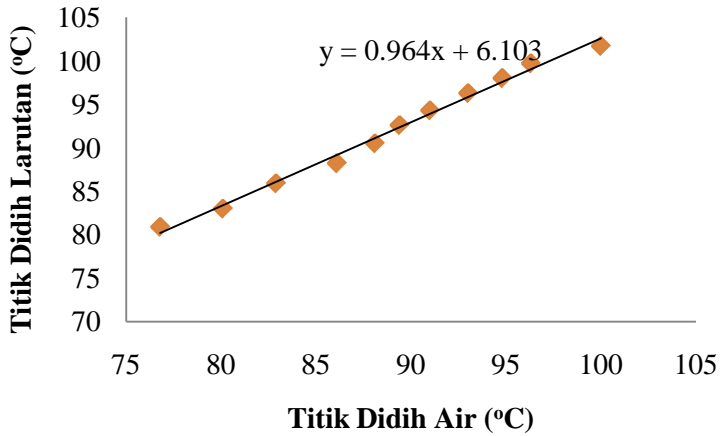
Dari data hasil penelitian di plot grafik antara titik didih air sebagai absis dan titik didih larutan sebagai ordinatnya. Hasil plot tersebut dinamakan grafik kenaikan titik didih (KTD). Berikut adalah grafik kenaikan titik didih masing-masing konsentrasi larutan Na₂SnO₃ dan perbandingan semua konsentrasi.



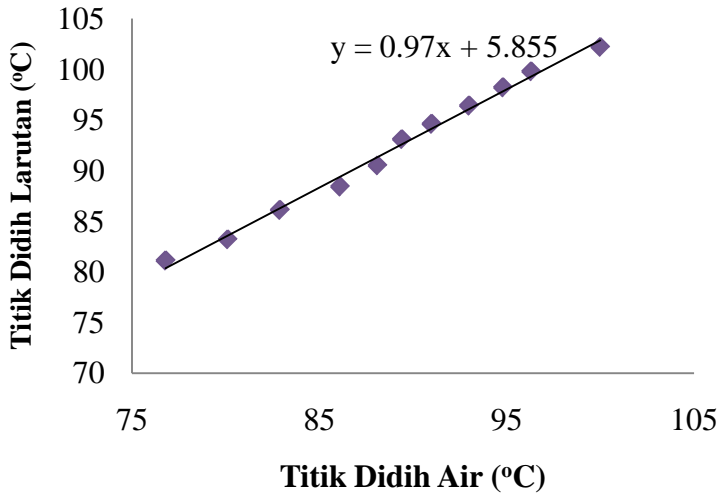
Gambar 4-1 Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na_2SnO_3 10%



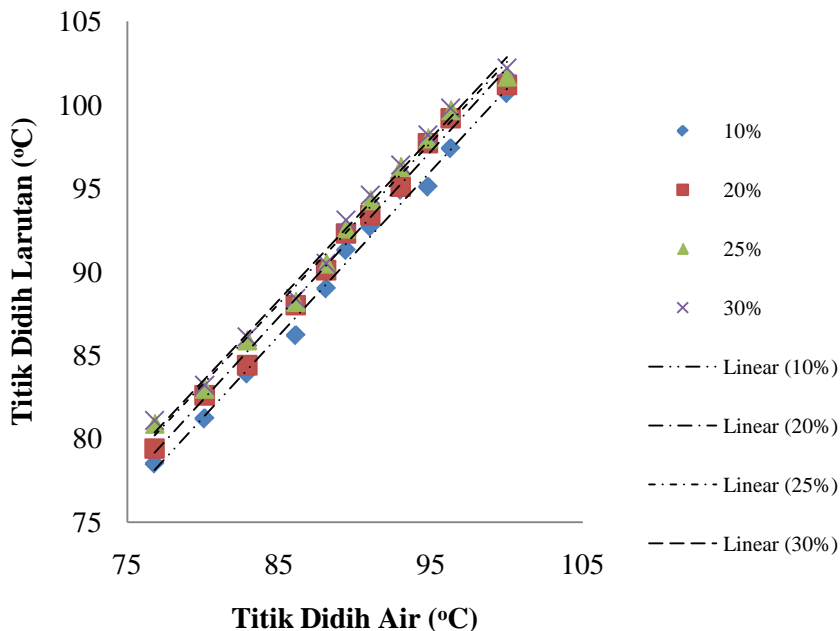
Gambar 4-2 Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na_2SnO_3 20%



Gambar 4-3 Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na_2SnO_3 25%



Gambar 4-4 Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na_2SnO_3 30%



Gambar 4-5 Grafik Kenaikan Titik Didih Larutan Na_2SnO_3 semua variabel konsentrasi

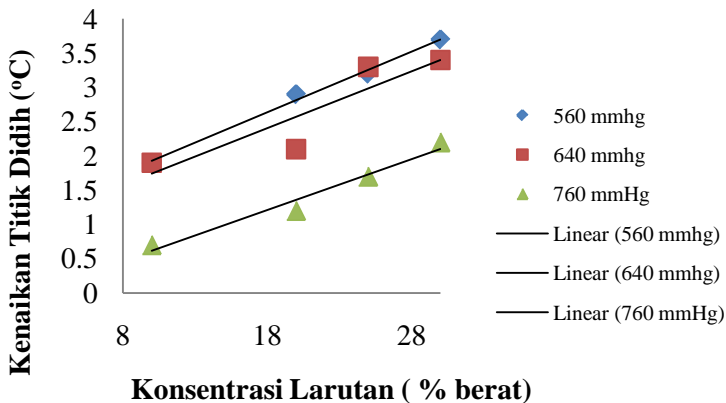
Tabel 4.1 dan **Gambar 4-1** hingga **Gambar 4-5** menunjukkan bahwa titik didih larutan akan semakin meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi zat terlarut. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa titik didih dari larutan Na_2SnO_3 sedikit lebih besar dari titik didih air. Hal ini disebabkan karena berat molekul dari Na_2SnO_3 jauh lebih besar dari berat molekul air yaitu 266,73 g/ml. harga berat molekul Na_2SnO_3 mempengaruhi harga molalitas yang mana mempengaruhi harga ΔT_b sesuai dengan persamaan $\Delta T_b = K_b \cdot b_B$. Dengan harga K_b air 0,52 dan harga molalitas larutan sebesar 0,42 untuk larutan Na_2SnO_3 dengan konsentrasi 10% berat didapatkan harga ΔT_b sebesar 0,22.

Dari hasil penelitian didapatkan titik didih dari beberapa konsentrasi larutan Na_2SnO_3 pada beberapa tekanan. Perbandingan antara kenaikan titik didih terhadap larutan pada beberapa tekanan dapat dilihat pada tabel 4.2 dan **Gambar 4-6**.

Tabel 4.2

Data Hubungan Kenaikan Titik Didih dengan Konsentrasi Larutan Na_2SnO_3 pada Beberapa Tekanan

konsentrasi (% berat)	Kenaikan Titik Didih Pressure (mmHg)		
	560	640	760
10	1.9	1.9	0.7
20	2.9	2.1	1.2
25	3.2	3.3	1.7
30	3.7	3.4	2.2



Gambar 4-6. Grafik Hubungan Kenaikan Titik Didih dengan Konsentrasi Larutan Na_2SnO_3 pada Beberapa Tekanan

Tabel 4.2 dan **Gambar 4-6** menunjukkan bahwa kenaikan titik didih meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Sedangkan pengaruh tekanan terhadap kenaikan titik didih tidak terlalu signifikan, karena hasil dari kenaikan titik didih yang terlihat di grafik tidak terlalu berbeda. Hal ini terjadi karena dari persamaan kenaikan titik didih molalitas dari larutan mempengaruhi kenaikan titik didih secara langsung.

4.2.2 Koefisien heat transfer

Dari data diatas dapat diketahui nilai koefisien heat transfernya dengan menggunakan persamaan:

$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_w - T_d)}$$

dimana,

- Q = Laju panas yang masuk atau keluar, J/s = W
- h = koefisien perpindahan panas konveksi, W/(m²K)
- A = luas permukaan perpindahan panas (m²)
- T_w = suhu permukaan padatan atau dinding (K)
- T_d = titik didih larutan (K)

Dari heating mantle yang digunakan diketahui nilai Q sebesar 255,33 watt. Sedangkan nilai A didapat dari luas permukaan dinding kaca yang bersentuhan dengan larutan. Dari hasil perhitungan didapat nilai A sebesar 0,008 m².

Dengan menggunakan persamaan diatas data-data suhu dinding (T_w) dan suhu titik didih (T_d) pada Tabel 4.1 diolah sehingga didapatkan koefisien perpindahan panas pada pendidihan larutan Na₂SnO₃ dengan beberapa konsentrasi dan tekanan.

Tabel 4.3
 Hasil Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas pada Pendidihan
 Larutan Na_2SnO_3

P vakum (mmHg)	Td (°C)	air		h ($\text{w/m}^2\text{K}$)
		Tw (°C)	ΔT (°C)	
360	76.8	86	9.2	3475.3
400	80.1	89	8.9	3592.5
440	82.9	92.5	9.6	3330.5
480	86.1	96	9.9	3229.6
520	88.1	98.5	10.4	3074.3
560	89.4	101	11.6	2756.3
600	91	102	11	2906.6
640	93	104.5	11.5	2780.3
680	94.8	107	12.2	2620.7
720	96.3	108	11.7	2732.7
760	100	111	11	2906.6

P vacuum (mmHg)	10 % Na_2SnO_3			
	Td (°C)	Tw (°C)	ΔT (°C)	h ($\text{w/m}^2\text{K}$)
360	78.5	88	9.5	3365.6
400	81.2	89	7.8	4099.1
440	83.9	93.5	9.6	3330.5
480	86.2	96.5	10.3	3104.2
520	89	98	9	3552.6
560	91.3	100	8.7	3675.1
600	92.7	101	8.3	3852.2
640	94.9	104	9.1	3513.5
680	95.1	106	10.9	2933.3
720	97.4	107.5	10.1	3165.6
760	100.7	110	9.3	3438

Tabel 4.3
 Hasil Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas pada Pendidihan
 Larutan Na_2SnO_3

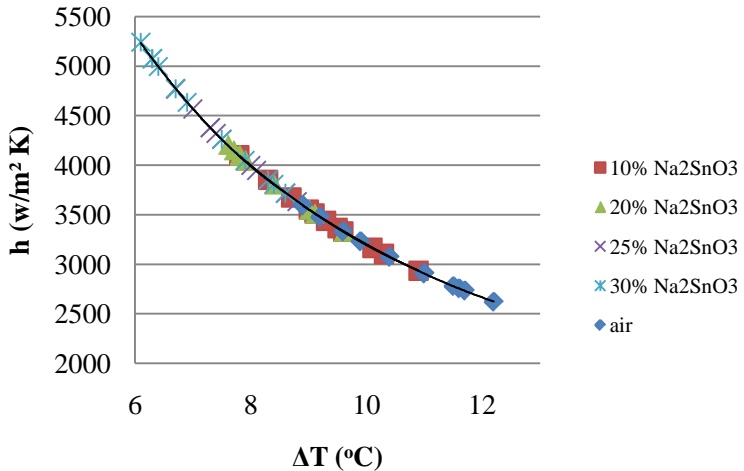
P vacum (mmHg)	20 % Na_2SnO_3			h (w/m ² K)
	Td (°C)	Tw (°C)	ΔT (°C)	
360	79.4	88.5	9.1	3513.5
400	82.6	90.5	7.9	4047.2
440	84.4	94	9.6	3330.5
480	88	97	9	3552.6
520	90.1	98	7.9	4047.2
560	92.3	100	7.7	4152.3
600	93.4	101	7.6	4207
640	95.1	103.5	8.4	3806.3
680	97.7	105.5	7.8	4099.1
720	99.2	107	7.8	4099.1
760	101.2	109	7.8	4099.1

P vacum (mmHg)	25 % Na_2SnO_3			h (w/m ² K)
	Td (°C)	Tw (°C)	ΔT (°C)	
360	80.9	89	8.1	3947.28
400	83	91	8	3996.62
440	85.9	94.5	8.6	3717.79
480	88.2	97	8.8	3633.29
520	90.5	98	7.5	4263.07
560	92.6	100	7.4	4320.67
600	94.3	101	6.7	4772.09
640	96.3	103	6.7	4772.09
680	98	105	7	4567.57
720	99.7	107	7.3	4379.86
760	101.7	109	7.3	4379.86

Tabel 4.3
 Hasil Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas pada Pendidihan
 Larutan Na_2SnO_3

P vacum (mmHg)	30 % Na_2SnO_3			h ($\text{w}/\text{m}^2\text{K}$)
	Td ($^{\circ}\text{C}$)	Tw ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	
360	81.1	89	7.9	4047.21
400	83.2	91.5	8.3	3852.17
440	86.1	94.5	8.4	3806.31
480	88.4	97	8.6	3717.79
520	90.5	98	7.5	4263.07
560	93.1	100	6.9	4633.77
600	94.6	101	6.4	4995.78
640	96.4	102.5	6.1	5241.47
680	98.2	104.5	6.3	5075.08
720	99.8	106.5	6.7	4772.09
760	102.2	108.5	6.3	5075.08

Dari data tabel 4.3 dibuat plot grafik antara nilai koefisien perpindahan panas dengan harga ΔT untuk mengetahui pengaruh dari pengaruh perubahan perbedaan ΔT terhadap koefisien perpindahan panas yang didapat. Plot grafik yang didapat dapat dilihat pada **Gambar 4-7**



Gambar 4-7 Grafik Hubungan Koefisien Perpindahan Panas dengan Perbedaan Suhu Dinding dan Suhu Larutan (ΔT)

Dari **Gambar 4-7** dapat dilihat bahwa harga koefisien perpindahan panas (h) semakin menurun secara tidak linier dengan bertambah besarnya perbedaan suhu (ΔT). Pada grafik terlihat terdapat banyak data bertumpuk yang menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi tidak mempengaruhi harga dari koefisien perpindahan panas. Dari grafik didapatkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka semakin besar pula harga koefisien perpindahan panas yang didapatkan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dan pembuatan plot grafik kenaikan titik didih dan koefisien perpindahan panas dari pendidihan larutan Na_2SnO_3 adalah :

1. Berdasarkan percobaan harga kenaikan titik didih rata-rata dari larutan Na_2SnO_3 dengan konsentrasi 10%, 20%, 25%, dan 30% secara berurutan adalah 1,13 °C; 2,26 °C; 2,96 °C; dan 3,19 °C.
2. Berdasarkan percobaan harga koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata dari pendidihan larutan Na_2SnO_3 dengan konsentrasi 10%, 20%, 25%, dan 30% secara berurutan adalah 3457,23; 3904,90; 4250,02; dan 4498,20 $\text{W/m}^2 \text{K}$.
3. Harga titik didih dari larutan Na_2SnO_3 meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan Na_2SnO_3 dan menurun seiring dengan turunnya tekanan.
4. Harga kenaikan titik didih dipengaruhi oleh konsentrasi larutan dan tidak dipengaruhi oleh tekanan.
5. Harga koefisien perpindahan panas tidak dipengaruhi oleh konsentrasi larutan.
6. Hubungan antara koefisien perpindahan panas dengan perbedaan suhu dinding dan larutan Na_2SnO_3 adalah berbanding terbalik.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk kelanjutan penelitian ini adalah :

1. Penggunaan thermokopel dengan diameter yang kecil sebagai alat pengukur suhu dinding agar didapatkan data yang lebih akurat.
2. Pembuatan persamaan dari hubungan koefisien perpindahan panas pendidihan larutan Na_2SnO_3 dan ΔT .

3. Pembuatan persamaan kenaikan titik didih dari larutan Na_2SnO_3 .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/worldArchive.html>
- [2] P. W. Atkins, *Physical Chemistry*, 4th Ed., Oxford University Press, Oxford, ISBN 0-19-269042-6, **1994**, 222-225.
- [3] Moore, W. J.; *Physical Chemistry (5th edition)*; Longman Group Ltd, London, **1962**, 276.
- [4] E. J. ROEHL(1938). “Applications of Duhring’s Rule”. The International Nickel Company, Inc.
- [5] *J. Fd Technol* (1980). “Engineering factors in the production of concentrated fruit juices”. 15, 265-276.
- [6] B. Manohar, P. Ramakrishna” & IS. Udayasankar (1991). “Some Physical Properties of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Juice Concentrates”. *Journal of Food Engineering* 13 241-258.
- [7] Richard Smith (1996). “An Analysis of the Processes for smelting tin”. The bulletin of mines historical society vol 13 no.2, winter.
- [8] Arslan, F.; Giray, K., Önal, G.; Gürkan, V. “Development of a Flowsheet for Recovering Copper and Tin from Copper Refining Slags. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection Vol. 2, No. 2, 1303-0868, 2002, pp. 94-102.
- [9] V.S. Aigbodion; A. AbdulRasheed, S.O.; Olajide. J.O.; Agunsoye; Sulaiman, L.Y. (2010). “Potential of Tin Tailings an Industrial Waste for Refractory Materials”. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. 9, No.2, pp.123-131.
- [10] Butterfield, J. William. (1924). “Process of Recovering Tin From Tin-Bearing Materials”. United Patent Office. Serial no. 421,121.
- [11] E. A. C. Smith. (1927). “ Metallurgi of Tin”. United States Patent number 1,620,580.

- [12] Sneed, Hellen M. S.; Mc Farlane, Anthony. (1988). "Process Recovery of Tin". United States Patent number 4,737,351.
- [13] <http://teknologikimiaindustri.blogspot.com>
- [14] Michael Saska (2002). "Boiling point elevation of technical sugarcane solutions and its use in automatic pan boiling". *International Sugar Journal*, 2002, 104, 1247, pp 500-507.
- [15] Maximo, Guilherme J.; . Meirelles, Antonio J.A.; Batista, Eduardo A.C. (2010). "Boiling point of aqueous d-glucose and d-fructose solutions: Experimental determination and modeling with group-contribution method". University of Campinas, São Paulo 13083–862, Brazil.
- [16] Filiz, Mehmet and Gülen, Jale (2008). "Investigation of the aqueous salt solutions of some first and second group metals at various pressures". *Istanbul, Turkey*

APPENDIKS

- Perhitungan harga ΔT_b secara teoritis
Digunakan data larutan Na_2SO_3 dengan konsentrasi 10 % berat

Asumsi yang digunakan :

- Larutan ideal
- Zat terlarut bersifat non volatile

$$\Delta T_b = K_b \cdot b_B$$

$$K_b = 0.52$$

$$b_B = \frac{\text{Massa}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{\text{massa pelarut}}$$

$$b_B = \frac{10}{266.73} \times \frac{1000}{90}$$

$$b_B = 0,42$$

$$\Delta T_b = 0,52 \cdot 0,42$$

$$\Delta T_b = 0,22$$

Untuk larutan Na_2SO_3 dengan konsentrasi digunakan cara yang sama dengan berat yang berbeda.

- Perhitungan ΔT_b dari penelitian
Dalam perhitungan ini digunakan data pada tekanan 360 mmHg dan konsentrasi 10 % berat
Td air = 76,8 °C
Td Na_2SnO_3 = 79,4 °C

$$\begin{aligned}\Delta T_b &= \text{Td Na}_2\text{SnO}_3 - \text{Td air} \\ &= 79,4 - 76,8 \\ &= 1,7\end{aligned}$$

Untuk larutan Na_2SO_3 dengan konsentrasi digunakan cara yang sama dengan berat yang berbeda.

- Perhitungan Q

$$Q = m_1 c_p \Delta T + m_2 \lambda$$

Dimana,

m_1	=	massa air (gram)
m_2	=	massa Steam (gram)
c_p	=	panas spesifik air (J/g C)
ΔT	=	perubahan Suhu (C)
λ	=	panas perubahan fase (J/g)

- Data perhitungan
 - volume yang digunakan = 100 ml
 - massa air = 100 g
 - C_p air = 4,186 J/g C
- data yang di dapat dari percobaan :
 - suhu air pendingin masuk (T_{masuk}) = 24,7 C
 - suhu air pendingin keluar (T_{keluar}) = 36,1 C
 - Laju alir pendingin (q) = 0,024 liter/detik
 - Waktu pemanasan total (t_{tot}) = 20 menit
 - Waktu pemanasan setelah mendidih ($t_{\text{pendidihan}}$) = 4 menit
- $m_{\text{air pendingin}}$
 - = $q \times t_{\text{pendidihan}} \times \rho_{\text{air}}$
 - = $0,024 \times 4 \times 60 \times 1 \text{ kg/l}$
 - = 5,76 kg
 - = 5760 gram
- Panas kenaikan suhu :
 - $Q_1 = m c_p \Delta T$
 - = $100 \times 4,186 (100-24,7)$
 - = 31520,58 J

- Panas perubahan fase :

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= m_{\text{air pendingin}} c_p \Delta T \\
 &= 5760 \cdot 4,186 (T_{\text{keluar}} - T_{\text{masuk}}) \\
 &= 5760 \cdot 4,186 (36.1 - 24.7) \\
 &= 274869,5 \text{ J}
 \end{aligned}$$
- Panas total $= Q_1 + Q_2$

$$\begin{aligned}
 &= 31520,58 + 274869,5 \\
 &= 306390,08 \text{ J}
 \end{aligned}$$
- Laju Panas $= Q_{\text{total}} : t_{\text{total}}$

$$\begin{aligned}
 &= 306390,08 : 20 \times 60 \\
 &= 255,325 \text{ J/detik (W)}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Koefisien perpindahan panas (h)

Dalam perhitungan ini digunakan data pada tekanan 360 mmHg dan konsentrasi 10 % berat

$$h = \frac{Q}{A \cdot (T_w - T_d)}$$

$$Q = 255,325 \text{ watt}$$

$$A = \frac{\theta}{360} \times 4\pi r^2$$

$\theta = 88$, data ini diambil dari sudut yang terbentuk dari jari-jari dan ketinggian dari larutan dalam labu leher tiga.

$$r = 5,1 \text{ mm}$$

$$A = \frac{88}{360} \times 4 \pi 0,051^2$$

$$A = 0,0079 \text{ m} \sim 0,008 \text{ m}$$

$$T_w = 361,15 \text{ K}$$

$$T_d = 351,65 \text{ K}$$

$$h = \frac{255,325}{0,008 \cdot (88 - 78,5)}$$

$$h = 3365,58 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Untuk perhitungan koefisien perpindahan panas pada konsentrasi dan tekanan yang lain digunakan cara yang sama.

BIODATA PENULIS



Penulis I bernama Pasyudha Tofinas, dilahirkan di kota gresik, 15 januari 1991, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah lulus dari SD Muhammadiyah GKB gresik pada tahun 2002, lulus dari SMP Negeri 1 Gresik pada tahun 2005, lulus dari SMA Negeri 1 Gresik pada tahun 2008. Lulus SMA diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS dan mendapat gelar ahli madya pada tahun 2011. Meneruskan pendidikannya di S1 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2011 hingga laporan ini dibuat. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik pada tahun 2010 dan juga pernah melakukan Kerja Praktek di PT. Smelting Gresik pada tahun 2013. Penyelesaian tugas akhir dilakukan bersama Faizal Rakhmatullah pada laboratorium perpindahan panas dan massa dengan bimbingan bapak Fadlilatul Taufany, ST, Ph.D dan bapak Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng. Hobi penulis adalah : bermain Game, fotografi, olahraga, serta komputeknik. Saran dan kritik akan selalu diterima melalui alamat email penulis : p4s_777@yahoo.com dan p4s777@gmail.com.



Penulis II bernama Faizal Rakhmatullah, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 3 Desember 1988. Penulis merupakan anak kedua dari 4 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuhnya yaitu di TK Tunas Islam Bangah Sidoarjo, MI Arrohman Bangah Sidoarjo, SLTP Negeri 1 Taman Sidoarjo, SMA Negeri 1 Gedangan Sidoarjo. Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS. Setelah lulus dari Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi pada S1 Teknik Kimia FTI-ITS terdaftar dengan NRP. 2311 105 017. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Watoe Toelis Krian pada tahun 2010 dan juga pernah melakukan Kerja Praktek di PT. Samator Inti Peroksida pada tahun 2012. Penyelesaian tugas akhir dilakukan bersama Pasyudha Tofinas pada laboratorium perpindahan panas dan massa dengan bimbingan bapak Fadlilatul Taufany, ST, Ph.D dan bapak Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng. Hobi penulis adalah : Hiking, olahraga, dan nonton film. Saran dan kritik akan selalu diterima melalui alamat email penulis : rakhmatullah.avicena@gmail.com.