

Laporan Akhir

HIBAH BERSAING PERGURUAN TINGGI  
TAHUN ANGGARAN 2012



MILIK PERPUSTAKAAN  
UNIV. NEGERI PADANG

PENGEMBANGAN MESIN PEMBUATAN SANTAN KERING  
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM *FREEZING DRYING* SEBAGAI  
BAGIAN DARI PENGOLAHAN SANTAN TERPADU

Oleh:

Arwizet K, ST. MT  
Drs. Refdinal, MT  
Drs. Muhakir, MP

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL	15 April 2014
SUMBER/HARGA	AD
KOLEKSI	KI
NO. INVENTARIS	680/Hd/2014-p.1 (1)
STAMP	621.81 Arw p.1

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
NOVEMBER 2012

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN AKHIR PENELITIAN HIBAH BERSAING 2012**


---

1. a. Judul Penelitian : Pengembangan Mesin Pembuatan Santan Kering Dengan Menggunakan Sistem *Freezing Drying* Sebagai Bagian Dari Pengolahan Santan Terpadu
  
2. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap dan Gelar : Arwizet K., ST. MT
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. NIP : 196909201998021001
  - d. Jabatan Struktural : Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
  - e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
  - f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
  - g. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang
  - h. Alamat : Jln. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131
  - i. Telpon/Faks : 0751-443450
  - j. Alamat Rumah : Padang Komplek Salingka Bungo Permai 2 F/17 RT02/RW06 Kel. Bungo Pasang, Padang
  - i. Telpon/Faks/e-mail : 0751-7053508/-/ [arwizet@yahoo.com](mailto:arwizet@yahoo.com)
  
3. Jangka Waktu Penelitian : 2 Tahun
  
4. Pembiayaan
  - a. Jumlah biaya yang diajukan ke Dikti : Rp 99.902.000,00,-
  - b. Jumlah biaya tahun ke satu (1) : Rp 49.981.000,00,-
    - Biaya tahun ke satu (1) yang diajukan ke Dikti : Rp 49.981.000,00,-
    - Biaya tahun ke satu (1) dari Institusi Lain : Rp \_

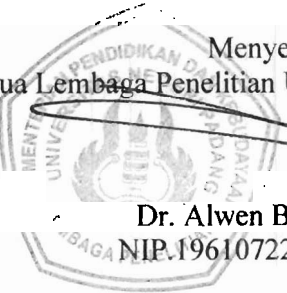
Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik, UNPadang

Drs. H. Ganefri, M.Pd, Ph.D  
NIP. 196312171989031003

Padang, 20 Desember 2012  
Ketua Tim Peneliti

  
Arwizet K., ST. MT  
NIP. 196909201998021001

Menyetujui:  
Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang

  
Dr. Alwen Bentri, M.Pd  
NIP. 196107221986021002

## RINGKASAN

Sumatera Barat memiliki 90.663 Ha luas areal tanaman kelapa dengan total produksi 89.956 ton/tahun. Di Sumatera barat di kenal tiga jenis kelapa yaitu kelapa dalam, kelapa genyah dan kelapa hybrida. Jika potensi kelapa yang besar ini mampu dikembangkan dengan baik menjadi komoditi yang bernilai jual tinggi, maka tentu kelapa menjadi faktor pendukung perekonomian masyarakat di daerah ini. Namun hingga kini kelapa belum banyak lagi dapat dikembangkan secara baik, makanya kelapa belum lagi berperan dalam mengangkat perekonomian masyarakat secara signifikan. Untuk perlu usaha kearah bagaimana mengembangkan potensi kelapa menjadi sebuah komoditi layak jual dan bernilai ekonomis yang pada akhirnya dapat mengangkat taraf kehidupan masyarakat nantinya. Salah satu dari potensi kelapa yang belum dikembangkan secara baik adalah santan kelapa. Santan merupakan bagian yang tidak terpisahkan bagi masyarakat Sumatera Barat dalam membuat masakan. Hampir semua jenis masakan di daerah ini selalu menggunakan santan. Santan dengan kandungan protein yang tinggi sangat mudah basi akibat cepatnya mikroorganisme berkembang biak. Untuk itu diperlukan upaya untuk membuat usia santan lebih panjang yakni dengan merubahnya menjadi santan kering. Salah satu upaya adalah pengeringan dengan sistem *freezing drying* yaitu pengeringan dengan pendinginan dan pemakuman.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan tujuan untuk membuat dan meneliti mesin pembuatan santan kering dengan menggunakan prinsip *freezing drying* sebagai bagian dari pengolahan santan terpadu. Kegiatan penelitian ini akan dilakukan dalam jangka waktu dua (2) tahun. Tujuan penelitian tahun pertama adalah merancang bangun mesin pembuatan santan kering dengan menggunakan sistem pengeringan beku (*freezing drying*) dengan segala kelengkapannya. Setelah mesin pengering ini selesai dibuat, maka selajutnya akan dilakukan uji coba pengeringan dengan menggunakan santan basah. Kegiatan ini dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar dan Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, FT. UNP Padang.

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah mendisaian dan membuat mesin pembuatan santan kering dengan menggunakan sistem pengeringan beku (*freezing drying*). Setelah didapatkannya mesin pembuatan santan kering lalu dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu pertama pada kondisi mesin kosong (*uji performance*), kedua pengujian berisi santan basah.

Hasil pengujian pada kondisi mesin kosong untuk setingan thermostate 4 terlihat capaian temperatur rata-rata terendah dalam ruang pengering yang dapat dicapai oleh alat ini berkisar  $-9^{\circ}\text{C}$  hingga  $-11^{\circ}\text{C}$ . Pada setingan thermostate 5 capaian temperatur rata-rata terendah dalam ruang pengering berkisar antara  $-19^{\circ}\text{C}$  hingga  $-21^{\circ}\text{C}$ . Begitu juga pada pengujian berisi santan basah capaian temperatur rata-rata terendah pada setingan thermostate 4 hampir sama dengan pengisian kosong berkisar antara  $-9^{\circ}\text{C}$  hingga  $-11^{\circ}\text{C}$  dan begitu pula pada setingan thermostate 6 berkisar antara  $-19^{\circ}\text{C}$  hingga  $-21^{\circ}\text{C}$ . Tingkat pemakuman yang dapat dicapai oleh pompa vakum pada pengujian kosong yaitu pada kisaran -20 psi hingga -30 psi, demikian juga pada pengisian berisi santan basah hampir sama dengan pengujian kosong pada kisaran -20 psi hingga -30 psi. Selama 180 menit proses pengujian, terjadi penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering pada pengujian kosong

baik settingan thermostate 4 maupun 6 dari 0,90 kg/kg menjadi 0,75 kg/kg dan pada pengujian berisi santan basah terjadi penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering dari sekitar untuk settingan thermostate 4 dan 6 pada kisaran dari 0,92 kg/kg menjadi 0,72 kg/kg. *Coefficient Of Perfomance (COP)* maksimum untuk pengujian kosong maupun pengujian berisi santan untuk settingan thermostate 4 dan 6 berkisar antara 1,4 hingga 1,8.



## SUMMARY

The coconut plantations in West Sumatra has a total area of 90,663 ha and with a total production of 89,956 tonnes/year. In West Sumatra is known that three types of coconut palm; kelapa dalam, kelapa genyah and coconut hybrid. If this potential is capable of being expanded into high value commodities, thus the coconut palm would be a contributing factor in the economy of this area. But until now not much more coconut palm can be developed as well, so coconut palm don't to mention a role in lifting the economy significantly. For the necessary effort toward how to develop the potential of coconut into a salable commodity and economic value, which in turn can raise the standard of living will be. One of the potential for development of coconut is coconut milk well. Coconut milk is this part that is not integral to the people of West Sumatra in making the dishes. Almost all types of cuisine in this area always use coconut milk. Coconut milk with high protein content is very perishable due to rapid microorganisms proliferate. For it is necessary to make the age of the milk longer to turn it into a dry coconut. One of the efforts is drying with vacuum freezing drying system.

This study is an experimental study with the aim to create and examine the dried coconut milk making machine using the principle of freezing drying as part of an integrated coconut processing. The research activities will be conducted within a period of two (2) years. The research objective is to design the first year of waking up dry milk-making machine using freeze drying system (freezing drying) with all the accessories. Once the dryer is finished, it will hereinafter be tested using coconut milk drying wet. This activity is carried out in the Laboratory of Basic Phenomena and Energy Conversion, Department of Mechanical Engineering, FT. UNP Padang.

The method used in this study is design and make coconut milk making machine dried using freezing drying system. Upon obtainment dry milk-making machine and testing. Testing is done in two ways: first the empty engine condition (test performance), both containing coconut wet testing.

The test results on the conditions for setting the empty engine thermostate 4, looks achievements lowest average temperature in the drying chamber which can be achieved by this tool range  $-9^{\circ}\text{C}$  to  $-11^{\circ}\text{C}$ . In setting performance thermostate 5, temperature lowest average in the drying chamber ranged from  $-19^{\circ}\text{C}$  to  $-21^{\circ}\text{C}$ . So is the performance testing of wet coconut milk contains the lowest average temperatures in the setting thermostate 4, is similar to filling vacant ranged from  $-11^{\circ}\text{C}$  to  $-9^{\circ}\text{C}$  and so are the settings ranged thermostate 6 is  $-19^{\circ}\text{C}$  to  $-21^{\circ}\text{C}$ . The vacuum level that can be achieved by a vacuum pump on a blank test in the range of -20 psi to -30 psi, as well as the moist coconut filling contains about the same as a blank test in the range of -20 psi to -30 psi. During the 180 minutes of the testing process, decrease humidity in the drying chamber at the test well is empty thermostate setting 4 and 6 of 0.90 kg/kg to 0.75 kg/kg, and the testing of milk containing wet decrease humidity in the drying chamber of around for setting thermostate 4 and 6, in the range of 0.92 kg/kg to 0.72 kg/kg. *Coefficient Of performance (COP)* for testing maximum empty or contains coconut milk testing for setting thermostate 4 and 6 ranged from 1.4 to 1.8.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT penulis panjatkan, berkat rahmat dan karunia-Nya laporan kegiatan Penelitian Desentralisasi Hibah Bersaing Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2012 yang berjudul *“Pengembangan Mesin Pembuatan Santan Kering Dengan Menggunakan Sistem Freezing Drying Sebagai Bagian Dari Pengolahan Santan Terpadu”* dapat diselesaikan.

Kegiatan penelitian merupakan sarana yang sangat bermanfaat dalam upaya mendukung pengembangan ilmu pengetahuan serta aplikasinya di tengah-tengah masyarakat. Adapun hal yang memotivasi penulis untuk mengangkat judul di atas sebagai penelitian, karena penulis melihat dan merasakan banyaknya potensi kelapa di Indonesia pada umumnya dan Sumatera Barat khususnya yang belum lagi tergarap dengan baik menjadi komoditas yang bernilai jual tinggi sehingga mampu mengubah kondisi ekonomi masyarakat ke arah yang lebih baik.

Dengan selesainya kegiatan penelitian serta penulisan laporan ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pelaksanaannya. Secara khusus ucapan terima kasih kami sampaikan kepada:

1. Bapak Direktur Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Dirjen Dikti Kemendiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian ini.
2. Bapak Rektor Universitas Negeri Padang beserta jajarannya yang telah memfasilitasi penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.
3. Bapak Dr. Alwen Benti, M.Pd, Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang, yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan Penelitian Desentralisasi Hibah Bersaing tahun 2012, serta memberi motivasi dan arahan kepada penulis sehingga kegiatan penelitian ini ini berjalan dengan baik.
4. Bapak Dekan FT-UNP dan jajarannya yang memberikan izin dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini.
5. Bapak Ketua Jurusan, Kepala Laboratorium Fenomena Dasar Mesin dan Konversi Energi, Workshop Fabrikasi dan Pemesinan atas izin, arahan dan dukungan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

6. Rekan-rekan se Tim Penelitian, mahasiswa yang ikut dalam penelitian ini; Nopen Suardi, Kasman Batu Bara dan Surya Adhandoko terima kasih atas segala bantuan dan arahannya.
7. Bapak-bapak dosen di Jurusan Mesin, FT-UNP atas dukungan dan motivasinya.
8. Istri dan anak-anak yang dengan sabar selalu memberikan dorongan sehingga terselesaikannya penelitian dan laporan ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT memberi thaufik dan hidayahnya-Nya atas pengabdian dan bantuan berbagai pihak, semoga menjadi amal shaleh di sisi-Nya dan mendapat balasan yang berlipat ganda. Amin ya rabbal 'alamin. Wassallam.

Padang, Desember 2012

Tim Pelaksana

## PENGANTAR

Kegiatan penelitian dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian dengan judul *Pengembangan Mesin Pembuatan Santan Kering dengan Menggunakan Sistem Freezing Drying Sebagai Bagian dari Pengolahan Santan Terpadu* sesuai dengan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian Desentralisasi Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2012 Nomor: 089/UN35.2/PG/2012 Tanggal 29 Februari 2012.

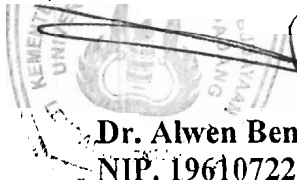
Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, serta telah diseminarkan ditingkat nasional. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Kemendiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian tahun 2012. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang baik dari DP2M, penelitian ini tidak dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan. Semoga hal yang demikian akan lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2012  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Padang,



Dr. Alwen Bentri, M.Pd.  
NIP. 19610722 198602 1 002

# DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN PENGESAHAN .....	1
RINGKASAN DAN SUMMARY .....	ii
PRAKATA .....	v
PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Keutamaan Rencana Penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Jenis-Jenis Kelapa .....	6
2.2. Sifat-Sifat Fisikokimia Daging Buah Kelapa dan Produk yang Dihasilkan .....	7
2.3. Perpindahan Panas .....	14
2.4. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U) .....	17
2.5. Konsep Dasar Pengeringan .....	18
2.6. Pengeringan Beku ( <i>Freezing Drying</i> ) .....	23
2.6.1. Proses Pengeringan Beku ( <i>freezing Drying</i> ) .....	24
2.6.2. Jumlah Panas, Perpindahan Panas dan Laju Pendinginan Pada Pengeringan Beku ( <i>Freezing Drying</i> ) .....	29
2.7. Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem Pengeringan Beku ( <i>Freezing         Drying</i> ) .....	30
2.8. Pengelasan .....	41
2.9. Pengenalan Las Busur Listrik .....	43
2.10. Pengenalan Las Oxy-Asetilen .....	47
2.11. Prosedur Pengelasan Las Busur Listrik .....	52
2.12. Elektroda ( <i>Elektrode</i> ) .....	52
2.13. Psikrometrik .....	56
<b>BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....</b>	<b>59</b>
3.1. Tujuan Penelitian .....	59
3.2. Manfaat Penelitian .....	60
<b>BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>61</b>
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	61
4.2. Jenis dan Objek Penelitian .....	61
4.3. Rencana Penelitian .....	62
4.4. Indikator Keberhasilan .....	63
4.5. Data Penelitian .....	65
4.5.1. Santan Basah .....	65

4.5.2. Dasar Idealisasi dan Data Perencanaan Mesin Pengering Santan Sistem Pengeringan Beku ( <i>Freezing Drying</i> ) .....	66
4.6. Pernyataan Proses Pengeringan Beku <i>Freezing Drying</i> .....	69
4.7. Perhitungan Beban Pendinginan Pada Ruang Pengering .....	70
4.7.1. Beban Pendinginan dalam Ruang Pengering .....	70
4.7.2. Waktu Pembekuan untuk Pengeringan Santan .....	73
4.8. Perencanaan Bahan dan Proses Pembuatan Komponen Sistem Pengering .....	74
4.8.1. Bahan dan Pembuatan Ruang Pengering ( <i>Drying Chamber</i> ) ...	74
4.8.2. Bahan dan Pembuatan Rangka Penyangga .....	77
4.8.3. Rak dan Wadah Pengering .....	79
4.8.4. Sistem Pendingin .....	80
4.8.5. Sistem Pemakuman .....	83
4.8.6. Sistem Pemanasan .....	85
4.8.7. Sistem Kelistrikan ( <i>control Panel</i> ) .....	86
4.9. Pengujian Mesin Pengering Santan .....	87
4.9.1. Persiapan Bahan dan Alat Pengujian .....	88
4.9.2. Pengolahan dan Analisis Data .....	89
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	91
5.1. Santan Kering yang Dihasilkan .....	91
5.2. Uji Unjuk Kerja Mesin Pembuat Santan Kering .....	93
5.2.1. Laju Laju Penurunan Temperatur dalam Ruang Pengering .....	94
5.2.2. Laju Penurunan Kelembaban Udara dalam Ruang Pengering ..	99
5.2.3. Hubungan Pemakaian Daya Listrik, Q use, COP Mesin Pendingin .....	103
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	
6.1. Kesimpulan .....	108
6.2. Saran-Saran .....	109
Daftar Pustaka .....	110
Lampiran	

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1. Tipe Kadar Air dalam Bahan .....	20
Gambar 2.2. Laju Pengeringan Terhadap Waktu .....	20
Gambar 2.3. Model Proses Pengeringan Produk Dalam Sistem Pengeringan Dingin .....	25
Gambar 2.4. Diagram Perubahan Fase Kandungan Air dalam Produk Dalam Sistem Pengeringan Beku ( <i>Freezing Drying</i> ).....	26
Gambar 2.5. Hubungan Tekanan dan Suhu pada Sifat Termodinamika Air .....	27
Gambar 2.6. Komponen-Komponen Utama dalam Mesin Pengering Sistem <i>Freezing Drying</i> .....	28
Gambar 2.7. Mesin Pembuatan Santan Kering dengan Sistem Pengeringan Beku ( <i>Freezing Drying</i> ) .....	31
Gambar 2.8. Ruang Pengering yang Dilengkapi Rak-Rak .....	32
Gambar 2.9. Siklus Kerja Mesin Pendingin ( <i>refrigerator</i> ) pada Mesin Pembuatan Santan Kering .....	33
Gambar 2.10. Kompresor Jenis Hermetis ( <i>Hermetic Compressor</i> ) .....	34
Gambar 2.11. Jenis Kondensor Dimana Udara Sebagai Media Pendingin .....	36
Gambar 2.12. Pompa Vakum yang Digunakan untuk Mamakum Ruang Pengering .....	38
Gambar 2.13. Fan Jenis Aksial .....	39
Gambar 2.14. Heater Listrik Jenis Plat Sebagai Pemanas pada Ruang Pengering ..	40
Gambar 2.15. Rangka Penyangga Mesin Pembuat Santan Kering .....	40
Gambar 2.16. Proses Pengelasan Logam dengan Busur Listrik .....	41
Gambar 2.17. Skema Proses Pengelasan .....	45
Gambar 2.18. Polaritas Arus Pengelasan Pada Las Listrik .....	46
Gambar 2.19. Trafo Las dan Kelengkapannya .....	47
Gambar 2.20. Nyala Oksi – Asetilen .....	48
Gambar 2.21. Las Asetilen .....	49
Gambar 2.22. Penghasil Asetilen Jenis Karbid ke Air .....	51
Gambar 2.23. Kawat Las .....	54
Gambar 2.24. Diagram Psikrometrik .....	57
Gambar 2.25. Hubungan Sifat-Sifat Termodinamika Udara dalam Diagram Psikrometrik .....	57
Gambar 4.1. Bagan Alir Penelitian Pengembangan Mesin Pembuatan Santan Kering dengan Menggunakan Prinisp <i>Freezing Drying</i> Sebagai Bagian Pengolahn santan Terpadu .....	64
Gambar 4.2. Santan Kelapa Murni dari 3 Jenis Kelapa Hybrida, Genyah dan Dalam .....	65
Gambar 4.3. Pernyataan Proses Pengeringan dalam Diagram Psikrometrik .....	69
Gambar 4.4. (a) <i>Stainlesssteel Hollow</i> dan (b) Pelat <i>Stainlesssteel</i> Digunakan untuk Pembentuk Ruang Pengering .....	74
Gambar 4.5. Bentuk Rangka Ruang Pengering Yang Terbuat dari <i>Stainlesssteel Hollow</i> .....	76
Gambar 4.6. Ruang Pengering yang Telah Dilapisi dengan.Dinding Berisolasi ....	76

Gambar 4.7. Rangka Penyangga Terbuat dari Besi Siku 4 cm x 4 cm .....	77
Gambar 4.8. Rangka Penyangga untuk Ruang Pengering .....	78
Gambar 4.9. Rak dan Wadah Pengering .....	80
Gambar 4.10. Sistem Pendingin yang Dipasang di Dalam dan di Luar Ruang Pengering .....	82
Gambar 4.11. Komponen Sistem Pemakuman .....	84
Gambar 4.12. Sistem Pemanas dari Heater Listrik .....	86
Gambar 4.13. Sistem Kontrol Kelistrikan yang Dibuat di Bagian Dinding Ruang Pengering .....	87
Gambar 5.1. Hasil Pengujian Santan .....	92
Gambar 5.2. Laju Penurunan Temperatur dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Kosong .....	94
Gambar 5.3. Laju Penurunan Temperatur dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Kosong .....	95
Gambar 5.4. Laju Penurunan Temperatur dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Dalam .....	96
Gambar 5.5. Laju Penurunan Temperatur dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Dalam .....	97
Gambar 5.6. Laju Penurunan Temperatur dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Hybrida .....	98
Gambar 5.7. Laju Penurunan Temperatur dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Dalam .....	98
Gambar 5.8. Laju Penurunan Kelembaban (kg/kg) dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Kosong .....	99
Gambar 5.9. Laju Penurunan Kelembaban (kg/kg) dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Kosong .....	100
Gambar 5.10. Laju Penurunan Kelembaban (kg/kg) dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Dalam .....	101
Gambar 5.11. Laju Penurunan Kelembaban (kg/kg) dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Dalam .....	101
Gambar 5.12. Laju Penurunan Kelembaban (kg/kg) dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Hybrida .....	102
Gambar 5.13. Laju Penurunan Kelembaban (kg/kg) dalam Ruang Pengering Pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Hybrida .....	103
Gambar 5.14. Hubungan Pemakaian Daya Listrik, Q use, dan COP Mesin Pengering Terhadap Waktu pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Kosong .....	104
Gambar 5.15. Hubungan Pemakaian Daya Listrik, Q use, dan COP Mesin Pengering Terhadap Waktu pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Kosong .....	106
Gambar 5.16. Hubungan Pemakaian Daya Listrik, Q use, dan COP Mesin Pengering Terhadap Waktu pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Dalam .....	104
Gambar 5.17. Hubungan Pemakaian Daya Listrik, Q use, dan COP Mesin	



	Pengering Terhadap Waktu pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Dalam .....	106
Gambar 5.18.	Hubungan Pemakaian Daya Listrik, Q use, dan COP Mesin Pengering Terhadap Waktu pada Settingan Thermostate 4 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Hybrida .....	104
Gambar 5.19.	Hubungan Pemakaian Daya Listrik, Q use, dan COP Mesin Pengering Terhadap Waktu pada Settingan Thermostate 6 dan Pengujian Berisi Santan Kelapa Hybrida .....	106

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1. Karakteristik kelapa Dalam, Genyah dan Hybrida .....	6
Tabel 2.2. Sifat fisikokimia Daging Buah kelapa .....	7
Tabel 2.3. Kadar Air, Karbohidrat dan Gula Reduksi Daging Buah Berbagai Jenis Kelapa Umur 9 Bulan .....	10
Tabel 2.4. Sifat Fisikokimia Daging Buah Kelapa yang Mempengaruhi Pengolahan Kopro, Minyak, Kelapa Parut dan Santan .....	13
Tabel 2.5. Perbandingan Pengguna Las Oksi-Asetilen dan Las Busur Elektroda ....	48
Tabel 2.6. Hubungan Tebal Bahan, Diameter Elektroda dan Kuat Arus .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A. Gambar Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying*
- Lampiran B. Jenis-Jenis Kelapa, Buah Kelapa dan Santan Basah
- Lampiran C. Dokumentasi Proses Pengerjaan Mesin Pembuatan Santan Kering
- Lampiran D. Data Hasil Pengujian dan Data Hasil Pengolahan
- Lampiran E. Daftar Riwayat Hidup Tim Peneliti
- Lampiran F. Daftar Hadir Seminar Penelitian Hibah Bersaing

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia memiliki lahan perkebunan kelapa terluas di dunia, dengan luas areal mencapai 3,86 juta hektare (ha) atau 31,2 persen dari total areal dunia sekitar 12 juta ha. Sebahagian besar (98%) dari total luas perkebunan kelapa di Indonesia merupakan perkebunan rakyat, dan sisanya berupa perkebunan negara dan perkebunan swasta. Sebaran kebun kelapa hampir merata di seluruh Indonesia, dengan sebaran terbanyak berada di Sumatera mencapai 34,5%, Jawa 23,2%, Sulawesi 19,6%, Bali, NTB dan NTT 8,0%, Kalimantan 7,2%, Maluku dan Papua 7,5% (Departemen Pertanian, 2005).

Bila dilihat menurut provinsi, kebun kelapa terluas berada di provinsi Riau (15,28%), disusul Jawa Tengah (7,68%), Jawa Timur (7,67%), Sulawesi Utara (7,27%), Sulawesi Tengah (4,78%), dan Jawa Barat (4,60%), serta beberapa daerah lainnya (Dewan Kelapa Indonesia, 2009). Total produksi kelapa tahun 2007 mencapai 3,3 juta ton setara kopra, atau sebesar 29,8% dari total produksi dunia sebesar 10,3 juta ton (Departemen Pertanian, 2005).

Jenis kelapa yang mengisi areal seluas 3,86 juta hektare (ha) di atas diisi oleh beberapa jenis kelapa yaitu *kelapa dalam* dan *kelapa hybrid*. Dengan pemeliharaan yang cukup intensif hingga saat ini dapat mencapai produksi masing-masing 2,5 ton kopra/ha/thn dan 4,0 ton kopra/ha/thn. Apabila produksi ini dicapai tentu akan tersedia bahan baku daging buah kelapa yang cukup banyak. Oleh karena itu potensi bahan baku ini harus didayagunakan secara optimal, sehingga kelapa dapat terangkat menjadi komoditas primadona dalam peningkatan nilai tambah bagi

sekitar 16.32% penduduk Indonesia yang masih tergantung pada komoditas kelapa (Dewan Kelapa Indonesia, 2009).

Sumatera Barat merupakan salah satu propinsi yang berada di wilayah pesisir barat pulau Sumatera. Daerah ini banyak ditumbuhi oleh pohon kelapa, terutama di wilayah pesisir pantainya seperti di Kabupaten Padang Pariaman, Kota Pariaman, Kabupaten Pesisir Selatan dan beberapa Daerah Tingkat II lainnya. Potensi kelapa di Sumatera Barat cukup besar, luas areal tanaman 90.663 Ha dengan produksi 89.956 Ton/tahun (Statistik Perkebunan Indonesia, Direktorat Jenderal Perkebunan, Departemen Pertanian, 2011).

Kelapa merupakan tanaman serba guna, dapat dimanfaatkan dari akar sampai daunnya. Daging buah kelapa adalah bagian yang paling banyak digunakan untuk produk-produk pangan. Daging buah kelapa merupakan salah satu sumber minyak dan protein yang penting, dan dapat diolah menjadi kopra dan minyak. Pemanfaatan utama kelapa selain dijadikan kopra, juga dapat diambil santannya untuk berbagai keperluan membuat masakan.

Bagi masyarakat Minangkabau baik yang berdomosili di Sumatera Barat maupun di luar Sumatera Barat, santan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari setiap jenis masakannya. Pengolahan kelapa menjadi santan sebagian besar masih dilakukan secara sederhana pada skala rumah tangga. Cara tersebut dianggap kurang praktis karena memakan banyak waktu dan tenaga, terutama jika diperlukan dalam jumlah besar. Demikian juga santan segar (basah) yang biasa kita kenal selain cepat rusak (basi), juga kurang praktis dan tidak efisien.

Santan segar merupakan bahan makanan yang bergizi tinggi karena mengandung zat-zat makanan yang lengkap dan seimbang seperti protein, lemak, dan

karbohidrat. Nilai gizinya yang tinggi juga menyebabkan santan merupakan medium yang sangat disukai oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan dan perkembangannya sehingga dalam waktu yang sangat singkat santan basah menjadi tidak layak dikonsumsi bila tidak ditangani secara benar. Untuk mempertinggi umur simpannya, atau untuk keperluan yang lebih luas (misalnya untuk ekspor) dan agar lebih praktis diperlukan cara pengolahan santan yang tepat. Untuk mengatasi hal demikian, maka diperlukan suatu usaha merubah santan basah menjadi santan kering.

Pembuatan santan kering merupakan salah satu usaha alternatif yang mungkin untuk mengatasi kebutuhan santan bagi masyarakat Indonesia umumnya dan masyarakat Minangkabau pada khususnya. Santan kering lebih tahan terhadap pembusukan atau tidak cepat basi, penggunaannya lebih praktis dan efisien. Untuk merubah santan kering menjadi basah, cukup dengan memberinya dengan air panas takaran tertentu sesuai kebutuhan.

Santan mempunyai sifat fisik dan komposisi yang mirip susu sapi, sehingga dapat ditangani dengan cara yang sama. Salah satu pengolahan susu yang banyak dijumpai adalah dalam bentuk bubuk atau tepung susu. Oleh karena adanya kemiripan antara santan dan susu, maka dengan demikian santanpun dapat diolah menjadi bentuk bubuk atau tepung.

Maka dari uraian di atas, pada penelitian ini dikembangkan sebuah mesin pembuat santan kering dengan prinsip *freezing drying* (*pengeringan beku dan vakum*) sebagai bagian dari pengolahan santan terpadu. Diharapkan dengan adanya mesin ini, dapat menjadi lahan mata pencaharian baru bagi masyarakat yang daerahnya banyak ditumbuhi pohon kelapa. Pada akhirnya diharapkan akan meningkatkan pendapatan masyarakat, harga kelapa terangkat dan perekonomian

masyarakat di daerah juga akan menjadi lebih baik. Ini juga merupakan sebuah terobosan inovasi teknologi tepat guna dalam proses pengeringan dan diharapkan menjadi sebuah karya yang berpotensi untuk mendapatkan HAKI.

## 1.2. Keutamaan Rencana Penelitian

Ada beberapa hal penting yang mendasari peneliti melakukan penelitian ini yaitu: 1) banyaknya potensi kelapa di wilayah pesisir barat pulau Sumatera, khususnya di Sumatera Barat, 2) keberadaan minyak goreng yang berasal dari kelapa (*coconut*) telah digeser oleh minyak goreng yang berasal dari kelapa sawit, sehingga harga minyak kelapa jatuh, 3) kebutuhan masyarakat Indonesia (khusus Sumatera Barat) akan santan kelapa, 4) Santan basah yang diproduksi dari kelapa cepat menjadi basi dan perlu teknologi pengolahannya menjadi santan kering, 5) Santan kering lebih tahan terhadap pembusukan dan penggunaannya lebih praktis dan efisien dibanding santan basah yang diperoleh dari perasan daging buah kelapa.

Pada penelitian ini, peneliti akan mencoba memanfaatkan prinsip *freezing drying* (pengeringan dingin dan vakum) untuk menghasilkan bubuk santan dari santan basah. Adapun tahapan proses pengeringan dingin dan vakum (*freezing drying*) ini adalah sebagai berikut; **tahap pertama** produk yang akan dikeringkan diletakkan pada rak di dalam ruang pengering. Selanjutnya ruang pengering didinginkan dengan mesin pendingin (*refrigerator*) hingga temperatur di dalamnya mencapai  $-10^{\circ}\text{C}$  atau lebih rendah. Akibat pendinginan tersebut maka kandungan air dalam santan akan mengalami penguapan (*sublimasi*) ke udara dalam ruang pengering.

**Tahap kedua** disebut juga dengan pengeringan tahap pertama. Setelah diyakini bahwa telah terjadi proses penguapan (*sublimasi*) kandungan air dalam

produk yang dikeringkan, maka proses selanjutnya dilakukan pemakuman terhadap ruang pengering hingga tekanannya mencapai 2 mmHg atau lebih rendah. Akibat pemakuman ini uap air dalam ruang pengering akan terhisap keluar ruangan. Dan dari ruang vakum uap air dibuang ke udara lingkungan, sehingga secara otomatis produk dalam ruang pengering akan menjadi kering.

**Tahap ketiga** disebut juga proses pengeringan kedua, dimana ke dalam ruang pengering dihembuskan udara panas yang bertemperatur 10-35°C. Hal ini bertujuan agar sisa air yang masih terdapat dalam produk dapat teruap lagi ke udara panas dalam ruang pengering, sehingga produk yang dihasilkan betul-betul kering secara sempurna. Karena temperaturnya cukup rendah (10-30°C) maka udara panas ini tidak merusak produk yang sedang dikeringkan. Setelah tahap terakhir ini selesai maka diperoleh bubuk santan kering yang siap konsumsi dan dipasarkan.

Proses pembuatan santan kering, mempunyai nuansa untuk membuka usaha baru bagi masyarakat pengolah kelapa, yang pada akhirnya akan meningkatkan perekonomian masyarakat yang wilayahnya banyak ditumbuhi pohon kelapa. Santan kering selain cepat dan praktis dalam pemakaiannya, juga mudah dibawa-bawa. Santan kering diyakini akan sangat diminati oleh masyarakat Indonesia. Pembuatan santan kering tentu juga diharapkan tidak merubah cita rasa santan. Santan kering yang sudah dikeringkan dan apabila dicairkan lagi dengan air panas maka diharapkan mempunyai cita rasa sama dengan santan segar pada awalnya. Pembuatan santan kering, mempunyai nuansa untuk membuka usaha baru bagi masyarakat pengolah kelapa, yang pada akhirnya akan meningkatkan perekonomian masyarakat yang wilayahnya banyak ditumbuhi pohon kelapa. Santan kering selain cepat dan praktis dalam pemakaiannya, juga mudah dibawa-bawa.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Jenis-Jenis Kelapa

Di Sumatera Barat terdapat 3 (tiga) jenis varietas kelapa, yaitu (a) kelapa dalam, (b) kelapa genyah, (c) kelapa hibrida. Masing-masing mempunyai karakteristik seperti tercantum pada tabel 2.1. Kelapa dalam terdiri dari berbagai jenis, seperti kelapa dalam Afrika Barat, Tengah dan Bali. Demikian juga dengan kelapa genyah, diantaranya jenis Malaya Kuning, Malaya Merah dan Nias Kuning. Kelapa Hibrida adalah hasil kawin silang antara kelapa dalam dengan genyah sehingga dihasilkan sifat-sifat yang baik dari kedua jenis kelapa asal.

Tabel 2.1. Karakteristik kelapa Dalam, Genyah dan Hibrida

Karakteristik	Jenis Kelapa		
	Dalam	Genyah	Hibrida
Produksi kopra pada umur tahun (ton/ha/tahun)	1,0	0,5	6,0~7,0
Produksi buah (butir/pohon/tahun)	90	140	140
Daging buah	Tebal dan keras	Tebal dan keras	Tebal dan keras
Kadar minyak daging buah	Tinggi	Rendah	Tinggi
Ketahanan terhadap penyakit	Kurang peka	Peka	Kurang peka
Umur berbuah (tahun)	6 ~ 7	3 ~ 4	3 ~ 4
Habitus pohon	Tinggi	Pendek	Sedang

Sumber: Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatera Barat (2009)

Untuk menunjang pendayagunaan daging buah kelapa secara optimal, sebagai bahan baku makanan, maka penelusuran lebih terinci mengenai sifat fisikokimia daging buah patut dilakukan. Sebab sifat fisikokimia baku sangat menentukan mutu produk yang dihasilkan. Dengan demikian upaya pengembangan pengolahan produk

akan lebih terarah sesuai dengan sifat fisikokimia bahan baku kelapa. Penggunaan kelapa untuk pengolahan berbagai produk akan berbeda-beda sesuai dengan tingkat kematangannya. Oleh karena itu, faktor umur panen dari masing-masing jenis kelapa sesuai dengan produk yang akan dihasilkan perlu jadi perhatian.

Berbagai hasil penelitian mengungkapkan, bahwa jenis kelapa dan tingkat umur panen akan mempengaruhi sifat fisikokimia daging buah. Oleh karena itu, setiap kultivar kelapa yang akan dikembangkan harus dilengkapi dengan sifat fisikokimia pada setiap umur panen, sebab tiap jenis produk menghendaki tingkat umur panen yang berbeda. Jika sifat fisikokimia suatu buah kelapa diketahui, maka tentu akan membantu para pengguna buah kelapa untuk apa buah kelapa tersebut digunakan. Apakah digunakan sebagai bahan baku minyak goreng, santan dan lain sebagainya.

## **2.2. Sifat-Sifat Fisikokimia Daging Buah Kelapa dan Produk Yang Dihasilkan**

### **a. Daging Kelapa Muda**

Konsumsi terbesar daging kelapa muda umumnya hanya terbatas sebagai bahan untuk minuman es kelapa muda. Jika memperhatikan sifat fisikokimia daging kelapa muda pada umur 8 bulan (Tabel 2.2), maka daging kelapa muda tersebut cocok apabila digunakan untuk makanan semi padat (selai, koktil, tart kelapa) dan suplemen makanan bayi.

Tabel 2.2. Sifat fisikokimia daging buah kelapa hibrida umur 8 bulan untuk bahan baku makanan semi padat dan suplemen makanan bayi

Kelapa Hibrida	Kadar air (%)	Kadar abu (% bk)	Kadar protein (% bk)	Kadar karbohidrat (% bk)	Kadar galaktomanan (% bk)	Kadar fosfolipida (% bk)
KHINA-1	85.26	3.81	10.88	43.51	4.40	0.18
PB-121	83.37	2.92	9.73	40.08	4.87	0.16

GKNxDTE	86.06	3.07	9.57	42.93	4.20	0.19
GKBxDTE	86.31	3.95	10.34	44.87	3.94	0.17
GKBxDMT	87.24	4.30	9.58	34.68	4.06	0.17
GRAxDMT	84.24	4.33	10.94	34.03	4.11	0.18

Sumber : Rindengan B., dkk, (1996)

Keterangan : bk = berat kering

Beberapa jenis makanan yang dapat diolah dari daging kelapa muda:

### 1. Makanan Semi Padat

Daging buah kelapa dengan kadar air tinggi, menunjukkan sifat fisiknya lunak sehingga sesuai untuk produk pangan yang menghendaki sifat lunak, seperti koktil dan tart kelapa. Ciri khas lain yang diperlukan adalah sifat kenyal. Sifat ini ternyata ditunjang oleh kadar galaktomanan tinggi yang terkandung dalam daging buah umur 8 bulan. Galaktomanan tergolong polisakarida yang hampir seluruhnya larut dalam air membentuk larutan kental dan dapat membentuk gel (Ketaren, 1975).

Pada produk makanan, seperti koktil dan tart kelapa, sifat lunak dan kenyal berperan penting terhadap penerimaan konsumen. Oleh karena itu, kandungan galaktomanan tinggi sangat diperlukan agar diperoleh sifat organoleptik yang disenangi konsumen, nilai gizinya cukup tinggi sebab pada umur buah 8 bulan, daging buah kelapa memiliki kadar protein dan karbohidrat tinggi. Untuk pengolahan selai dibutuhkan bahan yang dapat memberikan tingkat homogenitas tinggi. Kadar protein, galaktomanan dan fosfolipida tinggi, menunjang sifat yang dibutuhkan produk ini.

Di samping sebagai sumber gizi, ternyata protein dapat juga berfungsi sebagai emulsifier. Galaktomanan berperan mengatur tingkat kekentalan produk, dan fosfolipida berfungsi sebagai emulsifier. Kadar fosfolipida tinggi sangat cocok untuk

bahan baku pengolahan selai kelapa. Karbohidrat (terutama gula sederhana) dapat berperan dalam mempercepat proses karamelisasi (pembentukan warna coklat).

## 2. Suplemen Makanan Bayi

Berdasarkan hasil analisis fisikokimia, daging buah kelapa muda sangat berpeluang untuk digunakan sebagai salah satu sumber bahan baku dalam proses pembuatan makanan bayi. Kadar protein buah umur 8 bulan dari keenam jenis kelapa berkisar 9.57-10.94% (Tabel 2.2) merupakan sumber protein potensial. Hal ini disebabkan protein kelapa tidak mengikat senyawa antinutrisi (Banzon dan Velasco, 1982), seperti bahan baku makanan bayi lainnya yang berasal dari jenis kacang-kacangan. Kadar abu berkisar 2.92 - 4.33% merupakan sumber mineral yang cukup baik dalam daging buah kelapa (terdapat 8 mineral, yakni K, Ca, P, Mg, Fe, Zn, Mn, dan Ca (Kemala dan Velayutham, 1978).

Komposisi asam lemak esensial linoleat (omega 6) pada daging buah kelapa muda juga tergolong tinggi sekitar 2.35% (Rindengan, 1999), dan sangat baik untuk pertumbuhan dan perkembangan bayi. Sampai saat ini belum ada industri pengolahan makanan bayi yang memanfaatkan potensi nutrisi yang terkandung pada daging buah kelapa muda. Pengolahan makanan bayi biasanya menggunakan peralatan seperti *Drum Dryer* dan *Ekstruder*, yang proses pemasakannya berlangsung beberapa menit saja. Produk yang diperoleh bersifat instan sehingga hanya dengan penambahan air panas langsung dapat diperoleh bentuk pasta dan siap dikonsumsi. Adanya kandungan galaktomanan, fosfolipida dan karbohidrat, menunjang diperolehnya bentuk pasta yang merupakan salah satu sifat organoleptik penting pada makanan bayi.

### 3. Makanan Ringan

Pada umumnya makanan ringan memiliki sifat-sifat fisik, antara lain renyah/garing dan kering (kadar air rendah). Untuk menghasilkan makanan ringan dengan sifat-sifat tersebut di atas, dibutuhkan bahan baku yang memiliki sifat fisikokimia yang dapat menunjang mutu yang diharapkan. Umumnya golongan umbi-umbian, misalnya kentang banyak digunakan. Kentang memiliki kadar air 77.80% (Anonim., 1981) hampir sama dengan kadar air daging kelapa yang berumur 9 bulan yaitu, berkisar 71.31 - 75.35% (Tabel 2.3), tetapi kadar karbohidrat agak berbeda, kentang 84.04%, sedangkan daging kelapa sekitar 34.60 - 45.60%. Daging buah berumur 8 bulan rata-rata memiliki kadar karbohidrat tinggi 34.03 - 43.51% dan kadar air sangat tinggi (Tabel 2.2) sehingga kalau dibuat makanan ringan, permukaan berkeriput karena ruang-ruang antar sel belum berisi penuh dengan bahan padatan.

Karbohidrat sebagai sumber pati (terdiri dari amilosa dan amilopektin) sangat berperan pada sifat fisik produk, misalnya renyah/garing. Kadar amilosa turut berperan pada sifat fisik tersebut. Keseimbangan kadar air dan karbohidrat sangat penting untuk menghasilkan makanan ringan yang sesuai selera konsumen. Protein dan gula reduksi, selain sebagai sumber kalori juga berperan sebagai komponen yang menghasilkan warna agak coklat setelah mengalami proses karamelisasi. Salah satu jenis makanan ringan yang dapat diolah dari daging buah kelapa muda umur 9 bulan adalah *cocomut chip* (keripik kelapa).

Tabel 2.3. Kadar air, karbohidrat, protein dan gula reduksi daging buah berbagai jenis kelapa umur 9 bulan

Kelapa Hibrida	Kadar air (%)	Kadar karbohidrat (% bk)	Kadar protein (% bk)	Kadar gula reduksi (% bk)
KHINA-1	73.60	45.60	19.55	1.13

PB-121	74.42	36.19	8.59	0.51
GKNxDTE	72.56	41.21	9.64	1.18
GKBxDTE	75.35	39.47	9.30	0.82
GKBxDMT	73.62	38.92	8.68	1.35
GRAxDMT	71.31	34.60	8.09	11.34

Sumber : Rindengan B., dkk, (1996)

Keterangan : bk = berat kering

## **b. Daging Kelapa Matang**

### **1. Kopra dan Minyak**

Kopra dan minyak kelapa merupakan produk tradisional yang diolah dari buah kelapa matang, rata-rata berumur 10-12 bulan. Pada umur tersebut terjadi peningkatan bahan padatan dan kadar minyak, sebaliknya kadar air menurun. Kadar air daging buah umur 10 bulan berkisar 62.26 - 66.24%, karbohidrat 33.61 - 43.335 dan galaktomanan 1.85-3.89% (Tabel 2.4). Untuk diolah menjadi kopra, kadar air masih cukup tinggi, sehingga proses pengeringan akan lebih lama. Oleh karena itu sering dijumpai kopra yang diolah dari campuran buah berumur 10, 11, dan 12 bulan, sebagian ada yang hampir berwarna coklat kehitaman tetapi ada juga yang masih berwarna coklat muda (belum kering).

Daging buah dengan kadar galaktomanan tinggi, jika diolah menjadi kopra akan menghasilkan kopra kenyal karena sifat galaktomanan yang larut dalam air membentuk larutan kental dan juga dapat membentuk gel (Ketaren, 1975). Selanjutnya jika dilakukan pengepresan minyak, akan mengakibatkan mesin pengepres macet.

Dengan mempertimbangkan sifat-sifat tersebut diatas, maka buah yang dipanen 10 bulan sebaiknya diolah dengan cara basah, melalui proses pembuatan santan. Sedangkan apabila melalui proses penggorengan, kadar air telah banyak yang menguap sehingga pembentukan larutan kental antara air dan galaktomanan

dapat ditekan. Pada umur buah 11-12 bulan, kadar galaktomanan pada kelapa hibrida GRAXDMT, PB-121, dan GKBxDTE relatif tinggi, sehingga kurang sesuai dijadikan kopra. Bila akan diolah menjadi minyak sebaiknya dengan cara basah. Sedangkan kelapa Dalam DMT, DTA dan DTE serta kelapa Genjah GKB, GKN dan GRA pada umur buah 12 bulan kandungan galaktomanan umumnya rendah.

## **2. Kelapa Parut Kering (*Desiccated Coconut*)**

Proses pengolahan kelapa parut kering sebenarnya tidak jauh berbeda dengan kopra, yaitu prinsipnya mengeringkan daging buah kelapa. Tetapi kelapa parut kering diproses pada kondisi higienis, tanpa testa dan bentuknya bermacam-macam dan berwarna putih. Kelapa parut kering adalah bahan baku yang banyak digunakan dalam pengolahan berbagai macam biskuit, roti atau jenis kue tertentu sehingga berfungsi sebagai substitusi penggunaan tepung. Dengan demikian, maka kelapa parut kering harus memiliki sebagian dari sifat-sifat tepung, antara lain tidak lengket (bergumpal) dan berwarna putih.

Pada umumnya kelapa parut kering yang diolah dari buah kelapa hibrida menghasilkan sifat-sifat yang kurang sesuai, sehingga kelapa hibrida jarang digunakan. Hal ini disebabkan kadar galaktomanan dan fosfolipida yang tinggi, terutama pada umur buah 10 bulan (Tabel 2.4). Jadi yang diolah untuk kelapa parut kering adalah kelapa Dalam karena kadar galaktomanan dan fosfolipid yang rendah, yaitu kelapa Dalam DMT, DTA, DTE pada umur 12 bulan, umumnya kadar galaktomanan dan fosfolipida rendah, masing-masing berkisar 0.18 - 0.20% dan 0.11- 0.13%.

Tabel 2.4. Sifat sifat fisikokimia daging buah kelapa yang mempengaruhi pengolahan kopra, minyak, kelapa parut kering, santan dan tepung.

Jenis Kelapa	Umur Buah (bln)	Kadar air (%)	Kadar lemak (% k)	Kadar karbohidrat (% bk)	Kadar galaktomanan (%bk)	Kadar serat kasar (%bk)	Kadar fosfolipida (%bk)
KHINA-1	10	66.24	44.69	43.33	2.33	18.85	0.14
	11	59.49	48.94	40.69	1.09	19.26	0.08
	12	56.38	53.11	35.94	1.19	20.77	0.12
PB-121	10	62.26	54.51	33.61	2.28	19.59	0.10
	11	59.25	52.97	33.03	2.24	22.69	0.09
	12	50.31	51.52	38.64	1.91	17.71	0.09
GKNxDTE	10	63.82	53.26	34.37	1.85	19.70	0.15
	11	56.30	56.01	34.86	0.96	22.47	0.10
	12	50.51	56.82	33.42	1.11	21.91	0.13
GKBxDTE	10	65.22	54.37	37.03	2.88	20.43	0.15
	11	59.67	56.14	33.50	1.92	23.13	0.12
	12	56.13	47.81	42.54	1.24	22.65	0.12
GKBxDMT	10	65.14	51.31	37.70	3.89	21.51	0.15
	11	56.19	52.36	37.60	2.07	23.16	0.05
	12	55.88	43.88	42.07	1.03	23.19	0.11
GRAxDMT	10	63.75	50.08	35.33	35.33	20.43	0.17
	11	57.47	55.40	33.66	33.66	21.22	0.14
	12	55.09	50.15	40.60	40.60	20.13	0.14

### 3. Santan Kelapa

Santan kelapa berupa cairan hasil ekstraksi dari kelapa parut dengan menggunakan air. Bila santan didiamkan, secara pelan-pelan akan terjadi pemisahan bagian yang kaya dengan minyak dengan bagian yang miskin dengan minyak. Bagian yang kaya dengan minyak disebut sebagai krim, dan bagian yang miskin dengan minyak disebut dengan skim. Krim lebih ringan dibanding skim, karena itu krim berada pada bagian atas, dan skim pada bagian bawah.

Santan merupakan cairan yang berbentuk susu (*coconut milk*) yang berasal dari daging buah kelapa. Proses mendapatkan santan kelapa dilakukan dengan langkah-langkah berikut (Tarwiyah Kemal, 2001); (1) Pengupasan kulit buah kelapa,



(2) Pengupasan tempurung kelapa, (3) Pamarutan daging buah kelapa, (4) Pemerasan daging buah yang sudah diparut sampai keluar santannya.

Di Sumatera Barat umumnya yang dikenal hanya santan basah. Menurut Dewan Ilmu Pengatahuan, Teknologi dan Industri Sumatera Barat (2006), santan basah sangat rentan terhadap proses pembusukan (cepat basi), agar bisa bertahan dalam waktu tertentu santan perlu dipanaskan. Akan tetapi apabila terlalu sering dipanaskan, selain tidak praktis dan efisien juga hasil akhir dari santan basah yang sudah dipanaskan tersebut sudah berubah rasa dan menimbulkan minyak. Santan apabila sudah membusuk, sudah tidak bisa lagi digunakan sebagai pembuat masakan.

Balasubramaniam (1976) menyatakan bahwa galaktomanan, fosfolipida dan protein dapat berfungsi sebagai emulsifier (pemantap emulsi) pada santan. Selain itu fosfolipida dapat menyebabkan perubahan warna menjadi kecoklatan akibat oksidasi lemak tak jenuh. Pada ke-enam jenis kelapa hibrida dengan umur buah 10 bulan, kadar galaktomanan dan fosfolipida cukup tinggi, meskipun kadar protein bervariasi. Oleh karena itu, untuk bahan baku santan segar dapat digunakan ke-enam jenis kelapa hibrida tersebut, sebab santan segar biasanya langsung dikonsumsi.

### **2.3. Perpindahan Panas**

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara dua benda. Energi yang berpindah dinamakan kalor atau panas. Proses perpindahan panas terjadi dari benda yang bertemperatur tinggi ke benda lain yang bertemperatur lebih rendah. Proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain dapat dibedakan atas; konduksi, konveksi dan radiasi.

### a. Perpindahan Panas secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi akibat hantaran dari molekul-molekul benda padat. Perpindahan panas secara konduksi akan tetap berlangsung selama masih ada perbedaan temperatur antara dua sisi benda tersebut hingga tercapai kesetimbangan temperatur. Perpindahan panas secara konduksi sangat tergantung pada; tebal bahan, luas penampang benda, beda temperatur antara dua sisi benda, konduktivitas termal bahan.

Oleh Fourier (1902) perpindahan panas secara konduksi dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{\text{kond}} = -A.k.\frac{(T_2 - T_1)}{L} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

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

k = konduktivitas termal bahan, (W/m.°C)

(T<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>) = beda temperatur dinding luar dan dinding dalam,(°C)

L = ketebalan dinding, (m)

### b. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah proses perpindahan panas melalui aliran media cair atau gas. Secara matematis perpindahan panas secara konveksi dapat dirumuskan (Newton, 1776) :

$$Q_c = Ah_c.(T_w - T_f) \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

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

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

$(T_w - T_f)$  = beda temperatur dinding dan udara lingkungan, ( $^{\circ}\text{C}$ )

Pada prinsipnya perpindahan panas secara konveksi, sangat ditentukan oleh koefisien perpindahan panas konveksi ( $h_c$ ). Nilai  $h_c$  sangat tergantung pada kecepatan udara dan bentuk atau posisi dari dinding. Untuk lebih jelasnya bagaimana cara menentukan nilai koefisien perpindahan panas konveksi dapat dilihat pada buku yang khusus membahas tentang perpindahan panas.

Pada sistem pendingin, perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi pada evaporator dan kondensor. Pada evaporator udara memindahkan panas dari produk ke koil evaporator dan selanjutnya dibawa oleh refrigeran untuk dibuang juga secara konveksi ke udara lingkungan dalam kondensor.

### c. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi berlangsung melalui gelombang elektromagnetik. Dengan gelombang elektromagnetik ini foton-foton dipancarkan dari suatu permukaan ke permukaan lain. Besarnya energi panas yang diradiasikan dari suatu permukaan dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Q_r = A \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

$\sigma$  = konstanta Boltzman,  $5,669 \times 10^{-8}$  ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

$A$  = luas penampang benda pancar, ( $\text{m}^2$ )

$\epsilon$  = emitivitas termal benda (tidak berdimensi)

$(T_1^4 - T_2^4)$  = beda temperatur benda pancar dan benda penerima, ( $\text{K}^4$ )

#### 2.4. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

Besarnya perpindahan panas melalui suatu dinding sangat di pengaruhi oleh tebal dinding, luas penampang dinding, jenis bahan dan beda temperatur antara dua sisi dinding. Besarnya hambatan yang di alami oleh panas transmisi melalui dinding disebut dengan tahanan thermal (Rth). Nilai tahan thermal berbanding terbalik dengan koefisean perpindahan panas menyeluruh pada suatu dinding.

Nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) dihitung dengan persamaan:

$$U = \frac{1}{\sum R_{tot}} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{h_2}}$$

dimana:

$h_1$  = koefisean perpindahan panas konveksi udara pada sisi dingin 1 (  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  )

$h_2$  = koefisean perpindahan panas udara pada sisi dinding 2 (  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  )

$x_1$  = tebal dinding lapis 1 (m),  $x_2$  = tebal dinding lapis 2 (m),  $x_3$  = tebal dinding lapis 3 (m). Total panas melalui dinding dapat di tulis dengan:

$$Q_{tot} = U \cdot A ( T_1 - T_2 ) \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

Q = koefisean perpindahan panas menyeluruh,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

A = luas penampang perpindahan panas dinding,  $m^2$

$T_1$  = temperatur sisi dinding 1,  $^\circ C$

$T_2$  = temperatur sisi dinding 2,  $^\circ C$

## 2.5. Konsep Dasar Pengeringan

Pengeringan pada suatu benda atau bahan pada dasarnya adalah suatu proses pengurangan kadar air dari bahan tersebut. Dalam proses pengeringan benda basah ada dua proses yang berlangsung secara simultan. Pada proses pengeringan terjadinya proses perpindahan panas dan uap air secara bersamaan antara permukaan bahan basah dengan udara panas yang mengalir di atas permukaan bahan tersebut. Proses pengeringan akan terus berlangsung selama adanya perbedaan kandungan air antara permukaan benda basah dengan udara disekitarnya.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengeringan diantaranya adalah pertama faktor **kondisi udara pengeringan** yang meliputi; temperatur udara, massa aliran udara, dan kelembaban udara. Kedua adalah faktor bahan yang akan dikeringkan meliputi; ukuran bahan, tekanan parsial uap air dalam bahan, kadar air awal bahan dan kadar air akhir bahan yang diharapkan serta temperatur pengeringan yang diijinkan agar substansi bahan yang dikeringkan tidak berubah.

Kadar air bahan merupakan perbandingan antara massa air yang dikandung oleh bahan dengan massa bahan. Kadar ini dapat dinyatakan dalam dua cara, yaitu kadar air basis bawah yang menunjukkan perbandingan massa air yang dikandung bahan dengan massa bahan dalam keadaan basah. Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$K_A = \frac{W_A}{W_B} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

Kadar air basis kering menunjukkan perbandingan massa air yang dikandung bahan dengan massa bahan dalam keadaan kering, secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$K_A = \frac{W_a}{W_k} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

Dimana:

$K_A$  = kadar air basis bawah (%)

$W_a$  = Massa uap air yang dikandung bahan (kg)

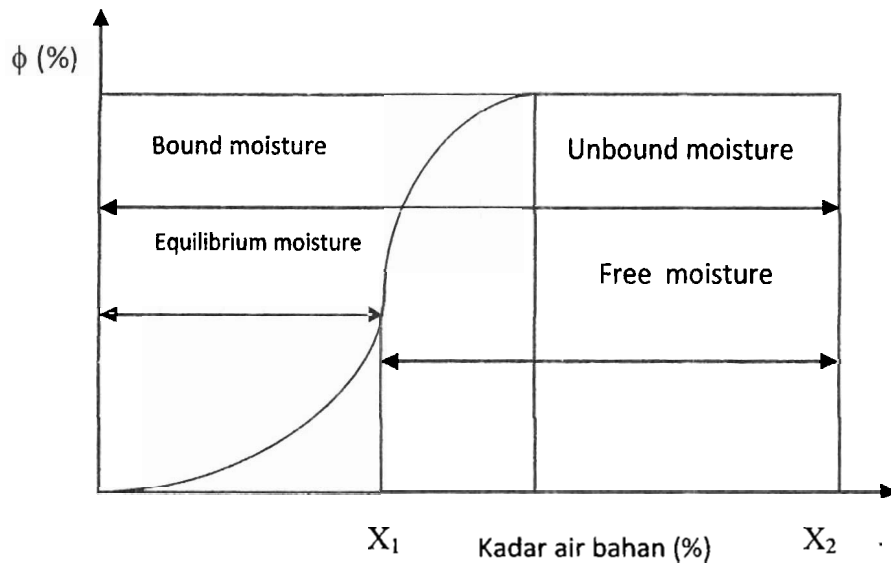
$W_b$  = Massa bahan basah (kg)

$W_k$  = Massa bahan kering (kg)

### 2.5.1. Beberapa Definisi Mengenai Kadar Air Dalam Bahan

Pengeringan suatu bahan meliputi banyak faktor yang mempengaruhi, oleh sebab itu ada beberapa definisi yang harus diketahui mengenai kadar air bahan. *equilibrium moisture* adalah kadar air dalam bahan dimana tekanan parsial uap air dalam bahan sama dengan tekanan parsial uap air udara lingkungan pada temperatur yang sama. *Bound moisture* adalah kadar air bahan pada kondisi dimana tekanan uap air bahan lebih kecil dari tekanan air murni pada temperatur yang sama.

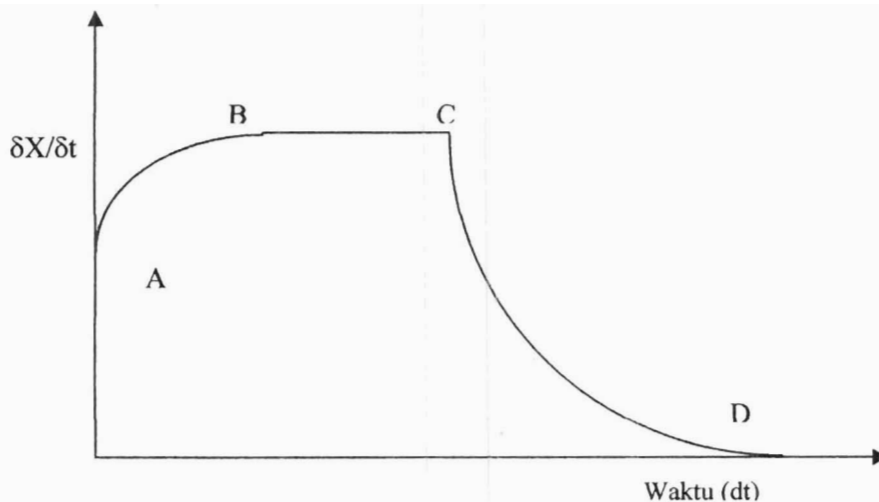
Sedangkan *unbound moisture* adalah kadar air bahan pada kondisi dimana tekanan uap air bahan sama dengan tekanan murni pada temperature yang sama. *Free moisture* adalah kadar air yang menunjukkan keseimbangan dalam bahan yang dapat menguap tergantung pada kondisi udara lingkungan. Gambar 2.1. memperlihatkan beberapa type dari kadar air bahan, yang memperlihatkan hubungan kadar air bahan terhadap kelembaban relatif udara lingkungan.



Gambar 2.1. Tipe kadar air dalam bahan

### 2.5.2. Proses Pengeringan

Bahan basah yang akan dikeringkan akan mengalami beberapa tahapan pengeringan. Tahapan proses pengeringan tersebut dapat ditunjukkan dalam sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara laju pengeringan terhadap waktu, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Laju pengeringan terhadap waktu

Proses pengeringan tahap pertama yang akan dialami bahan adalah proses pengeringan waktu terjadi penyerapan udara dingin oleh udara sekitar dari bahan yang dikeringkan (proses A-B). Proses pengeringan selanjutnya adalah pengeringan konstan, dimana terjadinya penguapan kadar air bahan pada kondisi permukaan bahan dalam kondisi jenuh (proses B-C) dan kemudian proses pengeringan dengan laju pengeringan yang semakin berkurang. Dimana terjadinya pengecilan luas permukaan bahan akibat penyusutan selama proses pengeringan dan kandungan air bahan yang dikeringkan merupakan kandungan air bahan yang terikat pada jaringan matrik bahan.

### 1) Laju Pengeringan

Laju pengeringan suatu bahan padat yang basah tergantung pada kondisi pengeringan yaitu, kondisi udara pengeringan seperti; temperatur, kelembaban, laju aliran massa udara dan kondisi bahan yang akan dikeringkan (luas permukaan bahan, volume bahan, massa bahan, densitas bahan, kadar air awal bahan dan kadar air akhir bahan yang diharapkan setelah proses pengeringan).

Untuk proses pengeringan adiabatik dengan kondisi udara pengeringan tertentu, laju pengeringan maksimum terjadi dapat ditentukan dengan persamaan,

$$N_{max} = G_s \cdot (\gamma_{as} - \gamma_1) \quad (2.8)$$

Dengan mempertimbangkan pengaruh laju aliran udara (Re), koefisien perpindahan massa ( $h_D$ ) dan sifat fisik dari bahan yang dikeringkan, laju pengeringannya dapat ditentukan dengan persamaan,

$$N = N_{max} \cdot (1 - e^{-N_t G}) \quad (2.9)$$

Dimana:



$N_{\max}$  = laju pengeringan maksimum (kg/dt)

$G_s$  = laju aliran massa udara (kg/dt)

$N_{tG}$  = Bilangan perpindahan gas

$\gamma_{as}$  = kelembaban mutlak udara jenuh adiabatik (kg/kg)

$\gamma_1$  = kelembaban mutlak udara (kg/kg)

## 2) Waktu Pengeringan

Waktu yang dibutuhkan selama proses pengeringan tergantung pada kecepatan laju pengeringan, kadar air awal bahan, kadar air akhir bahan, massa bahan persatuan luas permukaan bahan. Secara matematis dapat dirumuskan dengan,

$$-\frac{\partial X}{\partial \theta} = \frac{N}{M_A} \quad (2.10)$$

Atau,

$$\theta = \frac{X_1 - X_2}{\partial X / \partial t} \quad (2.11)$$

## 3) Energi Pengeringan

Energi dingin yang diperlukan untuk proses pengeringan suatu bahan dalam pengeringan beku (*freezing drying*) ini berasal dari panas yang dihasilkan oleh mesin pendingin kompresi uap. Proses pengeringan pada penelitian ini diasumsikan sebagai proses adiabatik, dimana udara dingin yang digunakan selama proses pengeringan hanya berasal dari udara dingin yang disuplay oleh evaporator dari mesin pendingin kompresi uap.

Besarnya udara dingin yang dibutuhkan selama proses pengeringan akan sebanding dengan perubahan entalpi yang terjadi dalam ruang pengering. Secara matematis dituliskan dengan,

$$Q_p = \dot{m} (h_1 - h_2) \quad (2.12)$$

Dimana:

$Q_p$  = energi dingin yang diperlukan oleh produk, kJ/dt

$\dot{m}$  = laju aliran massa produk, kg/dt

$h_1$  = entahlpi awal produk, kJ/kg

$h_2$  = entahlpi udara masuk, kJ/kg

#### 4) Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara dingin yang dibutuhkan selama proses pengeringan dengan dingin yang masuk ke dalam ruang pengering yang berasal dari udara dingin yang dihembuskan oleh mesin pendingin. Efisiensi pengeringan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan,

$$\eta = \frac{Q_p}{Q_{in}} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

Diketahuinya efisiensi pengeringan maka dapat menunjukkan unjuk kerja dari alat pengeringan yang direncanakan.

#### 2.6. Pengeringan Beku (*Freezing Drying*)

Proses pengeringan untuk beberapa produk yang sensitif terhadap temperatur tinggi tentu tidak dapat dikeringkan dengan dengan proses pengeringan panas. Proses pengeringan yang cocok untuk produk yang sensitif terhadap panas adalah proses pengeringan beku (*freezing drying*). Dalam *freezing drying* air dibuang sebagai uap

dengan proses *sublimasi* (penguapan) dari produk yang dikeringkan, lalu dibuang ke luar ruangan melalui proses pemakuman.

Biasanya produk yang dikeringkan dengan proses *freezing drying* berkualitas lebih tinggi dibanding dengan proses pengeringan biasa (dengan proses pemanasan). Keunggulan dari proses pengeringan beku (*freezing drying*) ini terlihat pada produk hasil pengeringan. Produk hasil pengeringan tidak mengalami perubahan fisik seperti mengerut, pengecilan volume dan sebagainya. Sedangkan pengeringan dengan proses pemanasan cenderung merubah bentuk produk baik secara fisik maupun komposisi kimianya.

Pengeringan dengan sistem beku banyak digunakan untuk berbagai produk makanan seperti daging, buah-buahan, bawang, kopi dan berbagai produk obat-obatan. *Freezing drying* membutuhkan tekanan dan temperatur yang sangat rendah (*vacum*) 4,58 mmHg hingga 2 mmHg dan temperatur dari 0°C hingga -20°C. Tiga syarat utama dalam proses *freezing drying* agar produk hasil pengeringan berkualitas baik adalah: **pertama** produk yang didinginkan (*frozen*) tahan terhadap temperatur rendah, **kedua** proses pengeringan dilakukan dalam kondisi tekanan rendah (vakum), **ketiga** ruang pengering harus berada dalam kondisi pengontrolan yang baik (bebas oksigen dan uap air) serta kedap udara.

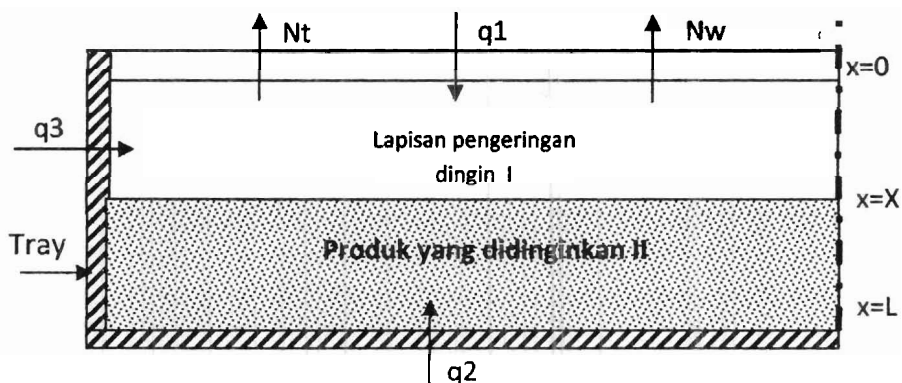
### 2.6.1. Proses Pengeringan Beku (*Freezing Drying*)

*Freezing drying* adalah proses yang mana zat terlarut (*solvent*) yang dikandung oleh produk yang akan dikeringkan (biasanya air) dibuang melalui proses penguapan (*sublimasi*) dan berada dalam kondisi tekanan sangat rendah. Proses kerja dari pengeringan beku (*freezing drying*) dibagi dalam tiga (3) tahapan yaitu: (a) tahap

pendinginan (*freezing*), (2) tahap pengeringan pertama (*primary drying*), (c) tahap pengeringan kedua (*secondary drying*).

Pada tahap pembekuan (*freezing drying*) terjadi proses penurunan temperatur udara dalam ruang pengering dengan menggunakan mesin pendingin (*refrigerator*), akibatnya temperatur produk juga ikut turun. Proses pendinginan ini secara kimia menyebabkan terjadinya proses penguapan (*sublimasi*) kandungan air yang terdapat dalam produk yang dikeringkan ke udara di dalam ruang pengering. Perbedaan temperatur yang signifikan antara produk dan udara menyebabkan kandungan air dalam rongga-rongga butiran produk yang didinginkan akan keluar dan menguap sehingga produk akan kering secara dingin.

Gambar 2.3 memperlihatkan diagram proses produk selama proses pengeringan beku (*freezing drying*).



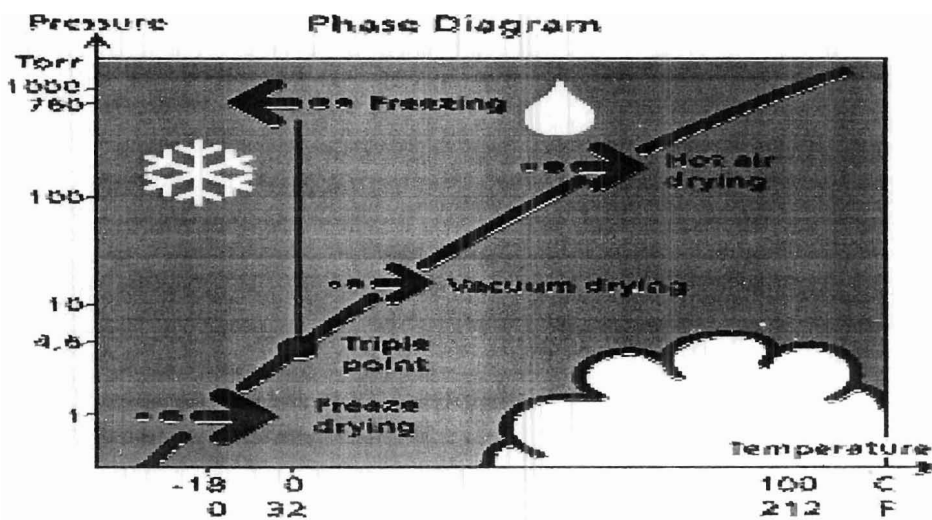
Gambar 2.3. Model proses pengeringan produk dalam sistem pengeringan dingin

$N_t$  dan  $N_w$  adalah berat produk dan berat kandungan air dalam produk, sedangkan  $q_1$ ,  $q_2$ , dan  $q_3$  adalah udara dingin yang dimasukkan ke dalam ruang pengering. Lapisan I pada gambar 2.3 merupakan lapisan udara dingin yang akan digunakan untuk mendinginkan produk, sedang produk yang dikeringkan berada pada lapisan II. Notasi  $x$  pada gambar 2.3 di atas menunjukkan posisi proses

penguapan (*sublimasi*) dalam produk selama pengeringan. Akibat proses pendinginan, maka kandungan yang ada pada permukaan dan dalam produk akan keluar dan menguap ke udara yang ada di dalam ruang pengering.

Tahap selanjutnya adalah proses pengeringan pertama (*primary drying*). Pada tahap ini dilakukan proses pemakuman ruang pengering dengan pompa vakum hingga tekanan dalam ruang pengering mencapai 2mmHg atau lebih rendah. Akibat pemakuman kandungan air produk yang telah mengalami penguapan (*sumblimasi*) akan terbawa ke dalam ruang vakum, selanjutnya dibuang ke udara lingkungan. Pada akhirnya produk yang ada di dalam ruang pengering akan kering dengan baik.

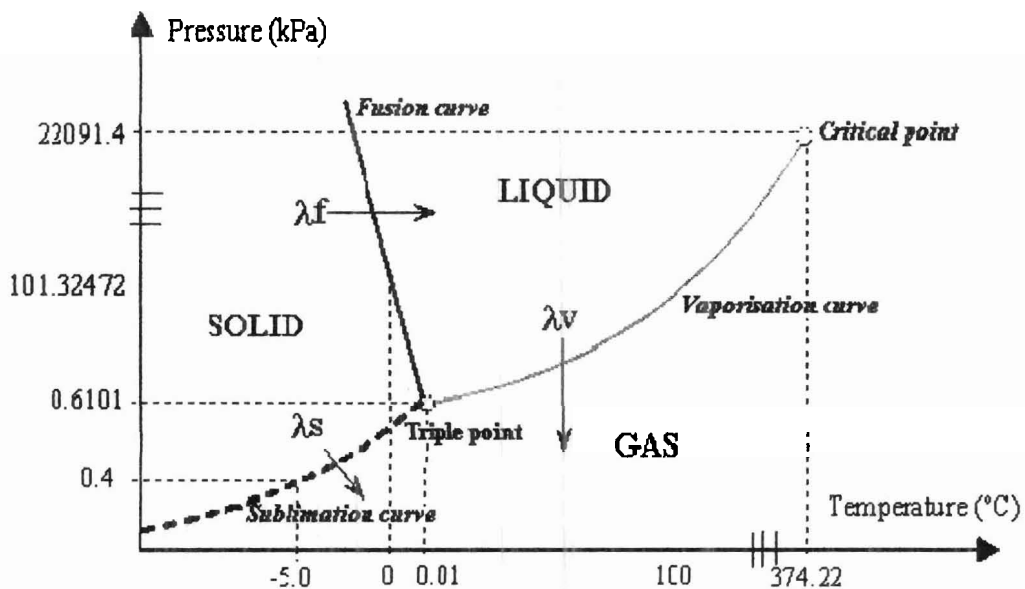
Tahap ketiga disebut juga dengan tahap pengeringan kedua (*secondary drying stage*). Pada tahap ini udara panas dengan temperature berkisar 10°C hingga 30°C dihembuskan ke dalam ruang pendingin. Akibat panas ini, maka sisa air yang masih ada dalam produk setelah proses *freezing drying* akan menguap ke udara dan tekanan dalam ruang pendingin telah kembali ke kondisi normal.



Gambar 2.4. Diagram perubahan fase kandungan air dalam produk dalam sistem pengeringan beku (*freezing drying*)

Gambar 2.4 memperlihatkan perubahan fase (wujud) kandungan air dalam produk yang dikeringkan dengan sistem pengeringan beku (*freezing drying*).

Jika dilihat dari prinsip kerja pada dasarnya pengeringan beku (*freezing drying*) terdiri atas 3 tahapan di atas dapat dibedakan atas dua urutan proses, secara garis besar yaitu proses pembekuan (*freezing*) yang dilanjutkan dengan proses pengeringan (*drying*). Dalam hal ini, proses pengeringan berlangsung pada saat bahan dalam keadaan beku, sehingga proses perubahan fase yang terjadi adalah *sublimasi*. Sublimasi dapat terjadi jika suhu dan tekanan ruang sangat rendah, yaitu dibawah titik tripel air (gambar 2.5).

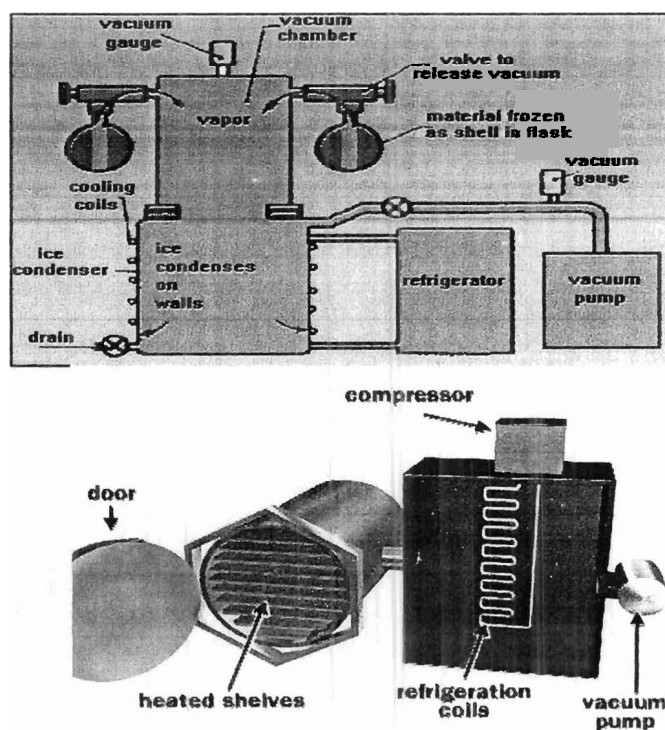


Gambar 2.5. Hubungan tekanan dan suhu pada sifat termodinamika air

Titik tripel terletak pada suhu 0,01 C dan tekanan 0,61 kPa, dengan demikian proses pengeringan beku harus dilakukan pada kondisi dibawah suhu dan tekanan tersebut. Tekanan kerja yang umum digunakan di dalam ruang pengeringan beku adalah 60 – 600 Pa. Pada saat pembekuan terbentuk kristal-kristal es di dalam bahan, yang mana pada saat pengeringan kristal es tersebut akan tersublimasi dan

meninggalkan rongga (pori) didalam bahan. Keadaan bahan yang bersifat *porous* setelah pengeringan, meyebabkan bentuk bahan tidak mengalami perubahan yang besar dibandingkan sebelumnya, serta proses rehidrasi air (pembasahan kembali) lebih baik dari pada proses pengeringan lainnya.

Pada gambar 2.6 terlihat sketsa komponen utama dan komponen pendukung serta proses kerja dari sistem pengeringan beku (*freezing drying*). Komponen utamanya adalah: ruang pengering yang sangat kedap dan diberi dengan rak pengering, mesin pendingin (*refrigerator*) dengan semua komponennya (kompresor, kondensor, katup ekspansi, evaporator) dan komponen kontrol, sistem pemakuman dengan komponen utama; tabung vakum, pompa vakum saluran penghubung dan saluran by pass, alat pengukur tekanan (*pressure gage*), alat pemanas (*heater*) sebagai pemanas produk setelah selesai dari proses pemakuman.



Gambar 2.6 Komponen-komponen utama dalam mesin pengering sistem *freezing drying*

### 2.6.2. Jumlah Panas, Perpindahan Panas dan Laju Pendinginan Pada Pengeringan Beku (*Freezing Drying*)

Jumlah energi dingin yang dibutuhkan oleh produk santan hingga sampai temperatur pembekuan dapat dirumuskan sebagai berikut (Georg-Wilhelm, Oetjen dalam Freeze-Drying, 2004):

$$Q_{\text{prod}} = m_p \cdot c_p \cdot (T_1 - T_0) + m_p \cdot Q_{\text{ep}} + m_{\text{ep}} \cdot c_{\text{ep}} \cdot (T_0 - T_2) \text{ (kJ/kg)/(n.3600.RF)} \quad (2.14)$$

Dimana:

$m_p$  = massa produk santan yang dibekukan (kg)

$c_p$  = panas spesifik produk, kJ/kg. °C

$Q_e$  = panas laten produk saat membeku, kJ

$c_e$  = panas spesifik es, kJ/kg. °C

$T_0$  = temperatur beku es, °C

$T_1$  = temperatur awal air, °C

$T_2$  = temperatur akhir es, °C

$n$  = waktu pendinginan (*chilling time*) untuk pengeringan, jam

RF = *chilling of rate factor (RF)*

Untuk pengeringan beku (*freezing*) santan dapat diasumsikan dengan pendinginan benda cair seperti susu atau cairan emulsi lainnya. Total energi yang diperlukan untuk membekukan santan dari temperatur 30°C, dapat dirumuskan dengan persamaan 2.9 di atas. Sedangkan laju pengeringan dapat dirumuskan dengan persamaan 2.10 berikut:

$$t_e = \Delta J / \Delta T \cdot \rho_g \cdot (d^2 / 2\lambda_g + d / K_{su}) \text{ (menit)} \quad (2.15)$$

dimana:

$t_e$  = waktu pembekuan (*freezing time*); menit



$\Delta J$  = perbedaan enthalpy produk antara awal titik beku dengan temperatur akhir,  
kJ/kg

$\Delta T$  = perbedaan temperatur antara titik akhir pendinginan ( $^{\circ}\text{C}$ ) dengan temperatur  
tengah-tengah pendinginan,  $^{\circ}\text{C}$

$d$  = tebal produk yang dibekukan, m

$\rho_g$  = masa jenis produk yang dibekukan,  $\text{kg/m}^3$

$\lambda_g$  = konduktivitas thermal produk yang dibekukan,  $\text{kJ/m.hr.}^{\circ}\text{C}$

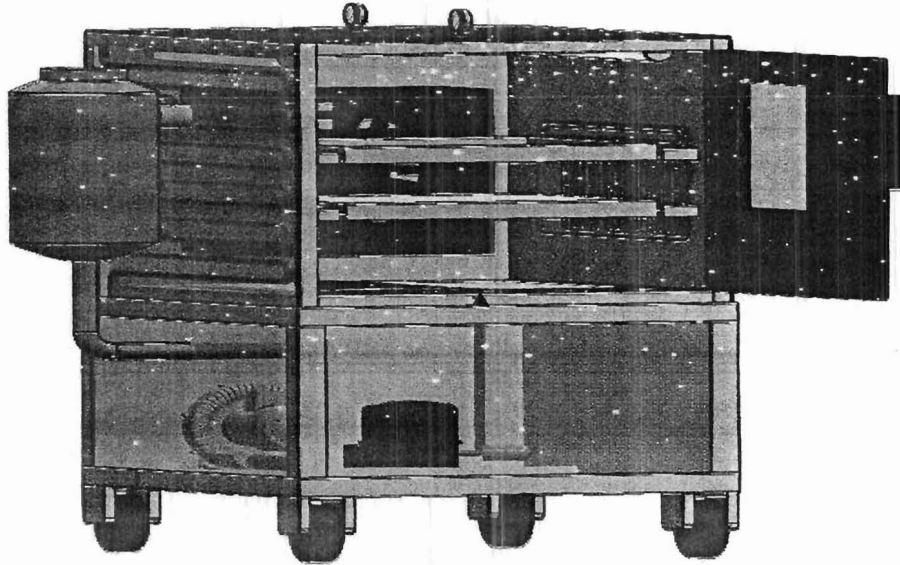
$K_{su}$  = koefisien perpindahan panas konveksi antara media pendingin dengan produk  
yang didinginkan,  $\text{kJ/m.hr.}^{\circ}\text{C}$

## 2.7. Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem Pengeringan Beku (*Freezing Drying*)

Mesin pembuatan santan kering sistem pengeringan beku (*freezing drying*) ini terdiri dari beberapa komponen utama dan komponen pendukung. Komponen utama dan komponen pendukung dari mesin pembuatan santan kering sistem *freezing drying* terdiri dari:

- Ruang pengering dilengkapi dengan rak pengering
- Sistem pembekuan yang digunakan adalah mesin pendingin kompresi uap; kompresor 1 HP, evaporator, kondensor dan katup ekspansi
- Sistem pemakuman dengan menggunakan mesin vakum  $\frac{1}{2}$  kW yang dilengkapi dengan komponen-komponen pendukung
- Rangka tempat dudukan komponen-komponen utama
- Komponen listrik dan pengontrol temperatur
- Alat ukur tekanan dan temperatur

Gambar 2.7 memperlihatkan gambar dari mesin pembuatan santan kering sistem pengeringan beku (*freezing drying*).



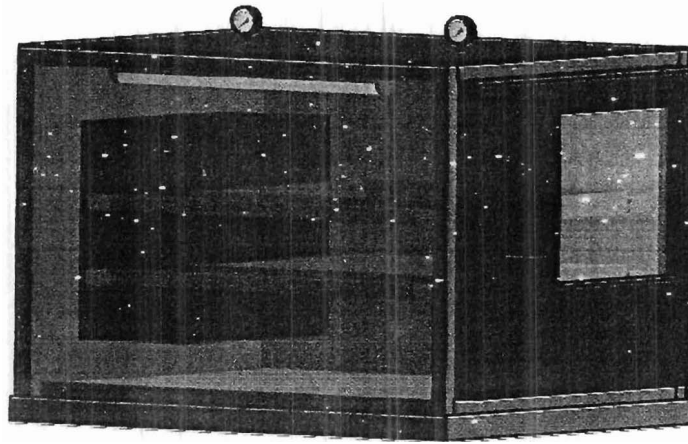
Gambar 2.7. Mesin pembuatan santan kering dengan sistem pengeringan beku (*freezing drying*)

### **2.7.1. Komponen Utama dan Pendukung Mesin Pengering Santan Sistem *Freezing Drying***

#### **1) Ruang Pengering (*Drying Chamber*)**

Ruang pengering (*drying chamber*) merupakan komponen utama dari mesin pembuatan santan kering sistem *freezing drying*. Ruang pengering ini berfungsi untuk tempat pembekuan dan sekaligus pengeringan santan. Dalam ruangan ini santan basah yang akan dikeringkan didinginkan hingga di bawah titik beku santan, selanjutnya ruangan ini divakum sedemikian rupa sehingga kandungan air yang ada pada santan akan menguap (*sublimasi*) dan akan tersedot keluar ruangan melalui pompa vakum. Selanjutnya dilakukan proses pemanasan santan dengan mengalirkan udara panas 10 hingga 30°C di atas santan yang telah dikeringkan. Diharapkan dengan proses ini sisa kandungan air dalam santan betul-betul hilang.

Ruang pengering santan ini berbentuk bangunan persegi panjang ukuran 80 cm x 70 cm x 100 cm lebih jelasnya lihat pada gambar 2.8.



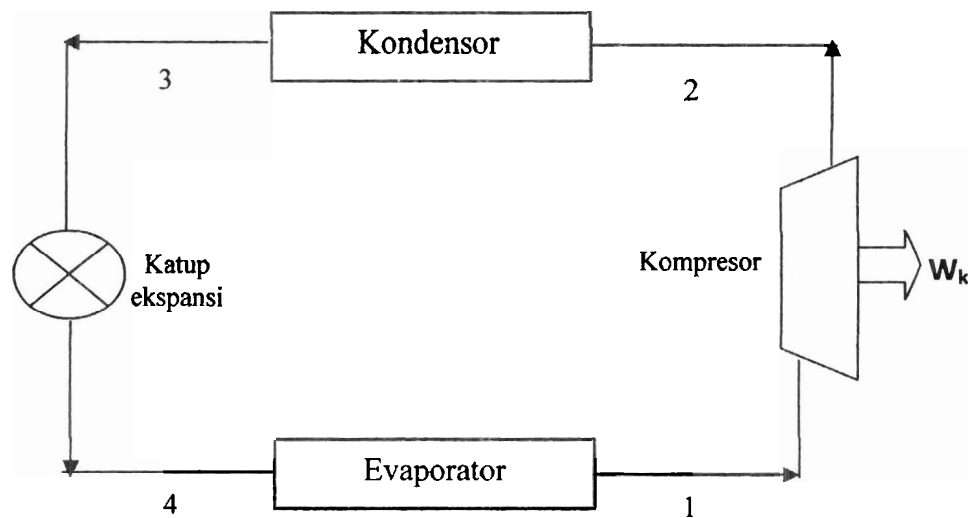
Gambar 2.8. Ruang pengering yang dilengkapi rak-rak (*drying chamber*)

## 2) Mesin Pendingin (*Refrigerator*)

Mesin pendingin berfungsi untuk menurunkan temperatur udara dalam ruangan hingga mencapai dingin di bawah titik beku santan. Pada prinsipnya mesin pendingin terdiri dari empat komponen utama yaitu; **kondensor**, **kompresor**, **evaporator** dan **katup ekspansi**. Sedangkan komponen-komponen lainnya sifatnya hanya sebagai komponen pendukung seperti; saringan (*filter/strainer*), *fan*, *accumulator*, dan komponen kontrol. Gambar 2.9 adalah sketsa siklus kerja mesin pendingin (*refrigerator kompresi uap*) yang digunakan sebagai pendingin pada mesin pembuatan santan kering ini.

Semua komponen-komponen di atas dihubungkan secara seri oleh pipa tembaga yang juga berfungsi sebagai saluran bagi fluida kerja (*refrigeran*). Refrigeran mengalir dimulai dari kompresor, kondensor, katup ekspansi/pipa kapiler dan terakhir melewati evaporator. Komponen pendukung berupa

*accumulator* dan *filter* masing-masing berfungsi untuk pengumpul dan penyaring refrigeran.



Gambar 2.9. Siklus kerja mesin pendingin (*refrigerator*) pada mesin pembuatan santan kering

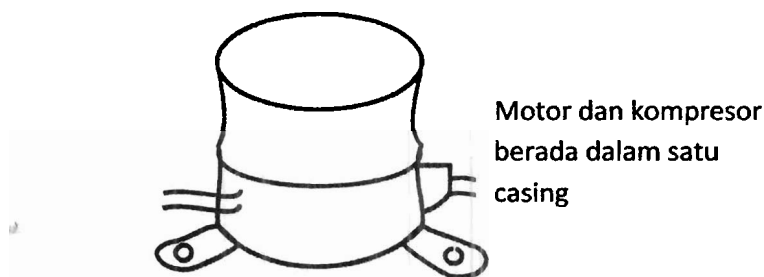
Berikut ini dijelaskan fungsi dari beberapa komponen utama mesin pendingin sebagai berikut:

#### a. Kompresor

Kompresor disebut juga sebagai sumber gerak dari mesin pendingin. Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan dan suhu refrigeran yang berasal dari *accumulator* yang masih bertekanan rendah dan fase gas, lalu mengkompresikannya sehingga refrigeran yang sudah dalam fase gas menjadi bertekanan dan bertemperatur lebih tinggi (*super panas*). Selanjutnya refrigeran yang sudah dalam kondisi seperti ini dialirkan ke kondensor untuk membuang panas yang ada pada refrigeran.

Kompresor pada mesin pendingin disebut juga dengan unit kompresor yaitu kompresor yang terdiri dari motor penggerak dan kompresornya sendiri.

Kompresor bertugas untuk menghisap dan menekan refrigeran sehingga refrigeran beredar dalam unit mesin pendingin. Sedangkan motor penggerak bertugas menggerakkan kompresor tersebut. Ada beberapa jenis kompresor yang umum digunakan dalam teknik pendingin yaitu; kompresor torak, kompresor rotary, dan kompresor *scroll*. Pada penelitian ini kompresor yang digunakan adalah kompresor torak jenis hermetik (*hermetic compressor*). Disebut hermetis karena kompresor dan motor listriknya bersatu dalam satu casing yang tertutup rapat, bentuknya agak kecil dan lebih kompak. Pada gambar 2.10. terlihat kompresor jenis hermetis.



Gambar 2.10. Kompresor jenis *hermetis (hermetic compressor)*.

#### **b. Kondensor**

Panas refrigeran yang berasal dari evaporator dibuang oleh kondensor ke udara sekitarnya melalui mekanisme perpindahan panas konveksi paksa dengan bantuan kipas (*fan*) yang ada pada kondensor. Terbuangnya panas yang di kandung oleh refrigeran, membuat refrigeran yang berada dalam kondisi uap barangsur-angsur kembali berubah fase dari fase gas menjadi fase cair.

Jumlah panas yang dibuang oleh kondensor ke media pendinginnya, diharapkan sama dengan jumlah panas yang diterima refrigeran dari evaporator, ditambah oleh panas yang timbul akibat dari kompresi oleh kompresor. Pembuangan panas pada kondensor sangat tergantung pada kondisi sistem

pendinginnya. Untuk mencari besarnya beban panas yang dapat dibuang oleh kondensor pada mesin pendingin, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{\text{cond}} = \dot{m}_{\text{ref}} \cdot (h_2 - h_3)$$

atau

$$Q_{\text{cond}} = \dot{m}_{\text{ud}} \cdot c_{p,\text{ud}} \cdot (T_1 - T_2) \quad (2.16)$$

dimana:

$\dot{m}_{\text{ref}}$  = laju aliran massa refrigeran, (kg/dt)

$(h_2 - h_3)$  = beda enthalpi masuk dan keluar kondensor, (kJ/kg)

$\dot{m}_{\text{ud}}$  = laju aliran massa udara, (kg/dt)

$c_{p,\text{ud}}$  = panas jenis udara, (kJ/kg.°C)

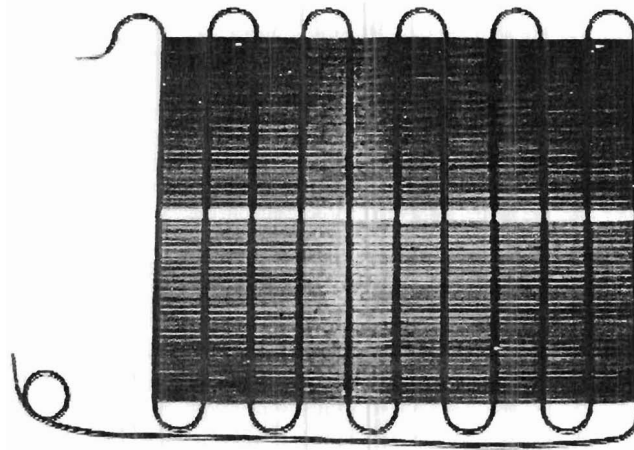
$(T_2 - T_1)$  = beda temperatur udara keluar dan masuk kondensor, (°C)

Untuk mempercepat panas terbuang ke udara biasanya kondensor dilengkapi dengan kipas (*fan*). Pada kondensor berlangsung mekanisme perpindahan panas secara konveksi paksa (*forced convection*).

Menurut media pendinginnya, kondensor dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu:

- a. *Air-cooled condenser* yaitu kondensor dimana udara sebagai media pendinginnya.
- b. *Water-cooled condenser* yaitu kondensor dimana air sebagai media pendinginnya
- c. *Evaporative condenser* yaitu kondensor dimana campuran air dan udara sebagai media pendinginnya.

Pada penelitian ini jenis kondensor yang digunakan adalah kondensor dimana udara sebagai media pendinginnya. Gambar 2.11 di bawah menunjukkan bentuk kondensor dimana udara sebagai media pendinginnya. Kondensor ini dilengkapi dengan kipas (fan) untuk mempercepat terbuangnya panas dari refrigerant ke udara lingkungan.



Gambar 2.11 Jenis kondensor dimana udara sebagai media pendingin

### 3) Evaporator

Sesuai dengan namanya evaporator adalah alat untuk penguap refrigerant atau penyerap panas dari lingkungannya. Dalam hal ini lingkungan evaporator adalah produk dalam ruangan pendingin. Energi panas yang berasal dari produk digunakan untuk menaikkan temperatur refrigeran sampai mencapai tingkat keadaan fase gas.

Dalam teknik pendingin evaporator disebut juga dengan *boiler*, *freezing unit*, *low temperature-side unit* atau nama lainnya yang menggambarkan fungsi atau lokasinya. Temperatur awal refrigeran di dalam evaporator selalu lebih rendah dari pada temperatur sekelilingnya, sehingga dengan demikian panas dari produk dapat mengalir secara konduksi melalui koil evaporator sehingga masuk ke refrigeran. Bahan yang biasanya

digunakan untuk membuat koil evaporator adalah tembaga atau aluminium. Tembaga dan aluminium adalah jenis bahan yang sangat baik untuk digunakan sebagai penghantar panas (*konduktor*) pada evaporator, sehingga proses perpindahan panas dari produk ke refrigeran dalam koil evaporator dapat berlangsung dengan baik. Besarnya panas yang dapat diserap oleh evaporator dapat dicari dengan persamaan :

$$Q_{\text{evap}} = \dot{m}_{\text{ref}} \cdot (h_1 - h_4)$$

Atau

$$Q_{\text{prod}} = m_{\text{prod}} \cdot c_{v,\text{prod}} \cdot (T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}}) \quad (2.17)$$

dimana:

$\dot{m}_{\text{ref}}$  = laju aliran massa refrigeran, (kg/dt)

$(h_1 - h_4)$  = beda enthalpi keluar dan masuk evaporator, (kJ/kg)

$m_{\text{prod}}$  = massa produk dalam ruangan *cold storage*, (kg)

$c_{v,\text{prod}}$  = panas jenis udara, (kJ/kg.°C)

$(T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}})$  = beda temperatur produk awal dan akhir, (°C)

#### 4) Katup Ekspansi atau Pipa Kapiler

Katup ekspansi atau pipa kapiler mempunyai fungsi yang sama yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran yang keluar dari kondensor. Akibat pengekspansian oleh katup atau pipa kapiler maka tekanan refrigeran menjadi lebih rendah dan fase refrigerant kembali menjadi fase cair dingin. Katup ekspansi pada mesin pendingin terletak antara kondensor dan evaporator.

Ada beberapa jenis katup ekspansi yang banyak dipakai pada mesin pendingin yaitu:

1. Katup ekspansi otomatis (*automatic expansion valve*)
2. Katup ekspansi termostatik (*thermostatic expansion valve*)
3. Pipa kapiler (*capillary tube*)

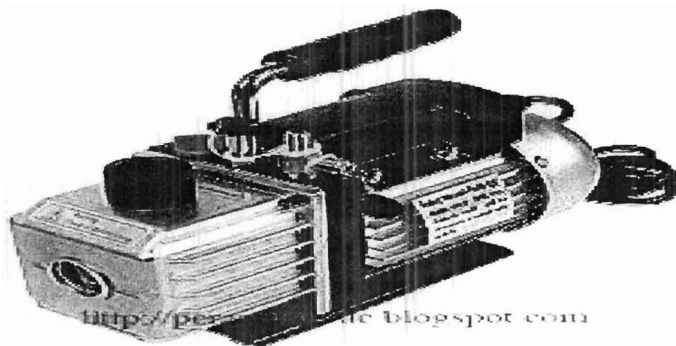


Sebagai penurunan tekanan *refrigeran* yang keluar dari kondensor sebelum masuk ke evaporator pada alat pengering sistem *freezing drying* ini digunakan pipa kapiler.

Komponen-komponen tambahan seperti *accumulator* berfungsi sebagai pengumpul refrigeran setelah keluar dari evaporator. *Accumulator* juga membantu untuk meringankan beban kerja kompresor, dimana saat dilakukan kompresi oleh kompresor refrigeran dalam kondisi terkumpul. Sedangkan strainer/saringan berfungsi untuk menyaring refrigeran sebelum masuk ke pipa kapiler. Penyaringan dilakukan agar dalam proses sirkulasi tidak terganggu oleh kotoran jika ada yang terbawa oleh refrigeran selama proses sirkulasi.

### 5) Pompa Vakum

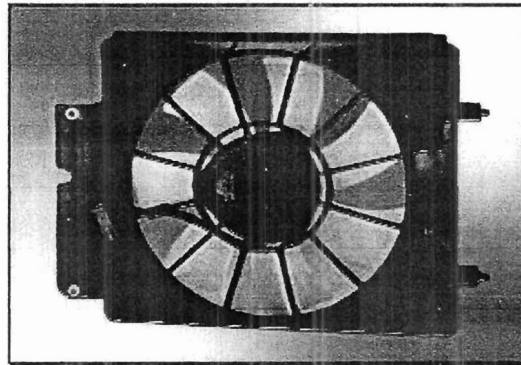
Pompa vakum berfungsi untuk menurunkan tekanan udara suatu ruang dibawah tekanan atmosfer. Pompa ini bekerja dengan menghisap udara yang ada dalam ruangan lalu membuangnya ke udara lingkungan. Pompa ini dapat menurunkan tekanan suatu ruang hingga -10 hingga -20 Psi di bawah tekanan atmosfer (atm). Gambar 2.12 menunjukkan pompa vakum yang digunakan pada mesin pembuat santan kering.



Gambar 2.12. Pompa vakum yang digunakan untuk memakum ruang pengering

## 6) Fan atau Kipas

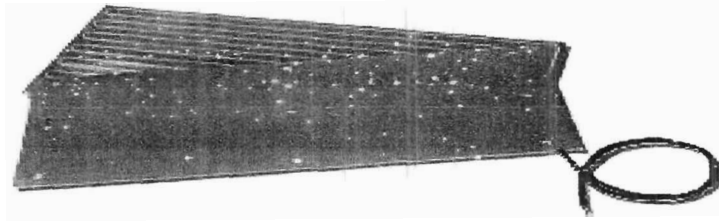
Kipas atau fan berfungsi untuk menghembuskan udara panas untuk pengeringan tahap ke dua yang keluar dari heater listrik. Udara panas ini bertujuan untuk mengeringkan sisa air yang masih dikandung oleh santan. Fan yang digunakan pada mesin pengering santan ini adalah jenis fan aksial. Salah satu bentuk fan aksial seperti terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Fan jenis aksial

## 7) Heater Listrik

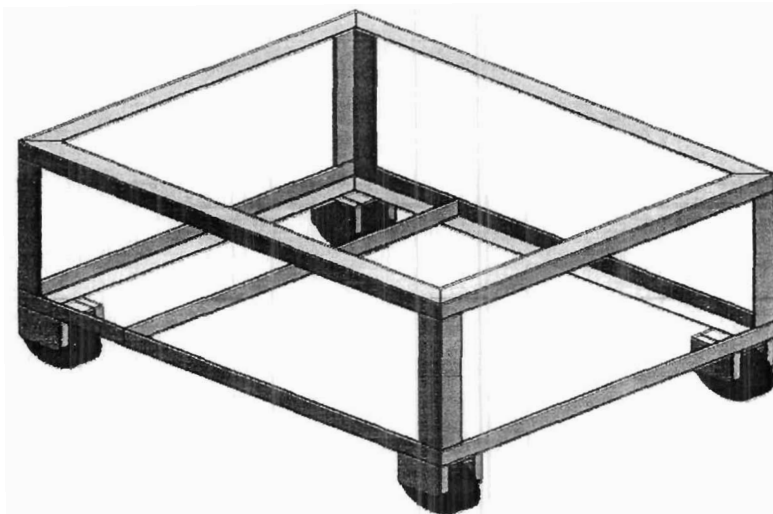
Heater listrik berfungsi untuk memanaskan udara yang akan dihembuskan oleh fan sebagai pengering tahap akhir bagi santan yang akan dikeringkan. Heater listrik yang digunakan pada alat pengering santan ini adalah heater listrik jenis plat dengan daya per-unitnya adalah 300 Watt. Jumlah heater yang dipakai adalah sebanyak 2 buah heater 350 Watt. Jumlah 2 buah dimaksudkan untuk mendapatkan variasi temperatur yang lebih luas. Bentuk heater listrik jenis plat dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Heater listrik jenis plat sebagai pemanas pada ruang pengering

## 7) Rangka Mesin

Rangka berfungsi sebagai penyangga beban dan sebagai dudukan dari komponen-komponen mesin sehingga mesin dapat bekerja dengan baik. Rangka dirancang agar mampu menahan beban akibat berat dari komponen dan getaran dari kompresor sebagai sumber tenaga.



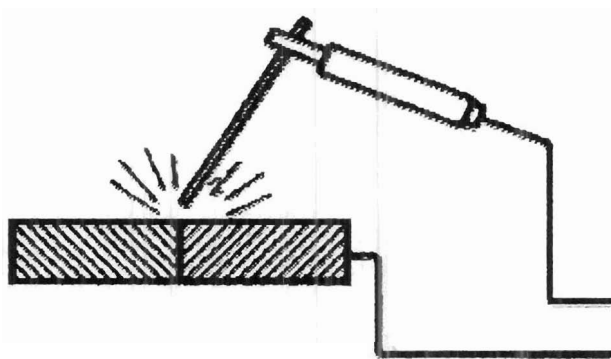
Gambar 2.15. Rangka penyangga mesin pembuat santan kering

Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka ini adalah bahan dengan kekuatan yang mampu menahan beban tersebut. Biasanya bahan rangka yang digunakan adalah besi siku. Besarnya ukuran rangka disesuaikan dengan beban

mesin pengering yang dirancang. Gambar 2.15. adalah bentuk rangka mesin pembuat santan kering yang akan dirancang bangun.

## 2.8. Pengelasan

Mengelas adalah suatu pekerjaan penyambungan antara dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Sebagai bahan tambahan bagi proses penyambungan logam tersebut digunakan logam pengisi yang disebut dengan *elektroda*. Berdasarkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dalam aplikasinya didunia teknik, sangat banyak dijumpai berbagai jenis pengelasan. Panamaannya sesuai dengan metode dan alat yang digunakan.



Gambar 2.16. Proses pengelasan logam dengan busur listrik

Ada beberapa klasifikasi cara-cara pengelasan yang ada saat ini, karena penamaannya belum ada kesepakatan. Secara konvensional pengklasifikasian pengelasan dibagi ke dalam dua golongan besar yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Diantara kedua cara

klasifikasi tersebut di atas, pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja lebih banyak digunakan yang dibedakan atas tiga kelas utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 1981):

- Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
- Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
- Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Pada cara ini logam induk tidak ikut mencair.

Untuk lebih rincinya klasifikasi pengelasan dapat dituliskan sebagai berikut:

#### **a. Pengelasan Cair**

Pengelasan cair dapat dibedakan atas:

##### **1. Las Busur:**

###### ➤ Elektroda Terumpan:

- Las busur gas: Las TIG dan Las MIG
- Las busur gas dan fluks: Las busur CO<sub>2</sub> dengan elektrodaberisi fluks
- Las busur fluks: Las elektroda terbungkus, las busur dengan elektroda berisi fluks, las busur rendam (*submerged arc welding (SAW)*)
- Las busur logam tanpa pelindung

###### ➤ Elektroda Tak Terumpan:

- Las wolfram gas

2. Las Gas (Oksi-asetilen, propan atau hydrogen)
3. Las Listrik Terak
4. Las Listrik Gas
5. Las Termit
6. Las Sinar Elektron
7. Las Busur Plasma

b. Pengelasan Tekan

Pengelasan tekan dapat dibedakan atas:

1. Las Resistensi Listrik
2. Las Tekan Gas
3. Las Tempa dan Las Gesek
4. Las Ledakan
5. Las Induksi
6. Las Ultrasonik

c. Pematrian; dibedakan atas pembrasingan dan penyolderan

## **2.9. Pengenalan Las Busur Listrik**

Proses pengelasan merupakan ikatan metalurgi antara bahan dasar yang dilas dengan elektroda las yang digunakan, melalui energi panas. Energi masukan panas ini bersumber dari beberapa alternatif diantaranya energi dari panas pembakaran gas, atau energi listrik. Panas yang ditimbulkan dari hasil proses pengelasan ini melebihi dari titik lebur bahan dasar dan elektroda yang di las. Kisaran temperatur yang dapat dicapai pada proses pengelasan ini mencapai 2000-

3000 °C. Pada temperatur ini daerah yang mengalami pengelasan melebur menjadi suatu ikatan metalurgi logam lasan.

Las busur listrik merupakan bagian dari las busur elektroda terumpan, yang dibedakan atas las elektroda terbungkus, las busur dengan elektroda berisi fluks dan las busur rendam (Harsono Wiryosumarto, 1981).

#### **a. Skema Pengelasan Las Busur Listrik**

Las busur listrik merupakan salah satu bidang keterampilan teknik penyambungan logam yang sangat banyak dibutuhkan di industri. Kebutuhan di industri ini dapat dilihat pada berbagai macam keperluan seperti pada pembuatan konstruksi rangka baja jembatan, gedung, konstruksi bangunan kapal, konstruksi kereta api dan sebagainya.

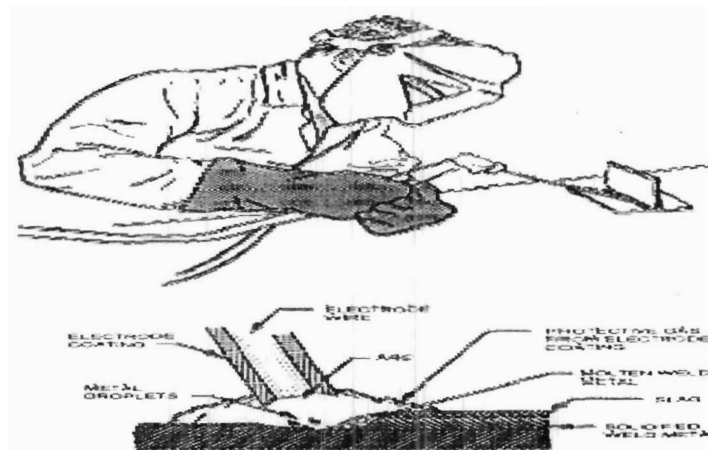
Keterampilan teknik mengelas dengan las busur listrik, dapat diperoleh dengan latihan terstruktur mulai dari grade dasar sampai mencapai grade yang lebih tinggi. Beberapa pendekatan penelitian juga merekomendasikan bahwa seorang juru las akan dapat terampil melakukan proses pengelasan dengan melakukan latihan yang terprogram, di samping itu faktor bakat dari dalam diri juru las juga sangat berpengaruh terhadap hasil yang dicapai. Keberhasilan seorang juru las dapat dicapai apabila juru las sudah dapat mensinergikan apa yang ada dalam pikiran dengan apa yang harus digerakan oleh tangan sewaktu proses pengelasan berlangsung. Artinya si juru las, betul-betul telah menjiwai proses pengelasan.

Pada prinsipnya beberapa teknik yang harus diketahui dan dilakukan seorang juru las dalam melakukan proses pengelasan dengan busur listrik adalah:

1. Teknik menghidupkan busur nyala

2. Teknik ayunan elektroda
3. Posisi-posisi pengelasan
4. Teknik dan prosedur pengelasan pada berbagai konstruksi sambungan.

Gambar 2.17 di bawah menunjukkan skematik dari proses pengelasan dengan las listrik yang baik, apabila ditinjau dari posisi atau bentuk tubuh juru las. Juga dari gambar 2.17 terlihat bentuk benda kerja yang sedang dilakukan proses pengisian dengan bahan pengisi (*filler electrode*)



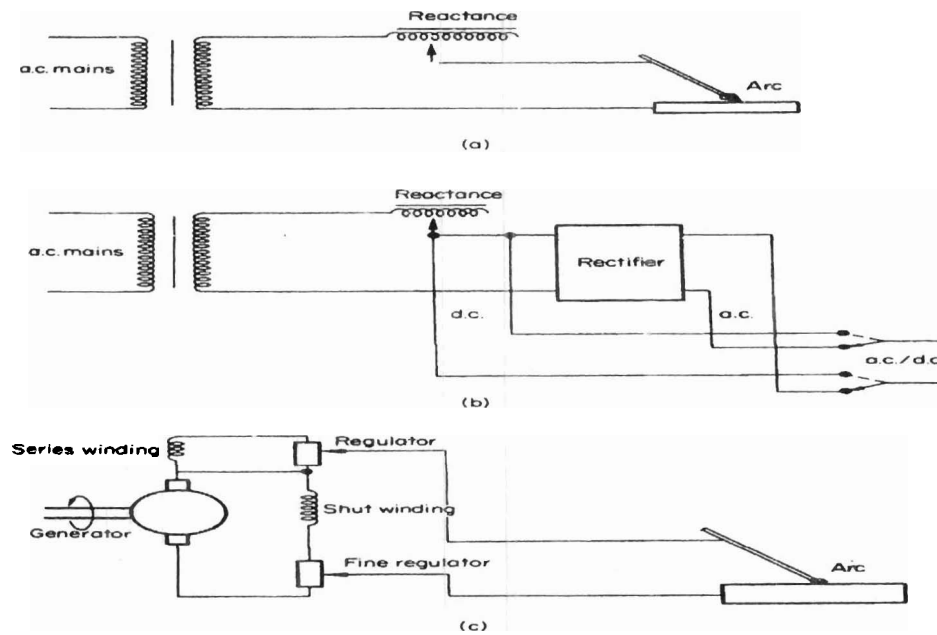
Gambar 2.17. Skema proses pengelasan  
(Teknologi pengelasan logam, Harsono Wiryosumarto dan Okomura, T., 1981)

Skema pengelasan di atas terdiri dari :

- Inti elektroda (*electrode wire*)
- Fluks (*electrode coating*)
- Percikan logam lasan (*metal droplets*)
- Busur nyala (*arcus*)
- Gas pelindung (*protective gas from electrode coating*)
- Logam Lasan (*mixten weld metal*)
- Slag (terak)
- Jalur las yang terbentuk (*soldered weld metal*)



Polaritas arus pada proses pengelasan las busur listrik dapat pada gambar 3 berikut ini.

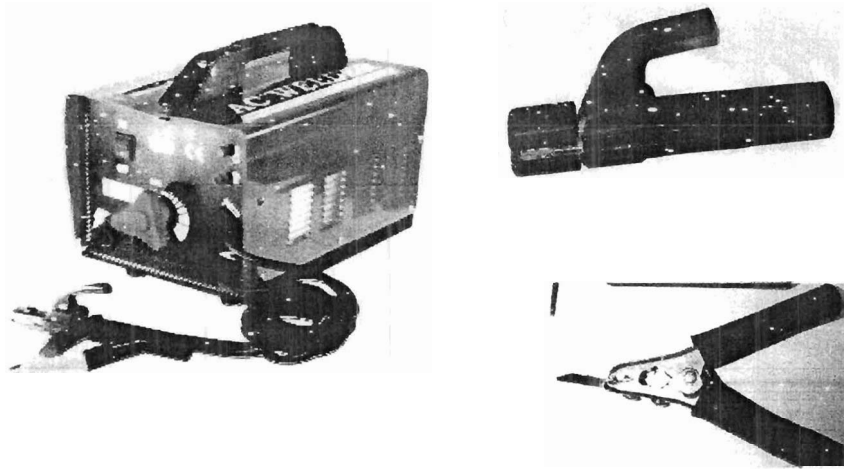


Gambar 2.18. Polaritas arus pengelasan pada las listrik

### b. Bagian-Bagian Utama Mesin Las Listrik

Komponen utaman dari peralatan untuk las listrik adalah sebagai berikut:

- Trafo Las
- Pengatur arus pengelasan
- Handel On–Off (supply arus)
- Kabel elektroda dan Tang masa
- Meja las,dan sebagainya.



Gambar 2.19 Trafo Las dan kelengkapannya

## 2.10. Pengenalan Las Oxy-Asetilen

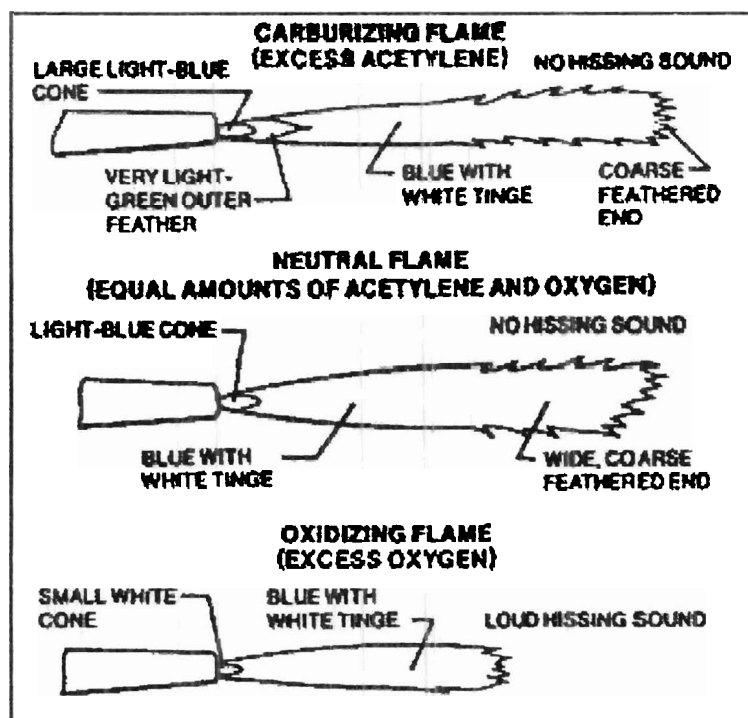
Las Oxy-Asetilen atau dikenal juga dengan las karbit merupakan suatu proses pengelasan yang menggunakan energi panas dari hasil pembakaran gas asetilen ( $C_2H_2$ ) dengan oksigen ( $O_2$ ). Panas pembakaran ini digunakan untuk mencairkan logam yang akan disambung. Penggunaan las oxy-asetilen dalam dunia industri umumnya digunakan untuk proses pengelasan pelat tipis dengan ketebalan 0,8-3mm.

Nyala hasil pembakaran dalam las oksasi-asetelin dapat berubah tergantung dari perbandingan antara gas oksigen dan gas asetelin seperti ditunjukkan dalam Gbr.5. Dalam gambar (a) ditunjukkan nyala dengan asetelin yang berlebihan, atau nyala karburisasi, pada gambar (b) nyala yang netral dan dalam gambar (c) nyala dengan oksigen yang berlebihan atau nyala oksidasi. Di bawah ini dijelaskan lebih lanjut tentang nyala osiasetilen.

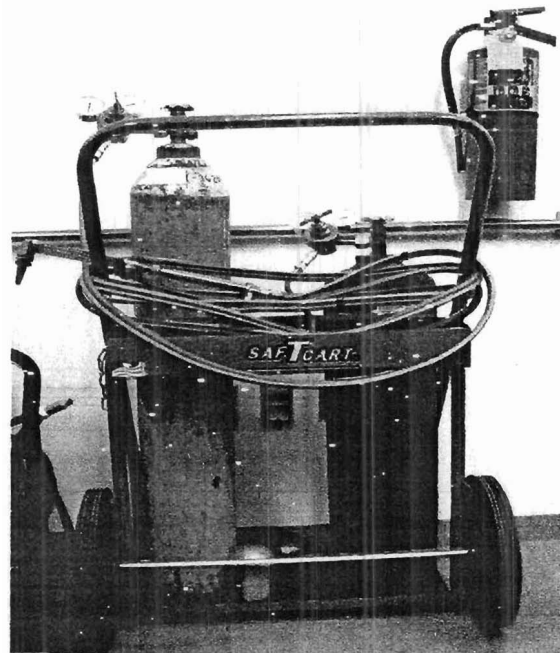
1. Nyala netral: Nyala ini terjadi bila perbandingan antara oksigen dan asetilen sekitar satu. Nyala terdiri atas kerucut dalam yang berwarna putih bersinar dan kerucut luar yang berwarna biru bening.

Tabel 2.5. Perbandingan Pengguna Las Oksi-Asetilen dan Las Busur Elektroda Terbungkus.

Jenis las Besaran	Las Oksi-Asetilen	Las Busur Elektroda Terbungkus
Efisiensi	Rendah (suhu 3000 <sup>0</sup> C)	Tinggi (suhu 6000 <sup>0</sup> C)
Sifat mampu las	Kurang baik	Baik
Harga peralatan	Murah	Mahal
Harga bahan las	Sama	Sama
Keterampilan juru las	Sama	Sama
Penggunaan	Terbatas pada las tipis	Luas



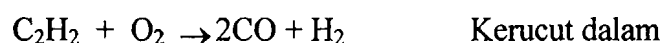
Gambar 2. 20 Nyala oksii-asetilen

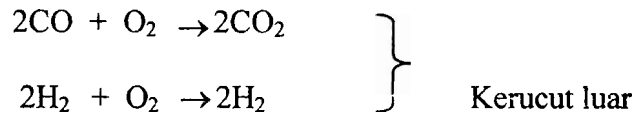


Gambar 2.21. Las Asetilen

2. Nyala asetilen lebih: Bila asetilen yang digunakan melebihi dari pada jumlah untuk mendapatkan nyala netral maka diantara kerucut dalam dan luar akan timbul kerucut nyala baru yang berwarna biru. Di dalam bagian nyala nyala ini terdapat kelebihan gas asetilen yang menyebabkan terjadinya karburisasi pada logam cair.
3. Nyala oksigen lebih: Bila gas oksigen lebih dari jumlah yang diperlukan untuk menghasilkan nyala netral maka nyala menjadi pendek dan warna kerucut dalam berubah dari putih bersinar menjadi ungu. Bila nyala ini digunakan untuk mengelas maka akan terjadi proses oksidasi atau dekarburisasi pada logam cair.

Karena sifatnya yang dapat merubah komposisi logam cair maka nyala asetilen berlebih dan nyala oksigen berlebih tidak dapat digunakan untuk mengelas baja. Dalam nyala oksasi-asetilen netral terjadi dua reaksi bertingkat yaitu :





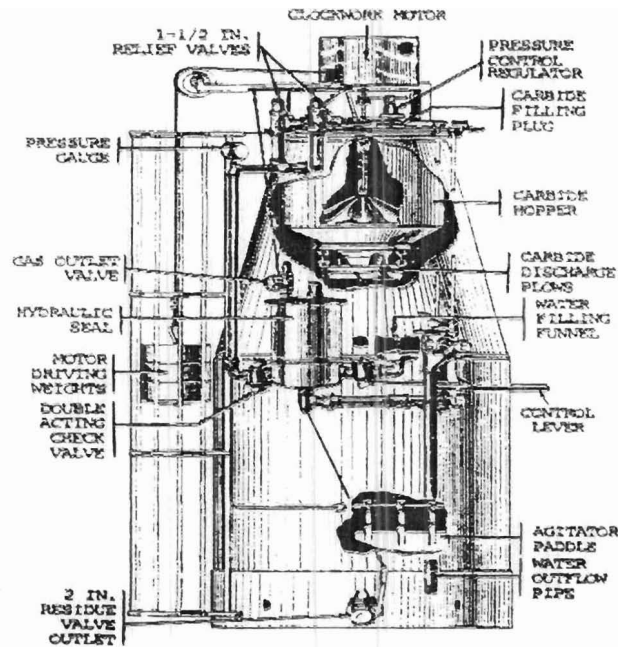
Suhu pada ujung kerucut dalam kira-kira  $3000^{\circ}\text{C}$  dan di tengah kerucut luar kira-kira  $2500^{\circ}\text{C}$ . Suhu ini masih lebih rendah dari pada suhu yang terjadi pada busur listrik dan konsentrasi suhu juga yang kurang baik. Karena hal ini maka las oksasi-asetilen hanya dapat dipakai untuk mengelas dengan laju yang rendah saja sehingga terjadi perubahan bentuk pada hasil pengelasan.

#### a. Alat-Alat Las Oksasi-Asetilen

Dalam pengelasan oksasi-asetelin diperlukan alat las yang terdiri dari penyembur dan pembakar. Dalam praktek terdapat dua jenis alat yaitu jenis tekanan rendah yang digunakan untuk gas asetelin bertekanan sampai  $700 \text{ mmHg}$  dan jenis tekanan sedang untuk tekanan asetelin antara  $700$  sampai  $1300 \text{ mmHg}$ . Pada jenis tekanan rendah gas asetilen terisap oleh semburan gas oksigen dan biasanya gas asetilennya didapatkan langsung dari alat penghasil gas. Sedangkan pada jenis tekanan sedang gas asetilennya dilarutkan dan dimasukkan dalam botol-botol gas. Dengan asetilen tekanan sedang dapat dihasilkan kualitas las yang lebih merata. Disamping itu pada tekanan sedang bahaya terjadinya api balik juga tidak ada ; sedangkan pada jenis tekanan rendah dengan alat penghasil gas yang dihubungkan langsung bahaya tersebut selalu ada. Untuk menghindari bahaya ini maka pada sistem pipanya dipasang suatu alat pengaman yang terendam air.

Di dalam praktek terdapat tiga macam jenis alat penghasil gas asetilen, yang pertama adalah jenis air ke karbid di mana air diteteskan ke karbit, yang

kedua adalah jenis karbit ke air di mana karbit di jatuhkan ke dalam air dan yang ketiga adalah jenis celup, di mana karbit di tempatkan dalam suatu keranjang dan dicelupkan kedalam air. Susunan dari alat jenis karbit ke air ditunjukkan dalam Gbr. 2.22.



Gambar 2.22. Penghasil asetilin jenis karbid ke air

Gas asetilen tekanan sedang dihasilkan dengan melarutkan gas kedalam aseton yang telah diserap oleh zat berpori yang disimpan dal botol gas. cara ini didasarkan pada sifat aseton yang dapat melarutkan gas asetilin dalam jumlah yang besar. Dengan cara ini biasanya gas asetilin dapat ditekan sampai 15 kg/cm<sup>2</sup> dan karena tersimpan dalam botol-botol baja penggunaannya dan pengangkutannya sangat mudah

#### **b. Penggunaan dan fluks yang diperlukan.**

Pengelasan oksasi-asetilin dapat digunakan untuk mengelas bermacam-macam logam. Kadang-kadang dalam pengelasan oksasi-asetilin digunakan

fluks untuk memperbaiki sifat-sifat logam las, derajat kecairan logam cair, menahan pelarutan gas untuk menghindari oksidasi pada logam cair. Fluks pada pengelasan ini biasanya adalah campuran antara boraks serbuk gelas dan atau antara asam borik, boraks dan natrium fosfat. Penggunaan dan komposisi dari fluks tergantung dari logam yang akan dilas.

### **2.11. Prosedur Pengelasan Las Busur Listrik**

- Pastikan menggunakan perlengkapan keselamatan kerja seperti: Pakaian Kerja, Apron Kulit penutup dada, Sepatu kerja, Sarung tangan kulit, Helm.
- Tandai pada benda kerja bagian yang akan di las.
- Siapkan kampuh sambungan yang akan di las, sesuai dengan standar yang ada.
- Pastikan tebal benda kerja dengan mengukur ketebalannya secara langsung.
- Hidupkan mesin las dengan menekan posisi “on” pada mesin las.
- Atur arus pengelasan sesuai dengan tebal bahan dan elektroda yang digunakan.
- Hubungkan tang masa ke benda kerja yang di las.
- Atur posisi kampuh sambungan di meja las
- Lakukan proses pengelasan sesuai dengan gambar kerja yang diinginkan.

### **2.12. Elektroda (*Electrode*)**

#### **a. Jenis Elektroda**

Jenis elektroda yang dipilih untuk pengelasan busur nyala terbungkus (*shielded metal arc welding*) menentukan kualitas las yang dihasilkan, posisi pengelasan, desain sambungan dan kecepatan pengelasan. Secara umum semua

elektroda diklasifikasikan menjadi lima kelompok utama yaitu: *mild steel, high carbon steel, special alloy steel, cast iron dan non ferrous*.

Rentangan terbesar dari pengelasan busur nyala dilakukan dengan elektroda dalam kelompok *mild steel* (baja lunak). Elektroda dibuat untuk mengelas logam yang berbeda. Elektroda didesain untuk arus DC dan AC. Sebagian kecil elektroda bekerja sama baiknya untuk DC atau AC. Beberapa elektroda lebih sesuai dengan pengelasan posisi datar (flat), dan elektroda lainnya terutama untuk pengelasan vertikal dan pengelasan di atas kepala serta elektroda lain digunakan dalam beberapa posisi.

Elektroda terbungkus memiliki lapisan dari beberapa kimia seperti: *cellulose, titanium dioxide, ferro manganese, silica flour, calcium carbonate* dan lainnya. Kandungan ini dipengaruhi oleh *sodium silicate*. Setiap zat pada lapisan digunakan untuk melayani fungsi utama dalam proses pengelasan. Secara umum tujuan utama untuk memudahkan permulaan pengelasan.

Tidak mungkin busur las memperbaiki kompilasi las dan penetrasi, mempunyai percikan (patter) dan mencegah peleburan metal dari oksidasi yaitu kontaminasi dengan lingkungan atmosfer. Peleburan metal sebagai endapan (deposited) dalam prose pengelasan yang memiliki suatu afinitas (*affinity*) atau daya listrik (*attraction*) untuk oksigen dan nitrogen. Oleh karena itu aliran (stream) mengambil tempat di atmosfer yang terdiri dari dua elemen oksidasi ini terjadi, sedangkan metal ini melewati elektroda ke benda kerja. Apabila ini terjadi kekuatan dan *ductility* dari pengelasan berkurang sebesar tahanannya terhadap korosi.



Pelapisan dari elektroda mencegah oksidasi dari tempatnya. Sebagaimana elektroda cair, pelapisan melepaskan suatu gas (*inert gas*) di sekitar logam cair yang memindahkan (*exclude*) atmosfer dari pengelasan. Sisa pembakaran lapisan membentuk suatu slag (terak) melewati deposit metal yang lambat pendinginan dan menghasilkan suatu las yang lebih *ductile*.

Beberapa pelapisan termasuk tepung besi yang dirubah menjadi baja dengan panas yang lebih kuat dari busur nyala dan mengalir ke dalam deposit las. Secara relatif sejumlah besar besi membentuk rate (kecepatan) deposit elektroda.



Gambar 2.23. Kawat las (*elektroda*)  
(Teknik Pembentukan, Purwantono, dkk., 2007)

#### **b. Identifikasi elektroda**

Elektroda sering menjadi acuan oleh nama perdagangan pabrik. Untuk menjamin derajat kesamaan dalam pembuatan elektroda, maka The America Welding Society (AWS) dan America Society for Tungsten and Material (ASTM) telah menyusun kebutuhan tertentu untuk elektroda. Jadi, pabrik elektroda berbeda dapat menyesuaikan dengan AWS dan ASTM untuk memperoleh pengelasan yang sama.

Dalam spesifikasi ini, sebagian jenis elektroda telah ditetapkan simbol-simbol spesifik, seperti E-6010, E-7010, E-8010 dan sebagainya. Awalan E, maksudnya adalah elektroda untuk pengelasan busur nyala elektrik. Dua digit pertama dari simbol maksudnya adalah kekuatan tarik minimum yang diizinkan dari defisit las metal dalam ribuan pound per square inchi (lb/inchi<sup>2</sup>). Sebagai contoh seri 60 dari elektroda menyatakan kekuatan minimum 60.000 lb/inchi<sup>2</sup>. Seri 70 menyatakan 70.000 lb/inchi<sup>2</sup>.

Digit ketiga dari simbol elektroda menunjukkan posisi pengelasan. Tiga nomor yang digunakan untuk elektroda ini adalah 1, 2, 3. nomor 1 berarti untuk pengelasan semua posisi, nomor 2 untuk posisi horizontal atau datar. Sedangkan nomor 3 menyatakan posisi pengelasan datar (flat). Pemakaian jenis elektroda dalam pengelasan sangat tergantung pada tebal pelat yang dilas dan kuat arus listrik yang digunakan. Besarnya kuat arus yang digunakan tergantung pada bahan yang akan dilas, jenis elektroda dan diameter inti elektroda, hal ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.6. Hubungan tebal bahan, diameter elektroda dan kuat arus

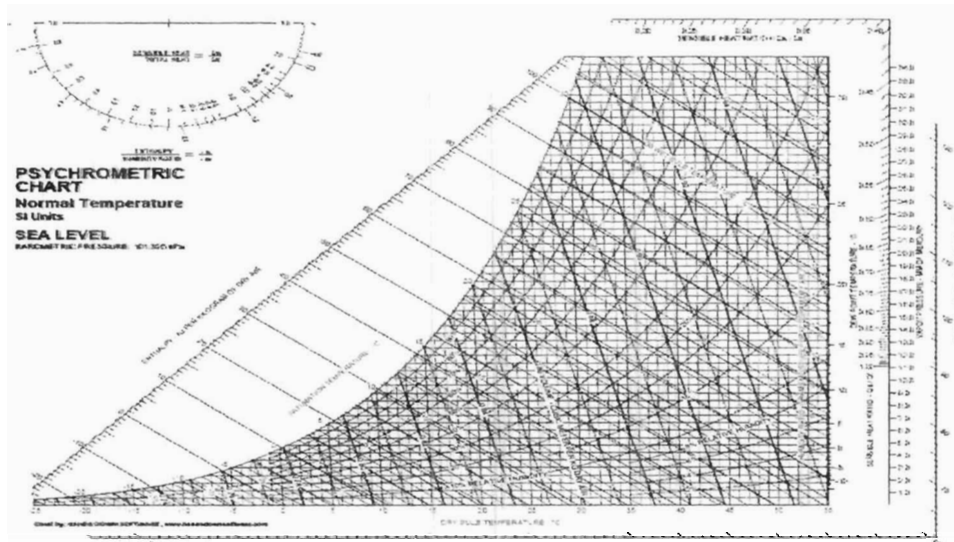
<b>Tebal Bahan (mm)</b>	<b>Ø Elektroda (mm)</b>	<b>Kuat Arus (Amp)</b>
<b>0,1</b>	1,5	20 – 30
<b>1 - 1,5</b>	2	31 – 60
<b>1,6 - 2,6</b>	2,6	61 – 100
<b>2,7 - 4,0</b>	3,2	101 – 120
<b>4,1 - 6,0</b>	4	121 – 180
<b>6,1 - 10</b>	5	181 – 220
<b>10,1 - 16</b>	6	221 – 300
<b>16,1 &gt;</b>	8	301 – 400

Sumber: Anasrul Rukun (1996:60)

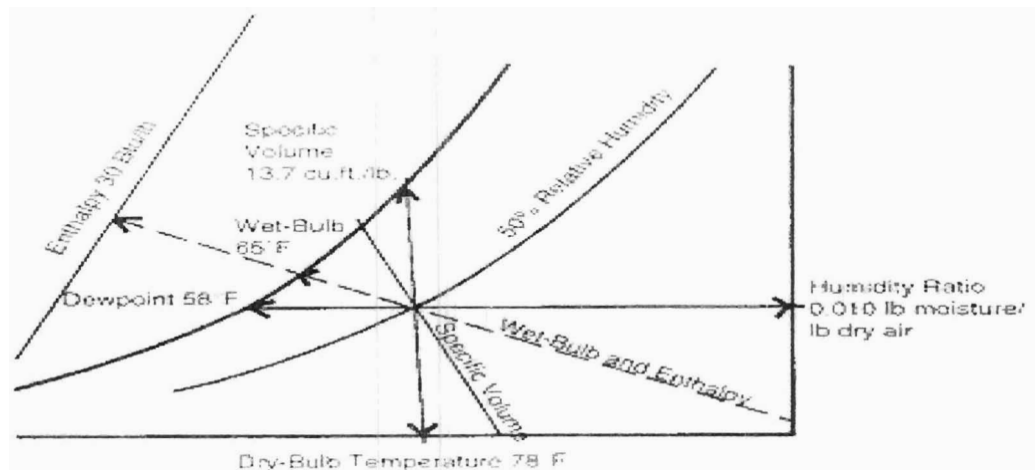
Besarnya arus listrik sangat mempengaruhi hasil pengelasan, dimana besarnya arus listrik pada pengelasan tergantung dari bahan dan ukuran yang akan dilas, geometri sambungan pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda. Untuk pengelasan pada daerah las yang mempunyai daya serap kapasitas panas yang tinggi diperlukan arus listrik yang besar dan mungkin juga diperlukan tambahan panas, sedangkan untuk pengelasan baja paduan yang dapat mengeras dengan mudah akibat pendinginan yang terlalu cepat, maka untuk menahan pendinginan ini harus diberikan panas yang tinggi yaitu dengan memperbesar arus pengelasan.

### 2.13. Psikrometrik

Secara umum yang dikatakan udara adalah campuran antara udara kering dengan uap air. Campuran ini sering disebut dengan udara lembab. Udara lembab sangat erat kaitannya dengan teknik pengkondisian udara. Kajian yang menelaah tentang sifat-sifat termodinamika campuran antara udara kering dengan uap air disebut *psikrometrik*. Sedangkan diagram yang menghubungkan sifat-sifat termodinamika campuran ini disebut *diagram psikrometrik*. Diagram ini dibuat dengan maksud untuk memudahkan evaluasi sifat termodinamika udara dan perubahannya. Diagram ini dibuat dengan asumsi bahwa udara kering dan uap air dapat dianggap sebagai gas ideal dan memenuhi persamaan-persamaan gas ideal. Gambar 1 adalah bentuk dari diagram psikrometrik. Pada diagram Apabila dua sifat termodinamika udara diketahui, dengan bantuan diagram psikrometrik sifat termodinamika udara lainnya dapat diketahui seperti kelembaban relatif dan mutlak udara, tekanan serta enthalpy udara.



Gambar 2.24. Diagram psikrometrik



Gambar 2.25. Hubungan sifat-sifat termodinamika udara dalam diagram psikrometrik

Beberapa sifat termodinamik udara lembab:

**a. Temperatur Udara**

Temperatur udara lembab biasanya dibedakan atas dua yaitu temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) dan temperatur bola basah ( $T_{wb}$ ). Temperatur udara kering ( $T_{db}$ ) adalah temperature udara yang ditunjukkan paa saat pengukuran temperaturnya dimana tekanan uap air parsial belum mencapai tekanan jenuh. Apabila udara tersebut didinginkan, suatu saat akan sampai pada keadaan jenuh,

ini ditandai dengan mulai terjadinya pengembunan sebagian uap air. Temperatur udara pada keadaan tekanan uap airnya sama dengan tekanan jenuh disebut dengan temperatur bola basah ( $T_{wb}$ ).

### **b. Kelembaban**

Ada dua kelembaban yang sering dikenal yaitu kelembaban mutlak ( $\omega$ ) dan kelembaban relatif ( $\phi$ ). Kelembaban mutlak ( $\omega$ ) adalah kandungan massa uap air (kg) di dalam satu satuan massa udara kering (kg). Kelembaban mutlak disebut juga dengan rasio kelembaban (kg/kg).

$$\omega = 0,622 \frac{P_u}{P_t - P_u} \quad (2.18)$$

Dimana:  $P_u$  = tekanan parsial uap air (Pa)

$P_t$  = tekanan total udara lembab (Pa)

$P_s$  = tekanan jenuh udara (Pa)

Kelembaban relatif didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan parsial uap air dengan tekanan jenuh uap air pada temperatur yang sama.

### **c. Tekanan**

Udara lembab merupakan campuran antara udara kering dan uap air maka tekanan totalnya merupakan jumlah tekanan parsial udara kering dan uap air. Secara umum tekanan parsial uap air jauh lebih kecil disanding dengan tekanan parsial udara kering. Apabila tekanan parsial uap air mencapai harga sama dengan tekanan uap air pada temperatur yang sama, maka keadaan ini disebut dengan keadaan jenuh. Tekanan uap airnya disebut dengan tekanan jenuh. Semakin tinggi lokasi dari permukaan laut, tekanan udara total akan semakin rendah.

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan tujuan membuat dan meneliti Mesin Pembuatan Santan Kering dengan Menggunakan Sistem *Freezing Drying* Sebagai Bagian Dari Pengolahan Santan Terpadu. Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam 2 tahun. Tujuan penelitian tahun pertama adalah merancang dan membuat mesin pembuatan santan kering dengan menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*) serta dilakukan proses pengujian unjuk kerja dari mesin pembuatan santan kering ini. Proses perancangan dan pembuatan mesin pembuat santan kering dengan menggunakan prinsip *freezing drying* ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi dan Workshop Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Pada tahun pertama juga dilakukan pengujian terhadap unjuk kerja (*performance*) dari mesin hasil rancang bangun. Pengujian dilakukan dengan variasi setingan thermostate 3 dan 4 dengan kondisi ruangan pengering kosong dan berisi santan murni tanpa dicampurkan air saat pemerasan dengan mesin peras. Pada tahun pertama uji coba dilakukan hanya sebatas mengetahui unjuk kerja (*performance*) dari mesin pembuat santan kering. Jika alat ini berhasil, maka tahun kedua akan dilanjutkan dengan pengujian dengan pembuatan santan kering dengan berbagai variasi kadar air pada santan yang akan dikeringkan.

Pada tahun kedua nanti juga akan dilakukan uji karakteristik terhadap santan kering yang dihasilkan, terutama sifat fisikokimianya dan uji higienitasnya. Apakah

santan ini layak dikonsumsi oleh masyarakat atau tidak. Seharusnya karakteristik fisikokimianya terutama kadar protein, lemak dan karbohidratnya tidak berubah setelah santan ini dikeringkan. Jika karakteristik fisikokimia terutama protein, lemak dan karbohidratnya tidak berubah secara signifikan antara basah dan kering, maka cukup hanya menambahkan air ke dalam santan kering, ia sudah kembali lagi ke kondisi semula seperti santan basah. Harapan dari penelitian ini akan diperoleh sebuah mesin pembuat santan kering yang betul-betul bisa menghasilkan santan sesuai dengan standar yang diharapkan, baik bentuk (warna) maupun rasa.

### **3.2. Manfaat Penelitian**

Karena masih belum adanya mesin pembuat santan kering ditengah-tengah masyarakat, sementara potensi kelapa di Sumatera Barat sangat banyak. Pada penelitian ini penulis akan mencoba membuat mesin pembuat santan kering dengan menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*). Santan bagi masyarakat Sumatera Barat adalah suatu kebutuhan harian, akan tetapi seperti diketahui bahwa santan yang baru diproduksi sekarang masih berbentuk santan basah. Santan basah lebih cepat basi dan sulit dibawa kemana-mana.

Diharapkan selesainya mesin pembuatan santan kering dengan menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*) sebagai bagian pengolahan santan terpadu ini diharapkan akan menjadi sebuah terobosan baru pembuatan santan kering yang penggunaannya lebih mudah, praktis dan efisien. Santan kering juga relatif jauh lebih tahan lama jika dibanding dengan santan basah.

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi dan Workshop Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Sedangkan waktu penelitian tahun pertama ini adalah dari bulan Juni hingga Desember 2012.

#### 4.2. Jenis dan Objek Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen, pada tahun pertama difokuskan kepada: 1) perancangan dan pembuatan mesin pembuatan santan kering sistem *freezing drying* dengan beberapa komponen utamanya; ruang pengering (*drying chamber*) yang berbentuk empat persegi dengan ukuran panjang 1 meter, lebar 0,8 meter dan tinggi 0.7 meter terbuat dari bahan pelat *stainless steel* tebal 2 mm, rangka penyangga untuk penahan ruang pengering dan komponen lainnya terbuat dari besi siku 3 cm x 3 cm, sistem pendinginan (*refrigerator*) dengan berbagai komponen utama dan pendukungnya, sistem pemakuman yang terdiri dari pompa vakum, pipa, ruangan penyaring dan komponen lainnya, pemasangan heater listrik dan fan penggerak udara dalam ruangan pengering; 2) Melakukan pengujian awal terhadap unjuk kerja (*performance*) mesin pembuatan santan kering sistem *freezing drying* dengan beberapa variasi setingan thermostat dan kondisi ruangan pengering dalam keadaan kosong dan berisi santan basah. Penelitian unjuk kerja (*performance*) mesin pembuat santan kering ini perlu terlebih dahulu dilakukan, agar diketahui kemampuan alat ini dalam mengeringkan santan yang akan dijadikan santan kering di dalam ruang pengering.



Objek penelitian adalah santan kelapa basah dan mesin pengering. Santan yang dijadikan sampel pengujian adalah santan kelapa dalam dengan usia 10 – 11 bulan. Sesuai dengan karakteristiknya buah kelapa pada usia 10-11 bulani sangat baik dijadikan santan. Jika usia buah kelapa terlalu muda, kandungan santannya masih kurang dan jika usianya diatas 11 bulan maka yang banyak adalah kandungan emulsinya (galaktumanan dan fosfolipida) sehingga santan mudah menjadi minyak.

Pada tahun pertama dilakukan pengujian pendahuluan dengan menggunakan santan basah murni, yang diambil dari perasan jenis kelapa dalam dengan ditambah air 200 ml pada saat pemerasan santan dengan mesin peras. Jika pada tahun pertama alat ini dianggap sudah layak secara *performace* dalam memproduksi santan kering, maka pada tahun kedua akan dilanjutkan pengujian dalam skala yang lebih luas yakni pengujian dengan produk santan kering dengan prinsip *freezing drying* dan pengeringan produk lainnya seperti buah-buah, sayur-sayuran atau produk lainnya.

#### **4.3. Rencana Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, dengan tujuan mengembangkan, mengimplementasikan dan menghasilkan mesin pembuat santan kering dengan menggunakan sistem *freezing drying* sebagai bagian dari pengolahan santan terpadu dengan langkah penelitian sebagai berikut:

- 1) Perancangan dan pembuatan ruang pengering (*drying chamber*) untuk sistem pengering beku (*freezing drying*).
- 2) Perancangan dan pembuatan sistem pendingin (*refrigerator*) yang berfungsi untuk membekukan produk (*frozen*) yang akan dikeringkan.
- 3) Pembuatan sistem pemakuman yang berfungsi untuk menurunkan tekanan udara dalam ruangan pengering 60 hingga 600 Pa (kondisi vakum di bawah tekanan

atmosfir). Sistem ini terdiri dari pompa vakum, rangkaian pemipaan vakum dan katup-katup pemakuman serta ruang pengumpul/penyaring air.

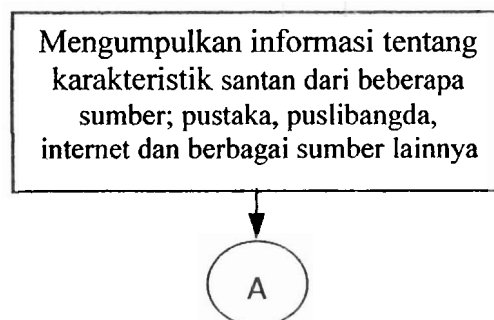
- 4) Pembuatan sistem pemanas dari *heater listrik* yang dilengkapi dengan kipas (*fan*).
- 5) Pembuatan rangka penyangga untuk ruang pengering dan tempat dudukan sistem pendingin dan sistem pemakuman.
- 6) Melakukan pengujian pada mesin pembuatan santan kering: mengukur, mengamati dan mengumpulkan data hasil pengujian pada alat pengering menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*) tanpa menggunakan santan dan dengan menggunakan santan.
- 7) Menganalisa hasil pengujian dan pengamatan serta membuat laporan hasil penelitian pada tahun pertama.

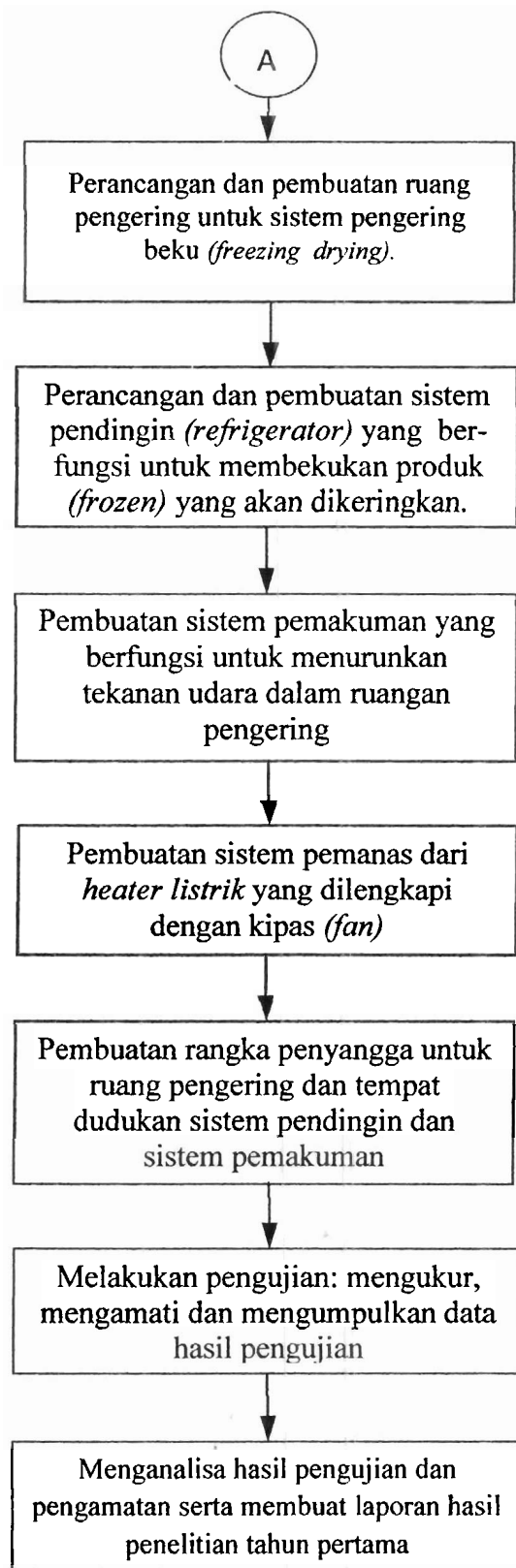
#### 4.4. Indikator Keberhasilan

Target atau indikator keberhasilan yang dicapai dari penelitian pada tahun pertama adalah:

1. Terwujudnya mesin pembuatan santan kering menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*).
2. Diketuainya unjuk kerja (*performace*) mesin pembuat santan kering.
3. Publikasi ilmiah dalam jurnal nasional.

Langkah kerja penelitian untuk tahun I, dapat dilihat pada diagram alir gambar 4.1.





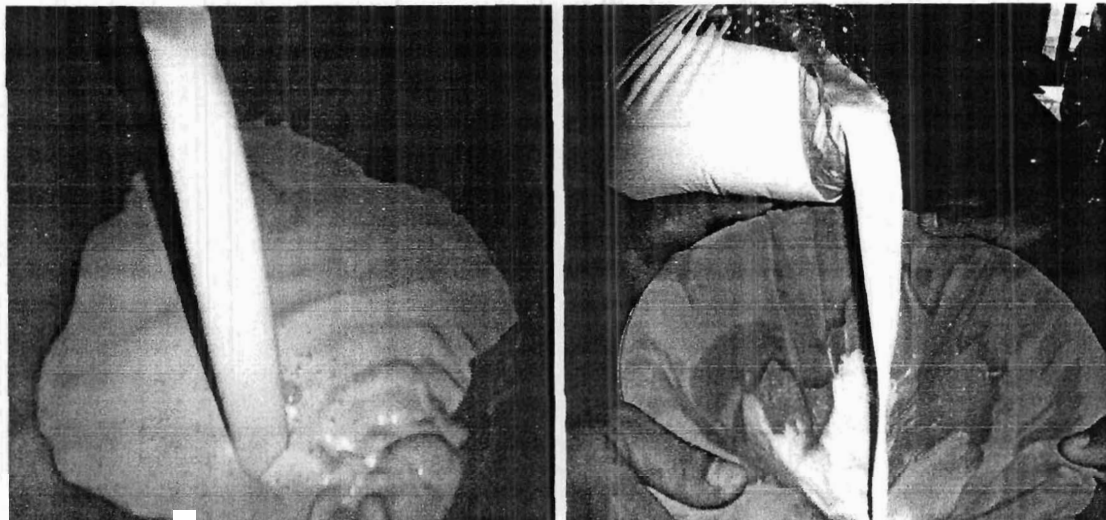
Gambar 4.1. Bagan alir penelitian pengembangan mesin pembuatan santan kering dengan menggunakan prinsip *freezing drying* sebagai bagian pengolahan santan terpadu.

## 4.5. Data Penelitian

Sesuai dengan tahap penelitian maka yang menjadi data penelitian pada tahun I ini adalah:

### 4.5.1. Santan Basah

Seperti dijelaskan pada bab tinjauan pustaka, bahwa di Sumatera Barat ditemui ada tiga jenis kelapa yaitu kelapa dalam, kelapa genyah dan kelapa hybrida. Pada tahun I ini, penelitian difokuskan kepada rancang bangun mesin pengering dan uji coba kinerjanya. Santan yang dijadikan sampel pengujian pada tahun I ini adalah santan basah jenis kelapa dalam, kelapa genyah dan kelapa hybrida. Ketiga jenis kelapa ini santannya cukup mudah didapat dipasaran. Setiap kali uji coba santan yang digunakan adalah 5 kg santan basah murni dan usia kelapa yang diambil santannya untuk sampel pengujian pada mesin pengering ini adalah usia buah antara 10-11 bulan. Pada usia ini kelapa biasanya mempunyai kadar santan yang lebih banyak dan sedikit emulsifier. Gambar 4.2 di bawah ini bentuk santan basah murni yang dijadikan sampel pengujian mesin pembuatan santan kering hasil rancang bangun ini.



Gambar 4.2. Santan kelapa murni dari 3 jenis kelapa; hybrid, genyah dan dalam.

#### 4.5.2. Dasar Idealisasi dan Data Perencanaan Mesin Pengering Santan Sistem Pengeringan Beku (*Freezing Drying*)

Proses pengeringan pada mesin ini berlangsung dalam ruang pengering (*drying chamber*). Distribusi udara dingin dalam ruang pengering diasumsikan merata dan dapat diberlakukan sebagai gas ideal. Proses pengeringan diasumsikan sebagai proses adiabatik, dimana dingin yang dibutuhkan selama proses pengeringan beku (*freezing drying*) hanya berasal dari dingin yang dihasilkan oleh evaporator mesin pendingin kompresi uap dan tidak ada energi dingin lain yang masuk atau keluar melalui dinding ruang pengering.

Data dan parameter yang dibutuhkan dalam perencanaan meliputi data kondisi sifat-sifat fisik santan basah yang akan dikeringkan dan kondisi pengeringan.

##### 1. Ruang Pengering (*Drying Chamber*)

Ruang pengering merupakan tempat berlangsungnya proses pengeringan. Beberapa data dan parameter yang harus diketahui dalam ruang pengering adalah:

###### a). Kondisi santan basah

- Temperatur awal santan  $T_1 = 30^\circ\text{C}$
- Temperatur beku santan  $T_0 = 0^\circ\text{C}$
- Kelembaban relatif udara lingkungan ( $\phi_1$ ) = 60%
- Kelembaban mutlak udara lingkungan ( $\gamma_1$ ) = 0,022 kg/kg
- Masa santan = 5 kg
- Panas jenis santan sebelum beku ( $c_{v,p}$ ) = 4,2 kJ/kg. $^\circ\text{C}$
- Panas jenis santan saat beku ( $c_{v,e}$ ) = 2,09 kJ/kg. $^\circ\text{C}$
- Kalor laten santan saat membeku (kalor lebur) = 334 kJ/kg
- Tebal santan yang dikeringkan = 0,04 m

- Luas permukaan pengeringan = 0,19 m
- Jumlah rak pengeringan = 2 bh
- *Chilling of rate factor (RF)* yang direkomendasikan = 0,67
- Temperatur akhir pengeringan = - 20 °C
- Masa jenis santan,  $\rho_p$  (kg/m<sup>3</sup>) = 980 kg/m<sup>3</sup>
- Beda enthalpy produk antara awal titik beku dengan temperatur akhir ( $\Delta J$ ) = 41,2 kJ/kg (Tabel 1.2 dalam buku Freeze Drying, Georg-Wilhelm, 2004)
- Konduktivitas thermal produk yang dibekukan ( $\lambda_g$ ) = 6,0 kJ/m.hr.°C
- Koefisien perpindahan panas konveksi antara permukaan produk dengan media pendingin ( $K_{su}$ ) = 250 kJ/m<sup>2</sup>.hr.°C
- Waktu pendinginan (*chilling time*) yang diperlukan untuk pengeringan = 2 jam
- Lampu penerangan dalam ruang pengering 1 buah jenis TL daya = 15 W

#### **b). Kondisi Ruang Pengering**

- Lebar ruangan pengering = 0,8 m
- Tinggi ruangan pengering = 0,7 m
- Panjang ruangan pengering = 1,0 m
- Capaian temperatur terendah ( $T_2$ ) = - 20°C

## **2. Sistem Pendingin**

Udara dingin yang digunakan untuk mendinginkan santan berasal dari hembusan dari fan evaporator (*indoor unit*) yang dipasang sebagai alat untuk menurunkan temperatur udara di dalam ruangan. Mesin pendingin yang digunakan pada mesin pengering ini adalah mesin pendingin kompresi uap. Mesin pendingin kompresi uap terdiri dari dua bagian besar yaitu: komponen utama dan komponen pendukung. Komponen utamanya terdiri dari:

- Kompresor (jenis hermetik) dengan daya = 1 HP
- Evaporator
- Katup ekspansi jenis thermostatik
- Kondensor yang dilengkapi oleh fan

Komponen pendukung berupa:

- Filter
- Reciever
- Sigh glass
- Accumulator
- Thermostat sebagai kontrol temperatur
- Timer untuk setting waktu operasi
- Fan untuk penggerak udara di evaporator dan kondensor
- Komponen kontrol dan komponen kelistrikan.

### **3. Sistem Pemakuman**

Sistem pemakuman pada mesin pembuat santan kering ini terdiri dari pipa penyalur udara, tabung penampung air dan pompa vakum. Pompa vakum yang digunakan adalah pompa vakum untuk pemakuman Air Conditioning (AC) dengan daya ½ HP.

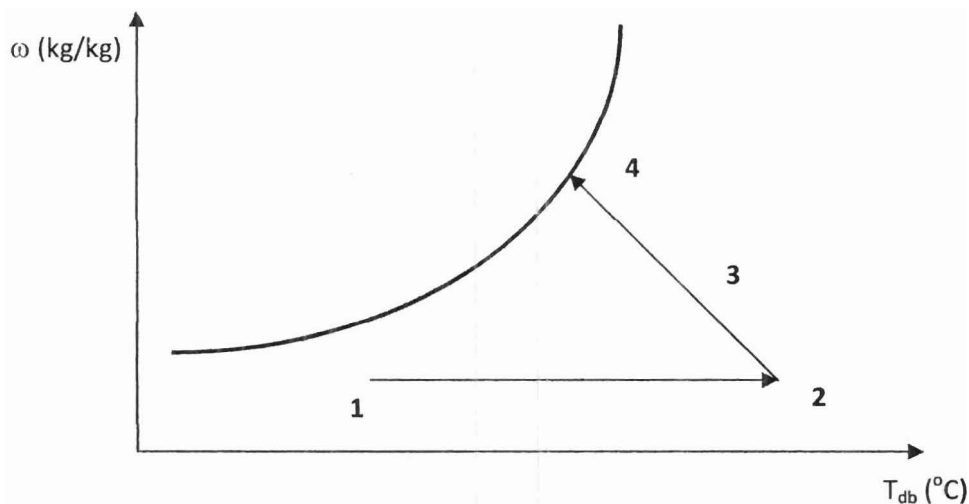
### **4. Heater Listrik**

Heater listrik berfungsi untuk memanaskan udara dari 10°C hingga 30°C untuk mengeringkan sisa air yang masih ada dalam produk santan setelah dilakukan proses pengeringan awal (pembekuan dan pemakuman). Heater listrik yang digunakan adalah heater jenis plat dengan daya 400 Watt. Heater ini

dilengkapi dengan fan kecil untuk menghembuskan udara dari heater ke atas produk yang dikeringkan.

#### 4.6. Pernyataan Proses Pengeringan Beku (*Freezing Drying*)

Proses pengeringan beku (*freezing drying*) produk santan dalam ruang pengering dapat dinyatakan dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3. Pernyataan proses pengeringan dalam diagram psikrometrik

Awalnya udara bertemperatur lingkungan ( $T_1$ ) masuk kedalam mesin pendingin sehingga temperaturnya menjadi sangat dingin ( $T_2$ ) terjadi penurunan temperatur dari  $T_1$  ke  $T_2$ . Udara keluar dari mesin pendingin digunakan untuk mendinginkan produk santan hingga temperatur dibawah titik beku ( $T_3$ ). Pada kondisi ini air yang ada di dalam produk akan keluar. Selanjutnya ruang pendingin divakum sedemikian rupa sehingga kandungan air dalam produk akan menguap dan terserap keluar ruangan. Lalu heater dihidupkan untuk memanaskan udara dalam ruangan dengan tujuan menghilangkan sisa air yang ada pada produk ( $T_4$ ). Selama proses pengeringan akan terjadi perubahan



kelembaban mutlak udara sebelum pengeringan ( $\gamma_3$ ) dan sesudah pengeringan ( $\gamma_4$ ). Proses pengeringan diasumsikan berlangsung adiabatik.

#### 4.7. Perhitungan Beban Pendinginan Pada Ruang Pengeri

Beban pendingin pada ruang pengeri berasal dari panas produk, panas lampu dan panas lingkungan.

##### 4.7.1. Beban Pendingin dalam Ruang Pengeri

Beban pendingin pada ruang pengeri berasal dari panas produk, panas lampu dan panas lingkungan.

###### a. Beban Produk ( $Q_{\text{prod}}$ )

Beban panas produk berasal dari temperatur yang dipunyai oleh produk santan. Sebelum didinginkan santan mempunyai temperatur sekitar  $30^{\circ}\text{C}$ . Besarnya beban produk dirumuskan dengan persamaan:

$$Q_{\text{prod}} = m_p \cdot c_p (T_1 - T_0) + m_p \cdot Q_e + m_c \cdot c_e (T_0 - T_2) / (n \cdot 3600 \cdot \text{RF}) \quad (\text{kJ/kg})$$

Dimana:

$m_p$  = massa produk, kg

$c_v$  = panas spesifik produk, kJ/kg.  $^{\circ}\text{C}$

$Q_e$  = kalor laten produk saat membeku, kJ/kg

$c_e$  = panas spesifik produk, kJ/kg.  $^{\circ}\text{C}$

$T_0$  = temperatur beku produk,  $^{\circ}\text{C}$

$T_1$  = temperatur awal produk,  $^{\circ}\text{C}$

$T_2$  = temperatur akhir produk setelah membeku,  $^{\circ}\text{C}$

$n$  = waktu pendinginan (*chilling time*) untuk pengeringan = 2 jam

RF = *chilling of rate factor* (faktor laju pendinginan), 0.67

Dari data penelitian di atas maka didapat energi dingin yang diperlukan untuk membekukan produk adalah:

$$\begin{aligned} Q_{\text{tot}} &= m_p \cdot c_{\text{prod}} \cdot (T_1 - T_0) + m_p \cdot Q_e + m_c \cdot c_e \cdot (T_0 - T_2) \text{ (kJ/kg)} \\ &= [5 \text{ kg} \cdot 4200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (30-0)^\circ\text{C} + 5 \text{ kg} \cdot 334.000 \text{ J/kg} + 5 \text{ kg} \cdot 2.090 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (0-(-20))] / [(2.3600.1,0)] \\ &= (630.000 \text{ J} + 1.670.000 \text{ J} + 209.000 \text{ J}) / (2.3600.1,0) \text{ dt} \\ &= (2.509.000 \text{ J}) / (2.3600.0,67) \text{ dt} \\ &= 520,108 \text{ Watt} \end{aligned}$$

#### **b. Beban Lampu ( $Q_{\text{lamp}}$ )**

Panas yang berasal dari lampu juga menjadi beban pendingin bagi mesin pendingin. Beban pendingin yang berasal dari lampu dipengaruhi oleh daya lampu yang digunakan (Watt), jenis lampu (BC) untuk neon (TL) = 1 dan pijar = 1,25. Besarnya beban pendingin dari lampu dirumuskan dengan :

$$Q_{\text{lamp}} = \text{Daya lampu} \times \text{BC} \times \text{Time}$$

Dari data penelitian :

- Daya lampu = 15 Watt
- Lampu jenis Tl sehingga BC = 1

Maka beban pendingin yang berasal dari lampu:

$$\begin{aligned} Q_{\text{lamp}} &= \text{Daya lampu} \times \text{BC} \\ &= 15 \text{ Watt} \times 1,0 \\ &= 15 \text{ Watt} \end{aligned}$$

### c. Beban Pendingin dari Lingkungan

Beban pendingin di lingkungan akibat dari adanya perbedaan temperatur antara ruang pendingin dengan temperatur udara lingkungan.

Besarnya beban pendingin dari udara lingkungan dapat dirumuskan dengan:

$$Q_{\text{lingk}} = A \cdot U (T_{\text{lingk}} - T_{\text{in}})$$

dimana :

A = Luas permukaan dinding, m<sup>2</sup>

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh, m<sup>2</sup>.°C/W

T<sub>lingk</sub> = Temperatur udara lingkungan, °C

T<sub>in</sub> = Temperatur udara dalam ruangan, °C

data penelitian :

- Tebal pelat dalam (x<sub>1</sub>)= 0,002 m
- Tebal isolasi (x<sub>2</sub>) = 0,038 m
- Tebal pelat luar (x<sub>3</sub>) = 0,002 m
- Konduktivitas thermal pelat dalam stainlesssteel (k<sub>1</sub>)= 73 w/m. °C
- Konduktivitas isolasi (glaswol) (k<sub>gw</sub>)= 0,038 W/ m. °C
- Konduktivitas thermal pelat dalam stainlesssteel (k<sub>2</sub>)= 73 w/m. °C
- Luas dinding total (A<sub>tot</sub>) = 3,56 m<sup>2</sup>
- Koefisien perpindahan panas konveksi dinding dalam (h<sub>1</sub>) = 20 W/m<sup>2</sup>.°C
- Koefisien perpindahan panas konveksi dinding luar (h<sub>2</sub>) = 35 W/m<sup>2</sup>.°C

Dari data diatas, maka :

- Nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) untuk dinding pelat yang diberi isolasi dapat di rumuskan dengan:

$$U = \frac{1}{\sum R_{\text{tot}}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{h_2}} \\
&= \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{0,002}{73} + \frac{0,038}{0,038} + \frac{0,002}{35} + \frac{1}{35}} \\
&= 1,07865597 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Jika luas dinding pelat secara keseluruhan ( $A_{\text{tot}}$ ) = 3,56 m<sup>2</sup> dan temperatur lingkungan ( $T_{\text{lingk}}$ ) adalah 32°C maka banyaknya panas lingkungan yang masuk ke dalam ruang pengering selama proses pengeringan adalah:

$$\begin{aligned}
Q_{\text{lingk}} &= A_{\text{tot}} \cdot U (T_{\text{lingk}} - T_{\text{in}}) \\
&= 3,56 \text{ m}^2 \cdot 1,07865597 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot (32 - (-20))^\circ\text{C} \\
&= 199,681 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dihitung maka total beban pendingin ruang adalah:

$$\begin{aligned}
Q_{\text{tot}} &= Q_{\text{prod}} + Q_{\text{lamp}} + Q_{\text{lingk}} \\
&= 520,108 \text{ Watt} + 15 \text{ Watt} + 199,681 \text{ Watt} \\
&= 734,789 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

#### 4.7.2. Waktu Pembekuan Untuk Pengeringan Santan

Waktu pembekuan untuk pengeringan santan pada sistem pengeringan beku (*freezing drying*) dalam ruang pengering dapat dihitung dengan persamaan 2.15, Bab II Kajian Pustaka dimana:

$$\begin{aligned}
t_e &= (\Delta J) / \Delta T \rho_g (d^2 / 2\lambda g + d / K_{su}) \text{ (menit)} \\
&= 41.200 \text{ J/kg} / 25^\circ\text{C} \cdot 980 \text{ kg/m}^3 (0,02^2 \text{ m} / 2 \cdot 6000 \text{ kJ/m} \cdot ^\circ\text{C} + \\
&\quad 0,02 \text{ m} / 250.000 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C})
\end{aligned}$$

$$= 41.200 \text{ J/kg} / 24500 \text{ kg} \text{ } ^\circ\text{C} / \text{m}^3 (0,0004 \text{ m}^2 / 2. 6000 \text{ kJ/m.hr.} + 0.02 / 69,44 \text{ J} / \text{m}^2 \cdot \text{dt.} \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$= 95,71 \text{ menit} = 1,6 \text{ Jam}$$

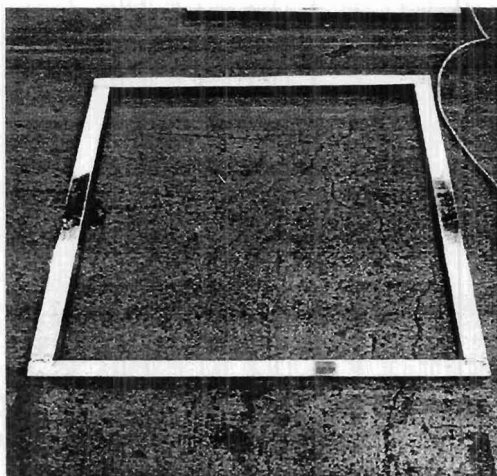
Dari perhitungan di atas terlihat bahwa waktu beku pengeringan untuk produk santan yang dapat dicapai oleh mesin pengering sistem beku (*freezing drying*) ini adalah berkisar 96 detik atau 1,6 jam. Setelah dilakukan pendinginan, maka proses selanjutnya dilakukan pemakuman terhadap ruang pengering. Pemakuman berlangsung sedemikian rupa hingga tekanan mencapai - 20 Psi.

#### 4.8. Perencanaan Bahan dan Proses Pembuatan Komponen Sistem Pengering

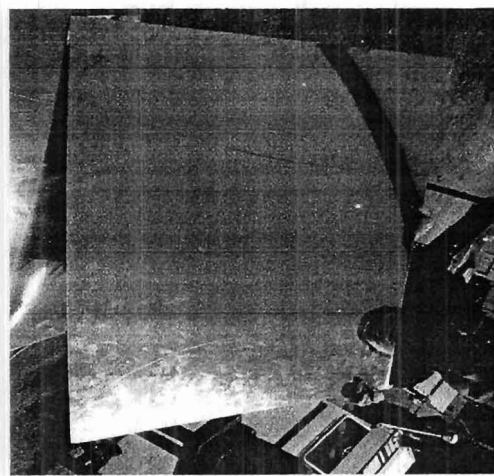
##### 4.8.1. Bahan dan Pembuatan Ruang Pengering (*Drying Chamber*)

###### a. Bahan Ruang Pengering

Ruang pengering berfungsi untuk mengeringkan produk santan yang akan dikeringkan. Karena sistem pengeringannya adalah sistem pengeringan beku-vakum (*freezing drying*) maka ruangan pengeringan harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan rendah dan tidak mudah berkarat.



a. Hollow Staillessteel 4 x 4 cm



b. Pelat staillessteel 2 mm

Gambar 4.4. (a) *staillessteel hollow*, dan (b) pelat *staillessteel* digunakan untuk pembentuk ruang pengering

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Rangka ruang pengering terbuat dari bahan *stainlesssteel* hollow ukuran 4 cm x 4 cm.
- Dinding dalam dan luar ruangan terbuat dari pelat *stainlesssteel* tebal 2 mm

Kedua bahan ini dibeli dipasar sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Bentuk *stainlesssteel hollow* dan *pelat stainlesssteel* yang digunakan untuk pembentukan ruang pengering seperti terlihat pada gambar 4.4. Antara dinding luar dan dalam ruang pengering diberi isolasi dari *glaswool* guna memperkecil hilangnya energi dingin dalam ruangan keluar lingkungan.

## **b. Proses Pembuatan**

### **1) Peralatan yang digunakan**

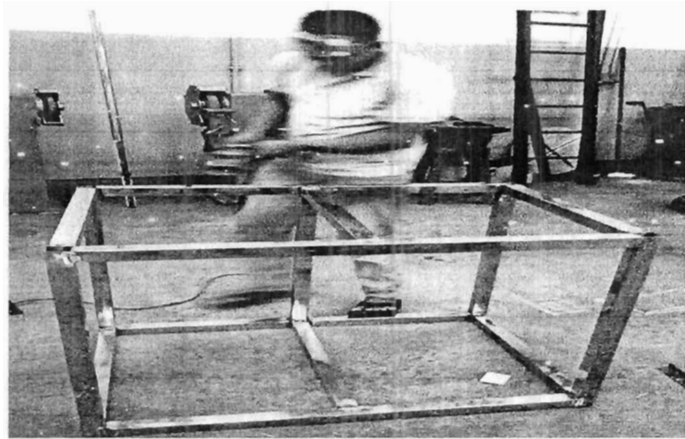
- Mistar atau alat pengukur
- Penggores
- Mesin pemotong *stainlesssteel* hollow dan pelat *stainlesssteel*
- Jepitan/ragum, mesin gerinda dan ampelas
- Mesin las TIG/Las listrik menggunakan elektroda *stainlesssteel*
- Cat, untuk pengecatan pada bagian tertentu dari ruang pengering

### **2) Langkah Pengerjaan**

Langkah-langkah dalam pembuatan ruang pengering adalah:

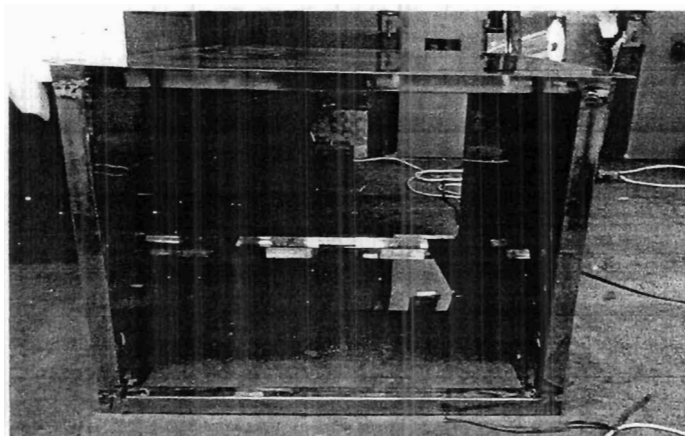
- Tentukan ukuran *stainlesssteel* hollow yang akan dijadikan rangka ruang pengering dengan panjang 1m, lebar 0,8 m dan tinggi 0,7 m.
- Setelah ditandai dengan alat penggores lalu di porong dengan mesin potong (gergaji).

- Selanjutnya dilakukan pengelasan dengan las listrik, yang elektodanya menggunakan elektroda stainlesssteel ukuran 2,6 mm. Rangka yang dibuat berbentuk 4 persegi dengan panjang 1 m, lebar 0,8 m dan tinggi 0,7 m.



Gambar 4.5. Bentuk rangka ruang pengering yang terbuat dari stainless hollow

- Selanjutnya rangka diberi dinding pada bagian dalam dari bahan pelat stainlesssteel tebal 2 mm. Pemasangan dinding menggunakan las Oxy-asetilen dengan kawat pengisi dari kawat stainlesssteel.
- Setelah dinding dalam dipasang, lalu dilapisi dengan glasswool tebal 10 cm. Selanjutnya dipasang dinding bagian luar dari pelat stainlesssteel tebal 2 mm.



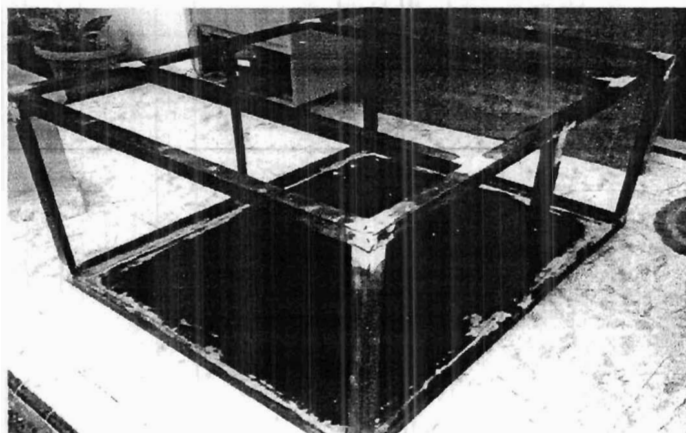
Gambar 4.6. Ruang pengering yang telah dilapisi dengan dinding berisolasi

#### 4.8.2. Bahan dan Pembuatan Rangka Penyangga Ruang Pengering

Rangka penyangga ruang pengering berfungsi sebagai penahan beban dan dudukan dari komponen-komponen mesin sehingga mesin bekerja dengan baik. Rangka penyangga dirancang sedemikian rupa agar mampu menahan beban akibat berat dari komponen-komponen yang ada dan getaran dari kompresor.

##### a. Bahan Rangka Penyangga

Sesuai dengan fungsi yaitu sebagai penyangga, maka diharapkan rangka penyangga harus kuat dan kokoh serta tahan terhadap beban yang berasal dari beberapa komponen yang ada di atasnya. Bahan rangka terbuat dari besi siku-siku ukuran 3 cm x 3 cm. Rangka penyangga ini juga dilengkapi dengan 4 buah roda yang berdiameter 5 cm dengan jarak dari permukaan tanah ke rangka 10 cm, agar mudah digerakan (*movable*).



Gambar 4.7. Rangka penyangga terbuat dari besi siku-siku 4 cm x 4 cm

##### b. Proses Pembuatan

###### 1) Peralatan yang digunakan

- Mistar atau alat pengukur

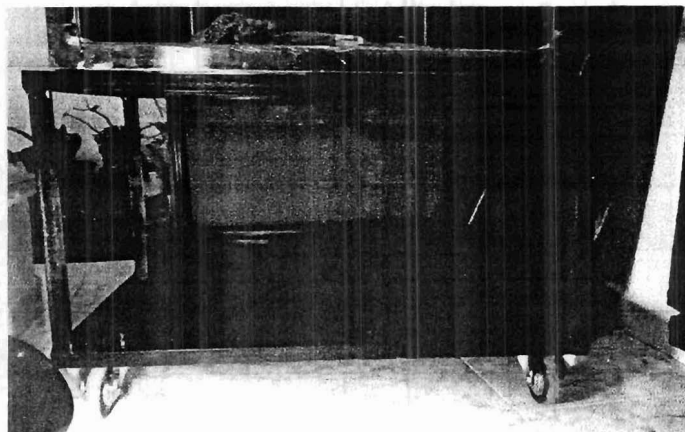


- Penggores dan palu
- Mesin pemotong besi siku-siku
- Mesin bor dan perlengkapannya
- Jepitan/ragum, mesin gerinda tangan
- Mesin las listrik beserta perlengkapannya
- Dempul dan cat hitam

## 2) Langkah Pengerjaan

Langkah dalam pembuatan rangka penyangga adalah sebagai berikut:

- Besi diukur panjang 1 m; 0,8 m dan 0,7 m lalu dipotong dengan mesin pemotong, dengan jumlah masing-masingnya 4 batang.
- Setelah dipotong lalu dilas dengan las listrik dengan kuat arus 80 – 100 Ampe dan diameter kawat elektroda 2,6 mm.
- Setelah dilas lalu dirakit sedemikian rupa sehingga berbentuk segi empat panjang, lalu didempul dan dicat. Gambar 4.7 adalah hasil akhir dari rangka penyangga yang dirancang untuk menyangga ruang pengering dan komponen lainnya.



Gambar 4.8. Rangka penyangga untuk ruang pengering

### **4.8.3. Rak dan Wadah Pengering**

#### **a. Bahan Rak dan Wadah Pengering**

Rak berfungsi guna menyanggah atau tempat kedudukan wadah di dalam ruang pengering sedangkan wadah berfungsi untuk menempatkan santan basah pada ruang pengering hingga santan menjadi bubuk.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam pembuatan rak dan wadah adalah:

- Alumunium hollow ukuran 3,5 cm x 2,5 cm
- Plat seng dengan ketebalan 0,4 mm
- Paku rivet 1,5 mm
- Mata bor 3,5 mm

Ukuran keseluruhan rak adalah 50 cm x 40 cm x 50 cm.

#### **b. Proses Pembuatan**

##### **1) Peralatan yang digunakan**

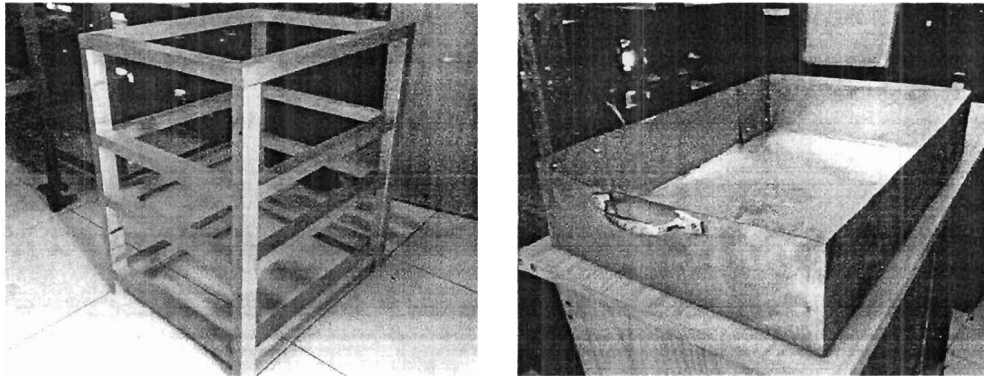
Alat yang digunakan dalam pembuatan rak dan wadah adalah:

- Mesin pemotong beserta perlengkapannya
- Mesin bor beserta perlengkapannya
- Mesin gerinda beserta perlengkapannya
- Gunting seng
- Meteran
- Mistar siku
- Tang rivet

##### **2) Langkah Pengerjaan**

Langkah dalam pembuatan rak dan wadah pengering adalah:

- Ukur aluminium hollow dengan panjang 50 cm, lebar 40 cm dan tinggi 50 cm.
- Lakukan pemotongan aluminium hollow panjang 50 cm sebanyak 8 buah, panjang 40 cm sebanyak 8 buah dan panjang 50 cm sebanyak 4 buah.
- Setelah dipotong, lalu dirakit sedemikian rupa sehingga membentuk rak dengan bantuan paku rivet.
- Untuk wadah pengering lakukan pelipatan terhadap seng plat panjang 50 cm, lebar 45 cm dan tinggi 10 cm. Setelah itu beri pemegang pada wadah pengering.



Gambar 4.9. Rak dan wadah pengering

#### 4.8.4. Sistem Pendingin

##### a. Bahan dan komponen yang dibutuhkan

Pada sistem pendingin pada prinsipnya kita hanya membeli komponen jadi, lalu merakitnya sedemikian rupa hingga menjadi sebuah sistem pendingin. Bahan dan komponen yang diperlukan dalam merakit sistem pendingin adalah:

- Kompresor hermetik daya 1 HP,
- Koil Evaporator,
- Kondensor,

- Katup ekspansi,
- Fan
- Pipa tembaga 3/8 inchi untuk tekanan rendah (*low pressure*) dan 1/4 inchi untuk tekanan tinggi (*high pressure*).
- Receiver

## **b. Proses Pembuatan**

### **1) Peralatan yang digunakan**

Alat yang digunakan dalam pembuatan sistem pendingin adalah:

- Alat pemotong (*cutting*), pembengkok (*bending*) dan pelebar lubang (*flaring*) pipa tembaga.
- Mesin las oxy-asetilen beserta perlengkapannya
- Mesin bor beserta perlengkapannya
- Kawat las kuningan
- Pompa vakum
- Mancis
- Freon R 22

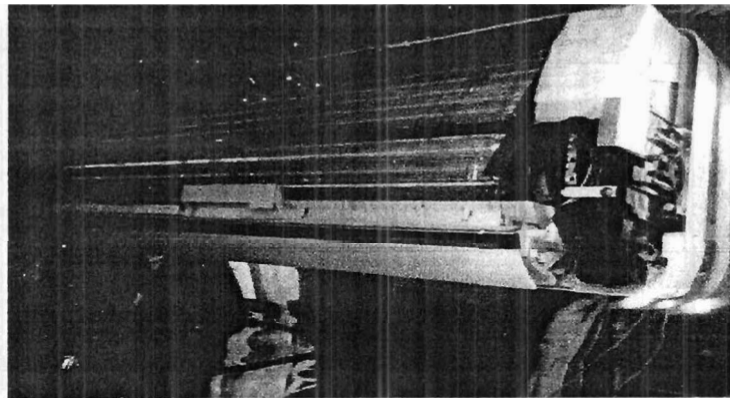
### **2) Langkah Pengerjaan**

Langkah dalam pembuatan sistem pendingin adalah:

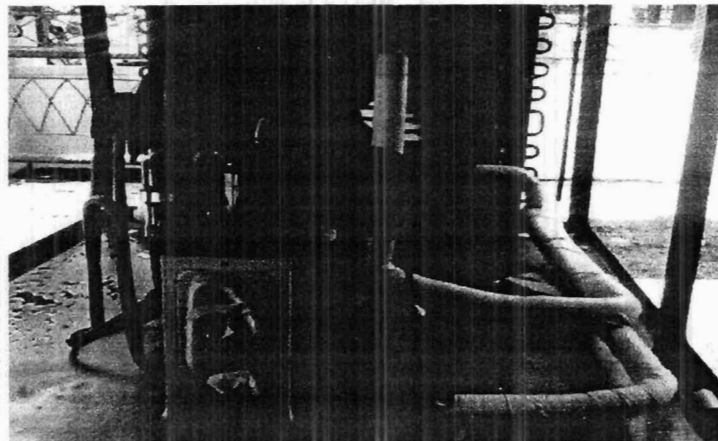
- Pasang evaporator di dalam ruang pendingin
- Padang kompresor, dan kondensor dibagian bawah rangka penyangga.
- Pasang fan kondensor pada bagian tepi sehingga persis mengarah ke kondensor, sehingga pendinginan kondensor jadi optimal.

- Sambungkan komponen-komponen utama mesin pendingin ini dengan pipa tembaga diameter 3/8 inchi pada bagaian yang menuju kearah evaporator dan 1/4 inchi pada bagian keluar dari kompresor.
- Pasangkan receiver, alat kontrol dan peralatan listrik sedemikian rupa sehingga terbentuklah sistem pendingin pada mesin pengering.

Gambar 4.10. proses pemasangan sistem pendingin pada mesin pengering sistem *freezing drying*.



a. Evaporator dipasang dalam ruang pengering



b. Komponen sistem pendingin lain yang dipasang di luar ruang pengering

Gambar 4.10. Sistem pendingin yang dipasang di dalam dan di laur ruang pengering

Setelah sistem pendingin dirakit sedemikian rupa, lalu divakum dan selanjutnya di isi dengan freon R-22.

#### **4.8.5. Sistem Pemakuman**

##### **a. Bahan dan komponen yang dibutuhkan**

Komponen yang diperlukan pada sistem pemakuman adalah:

- Pompa vakum, daya ½ HP
- Pipa tembaga ukuran 3/8 inchi untuk saluran udara dan uap air saat pemakuman
- Alat ukur tekanan (*pressuer gage*) 2 buah
- Receiver uap air (tabung vakum) berukuran 3,5 inchi

##### **b. Proses Pembuatan**

###### **1) Peralatan yang digunakan**

Alat yang digunakan dalam pembuatan sistem pemakuman adalah:

- Mesin bor beserta perlengkapannya
- Alat pemotong pipa (*cutting*)
- Alat pembengkok pipa (*bending*)
- Alat pelebar diameter pipa (*fleering*)
- Alat las oxy-assetilen dan perlengkapannya

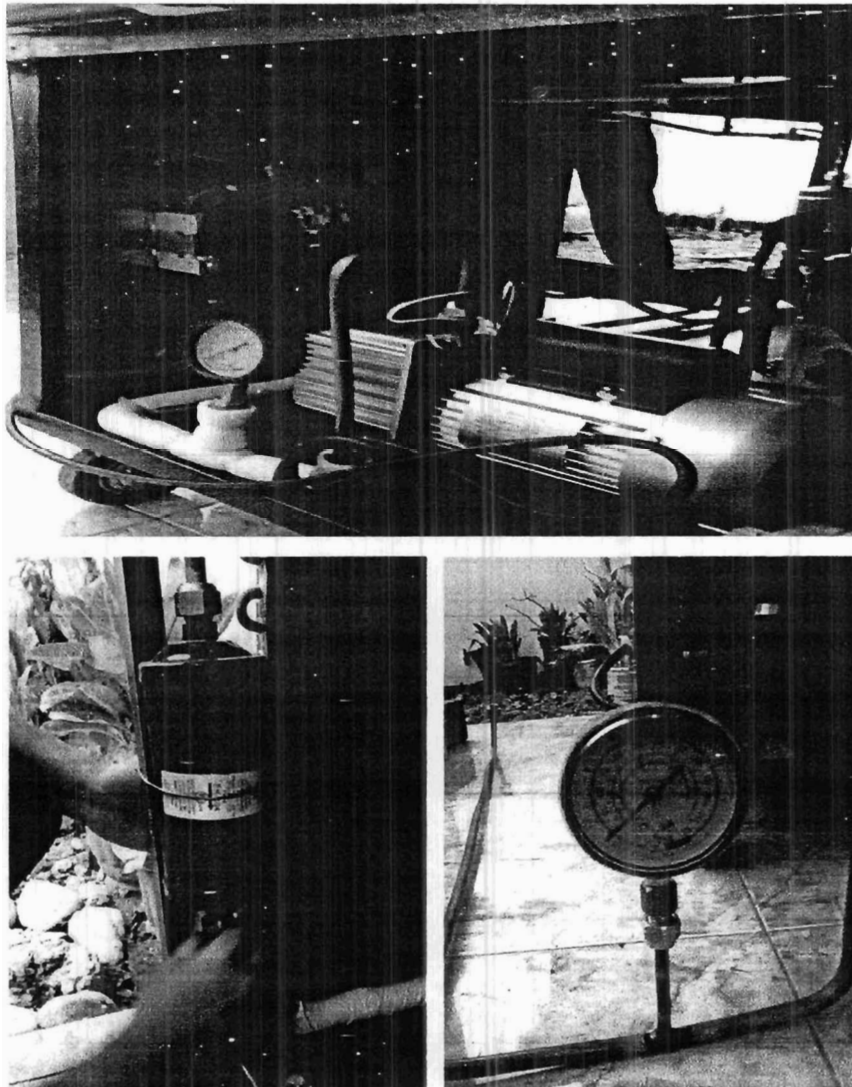
###### **2) Langkah Pengerjaan**

Langkah dalam pembuatan sistem pemakuman adalah:

- Buat lubang pemakuman dalam ruangan pengering
- Pasang kran pembuka/penutup saluran udara antara pompa vakum dengan ruang pengering
- Pasang tabung vakum antara ruang pengering dengan pompa vakum.

- Rakit pompa vakum sedemikian rupa dengan pipa tembaga diamter 3/8 inchi.
- Pasang kabel penyambung arus masuk dari stop kontak ke pompa vakum.

Gambar 4.11. memperlihatkan sistem pemakuman dipasang dalam ruang pengering.



Gambar 4.11. Komponen sistem pemakuman

#### 4.8.6. Sistem Pemanasan

##### a. Bahan dan komponen yang dibutuhkan

Sistem pemanas ini berfungsi guna mengkondisikan temperatur didalam ruang pengering setelah proses pendinginan dan pemakuman dilakukan sistem pemanas ini berkerja dengan cara menyemburkan udara panas melalui *heater plate* yang berdaya 400 W dengan bantuan fan hingga temperatur ruang pengering mencapai 10 – 30 °C.

Komponen yang diperlukan pada sistem pemanasan adalah:

- Heater listrik jenis plat daya 400 Watt
- Fan kecil daya 40 Watt
- Alat ukur temperatur ruang

##### b. Proses Pembuatan

###### 1) Peralatan yang digunakan

Alat yang digunakan dalam perakitan sistem pemanas adalah:

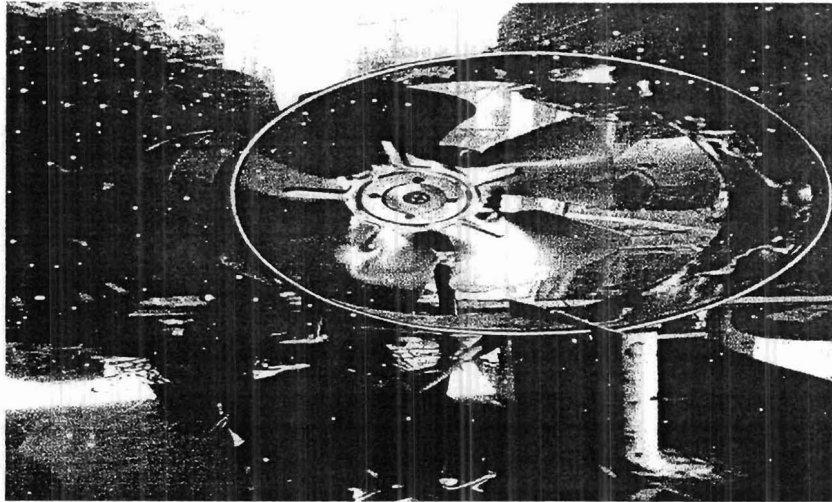
- Mesin bor beserta perlengkapannya
- Mesin gerinda
- Gergaji
- Tang
- Pisau cutter

###### 2) Langkah Pengerjaan

Langkah dalam pembuatan sistem pemanas adalah:

- Pasang plat heater dibagian tengah ruang bagian dalam
- Pasang fan kecil untuk menggerakkan udara panas yang bersal dari fan
- Pasang kabel untuk suplai arus listrik dan hubungan ke stop kontak





Gambar 4.12. Sistem pemanas dari heater listrik

#### 4.8.7. Sistem Kelistrikan (*Control Panel*)

Control panel berfungsi sebagai kontaktor atau penghubung dan pemutus arus dari listrik ke berbagai komponen pada mesin pembuat santan kering dengan menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*) ini. Sistem ini dibuat dan dirakit pada bagian sebelah kiri depan mesin, komponen sistem dengan menggunakan *plat steanlesstell* yang diberi lubang guna meletakkan kontaktor, komponen control panel ini terdiri dari MCB 230 V, kontaktor sejumlah 5 buah masing-masing untuk lampu, fan, heater, evaporator serta kompresor hermetik.

Sistem kontaktor ini dibuat sedemikian rupa agar tampilan mesin terlihat menarik dan tertata dengan rapi, pada sistem control panel terdapat thermometer digital untuk mengetahui suhu dalam ruangan pengering. Alat yang digunakan dalam perakitan dan pembuatan kedudukan control panel adalah:

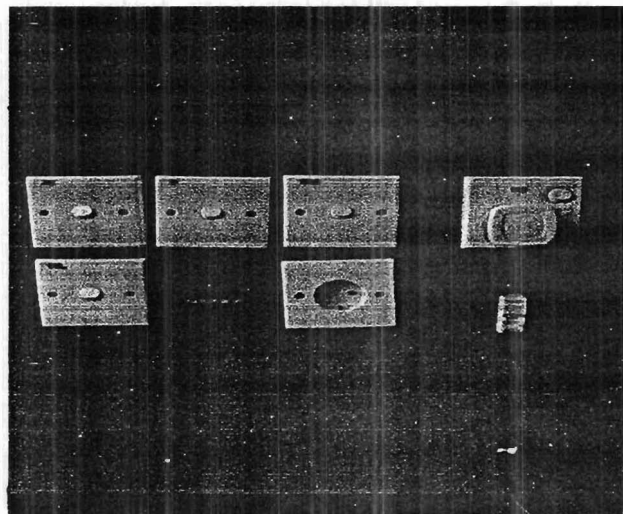
- Mesin gerinda beserta perlengkapannya
- Mesin bor beserta perlengkapannya

- Tang
- Pisau Cutter

Sedangkan bahan yang diperlukan dalam perakitan dan pembuatan kedudukan control panel adalah:

- Kabel
- Cok
- Stop kontak
- MCB

Gambar 4.12, adalah bentuk sistem kelistrikan yang dipasang pada dinding ruang pengering.



4.13. Sistem kontrol kelistrik yang dibuat dibagian dinding ruang pengering

#### **4.9. Pengujian Mesin Pengering Santan**

Adapun yang dilakukan sebelum melaksanakan pengujian terhadap mesin pengering santan adalah:

#### **4.9.1. Persiapan Bahan dan Alat Pengujian**

Secara konsep pada penelitian tahun I ini, mesin pengering diuji masih dalam taraf uji coba terhadap unjuk kerja (*performance*) mesin pengering santan. Pengujian terhadap unjuk kerja mesin perlu dilakukan agar diketahui berapa capaian temperatur terendah dan tekanan pemakuman yang terendah dapat yang dapat dicapai oleh mesin ini. Hal ini sangat diperlukan sebelum melakukan uji coba dalam taraf yang lebih besar mengingat harga santan murni perliter cukup mahal. Setiap kali uji dibutuhkan santan basah murni sebanyak 5 kg.

Dari penghitungan yang telah dilakukan untuk mendapatkan 1 liter santan murni diperlukan kelapa kurang lebih 10 buah. Jika harga kelapa di Kota Padang berkisar Rp 2.500 – 3.500/buah, artinya untuk satu kali pengujian dibutuhkan dana sekitar Rp 250.000 hingga Rp 350.000.. Maka untuk itu, pengujian mesin pengering dengan santan basah dari beberapa jenis kelapa direncanakan akan dilakukan pada Penelitian Hibah Bersaing Tahun II setelah diketahuinya unjuk kerja mesin pembuat santan kering ini.

##### **1. Bahan dan Alat Pengujian**

Untuk pengujian pendahuluan guna mengetahui unjuk kerja mesin pengering diperlukan bahan dan alat pengujian sebagai berikut:

- a. Santan basah 5 kg dari jenis kelapa dalam
- b. Termometer bola basah dan bola kering untuk mengukur temperatur udara dalam ruang pengering.
- c. Termometer digital juga untuk mengukur temperatur dalam ruang pengering.
- d. Botol kecil sebagai wadah air untuk termometer bola basah.
- e. Kain kasa dan benang pengikat.

- f. Kamera web (*web camera*) untuk melihat proses yang terjadi selama pembekuan dan pendinginan.
- g. Pisau/cutter, isolasi dan senter.
- h. Alat pencatat data hasil pengujian.

## **2. Langkah Kerja**

- a. Membuat alat ukur temperatur (temperatur bola kering dan bola basah) lalu meletakkan pada posisi tertentu dalam ruang pengering.
- b. Memasang termometer digital yang dilengkapi dengan *termocouple* pada titik yang sama dengan termometer glass.
- c. Catat temperatur awal santan sebelum didinginkan.
- d. Catat temperatur lingkungan sebelum mesin dihidupkan.
- e. Tentukan settingan thermostate pada setiap pengujian pada skala 4 atau 6.
- f. Hidupkan mesin pengering dan biarkan 5 hingga 10 menit agar tercapai kestabilan temperatur dalam ruang pengering.
- g. Catat perubahan temperatur (tdb dan Twb) dalam ruang pengering setiap 15 menit dalam tabulasi data yang telah dibuat.
- h. Lakukan pengujian dengan beberapa variasi skala termostate dan jenis santan yang dikeringkan

### **4.9.2. Pengolahan dan Analisis Data**

Data yang telah didapat dari hasil pengujian mesin pengering santan selanjutnya dilakukan pengolahan data. Data-data yang tidak terukur oleh alat uji dicari dari hubungannya pada diagram psikrometrik (kelembaban relatif dan kelembaban mutlak). Hasil pengolahan data untuk seterusnya dimasukkan ke dalam

beberapa persamaan pada tinjauan pustaka dan metodologi penelitian untuk mendapatkan laju pengeringan, waktu pengeringan dan kapasitas serta coefficient of performance (COP) dari mesin pengering.

Dari hasil pengolahan di atas dapat dilakukan analisis secara keseluruhan terhadap unjuk kerja mesin pengering. Hasil pengolahan data juga ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik agar memudahkan membaca dan menganalisisnya.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

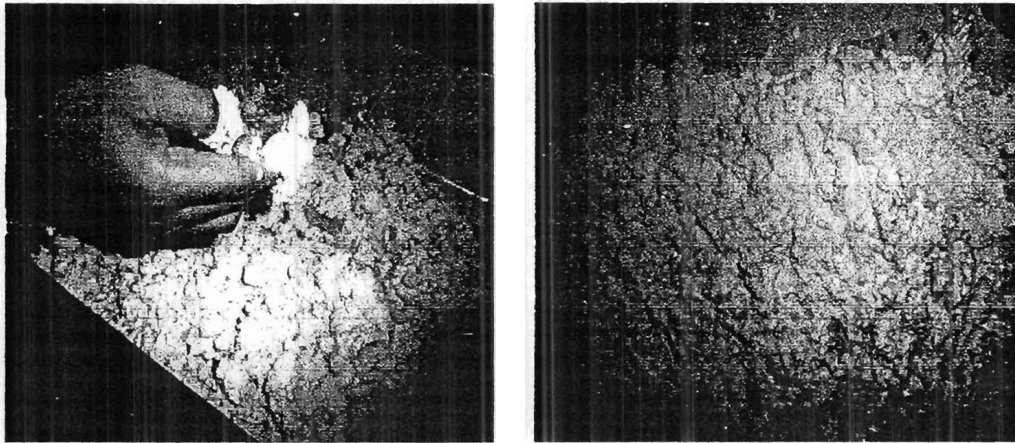
Hasil pengujian pada Penelitian Hibah Bersaing Tahun I ini difokuskan kepada unjuk kerja (*performance*) mesin pembuatan santan kering sistem *freezing drying*. Pengujian dibedakan atas pengujian kosong dan pengujian dengan menggunakan santan basah dengan settingan thermostate 4 dan 6. Pengujian kosong dimaksudkan agar diketahui unjuk kerja mesin ini sebelum diberi beban pendinginan yaitu santan basah. Setelah pengujian kosong, maka selanjutnya dilakukan pengujian berisi santan basah murni. Santan basah yang dijadikan sampel pengujian adalah santan kelapa dalam, kelapa genyah dan kelapa hybrida. Mengingat pada tahun I ini pengujian baru pada taraf uji coba terhadap kinerja mesin pengering, maka pengujian yang dilakukan hanya satu kali untuk satu jenis santan kelapa. Santan kelapa yang dijadikan sampel setiap kali pengujian adalah 5 kg.

Data yang didapatkan dari hasil pengujian mesin pengering ini, juga dibedakan atas dua bagian yakni; bentuk fisik dari santan kering yang dihasilkan dan data unjuk kerja (*performance*) dari mesin pengering berupa; laju penurunan temperatur terendah yang dapat dicapai oleh mesin pengering, laju penurunan kelembaban dalam ruangan pengering dan perbandingan daya yang digunakan dengan energi dingin yang dapat diperoleh. Data hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran D.

#### **5.1. Santan Kering Yang Dihasilkan**

Santan kering yang dihasilkan dari pengujian pada mesin pembuat santan kering menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*) untuk ke tiga jenis

santan dengan beberapa variasi pengujian mempunyai tekstur dan bentuk fisik yang hampir sama. Santan kering yang diperoleh dari hasil pengeringan sudah berbentuk bubuk santan, akan tetapi masih mengandung kadar air. Gambar 5.1. di bawah merupakan bubuk santan yang dihasilkan dari hasil pengeringan menggunakan prinsip *freezing drying* santan kelapa dalam. Untuk jenis santan lain; genyah dan hybrida bentuk tekstur dan fisiknya hampir sama dengan kelapa dalam.



Gambar 5.1. Hasil Pengujian Santan

Dilihat dari wujud fisik bubuk santan hasil pengujian diatas, dapat dikatakan secara prinsip kerja mesin sudah dapat dikatakan bahwa hasil yang didapat dari proses pengeringan pada mesin pembuat santan kering dengan menggunakan prinsip pengeringan beku (*freezing drying*) ini sudah sesuai dengan apa yang diharapkan, namun belum lagi diperoleh santan kering yang siap dipasarkan ke masyarakat. Kadar air pada santan hasil pengeringan masih mengandung kadar air.

Hasil pengamatan dan analisa tim penelitian hal ini disebabkan oleh proses pemakuman yang belum sempurna. Diameter pipa tembaga untuk saluran pemakuman masih kecil, sehingga saat proses pemakuman yang dilakukan

kandungan air dalam ruangan pengering tidak terhisap semuanya oleh pompa vakum. Selain itu dari hasil analisa tim, daya pompa vakum yang digunakan juga kecil yakni  $\frac{1}{4}$  HP. Dari kondisi di atas, maka untuk kedepannya disarankan untuk menggunakan pipa saluran pemukiman berdiameter lebih besar dan pompa vakum dengan daya 1 HP agar kandungan air yang tersimpan dalam serat santan dapat terhisap semuanya keluar ruangan oleh pompa vakum dan santan kering yang dihasilkan betul-betul kering.

## 5.2. Uji Unjuk Kerja Mesin Pembuat Santan Kering

Seperti telah disebutkan di atas bahwa pengujian terhadap unjuk kerja mesin pengering dilakukan dengan beberapa variasi yaitu pengujian kosong dan pengujian berisi santan basah dengan settingan thermostate 4 dan 6.. Hal ini dimaksudkan untuk mencari variasi pengujian mana yang lebih baik terhadap karakteristik dan distribusi pendinginannya dalam ruang pengering (*drying chamber*). Variasi pengujian dibedakan atas settingan thermostate 4 dan 6. Tiap settingan dilakukan untuk pengujian kosong dan berisi santan kelapa dalam, kelapa genyah dan kelapa hybrida. Waktu yang dibutuhkan satu kali variasi pengujian adalah 180 menit.

Dari variasi yang demikian diperoleh data hasil pengujian, lalu data ini dilengkapi dan diolah sedemikian rupa dengan menggunakan berbagai persamaan pada bab Tinjau Pustaka dan diagram psikrometrik sehingga diperoleh 8 tabel data hasil pengujian (data hasil pengujian dan pengolahan dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran D).

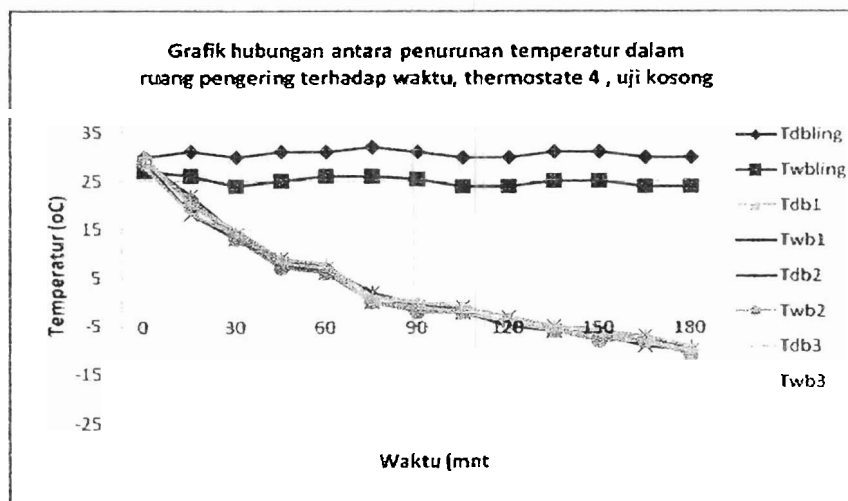


### 5.2.1. Laju Penurunan Temperatur Dalam Ruang Pengering

Laju penurunan temperatur dalam ruang pengering dipengaruhi oleh banyak faktor; diantaranya adalah beban pendinginan dari santan yang akan dikeringkan, lampu dan beban pendinginan dari panas lingkungan yang masuk ke dalam ruang pengering dan daya mesin pendingin yang digunakan.

#### a. Pengujian Kosong Settingan Thermostate 4 dan 6

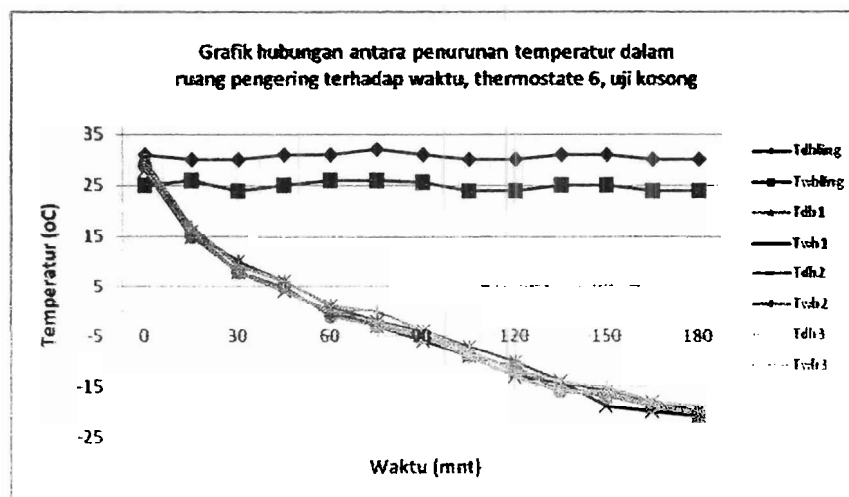
Pada pengujian kosong pada settingan thermsotate 4 terlihat laju penurunan temperatur cukup signifikan pada awal-awal pengujian. Namun setelah mendekati temperatur anomali air sekita  $4^{\circ}\text{C}$  terjadi perlambatan laju penurunan temperatur. Pada setingan thermostate 6 laju penuruan temperatur dalam ruang pengering terlihat lebih cepat dari settingan thermsotate 4 terutama pada awal-awal proses pengeringan. Hal ini dapat dimaklumi, karena settingan 6 menghasilkan suplai udara dingin dengan temperatur yang lebih rendah dari mesin pendingin. Capaian temperatur terendah dalam ruang pengering yang dapat dicapai oleh mesin pendingin pada settingan thermostate 4 adalah  $-10^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 5.2. Laju penurunan temperatur dalam ruang pengering pada settingan thermostate 4 dan pengujian kosong.

Capaian temperatur  $-10^{\circ}\text{C}$  dalam ruangan pendingin pada settingan thermsotate 4 pada prinsipnya secara teori sudah cukup untuk membekukan santan basah yang akan dikeringkan dalam ruang pendingin dengan sistem *freezing drying*.

Pada gambar 5.2 terlihat laju penurunan temperatur dalam ruang pengering untuk settingan thermsotate 6 lebih cepat dibandingkan dengan settingan thermostate 4. Kemampuan mesin pendingin untuk mendinginkan udara suplai pada settingan thermsotate 6 lebih tinggi dari settingan 4. Dari data yang dihasilkan juga terlihat capaian temperatur terendah yang dapat dicapai juga berbeda yakni bisa mencapai  $-21^{\circ}\text{C}$ . Capaian temperatur  $-21^{\circ}\text{C}$  sangat ideal untuk membekukan santan basah sebelum divakum dan dipanaskan lagi untuk menghasilkan bubuk santan kering.



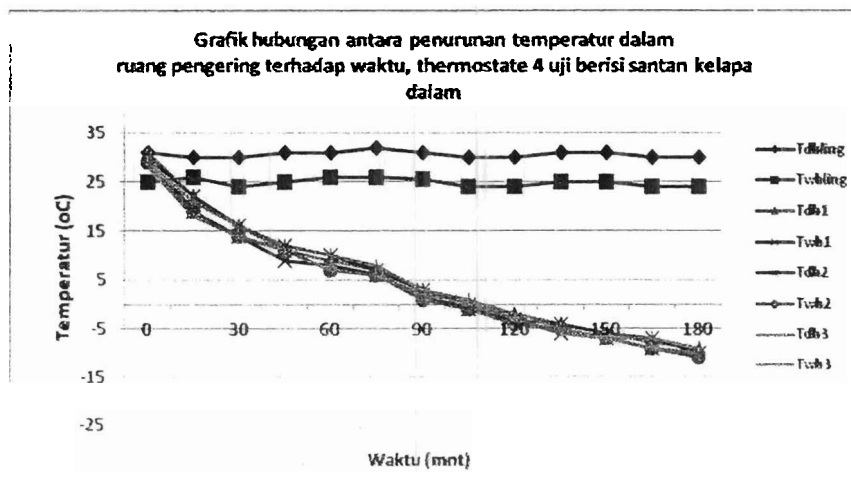
Gambar 5.3. Laju penurunan temperatur dalam ruang pengering pada settingan thermostate 6 dan pengujian kosong.

#### b. Pengujian Berisi Santan Kelapa Settingan Thermostate 4 dan 6

Santan kelapa yang dijadikan sampel pengujian adalah jenis kelapa dalam, kelapa genyah dan hybrida. Mengingat tidak terjadinya perbedaan yang signifikan laju penurunan temperatur dalam ruang pengering saat pengujian berisi

santan kelapa dalam, kelapa genyah dan kelapa hybrida serta untuk menyederhanakan laporan, maka grafik laju penurunan temperatur dalam ruang pengering yang ditampilkan dalam laporan ini hanya untuk dua jenis santan kelapa saja yaitu jenis kelapa dalam dan kelapa hybrida.

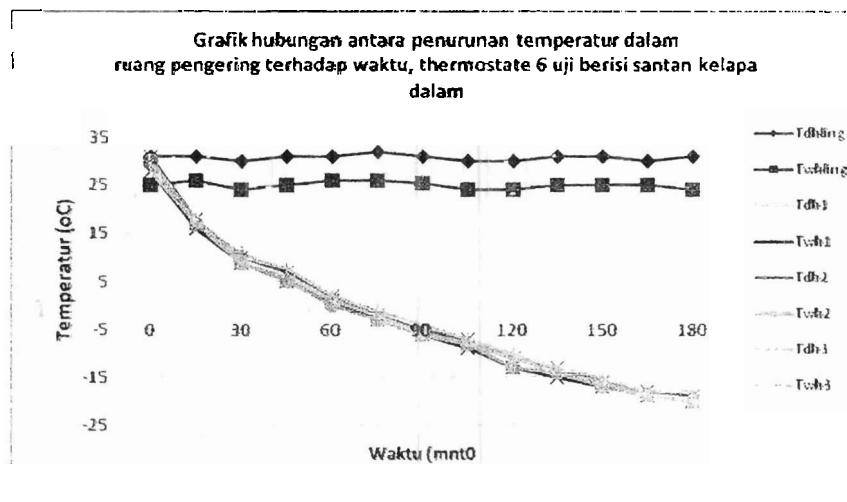
Laju penurunan temperatur ruang pemering pada pegujian dengan santan kelapa dalam untuk settingan thermostate 4 dan 6 dapat dilihat pada gambar 5.4 dan 5.6. Untuk settingan thermostate 4 pada pegujian berisi santan kelapa dalam terlihat terjadinya gejala yang sama dengan pengujian kosong. Pada pegujian ini laju penurunan temperatur lebih cepat pada awal-awal pengujian, setelah mendekati temperatur beku mulai laju penurunan temperatur melambat.



Gambar 5.4. Laju penurunan temperatur dalam ruang pengering pada settingan thermostate 4 dan pengujian berisi santan kelapa dalam.

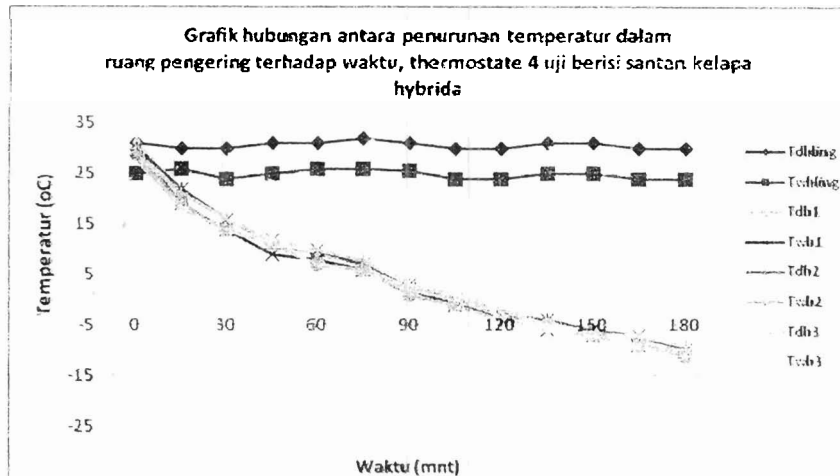
Begitu juga untuk settingan thermostate 6, gejala serupa dengan pengujian kosong saat settingan thermostate 6. Pada awal pengujian laju penurunan terlihat lebih cepat, setelah mendekati temperatur beku lajunya juga menurun. Hal ini diakibatkan oleh sifat zat apabila mendekati temperatur bekunya maka laju penurunan temperaturnya akan melambat. Capaian temperatur terendah yang

dapat dicapai dalam ruang pengering pada settingan thermostate 4 berkisar pada temperatur  $-9^{\circ}\text{C}$  dan untuk settingan thermostate 6 berkisar pada tempeartur  $-20^{\circ}\text{C}$ . Hanya sedikit lebih tinggi dari pengujian kosong berkisar  $1^{\circ}\text{C}$  hingga  $2^{\circ}\text{C}$ .

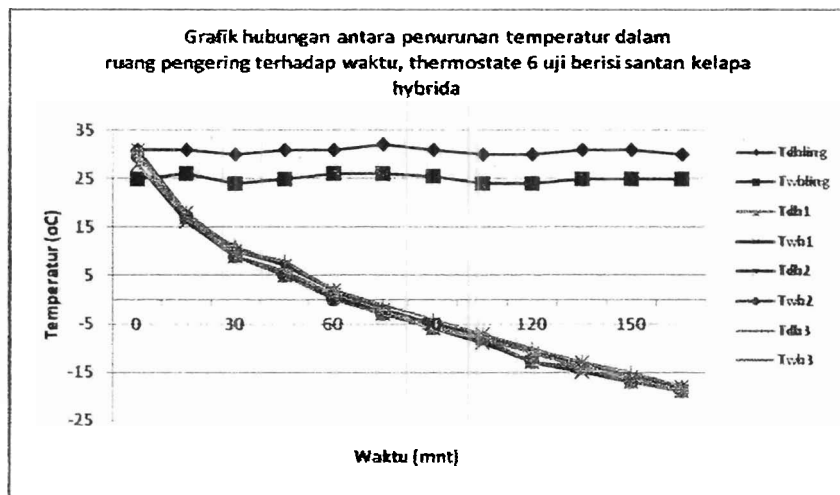


Gambar 5.5. Laju penurunan temperatur dalam ruang pengering pada settingan thermostate 6 dan pengujian berisi santan kelapa dalam.

Hal yang sama juga terjadi pada saat pengujian mesin pengering dengan menggunakan santan basah kelapa hybrida. Seperti terlihat pada gambar 5.6 dan 5.7 bahwa laju penurunan temperatur ruang pengering pada pengujian berisi santan kelapa hybrida pada awal-awal pengujian juga terjadi laju penurunan temperatur yang cukup signifikan baik untuk settingan thermostate 4 maupun 6. Akan tetapi setelah mendekati temperatur beku air berkisar  $0 - 4^{\circ}\text{C}$  terlihat terjadi pelambatan laju penurunan temperatur. Seperti yang telah diuraikan di atas bahwa hampir semua jenis benda mempunyai sifat mudah didinginkan pada temperaturnya masih jauh di atas temperatur beku, dan sangat sulit penurunan temperatur pada saat mendekati temperatur bekunya.



Gambar 5.6. Laju penurunan temperatur dalam ruang pengering pada settingan thermostate 4 dan pengujian berisi santan kelapa hybrida.



Gambar 5.7. Laju penurunan temperatur dalam ruang pengering pada settingan thermostate 6 dan pengujian berisi santan kelapa hybrida

Capaian temperatur terendah yang dapat dicapai oleh mesin pendingin pada settingan thermostate 4 pengujian berisi santan kelapa hybrida berkisar pada temperatur  $-9^{\circ}\text{C}$  dan untuk settingan thermostate 6 berkisar pada temperatur  $-20^{\circ}\text{C}$ . Dilihat dari grafik dan data di atas dapat dikatakan bahwa tidak terjadi

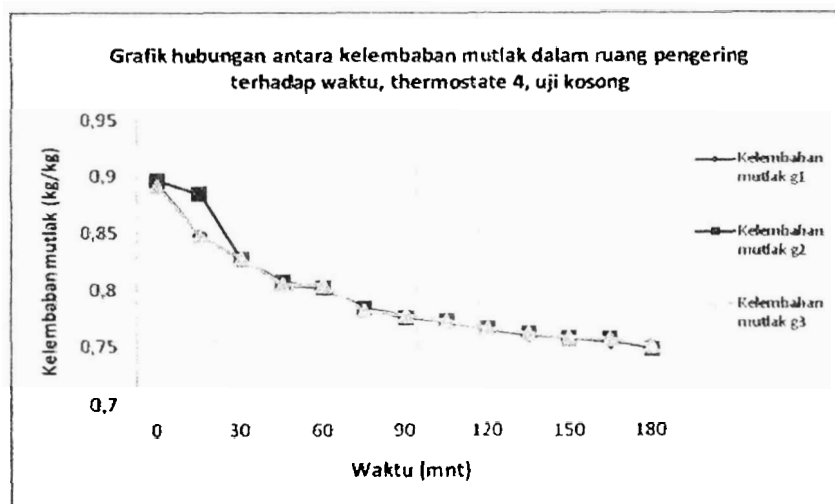
perbedaan laju penurunan temperatur yang signifikan pada saat pengujian berisi santan baik untuk santan kelapa dalam, kelapa genyah dan kelapa hybrida.

### 5.2.2. Laju Penurunan Kelembaban Udara Dalam Ruang Pengering

Laju penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering secara teori sebanding dengan laju penurunan temperatur dalam ruangan. Jika temperatur dalam ruang semakin rendah maka dapat dikatakan bahwa kandungan uap air di udara yang diukur kelembabannya tentu akan semakin berkurang. Karena hampir semua air akan membeku dan tersimpan pada serat-serat santan yang akan dikeringkan. Begitu pula jika uap air yang berada didekat-dekat dinding akan membeku di celah-celah dinding ruang pendingin.

#### a. Pengujian Kosong Settingan Thermostate 4 dan 6

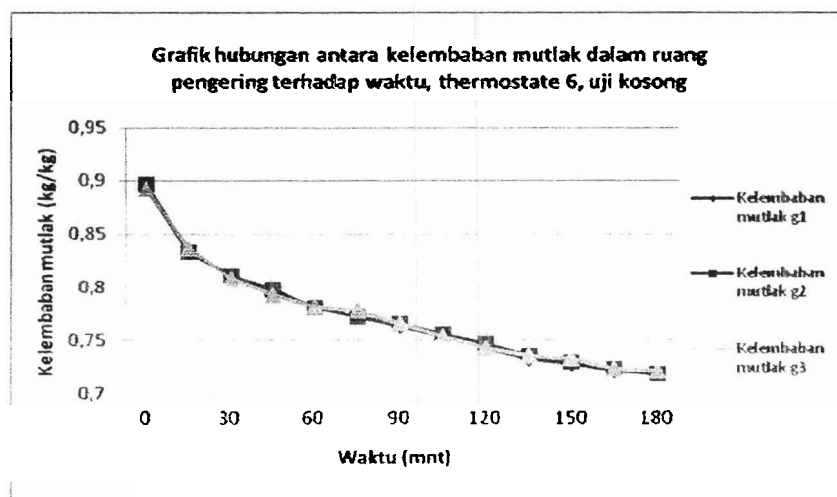
Pada pengujian kosong penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering terlihat sebanding dengan waktu pendinginan. Pada awal proses pendinginan rata-rata kelembaban udara dalam ruang pengering berkisar antara 0,89 kg/kg hingga 0,9 kg/kg. Setelah 180 menit proses pendinginan rata-rata



Gambar 5.8. Laju penurunan kelembaban (kg/kg) dalam ruang pengering pada settingan thermostate 4 dan pengujian kosong

kelembaban udara berkisar antara 0,74 kg/kg hingga 0,75 kg/kg. Artinya selama proses pembekuan terjadi pengurangan kelembaban udara lebih kurang 0,144 kg/kg. Dari hasil tersebut di atas masih terlihat bahwa penurunan kelembaban cukup baik.

Hal yang sama juga terlihat untuk settingan thermostate 6 pada pengujian kosong. Proses penurunan kelembaban udara juga terjadi cukup signifikan artinya mesin pendingin mampu membekukan kandungan air yang ada dalam ruang pengering dengan baik. Pada gambar 5.9 terlihat laju penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering selama proses pendinginan untuk settingan thermostate 6 pengujian kosong. Selama proses pendinginan telah terjadi penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering sekitar 0,175 kg/kg.

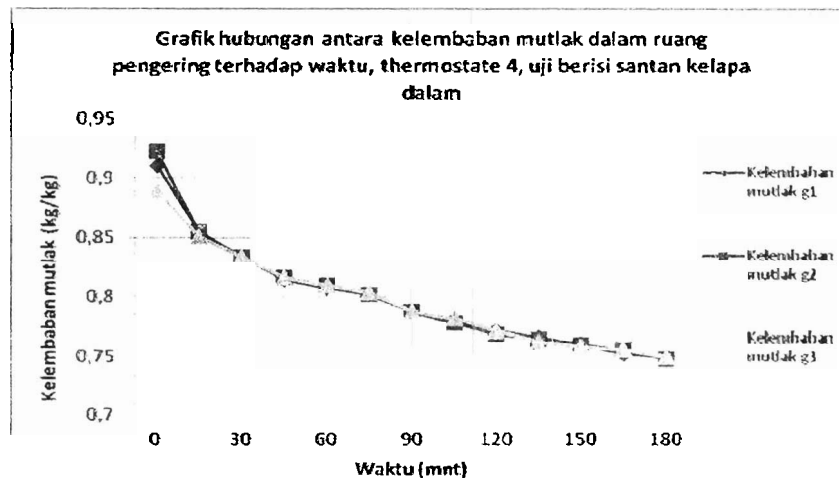


Gambar 5.9. Laju penurunan kelembaban (kg/kg) dalam ruang pengering pada settingan thermostate 6 dan pengujian kosong.

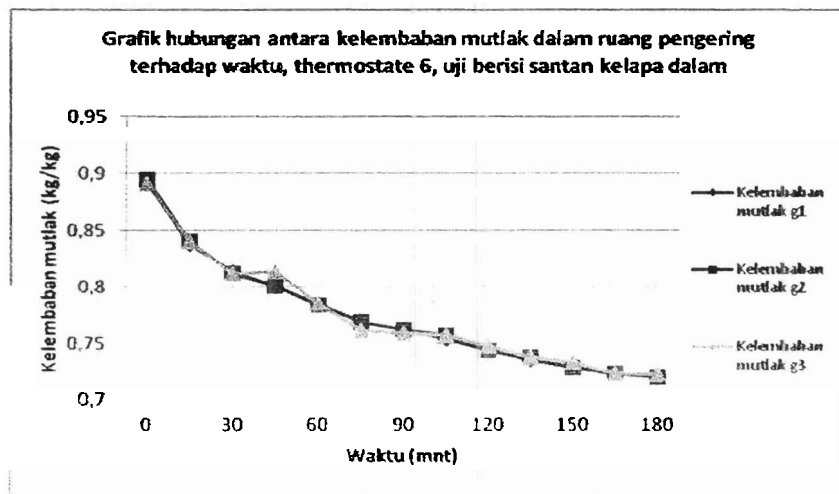
#### b. Pengujian Berisi Santan Kelapa Settingan Thermostate 4 dan 6

Laju penurunan kelembaban udara pada pengujian berisi santan kelapa dalam dan kelapa hybrida semestinya terjadi cukup besar mengingat santan mempunyai kandungan air yang banyak. Gambar 5.10 dan 5.11 memperlihatkan

laju penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering dengan settingan thermsotate 4 dan 6.



Gambar 5.10. Laju penurunan kelembaban (kg/kg) dalam ruang pengering pada settingan thermostate 4 dan pengujian berisi santan kelapa dalam.



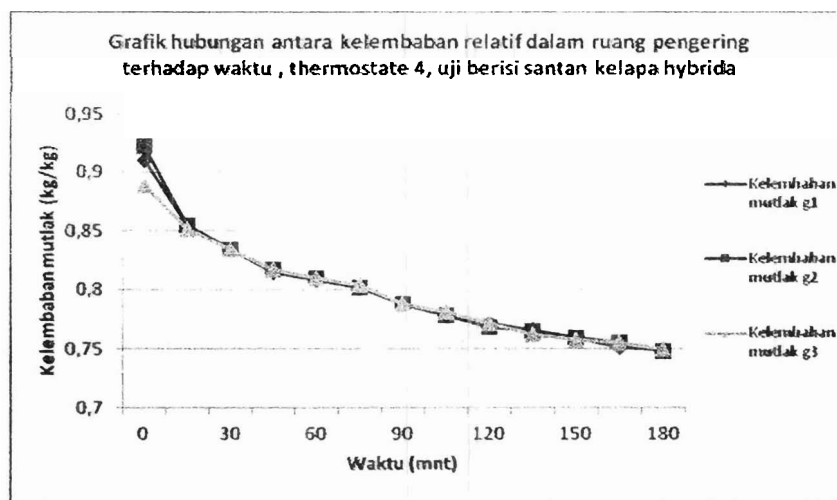
Gambar 5.11. Laju penurunan kelembaban (kg/kg) dalam ruang pengering pada settingan thermostate 6 dan pengujian berisi santan kelapa dalam.

Untuk settingan thermostate 4, dari data pengujian terlihat bahwa selama proses pengeringan terjadi penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering sekitar 0,157 kg/kg sedangkan untuk settingan thermostate 6 terjadi penurunan kelembaban udara dalam ruangan pengering bsekitar 0,171 kg/kg. Dari data



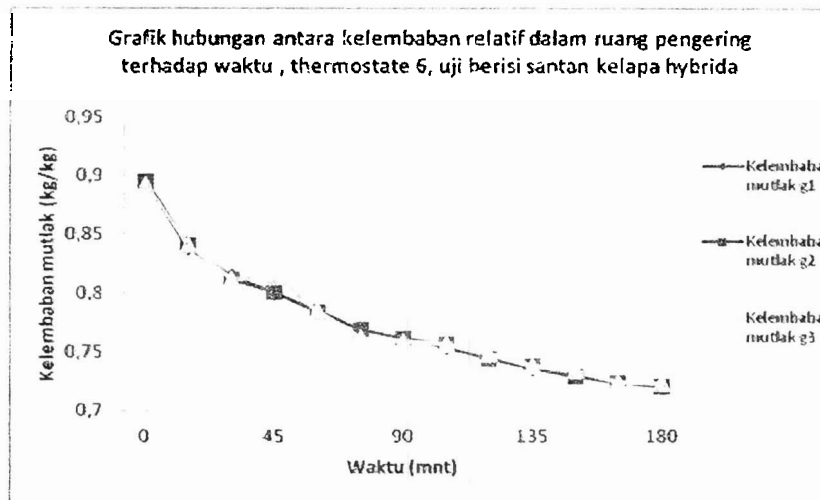
tersebut memang terlihat bahwa proses pemnghisapan kandungan air dalam santan dan ruangan pengering belum lagi terjadi secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh sistem pemakuman belum lagi bekerja secara optimal.

Hal yang sama juga terjadi pada proses pengujian berisi santan kelapa genyah dan kelapa hybrida. Gambar 5.12 dan 5.13 memperlihatkan laju penurunan kelembaban udara dalam ruang pengering pada pengujian dengan settingan thermostate 4 dan 6.



Gambar 5.12. Laju penurunan kelembaban (kg/kg) dalam ruang pengering pada settingan thermostate 4 dan pengujian berisi santan kelapa hybrida.

Dari hasil pengamatan dan analisa tim peneliti hal ini terjadi karena kinerja sistem pemakuman yang belum optimal, sehingga menyebabkan kandungan air dalam ruang pengering dan santan basah yang akan dikeringkan tidak terbuang ke luar ruangan secara baik. Hal ini yang menyebabkan bubuk santan yang dihasilkan dari proses pengeringan pada mesin pembuatan santan kering sistem *freezing drying* tidak kering secara sempurna.



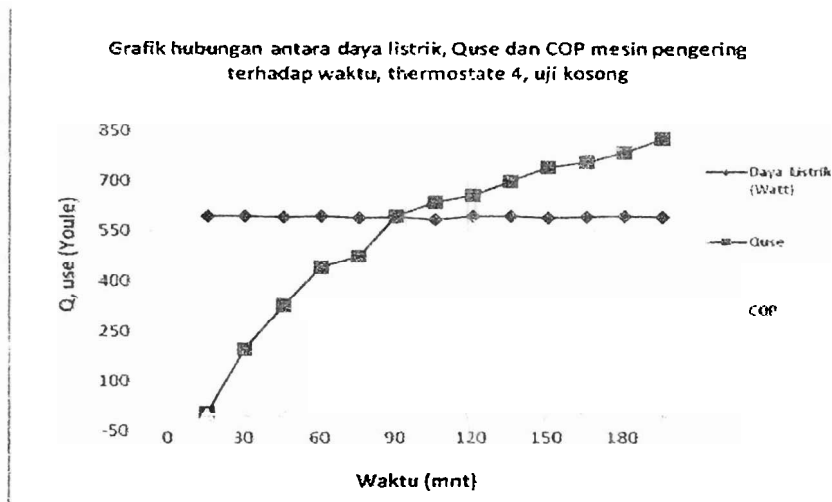
Gambar 5.13. Laju penurunan kelembaban (kg/kg) dalam ruang pengering pada settingan thermostate 6 dan pengujian berisi santan kelapa hybrida.

### 5.2.3. Hubungan Pemakaian Daya Listrik, $Q_{use}$ dan $COP$ Mesin Pendingin

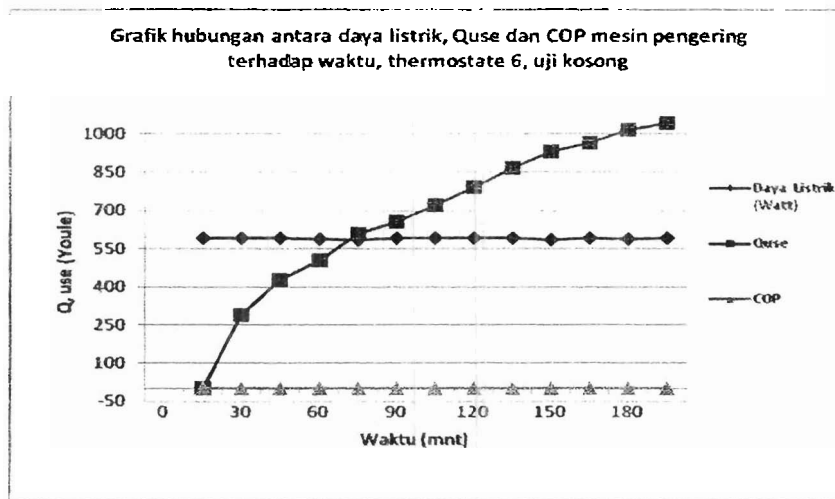
Besarnya daya listrik yang disuplai ke kompresor mesin pendingin seharusnya sebanding dengan banyaknya energi dingin yang dapat dimanfaatkan ( $Q_{use}$ ) dalam mendinginkan produk dalam ruang pengering. Perbandingan antara energi dingin dimanfaatkan ( $Q_{use}$ ) dengan daya listrik yang disuplai ke dalam mesin pendingin disebut dengan unjuk kerja (*coefficient of performance, COP*) dari mesin pendingin. Pada penelitian ini juga diamati dan diukur daya listrik yang disuplai ke mesin pendingin, dan energi dingin yang bisa dihasilkan oleh mesin pendingin dan dimanfaatkan oleh produk ( $Q_{use}$ ). Hal ini dilakukan dengan tujuan agar diketahui pula kinerja dari mesin pendingin secara keseluruhan.

#### a. Pengujian Kosong Settingan Thermostate 4 dan 6

Pada gambar 5.14 dan 5.15 terlihat hubungan daya listrik yang disuplai ke mesin pendingin, energi dingin yang dimanfaatkan oleh produk dan *coefficient of performance (COP)*.



Gambar 5.14. Hubungan pemakaian daya listrik, Q, use dan COP mesin pendinger terhadap waktu pada settingan thermostate 4 dan pengujian kosong



Gambar 5.15. Hubungan pemakaian daya listrik, Q, use dan COP mesin pendinger terhadap waktu pada settingan thermostate 6 dan pengujian kosong

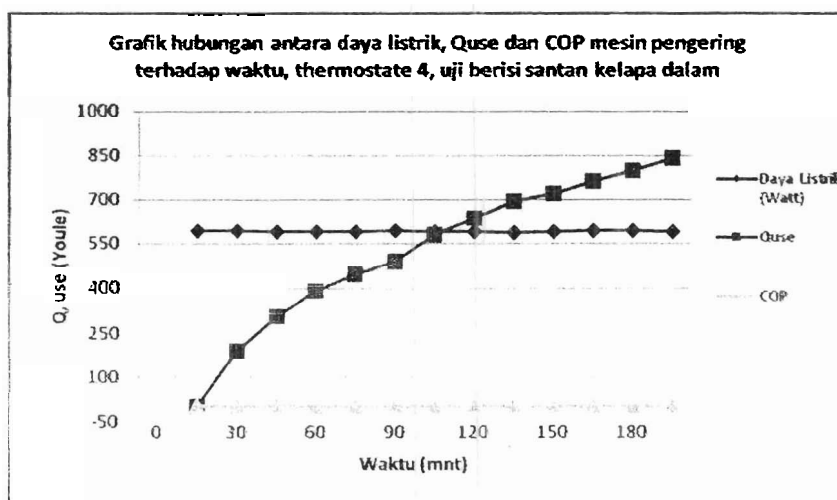
Dari gambar 5.14 dan 5.15 terlihat bahwa suplai daya listrik ke dalam mesin pendingin relatif stabil yakni kisaran 586 Watt hingga 594 Watt, sedangkan energi dingin yang dimanfaatkan sangat bervariasi sesuai dengan laju penurunan temperatur udara dalam ruang pendinger. Pada awal pendinginan relatif kecil dan semakin lama semakin tinggi. Semakin tinggi energi dingin yang

dapat dihasilkan oleh mesin pendingin, maka semakin tinggi pula nilai *oefficient of performance (COP)* mesin pendingin.

Nilai *coefficient of performance (COP)* tertinggi pada settingan thermostate 4 pada pengujian kosong adalah 1,4 sedangkan untuk settingan thermostate 6 adalah 1,8. Hal yang sama juga terjadi pada pengujian berisi santan basah kelapa dalam dan kelapa hybrida.

#### b. Pengujian Berisi Santan Kelapa Settingan Thermostate 4 dan 6

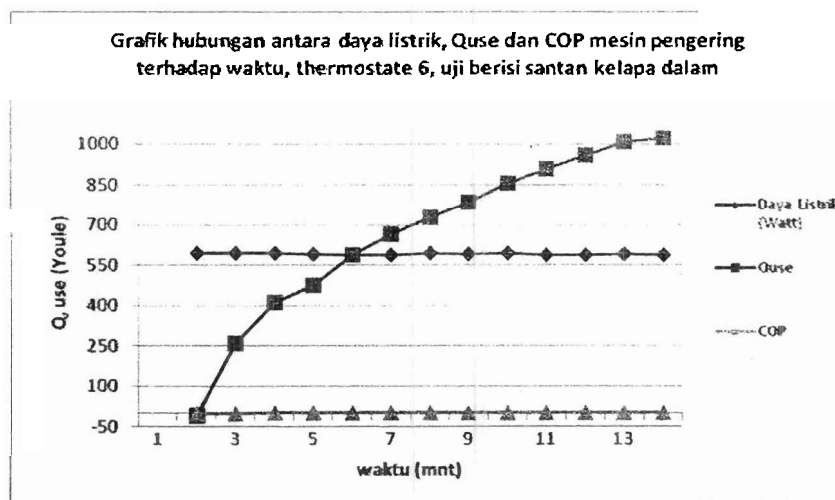
Grafik hubungan antara daya listrik yang disuplai ke mesin pendingin, energi dingin yang dimanfaatkan oleh produk dan *coefficient of performance (COP)* pada pengujian berisi santan kelapa dalam dan kelapa hibrida pada pengujian dengan settingan thermostate 4 dan 6 berisi santan kelapa dalam dan hybrida dapat dilihat pada gambar 5. 16, 5.17, 5.18 dan 5.19.



Gambar 5.16 Hubungan pemakaian daya listrik, Q, use dan COP mesin pengering terhadap waktu pada settingan thermostate 4 dan pengujian berisi santan kelapa dalam

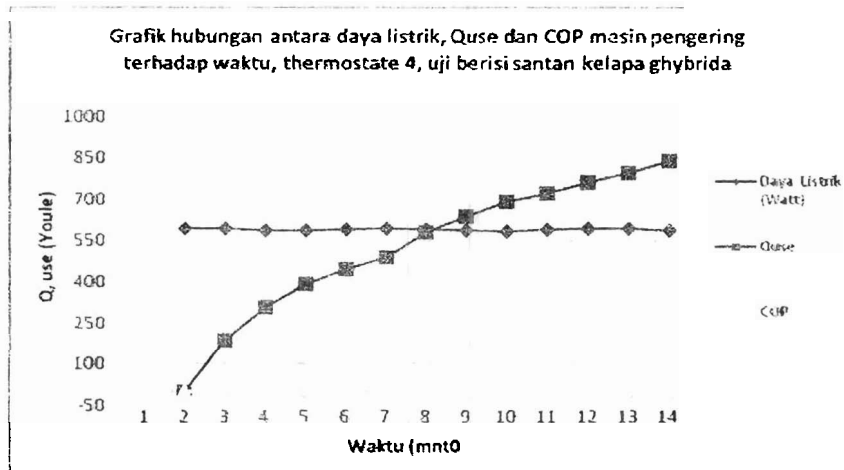
Pada pengujian settingan thermostate 4 untuk baik untuk pengujian berisi santan kelapa dalam maupun kelapa hybrida memperlihatkan gejala yang hampir sama. Rata-rata daya listrik yang disuplai ke dalam mesin pendingin adalah 586

Watt hingga 594 Watt. Energi dingin maksimum yang dapat dimanfaatkan oleh produk santan adalah sekitar 840 J/dt baik oleh santan kelapa dalam maupun santan kelapa hybrida. Capaian kinerja mesin pendingin untuk pengujian berisi santan kelapa dalam dan kelapa hybrida (COP) adalah 1,4 seperti terlihat pada gambar 5.16 dan 5.18. Sedangkan untuk pengujian berisi santan kelapa dalam dan hybrida pada settingan thermostate 6, rata-rata daya listrik yang disuplai adalah pada kisaran antara 586 Watt hingga 594 Watt.

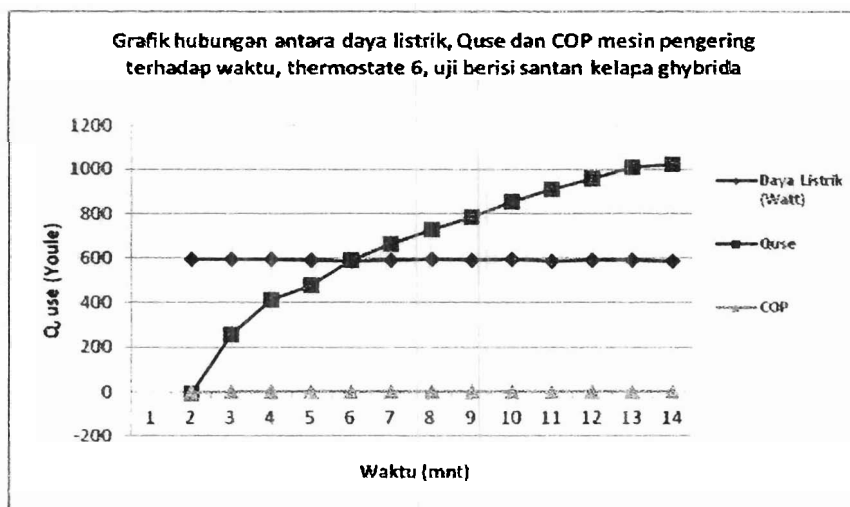


Gambar 5.17. Hubungan pemakaian daya listrik, Q<sub>use</sub> dan COP mesin pengering terhadap waktu pada settingan thermostate 6 dan pengujian berisi santan kelapa dalam

Pada gambar 5.17 dan 5.19 terlihat bahwa *coefficient of performance* (COP) maksimum yang dapat dicapai oleh pengujian settingan thermostate 6 untuk kedua santan jenis kelapa dalam dan hybrida adalah 1,7. Semakin besar nilai *coefficient of performance* (COP) suatu mesin pendingin maka semakin tinggi unjuk kerja mesin tersebut. COP idela sebuah mesin pendingin seharusnya lebih besar dari 2. Dalam pengujian ini COP mesin pendingin rata-rata yang didapatkan masih di bawah 2 berarti masih rendah dari kondisi ideal sebuah mesin pendingin.



Gambar 5.18. Hubungan pemakaian daya listrik, Q, use dan COP mesin pengering terhadap waktu pada settingan thermostate 4 dan pengujian berisi santan kelapa hybrida



Gambar 5.19. Hubungan pemakaian daya listrik, Q, use dan COP mesin pengering terhadap waktu pada settingan thermostate 6 dan pengujian berisi santan kelapa hybrida

Rendahnya nilai COP mesin pendingin yang didapatkan dari hasil pengujian ini menurut analisa tim penelitian dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah kemampuan produk menyerap dingin yang disuplai oleh mesin pendingin mungkin rendah, banyaknya energi dingin yang terbuang ke luar ruangan akibat adanya kebocoran energi dari ruang pengering hasil rancang bangun.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

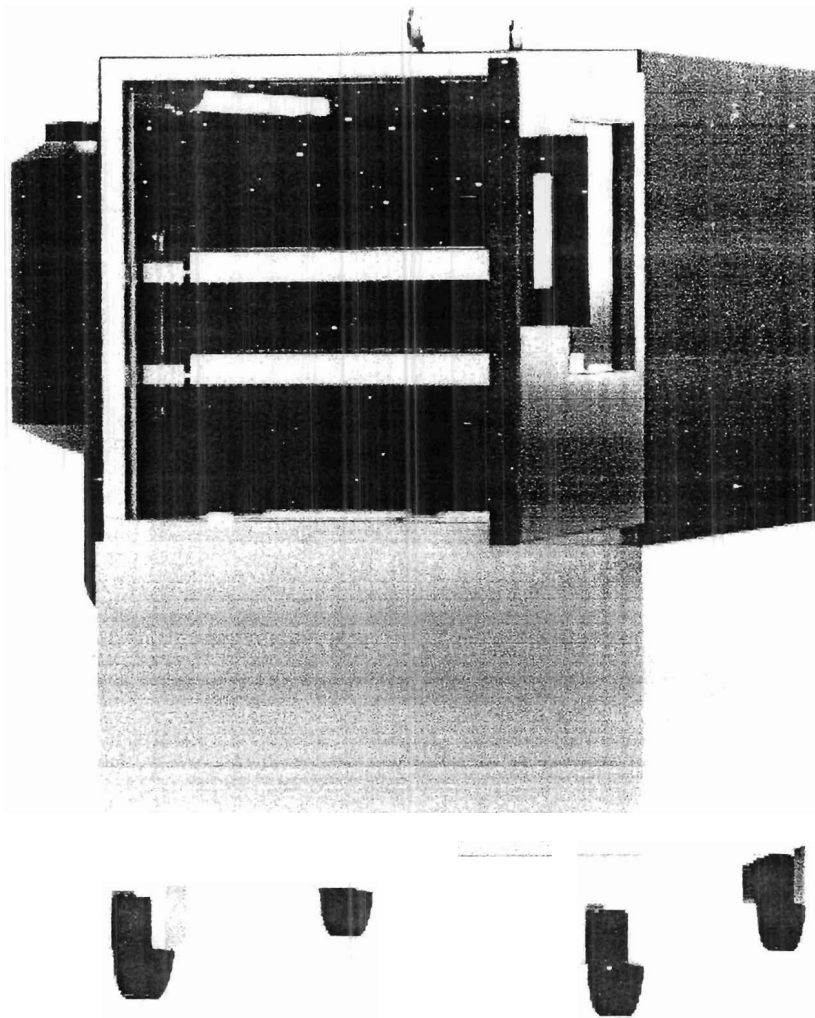
Dari hasil pengujian unjuk kerja, pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan pada mesin pembuat santan kering maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Secara teknis mesin pembuatan santan kering sistem *freezing drying* hasil rancang bangun dapat digunakan untuk pembuatan bubuk santan kering, hal ini terlihat dari capaian temperatur pembekuan produk hingga  $-21^{\circ}\text{C}$ . Tahap pembekuan merupakan tahap awal dari proses pengeringan sistem *freezing drying*.
2. Bubuk santan yang dihasilkan masih mengandung kadar air, hal ini disebabkan oleh kinerja sistem pemakuman belum berjalan secara optimal.
3. Evaporator mesin pendingin sebagai menyuplai udara dingin ke dalam ruang pengering cukup berfungsi dengan baik, akan tetapi evaporator juga penyumbang panas dalam ruang pengering.
4. Pemakaian diameter tembaga  $\frac{1}{2}$  inchi sebagai saluran pemakuman pada ruang pengering tidak cukup untuk mampu menghisap kandungan air yang ada dalam ruang pengering secara optimal.
5. Secara umum kinerja sistem pendingin pada mesin pembuat santan kering sistem *freezing drying* berlangsung cukup baik hal ini terlihat dari rata-rata COP berada pada kisaran 1,4 hingga 1,8 dan laju penurunan kelembaban dalam ruang pengering berkisar antara 0,144 kg/kg hingga 0,175 kg/kg.

## 6.2. Saran-Saran

1. Gunakan bahan untuk pembuatan mesin pengering yang mempunyai sifat-sifat teknis dan kimia yang baik; kuat, ringan, tidak mudah korosi dan secara estetika terlihat indah dan rapi.
2. Gunakan bahan untuk dinding ruang pengering dari bahan *stainlesssteel* dengan tebal di atas 2 mm agar ruang pengering tetap rigid saat proses pemakuman dilakukan.
3. Jangan gunakan bahan untuk dinding yang terbuat dari kaca, karena kaca bersifat getas dan mudah pecah disaat proses pemakumamn.
4. Gunakan pompa vakum yang berdaya besar dan diameter saluran untuk pemakuman yang juga besar agar saat proses pemakuman kandungan air dalam santan betul-betul terhisap keluar ruangan pengering secara optimal.
5. Hindari kebocoran-keocoran saat proses pembuatan ruang pengering, proses isolasi dan pemasangan dinding luar, agar energi dingin yang disuplai oleh mesin pendingin tidak banyak yang hilang.
6. Sebelum mesin pengering hasil rancang bangun ini digunakan untuk pengeringan santan basah disarankan terlebih dahulu dilakukan beberapa inovasi terutama pada sistem pemakuman, dan sistem pendinginan.
7. Lakukan uji klinis pada santan kering sebelum dikonsumsi oleh masyarakat.
8. Diharapkan adanya penelitian lanjutan agar betul-betul diperoleh mesin pengering sistem *freezing drying* yang dapat menghasilkan produk santan kering yang dapat dijual dan dikonsumsi oleh masyarakat.





***RANCANG BANGUN MESIN  
VACUM FREEZING DRYING***

skala

1 : 12

Digambar

Diperiksa

Disetujui

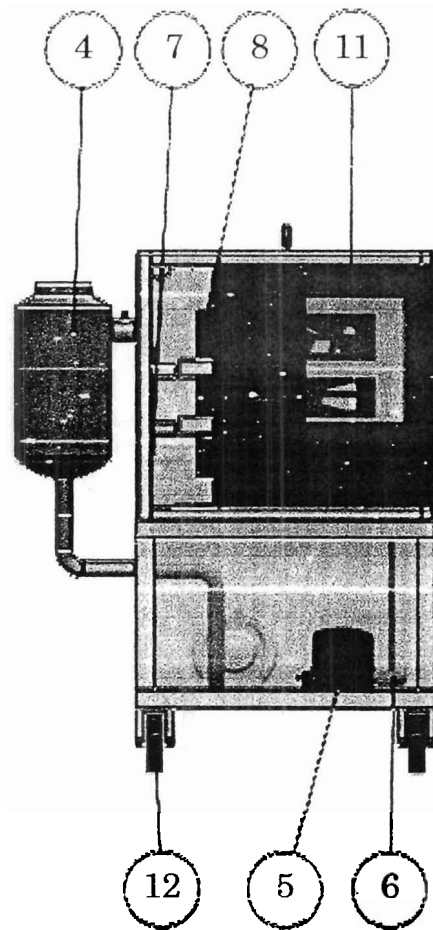
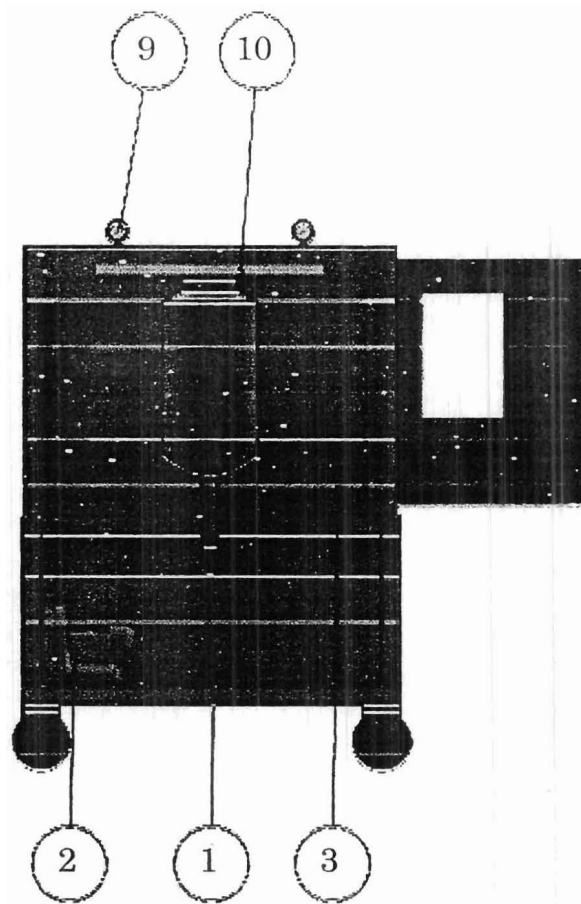
Dilihat

Noven.S

TEKNIK MESIN FT UNP

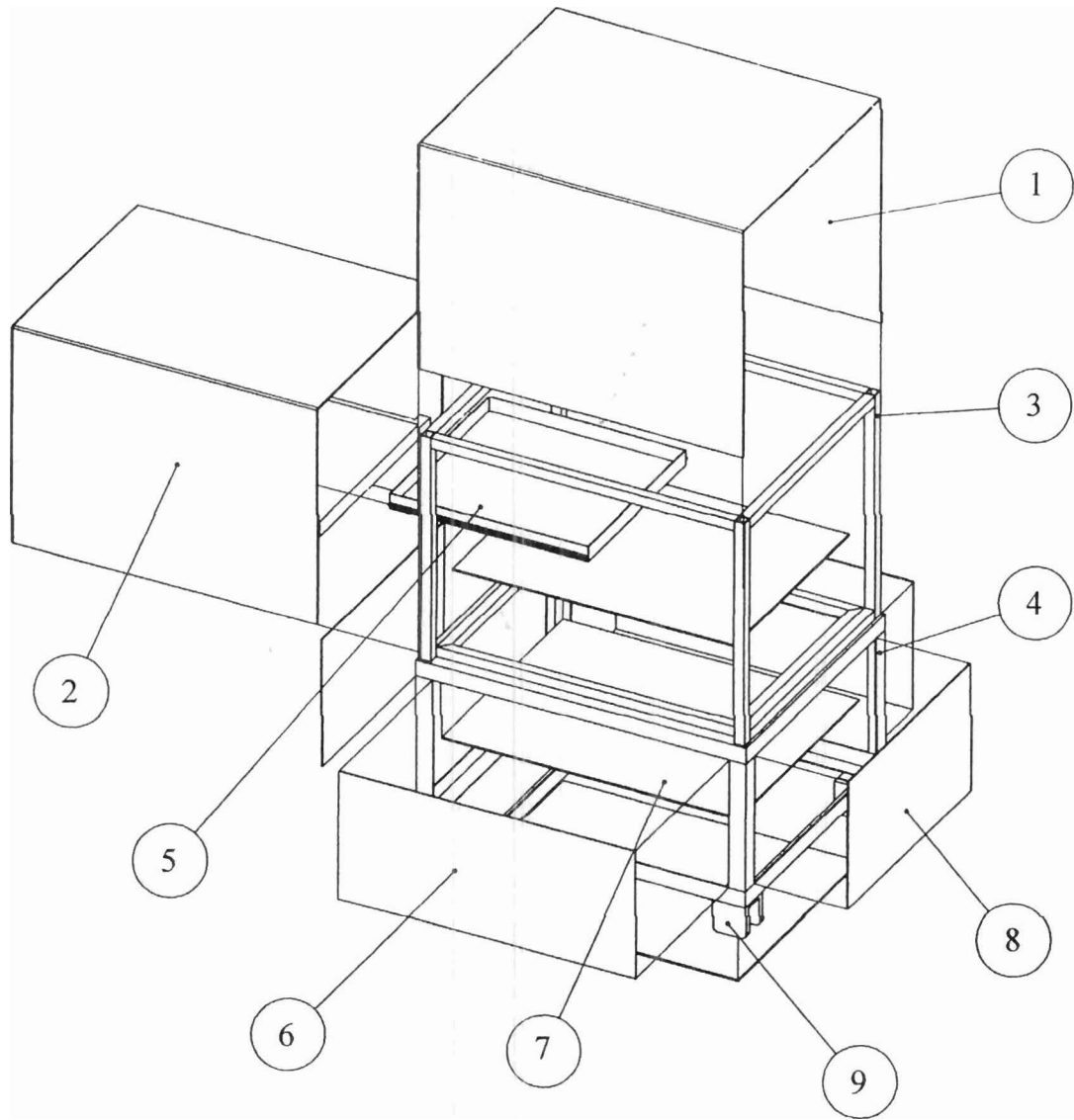
NO. 1/2012

A4



	4	Roda	12			Dibeli
	1	Pintu	11			Dibuat
	2	Lampu	10			Dibeli
	2	Pressure Gauge	9			Dibeli
	1	Fan	8			Dibeli
	1	Evaporator	7			Dibeli
	1	Katup Ekspansi	6			Dibeli
	1	Kompresor	5			Dibeli
	1	Tabung Vakum	4			Dibeli
	1	Kondensor	3			Dibuat
	1	Pompa Vakum	2			Dibeli
	1	Rangka	1			Dibuat

Jumlah	Nama Bagian	No. bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
<p><b>ASSEMBLY MESIN</b></p> <p>skala 1 : 20</p>					
				Digambar	Noven.S
				Diperiksa	
				Disetujui	
				Dilihat	
<b>TEKNIK MESIN FT UNP</b>			<b>NO. 2/2012</b>		<b>A4</b>

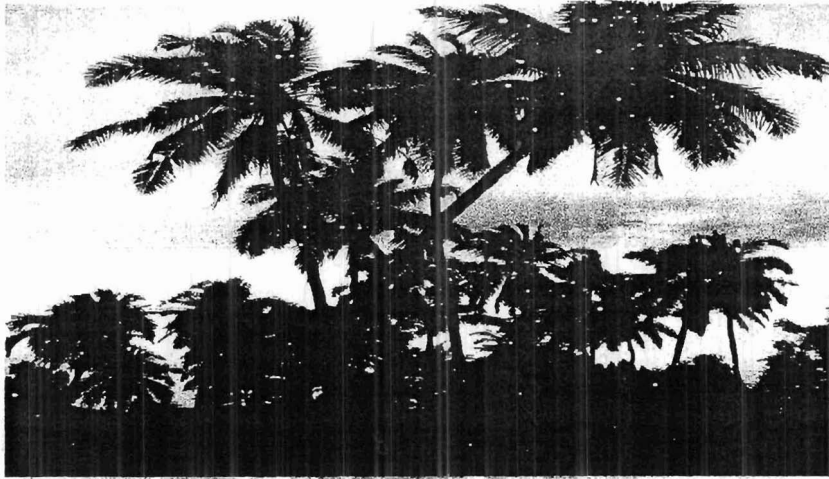


	4	Penyangga Roda	9			Dibuat
	2	Plat Depan Bawah	8			Dibuat
	3	Plat Penahan	7			Dibuat
	2	Plat samping Bawah	6			Dibuat
	2	Rak	5			Dibuat
	1	Rangka Bawah	4			Dibuat
	1	Rangka Atas	3			Dibuat
	1	Plat Dalam Atas	2			Dibuat
	1	Plat Luar Atas	1			Dibuat

Jumlah	Nama Bagian	No. bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
--------	-------------	---------	-------	--------	------------

<h1>ASSEMBLY RANGKA DAN CHAMBER</h1>		skala 1 : 20	Digambar	Noven.S
			Diperiksa	
			Disetujui	
			Dilihat	
TEKNIK MESIN FT UNP		NO. 2/10	A4	

**Lampiran B. Jenis-Jenis Kelapa, Buah Kelapa dan Santan Basah**



Gambar 1. Jenis Kelapa Dalam

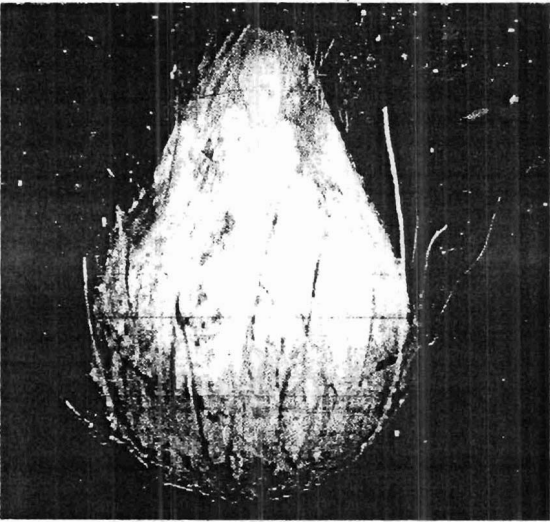


Gambar 2. Kelapa Genyah



Gambar 3. Kelapa Hybrida

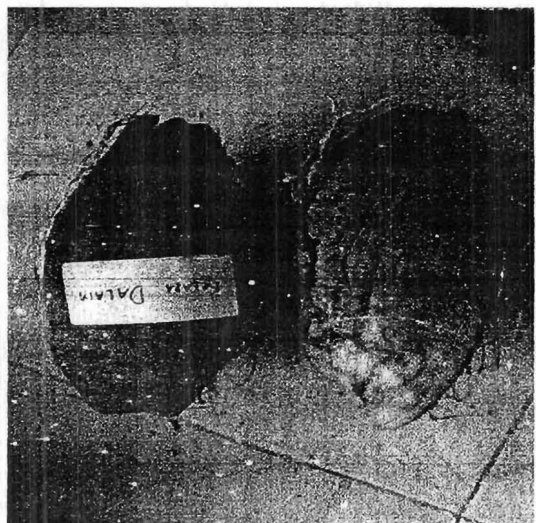
Gambar 3. Buah Kelapa Hibrida

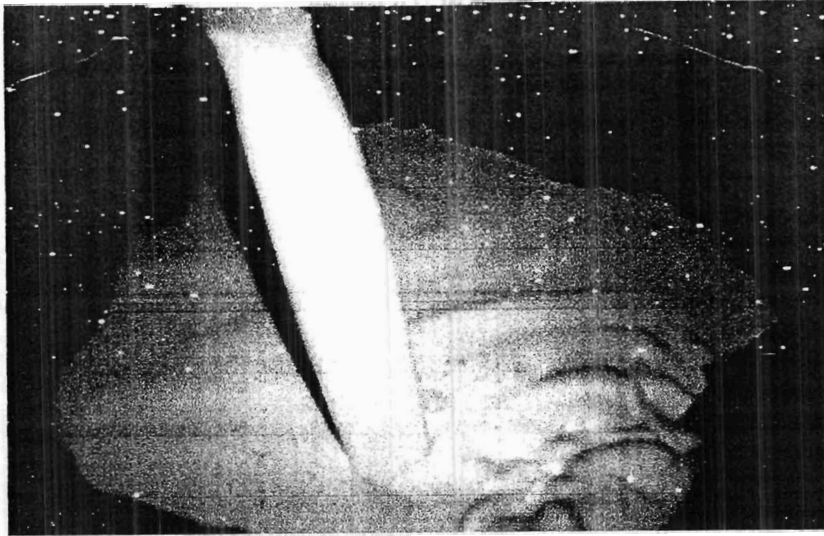


Gambar 4. Buah Kelapa Genyah

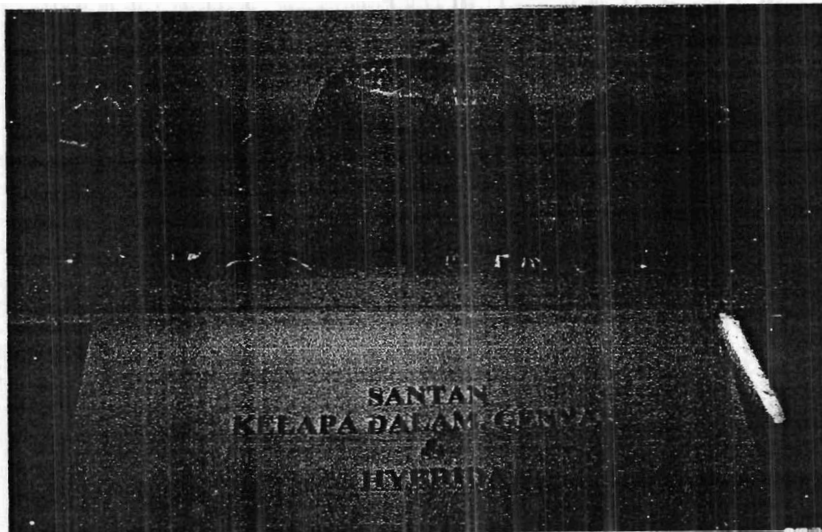


Gambar 3. Buah Kelapa Dalam





Gambar 3. Buah Kelapa Murni Yang Dibeli Di Pasaran



Gambar 4. Santan Kelapa Dalam, Genyah dan Hybrida

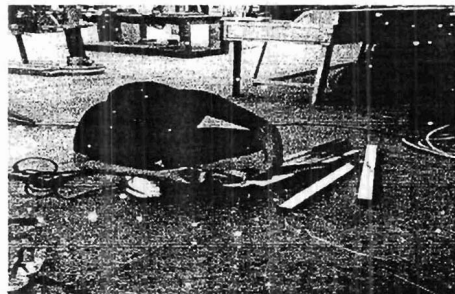
MILIK PERPUSTAKAAN  
UNIV. NEGERI PADANG



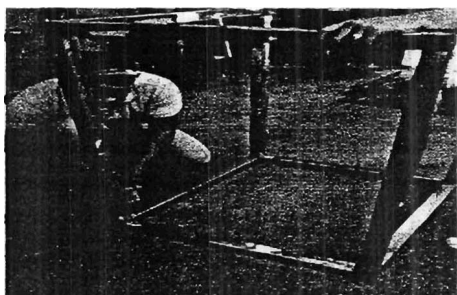
**DOKUMENTASI  
PROSES Pengerjaan**

**MESIN PEMBUATAN SANTAN KERING  
HB DIPA UNP 2012**

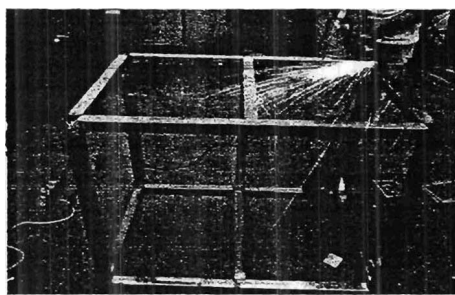
OLEH:  
**ARWIZET K., ST, MT & TIM  
HB DIPA UNP 2012**



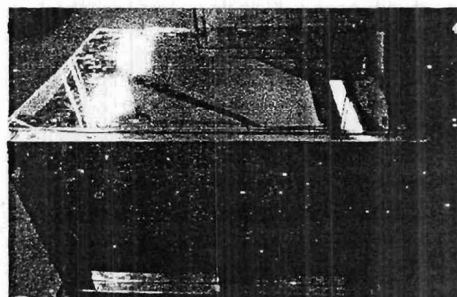
Gambar 1. Proses pembuatan rangka ruang pengering



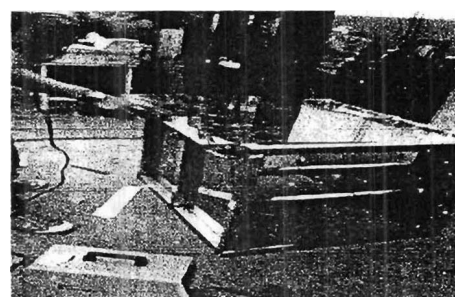
Gambar 2. Rangka ruang Sedang digerinda untuk finishing



Gambar 3. Rangka ruang pengering sudah selesai dirakit



Gambar 4. Rangka ruang pengering telah dilapisi dengan dinding dalam dari pelat *stainlesssteel*



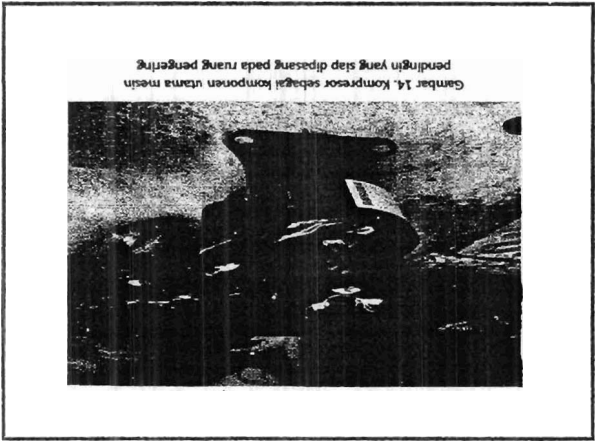
Gambar 5. Proses pemotongan pelat *stainlesssteel* untuk dinding luar



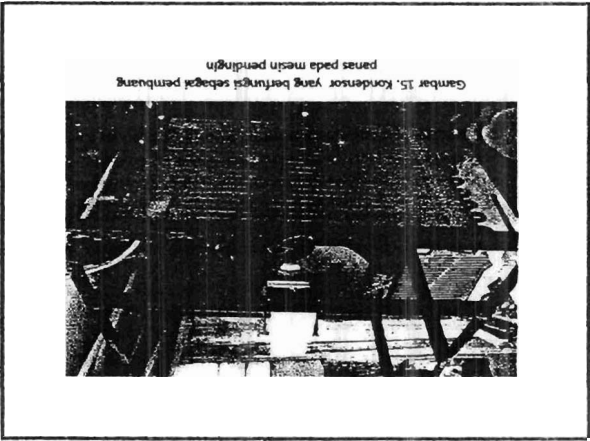
Gambar 16. Pemasangan fan pada mesin pendingin



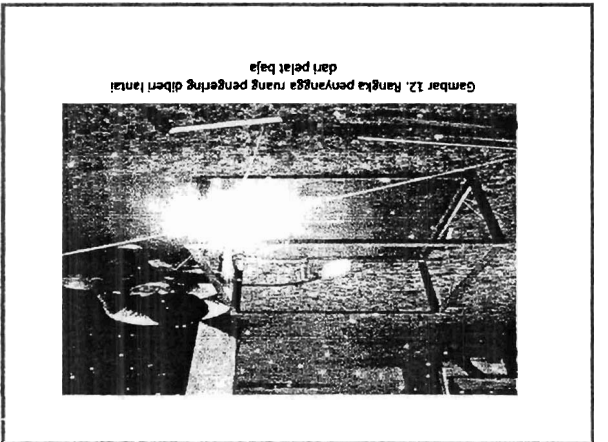
Gambar 17. Kondensor dan fan pendinginnya sudah terpasang dengan baik



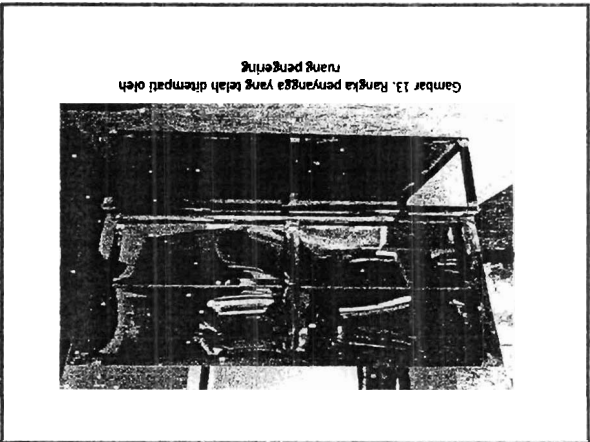
Gambar 14. Kompresor sebagai komponen utama mesin pendingin yang siap dipasang pada ruang pendingin



Gambar 15. Kondensor yang berfungsi sebagai pembuang panas pada mesin pendingin

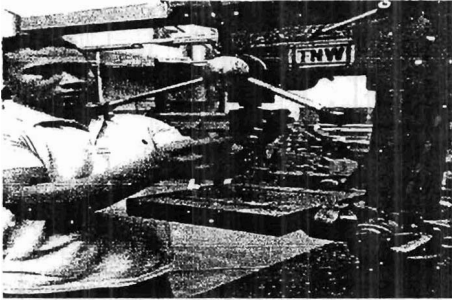


Gambar 12. Rangka penyangga ruang pendingin dibuat dari pelat baja

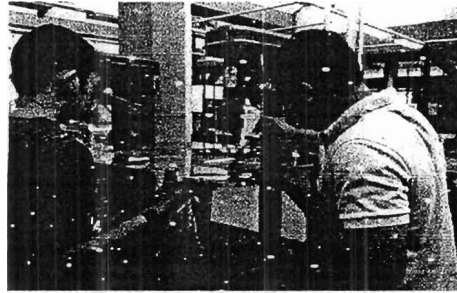


Gambar 13. Rangka penyangga yang telah ditempati oleh ruang pendingin

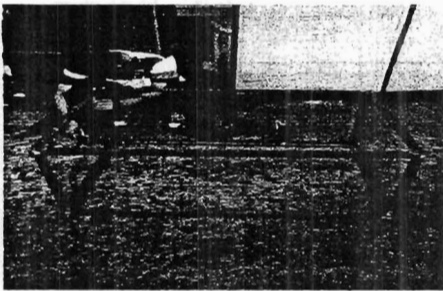




Gambar 6. Proses pengeboran untuk pembuatan lubang pada rangka ruang pengering



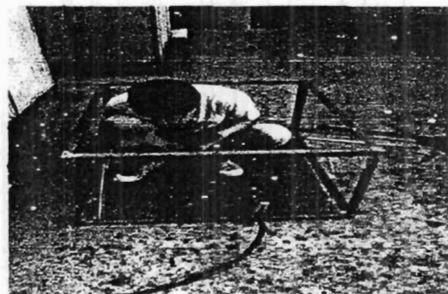
Gambar 7. Proses pengeboran untuk pembuatan lubang pada pelat dinding ruang pengering



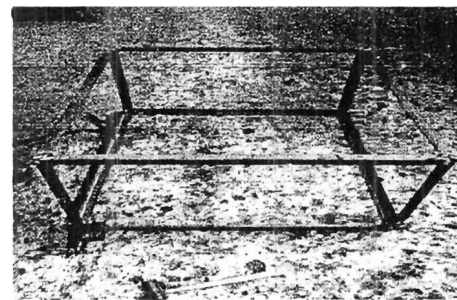
Gambar 8. Proses pembuatan rangka penyangga



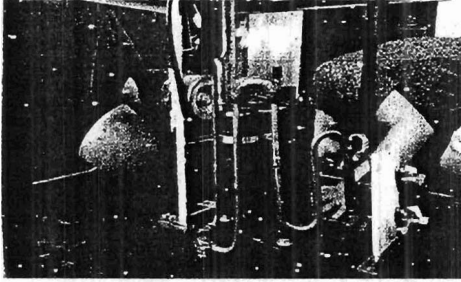
Gambar 9. Penggerindaan terhadap rangka penyangga



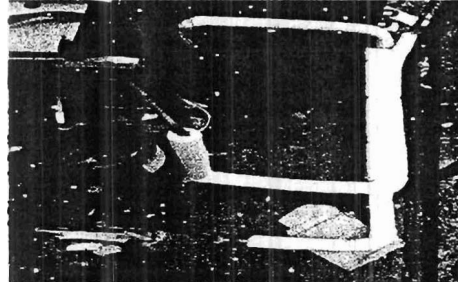
Gambar 10. Penggerindaan terhadap rangka penyangga



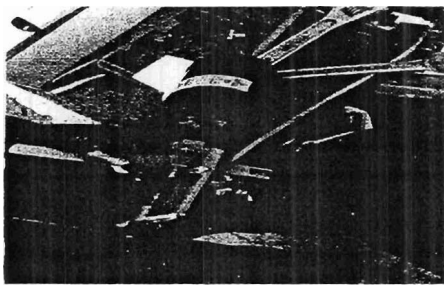
Gambar 11. Bentuk akhir dari rangka penyangga ruang pengering



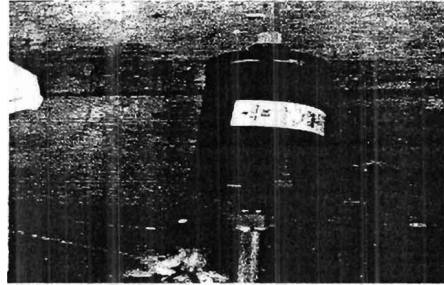
Gambar 18. Pemasangan kompresor pada sistem pendingin



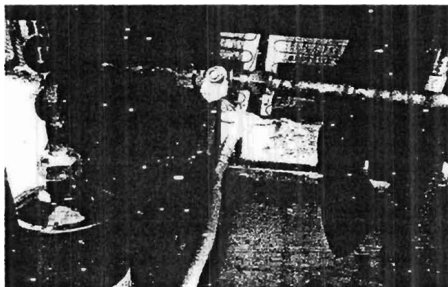
Gambar 19. Pemasangan pipa tembaga sebagai saluran refrigeran



Gambar 20. Merangkai tabung receiver 3 inci yang digunakan se sebagai penampung air keluar ruangan saat divakum



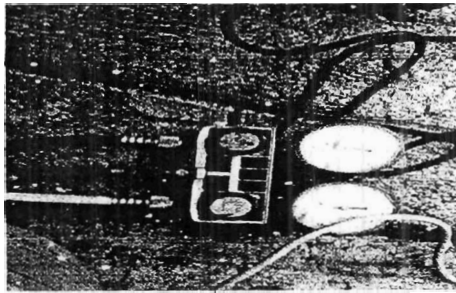
Gambar 21. Bentuk tabung penampung air yang dihisap dari ruang pengering setelah siap dirangkai



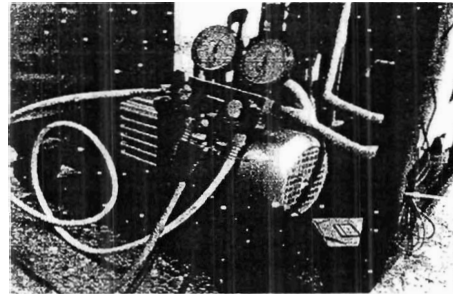
Gambar 22. Tabung receiver setelah disambung dengan pipa hisap pemakuman



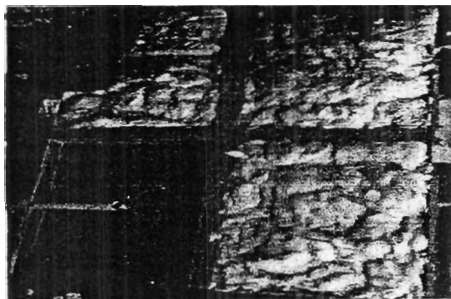
Gambar 23. Pompa vakum dan tabung freon



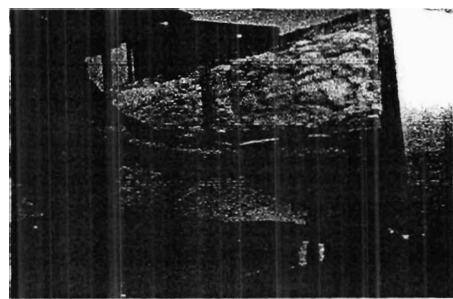
Gambar 24. System analyser (manifold)



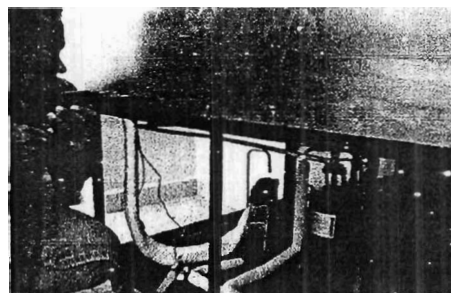
Gambar 25. Proses pengisian freon



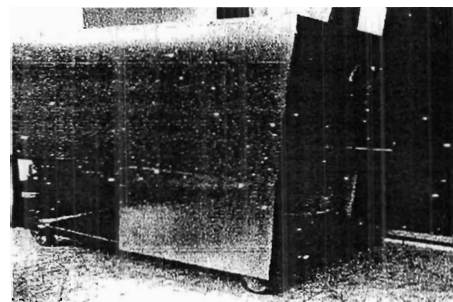
Gambar 26. Proses pengisolasian dinding ruang pengering dengan glasswool



Gambar 27. Pengisolasian dinding pada bagian lain



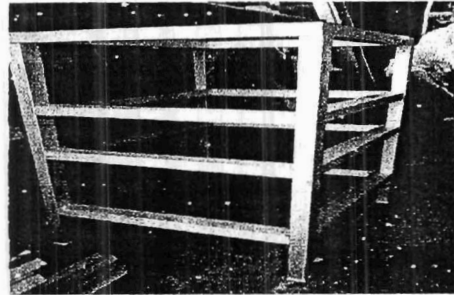
Gambar 28. Pemasangan dinding bagian luar setelah disolasi



Gambar 29. Bentuk mesin pengering setelah dilapisi dinding luar



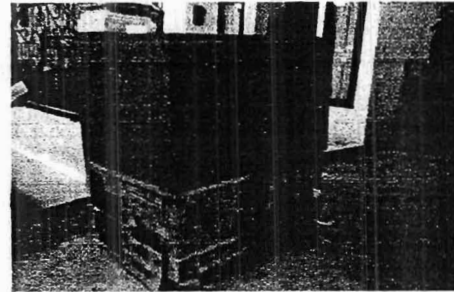
Gambar 30. Proses pembuatan rak pengering



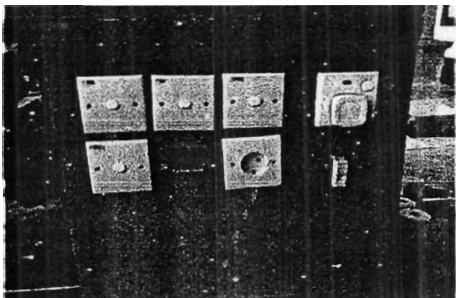
Gambar 31. Rak pengering yang telah selesai dibuat



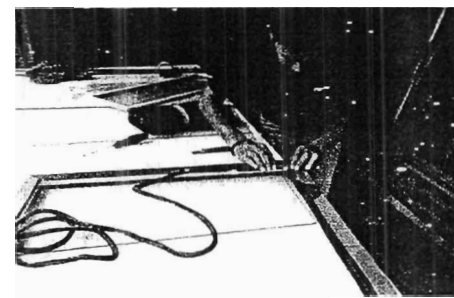
Gambar 32. Proses pengecatan ruang pengering mesin pembuatan santan kering



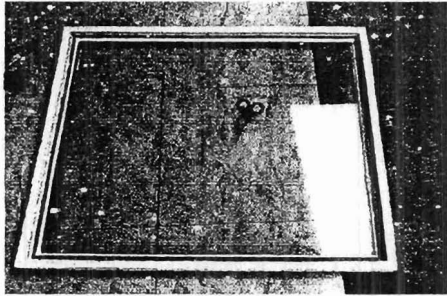
Gambar 33. Ruang pengering hampir selesai dicat warna orange



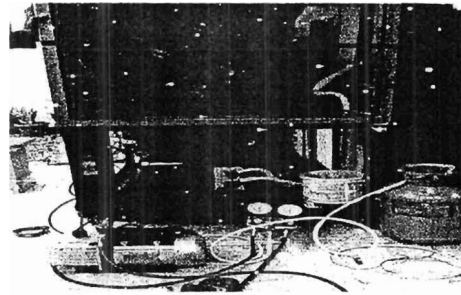
Gambar 34. Pemasangan kontrol panel pada mesin pembuatan santan kering



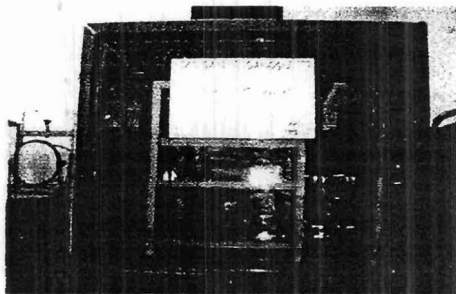
Gambar 35. Proses pembuatan pintu ruang pengering dari lapisan kaca tebal 10 mm



Gambar 36. Pintu ruang pengering selesai dibuat



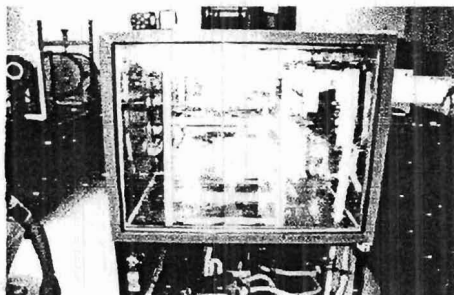
Gambar 37. Mesin pembuatan santan kering slap diuji coba



Gambar 38. Persiapan pengujian mesin pembuatan santan kering



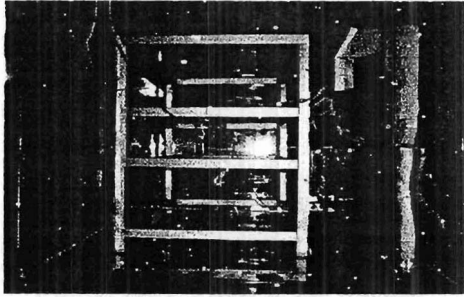
Gambar 39. Mesin pembuatan santan kering sedang pengujian kosong settingan thermostate 4



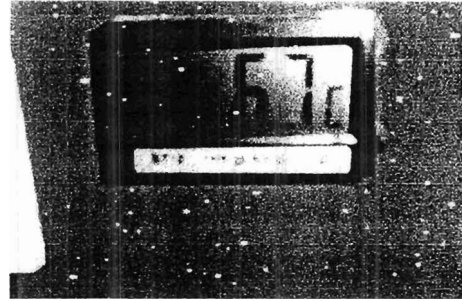
Gambar 40. Mesin pembuatan santan kering sedang pengujian kosong settingan thermostate 6



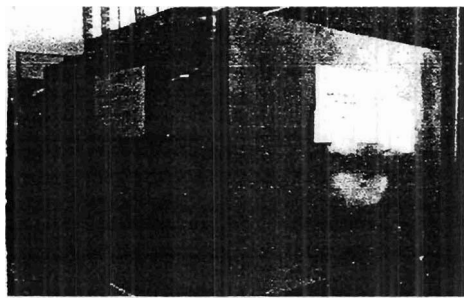
Gambar 41. Alat ukur temperatur thermometer digital yang digunakan saat uji coba



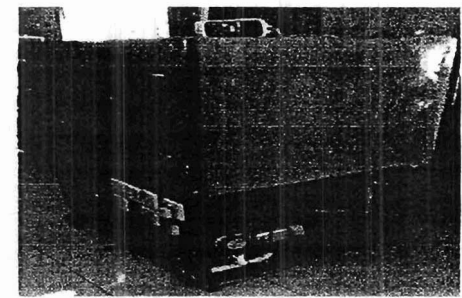
Gambar 42. Bentuk pemasangan alat ukur temperatur dan kelembaban saat uji coba dalam ruang pengering



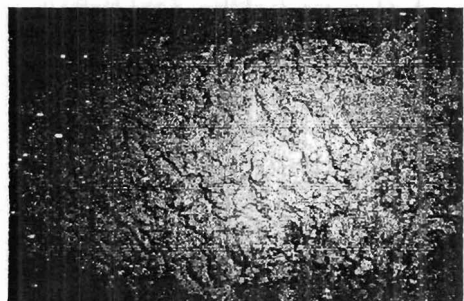
Gambar 43. Capaian temperatur yang terdokumentasi saat pengujian



Gambar 44. Pintu ruang pengering diganti dengan pelat baja setelah pintu kaca hancur akibat tidak tahan terhadap proses pemakuman



Gambar 45. Proses pengujian mesin pembuat santan kering setelah pintunya diganti dengan pelat baja



Gambar 46. Bentuk bubuk santan yang dihasilkan dari proses pengeringan pada mesin pembuatan santan kering hasil rancang bangun



### Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying*

Hari/Tgl : 14 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Kosong

Kondisi Cuaca Lingkungan : Cerah  
 Settingan Thermostate : 4

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruangan Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt	Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdbling	Twbling	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3				$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\gamma 1$	$\gamma 2$	$\gamma 3$					
0	30	27	30	29	29	29	30	28	29,7	28,7	0,3	95	89,5	89	0,894	0,897	0,892	220	3	594	7	0,0
15	31	26	20	18	22	21	20	18	20,7	19,0	9,3	88	95	88	0,848	0,885	0,848	220	3	594	196	0,3
30	30	24	14	13	14	13	15	14	14,3	13,3	15,7	100	100	94	0,827	0,827	0,828	219	3	591	329	0,6
45	31	25	9	8	9	7	9	8	9,0	7,7	21,0	100	87	100	0,805	0,807	0,805	220	3	594	441	0,7
60	31	26	7	6	7	6	8	7	7,3	6,3	22,7	95	95	96	0,802	0,802	0,805	218	3	589	476	0,8
75	32	26	2	0	2	0	1	0	1,7	0,0	28,3	80	80	85	0,784	0,784	0,781	219	3	591	595	1,0
90	31	25,5	0	-1	-1	-2	0	-1	-0,3	-1,3	30,3	93	90	93	0,778	0,775	0,778	217	3	586	637	1,1
105	30	24	-2	-2	-1	-2	-1	-2	-1,3	-2,0	31,3	100	100	100	0,772	0,773	0,773	220	3	594	658	1,1
120	30	24	-4	-5	-3	-4	-3	-4	-3,3	-4,3	33,3	90	100	100	0,765	0,766	0,766	220	3	594	700	1,2
135	31	25	-6	-6	-5	-6	-5	-6	-5,3	-6,0	35,3	100	95	95	0,76	0,762	0,762	218	3	589	742	1,3
150	31	25	-6	-7	-6	-8	-6	-7	-6,0	-7,3	36,0	97	80	97	0,759	0,758	0,759	219	3	591	756	1,3
165	30	24	-8	-9	-7	-8	-7	-8	-7,3	-8,3	37,3	100	99	99	0,754	0,757	0,757	220	3	594	784	1,3
180	30	24	-9	-10	-10	-11	-9	-10	-9,3	-10,3	39,3	98	93	98	0,751	0,748	0,751	219	3	591	826	1,4

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembabab mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti

Arwizet K., ST. MT

### Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying*

Hari/Tgl : 14 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Kosong

Kondisi Cuaca Lingkungan : Cerah  
 Settingan Thermostate : Maximum (6)

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruangan Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt	Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdbling	Twbling	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3				$\phi$ 1	$\phi$ 2	$\phi$ 3	$\gamma$ 1	$\gamma$ 2	$\gamma$ 3					
0	31	25	30	28	30	29	30	28	30	28,3	0,0	89	89,5	89	0,892	0,897	0,892	219	3	591	0	0,0
15	30	26	16	15	16	15	17	16	16,33	15,3	13,7	95	95	100	0,833	0,833	0,837	220	3	594	287	0,5
30	30	24	10	8	10	8	9	8	9,667	8,0	20,3	88	88	93	0,811	0,811	0,808	220	3	594	427	0,7
45	31	25	6	4	6	5	6	4	6	4,3	24,0	100	94	100	0,792	0,798	0,792	218	3	589	504	0,9
60	31	26	1	0	1	-1	1	0	1	-0,3	29,0	95	85	95	0,782	0,781	0,782	217	3	586	609	1,0
75	32	26	-2	-3	-2	-3	0	-2	-1,33	-2,7	31,3	90	90	85	0,772	0,772	0,778	219	3	591	658	1,1
90	31	25,5	-5	-6	-4	-5	-4	-5	-4,33	-5,3	34,3	100	90	90	0,763	0,766	0,766	220	3	594	721	1,2
105	30	24	-8	-9	-7	-9	-8	-9	-7,67	-9,0	37,7	89	85	89	0,753	0,756	0,753	220	3	594	791	1,3
120	30	24	-12	-13	-10	-11	-12	-13	-11,3	-12,3	41,3	92	89	92	0,742	0,747	0,742	219	3	591	868	1,5
135	31	25	-15	-14	-14	-16	-14	-16	-14,3	-15,3	44,3	90	85	85	0,732	0,735	0,735	217	3	586	931	1,6
150	31	25	-17	-19	-16	-17	-15	-16	-16	-17,3	46,0	83	87	92	0,727	0,729	0,733	220	3	594	966	1,6
165	30	24	-19	-20	-18	-19	-18	-19	-18,3	-19,3	48,3	98	96	92	0,721	0,723	0,723	218	3	589	1015	1,7
180	30	24	-20	-21	-20	-21	-19	-20	-19,7	-20,7	49,7	97	97	94	0,718	0,718	0,721	220	3	594	1043	1,8

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembaban mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti

Arwizet K., ST. MT



### Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying*

Hari/Tgl : 15 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Berisi Santan Kelapa Dalam

Kondisi Cuaca Lingkungan : Cerah  
 settingan Thermostate : 4

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruangan Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt	Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdbling	Twbling	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3				$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$					
0	31	25	31	30	30	29	29	28	30	29,0	0,0	94	93	94	0,91	0,922	0,889	220	3	594	0	0,0
15	30	26	22	19	22	19	21	18	21	18,7	9,0	83	83	83	0,855	0,855	0,851	220	3	594	189	0,3
30	30	24	16	14	16	14	16	14	15,33	14,0	14,7	88	88	88	0,834	0,834	0,834	218	3	589	308	0,5
45	31	25	11	9	12	11	12	11	11,33	10,3	18,7	89	82	82	0,815	0,817	0,817	218	3	589	392	0,7
60	31	26	9	8	10	7	10	7	8,667	7,3	21,3	93	83	83	0,808	0,81	0,81	219	3	591	448	0,8
75	32	26	7	6	7	6	8	6	6,667	6,0	23,3	95	95	90	0,802	0,802	0,804	220	3	594	490	0,8
90	31	25,5	3	2	3	1	3	2	2,333	1,7	27,7	94	85	94	0,788	0,788	0,788	219	3	591	581	1,0
105	30	24	0	-1	0	-1	1	0	-0,33	-0,7	30,3	92	92	100	0,778	0,778	0,782	218	3	589	637	1,1
120	30	24	-2	-3	-3	-4	-2	-3	-3	-3,3	33,0	92	92	92	0,772	0,769	0,772	217	3	586	693	1,2
135	31	25	-4	-6	-4	-5	-5	-6	-4,33	-5,7	34,3	90	93	94	0,766	0,765	0,762	219	3	591	721	1,2
150	31	25	-6	-7	-6	-7	-7	-7	-6,33	-7,0	36,3	95	95	100	0,76	0,76	0,758	220	3	594	763	1,3
165	30	24	-8	-9	-7	-9	-7	-9	-8	-9,0	38,0	94	93	93	0,752	0,756	0,756	220	3	594	798	1,3
180	30	24	-9	-10	-10	-11	-9	-10	-10	-10,3	40,0	97	98	97	0,75	0,748	0,75	218	3	589	840	1,4

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembabab mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti

Arwizet K., ST. MT

**Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying***

Hari/Tgl : 15 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Berisi Santan Kelapa Dalam

Kondisi Cuaca Lingkungan : Mendung  
 Settingan Thermostate : Maximum (6)

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruangan Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt	Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdblmg	Twblmg	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3				$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$					
0	31	25	30	28	31	30	30	28	30,33	0,667	-0,3	88	100	88	0,892	0,895	0,892	220	3	594	-7	0,0
15	31	26	17	16	18	17	18	17	17,67	13,33	12,3	94	93	93	0,838	0,841	0,841	220	3	594	259	0,4
30	30	24	11	9	10	9	10	9	10,33	19,67	19,7	89	94	94	0,814	0,812	0,812	220	3	594	413	0,7
45	31	25	7	5	7	5	8	6	7,333	23,67	22,7	88	88	87	0,801	0,801	0,814	219	3	591	476	0,8
60	31	26	2	1	2	0	2	1	2	29	28,0	93	85	93	0,785	0,784	0,785	217	3	586	588	1,0
75	32	26	-2	-3	-2	-3	-1	-2	-1,67	33,67	31,7	99	99	90	0,769	0,769	0,7616	218	3	589	665	1,1
90	31	25,5	-5	-6	-5	-6	-4	-6	-4,67	35,67	34,7	89	89	100	0,762	0,762	0,759	220	3	594	728	1,2
105	30	24	-8	-9	-7	-8	-7	-8	-7,33	37,33	37,3	99	94	94	0,754	0,757	0,757	219	3	591	784	1,3
120	30	24	-11	-13	-11	-13	-10	-11	-10,7	40,67	40,7	88	88	92	0,744	0,744	0,748	220	3	594	854	1,4
135	31	25	-14	-15	-13	-14	-13	-14	-13,3	44,33	43,3	89	87	87	0,736	0,738	0,738	217	3	586	910	1,6
150	31	25	-16	-17	-16	-17	-15	-16	-15,7	46,67	45,7	100	100	93	0,729	0,729	0,734	218	3	589	959	1,6
165	30	25	-18	-19	-18	-19	-18	-19	-18	48	48,0	82	82	82	0,724	0,724	0,724	219	3	591	1008	1,7
180	31	24	-19	-20	-19	-20	-18	-20	-18,7	49,67	48,7	86	86	82	0,721	0,721	0,723	217	3	586	1022	1,7

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembabab mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti

Arwizet K., ST. MT

### Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying*

Hari/Tgl : 16 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Berisi Santan Kelapa Genyah

Kondisi Cuaca Lingkungan : Mendung  
 Setingan Thermostate : 4

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruangan Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt	Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdbling	Twbling	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3				$\phi$ 1	$\phi$ 2	$\phi$ 3	$\gamma$ 1	$\gamma$ 2	$\gamma$ 3					
0	31	25	31	30	30	29	29	28	30	29,0	0,0	94	93	94	0,91	0,922	0,889	220	3	594	0	0,0
15	30	26	22	19	22	19	21	18	21	18,7	9,0	83	83	83	0,855	0,855	0,851	220	3	594	189	0,3
30	30	24	16	14	16	14	16	14	15,33	14,0	14,7	88	88	88	0,834	0,834	0,834	218	3	589	308	0,5
45	31	25	11	9	12	11	12	11	11,33	10,3	18,7	89	82	82	0,815	0,817	0,817	218	3	589	392	0,7
60	31	26	9	8	10	7	10	7	8,667	7,3	21,3	93	83	83	0,808	0,81	0,81	219	3	591	448	0,8
75	32	26	7	6	7	6	8	6	6,667	6,0	23,3	95	95	90	0,802	0,802	0,804	220	3	594	490	0,8
90	31	25,5	3	2	3	1	3	2	2,333	1,7	27,7	94	85	94	0,788	0,788	0,788	219	3	591	581	1,0
105	30	24	0	-1	0	-1	1	0	-0,33	-0,7	30,3	92	92	100	0,778	0,778	0,782	218	3	589	637	1,1
120	30	24	-2	-3	-3	-4	-2	-3	-3	-3,3	33,0	92	92	92	0,772	0,769	0,772	217	3	586	693	1,2
135	31	25	-4	-6	-4	-5	-5	-6	-4,33	-5,7	34,3	90	93	94	0,766	0,765	0,762	219	3	591	721	1,2
150	31	25	-6	-7	-6	-7	-7	-7	-6,33	-7,0	36,3	95	95	100	0,76	0,76	0,758	220	3	594	763	1,3
165	30	24	-8	-9	-7	-9	-7	-9	-8	-9,0	38,0	94	93	93	0,752	0,756	0,756	220	3	594	798	1,3
180	30	24	-9	-10	-10	-11	-9	-10	-10	-10,3	40,0	97	98	97	0,75	0,748	0,75	218	3	589	840	1,4

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembaban mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti

Arwizet K., ST. MT

### Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying*

Hari/Tgl : 16 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Berisi Santan Kelapa Genyah

Kondisi Cuaca Lingkungan : Mendung  
 Settingan Thermostate : Maximum (6)

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruangan Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt	Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdbling	Twbling	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3				$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$					
0	31	25	30	28	31	30	30	28	30,33	0,667	-0,3	88	100	88	0,892	0,895	0,892	220	3	594	-7	0,0
15	31	26	17	15	18	17	18	17	17,67	13,33	12,3	94	93	93	0,838	0,841	0,841	220	3	594	259	0,4
30	30	24	11	9	10	9	10	9	10,33	19,67	19,7	89	94	94	0,814	0,812	0,812	220	3	594	413	0,7
45	31	25	7	5	7	5	8	6	7,333	23,67	22,7	88	88	87	0,801	0,801	0,814	219	3	591	476	0,8
60	31	26	2	1	2	0	2	1	2	29	28,0	93	85	93	0,785	0,784	0,785	217	3	586	588	1,0
75	32	26	-2	-3	-2	-3	-1	-2	-1,67	33,67	31,7	99	99	90	0,769	0,769	0,7616	218	3	589	665	1,1
90	31	25,5	-5	-6	-5	-6	-4	-6	-4,67	35,67	34,7	89	89	100	0,762	0,762	0,759	220	3	594	728	1,2
105	30	24	-8	-9	-7	-8	-7	-8	-7,33	37,33	37,3	99	94	94	0,754	0,757	0,757	219	3	591	784	1,3
120	30	24	-11	-13	-11	-13	-10	-11	-10,7	40,67	40,7	88	88	92	0,744	0,744	0,748	220	3	594	854	1,4
135	31	25	-14	-15	-13	-14	-13	-14	-13,3	44,33	43,3	89	87	87	0,736	0,738	0,738	217	3	586	910	1,6
150	31	25	-16	-17	-16	-17	-15	-16	-15,7	46,67	45,7	100	100	93	0,729	0,729	0,734	218	3	589	959	1,6
165	30	25	-18	-19	-18	-19	-18	-19	-18	48	48,0	82	82	82	0,724	0,724	0,724	219	3	591	1008	1,7
180	31	24	-19	-20	-19	-20	-18	-20	-18,7	49,67	48,7	86	86	82	0,721	0,721	0,723	217	3	586	1022	1,7

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembabab mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti

Arwizet K., ST. MT

### Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem *Freezing Drying*

Hari/Tgl : 17 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Berisi Santan Kelapa Hybrida

Kondisi Cuaca Lingkungan : Cerah  
 Settingan Thermostate : 4

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruangan Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt	Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdbling	Twbling	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3				$\phi$ 1	$\phi$ 2	$\phi$ 3	$\gamma$ 1	$\gamma$ 2	$\gamma$ 3					
0	31	25	31	30	30	29	29	28	30	29,0	0,0	94	93	94	0,91	0,922	0,889	220	3	594	0	0,0
15	30	26	22	19	22	19	21	18	21	18,7	9,0	83	83	83	0,855	0,855	0,851	220	3	594	189	0,3
30	30	24	16	14	16	14	16	14	15,33	14,0	14,7	88	88	88	0,834	0,834	0,834	218	3	589	308	0,5
45	31	25	11	9	12	11	12	11	11,33	10,3	18,7	89	82	82	0,815	0,817	0,817	218	3	589	392	0,7
60	31	26	9	8	10	7	10	7	8,667	7,3	21,3	93	83	83	0,808	0,81	0,81	219	3	591	448	0,8
75	32	26	7	6	7	6	8	6	6,667	6,0	23,3	95	95	90	0,802	0,802	0,804	220	3	594	490	0,8
90	31	25,5	3	2	3	1	3	2	2,333	1,7	27,7	94	85	94	0,788	0,788	0,788	219	3	591	581	1,0
105	30	24	0	-1	0	-1	1	0	-0,33	-0,7	30,3	92	92	100	0,778	0,778	0,782	218	3	589	637	1,1
120	30	24	-2	-3	-3	-4	-2	-3	-3	-3,3	33,0	92	92	92	0,772	0,769	0,772	217	3	586	693	1,2
135	31	25	-4	-6	-4	-5	-5	-6	-4,33	-5,7	34,3	90	93	94	0,766	0,765	0,762	219	3	591	721	1,2
150	31	25	-6	-7	-6	-7	-7	-7	-6,33	-7,0	36,3	95	95	100	0,76	0,76	0,758	220	3	594	763	1,3
165	30	24	-8	-9	-7	-9	-7	-9	-8	-9,0	38,0	94	93	93	0,752	0,756	0,756	220	3	594	798	1,3
180	30	24	-9	-10	-10	-11	-9	-10	-10	-10,3	40,0	97	98	97	0,75	0,748	0,75	218	3	589	840	1,4

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembaban mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti

Arwizet K., ST. MT

### Data Hasil Pengujian Mesin Pembuatan Santan Kering Sistem Freezing Drying

Hari/Tgl : 17 Desember 2012  
 Penguji : Arwizet K  
 Kondisi Uji : Berisi Santan Kelapa Hybrida

Kondisi Cuaca Lingkungan : Cerah  
 Settingan Thermostate : Maximum (6)

Waktu (menit)	Temp. Lingk		Temperatur Ruang Pengering						Tdb-rt	Twb-rt	Tawal-Trt		Kel. Relatif udara ( $\phi$ )			Kel. Mutlak udara ( $\gamma$ )			Teg. Listrik (volt)	Kuat Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Quse	COP
	Tdbling	Twbling	Tdb1	Twb1	Tdb2	Twb2	Tdb3	Twb3			$\phi$ 1	$\phi$ 2	$\phi$ 3	$\gamma$ 1	$\gamma$ 2	$\gamma$ 3							
0	31	25	30	28	31	30	30	28	30,33	0,667	-0,3	88	100	88	0,892	0,895	0,892	220	3	594	-7	0,0	
15	31	26	17	16	18	17	18	17	17,67	13,33	12,3	94	93	93	0,838	0,841	0,841	220	3	594	259	0,4	
30	30	24	11	9	10	9	10	9	10,33	19,67	19,7	89	94	94	0,814	0,812	0,812	220	3	594	413	0,7	
45	31	25	7	5	7	5	8	6	7,333	23,67	22,7	88	88	87	0,801	0,801	0,814	219	3	591	476	0,8	
60	31	26	2	1	2	0	2	1	2	29	28,0	93	85	93	0,785	0,784	0,785	217	3	586	588	1,0	
75	32	26	-2	-3	-2	-3	-1	-2	-1,67	33,67	31,7	99	99	90	0,769	0,769	0,7616	218	3	589	665	1,1	
90	31	25,5	-5	-6	-5	-6	-4	-6	-4,67	35,67	34,7	89	89	100	0,762	0,762	0,759	220	3	594	728	1,2	
105	30	24	-8	-9	-7	-8	-7	-8	-7,33	37,33	37,3	99	94	94	0,754	0,757	0,757	219	3	591	784	1,3	
120	30	24	-11	-13	-11	-13	-10	-11	-10,7	40,67	40,7	88	88	92	0,744	0,744	0,748	220	3	594	854	1,4	
135	31	25	-14	-15	-13	-14	-13	-14	-13,3	44,33	43,3	89	87	87	0,736	0,738	0,738	217	3	586	910	1,6	
150	31	25	-16	-17	-16	-17	-15	-16	-15,7	46,67	45,7	100	100	93	0,729	0,729	0,734	218	3	589	959	1,6	
165	30	25	-18	-19	-18	-19	-18	-19	-18	48	48,0	82	82	82	0,724	0,724	0,724	219	3	591	1008	1,7	
180	31	24	-19	-20	-19	-20	-18	-20	-18,7	49,67	48,7	86	86	82	0,721	0,721	0,723	217	3	586	1022	1,7	

Ket:  
 Tdb : Temperatur bola kering (oC)  
 Twb : Temperatur bola basah (oC)  
 $\phi$  : Kelembaban relatif (%)  
 $\gamma$  : Kelembaban mutlak (kg/kg)

Padang, ..... Desember 2012  
 Ketua Tim Peneliti  
 Arwizet K., ST. MT

## RIWAYAT HIDUP PENELITI

### I. Ketua Peneliti

#### A. Data Pribadi:

1. Nama Lengkap : Arwizet K, ST. MT
2. NIP : 196909201998021001
3. Tempat & Tanggal Lahir : Padang Pariaman / 20 September 1969
4. Jenis Kelamin : Laki-Laki
5. Agama : Islam
6. Pendidikan Tertinggi : Magister (S2) tahun 2003
7. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
8. Pekerjaan : Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT. UNP
9. Alamat Kantor : Teknik Mesin-Fakultas Teknik UNP  
Padang- INDONESIA
- Phone : (0751) 7053508
- Fax : (0751) 7055628
10. Alamat Rumah : Komplek Perumahan Salingka Permai 2 Blok  
F/17 Tabing, Padang Sumatera-Barat  
INDONESIA, HP. 081374579570

#### B. Riwayat Pendidikan:

Jenjang Pendidikan	Tahun selesai	Bidang Studi	Perguruan Tinggi/Sekolah	Tempat
S-1	1995	Teknik Mesin	FT. UNAND PADANG	Padang
S-2	2003	Konversi Energi (Teknik Mesin)	PPS Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri ITB Bandung	Bandung

**C. Pengalaman Manajemen Akademik (Jabatan Struktural):**

- Wakil Kepala Laboratorium Perencanaan dan Pengujian Mesin FT. UNP 2003 – Jan 2008
- Kepala Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin FT. UNP Padang Januari 2008-Desember 2011
- Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, FT UNP Padang, Desember 2011 - sekarang

**D. Publikasi/ Penelitian dalam bidang studi/keahlian:****1. Penelitian:**

No.	Judul	Tahun
1	Rancang Bangun Sistem Pemanas dengan Sumber Panas dari Kolektor Surya dan Bahan Bakar Sekam (Ketua Peneliti)	1999
2	Pengujian Efisiensi Energi Untuk Konsumsi Energi Listrik oleh Rumah Tangga di Bandung (anggota)	2002
3	Rancang Bangun Alat Pengering Ikan dengan Pemanas Heater Listrik Sistem Sirkulasi Udara Panas (Ketua Peneliti)	2004
4	Rancang bangun mesin pemeras santan kelapa sentrifugal (Ketua Peneliti)	2005
5	Rancang Bangun <i>Cold Storage</i> untuk Penyimpanan dan Pengawetan Ikan (Dana DIPA UNP tahun 2005) (Ketua Peneliti)	2005
6	Rancang bangun mesin pemeras santan kelapa sistem ekstrusi (Ketua Peneliti)	2005
6	Rancang bangun alat simulasi sistem pendingin (HEDS 2005)	2005
7	Rancang Bangun <i>Cold Storage</i> untuk Penyimpanan dan Pengawetan Ikan serta Uji karakteristik Fisika dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan (Dana Penelitian Dosen Muda) (Ketua Peneliti)	2006
8	Perancangan dan Pembuatan <i>Movable Display Case</i> Serta Uji Karakteristik Fisik dan Kimiawi Buah Apel Hasil Penyimpanan (Dosen Muda) (Ketua Peneliti)	2007
9	Rancang bangun <i>inkubator bayi</i> dengan sumber panas pompa thermal untuk perbaikan sistem pemanasan bayi lahir prematur (anggota)	2009
10	Pengembangan mesin pembuatan santan kering dengan menggunakan prinsip spray drying sebagai bagian pengolahan santan terpadu (Ketua Peneliti)	2009

**2. Publikasi Ilmiah:**

No.	Judul	Tahun
1	Pengaruh media temperatur udara pendingin paa kondenssor terhadap peningkatan Energy Efficiency Ratio (EER) AC jenis Split	2003
2	Upaya mendapatkan air tawar dengan sistem destilasi air	2003



	laut	
3	Analisi Teoritik Perpindahan Panas pada <i>Cooling Tower</i>	2004
4	Analisis Prospek CPO ( <i>Crude Palm Oil</i> ) Sebagai Salah Satu Sumber Energi yang Terbaru di Indonesia	2005
5.	Analisis Teoritis Efisiensi Coolong Tower	2005
6.	Analisa performance dan pengaruh penyimpanan dalam movable display case terhadap kondisi fisik dan karakteristik kimiawi buah apel	Agustus 2008
7.	Analisa prestasi kerja cold storage untuk penyimpanan dan pengawetan ikan	Maret 2008

**E. Seminar, Lokakarya, Simposium yang pernah diikuti:**

1. Peserta dalam Seminar sehari Arah Pengembangan IPTEKS Masa Depan, Kerjasama Dirjen DIKTI dengan Lemlit UNAND 10 Agustus tahun 2004.
2. Peserta Pelatihan Penulisan Proposal Pengabdian Pada Masyarakat, Kerjasama LPM UNAND dengan Dirjen DIKTI tahun 2003.
3. Peserta seminar Arah Pengembangan Fakultas Teknologi Kejuruan Pasca Undang-Undang Guru dan Dosen, diselenggarakan oleh FT. UNP tahun 2005.
4. Peserta seminar Cemateks di Polban Bandung tahun 2007

**F. Mata Kuliah Yang Pernah Dibina (Diampu):**

No	Mata Kuliah	Semester	Institusi	Tahun
1	Thermodinamika	Ganjil	T.Mesin FT UNP, T.Otomotif	1998-sekarang 2006-sekarang
2	Matematika Teknik	Ganjil	T.Mesin FT UNP	1998-2000, 2003-2005
3	Statistik Teknik	Genap	T.Mesin FT UNP	1999-2000
4	Mekanika Teknik I (Statika Struktur)	Ganjil Genap	T.Mesin FT UNP	2003-sekarang
5	Mekanika Teknik I (Statika Struktur)	Genap	T. Mesin FT. Bung Hatta	1999-2000
6	Instrumentasi dan Pengukuran	Ganjil	ITP Padang	2003-2004
7	Kinematika dan Dinamika Teknik	Ganjil Genap	T.Mesin FT UNP	2003-sekarang
8	Fenomena Dasar Mesin	Ganjil Genap	T.Mesin FT UNP	2003-sekarang
9	Teknik Pendingin	Ganjil	T.Mesin FT UNP	2003-sekarang
10	Perpindahan panas	Genap	T.Mesin FT UNP	2003-sekarang
11	Mesin konversi energi	Ganjil	T.Mesin	2005-sekarang

**G. Pengalaman Dalam Kepanitian**

No	Nama Kegiatan	Posisi	Institusi	Tahun
----	---------------	--------	-----------	-------

1	Pembuatan Proposal Community College di Tingkat Fakultas Teknik UNP	Sekretaris Community College	Fak. Teknik UNP	2004
2	Pembuatan Proposal Hibah Kompetisi A3 Tahun 2006	Sekretaris Tim Task Force	Jur. Teknik Mesin	2006
3	Pembuatan Hibah Bersaing Institusi 2007	Sekretaris Tim Task Force	Jur. Teknik Mesin	2007
4.	Pembuatan Hibah Bersaing Institusi 2008	Sekretaris Tim Task Force	Jur. Teknik Mesin	2008
5.	Pembuatan Hibah Bersaing Institusi 2009	Anggota Tim task Force	UNP	2009

Padang, Desember 2012

Arwizet K ,ST. MT

## II. Anggota Peneliti

### A. Data Pribadi:

1. Nama Lengkap : Drs. Muhakir, MP
2. NIP : 196205201987031003
3. Tempat & Tanggal Lahir : Blitar/ 2 Mei 1962
4. Jenis Kelamin : Laki-Laki
5. Agama : Islam
6. Pendidikan Tertinggi : Magister (S2) tahun 1998
7. Jabatan Fungsional : Lektor
8. Pekerjaan : Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT. UNP
9. Alamat Kantor : Teknik Mesin-Fakultas Teknik UNP  
Padang- INDONESIA  
Phone : (0751) 7053508  
Fax : (0751) 7055628
10. Alamat Rumah : Perusahaan tahu alami depan Pasar Lubuk Buaya  
Jln. Raya Padang Bukittinggi, Lubuk Buaya  
Kec. Kota Tengah Padang Sumatera Barat  
INDONESIA, HP. 0813743335487

### B. Riwayat Pendidikan:

Jenjang Pendidikan	Tahun selesai	Bidang Studi	Perguruan Tinggi/Sekolah	Tempat
S-1	1986	Pend. Teknik Mesin	FKT IKIP Padang	Padang
S-2	1998	Konstruksi Mesin-Mesin Pertanian	PPS Pertanian UGM Yogyakarta	Jogyakarta

### C. Pengalaman Manajemen Akademik (Jabatan Struktural):

- Kepala Laboratorium Perencanaan dan Pengujian Mesin FT. UNP 2003 –2008

### D. Publikasi/Penelitian dalam bidang studi/keahlian:

#### 1. Penelitian:

No.	Judul	Tahun
1	Rancang Bangun Pengereng Keripik Tahu Sumber Panas Kombinasi Sistem Pemanas dengan Sumber Panas dari Kolektor Surya dan Bahan Bakar Sekam (anggota)	1999
2	Analisi dan Pengkajian Karakteristik Tanah Gunung Untuk Pembuatan Genteng (Ketua peneliti)	2000
3	Perancangan dan Pembuatan Mesin Pencetak Genteng	2003

	Batu Bata (Ketua peneliti)	
4	Rancang Bangun Alat Pemeras Santan Kelapa	2004
5	Rancang Bangun <i>Cold Storage</i> untuk Penyimpanan dan Pengawetan Ikan (Dana DIPA UNP tahun 2005) (anggota)	2005
6	Rancang Bangun <i>Cold Storage</i> untuk Penyimpanan dan Pengawetan Ikan serta Uji karakteristik Fisika dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan (Dana Penelitian Dosen Muda) (anggota)	2006
7	Perancangan dan Pembuatan <i>Movable Display Case</i> Serta Uji Karakteristik Fisik dan Kimiawi Buah Apel Hasil Penyimpanan (Dosen Muda) (anggota)	2007
8	Rancang bangun <i>inkubator bayi</i> dengan sumber panas pompa thermal untuk perbaikan sistem pemanasan bayi lahir prematur (Ketua)	2009

**E. Seminar, Lokakarya, Simposium yang pernah diikuti:**

1. Peserta Pelatihan Penulisan Proposal Pengabdian Pada Masyarakat, Kerjasama LPM UNAND dengan Dirjen DIKTI tahun 2003.

**F. Keanggotaan dalam Organisasi:**

- Anggota Pendiri Komid SBY di tingkat nasional sekaligus anggota Komid 2006-sekarang

**G. Mata Kuliah Yang Pernah Dibina (Diampu):**

No	Mata Kuliah	Semester	Institusi	Tahun
1	Perancangan konstruksi mesin	Ganjil	T.Mesin FT UNP,	2003-sekarang
2	Mekanika Fluida	Ganjil	T.Mesin FT UNP	2003-2007
3	Hidrolika dan Pneumatik	Genap	T.Mesin FT UNP	1999-2000
4	Elemen Mesin	Genap	T.Mesin FT UNP	2003-sekarang
5	Tata letak pabrik	Ganjil	T.Mesin FT UNP	2005-sekarang

Padang, Desember 2012

Drs. Muhakir, MP

### III. Anggota Peneliti

#### A. Data Pribadi:

1. Nama : **Drs. Refdinal, MT.**
2. Tempat, tanggal lahir : Bukittinggi, 18 September 1959
3. Jenis kelamin : Laki-laki
4. Status Perkawinan : Kawin
5. Agama : Islam
6. Pangkat / Golongan : Lektor / III d
7. Jabatan Pokok : Dosen FT- UNP Padang
8. Alamat : Jl. Sirsak V / 153, Belimbing, Kuranji, Padang  
25157.  
Telepon : Rumah : (0751) 497061  
Kantor : (0751) 53508

#### 9. Riwayat Pendidikan

##### A. Pendidikan Formal

No	Nama Lembaga	Tahun Lulus
1.	Sekolah Dasar Negeri 2, Solok	1971
2.	Sekolah Menengah Pertama Negeri 1, Solok	1974
3.	Sekolah Teknik Menengah Negeri, Bukittinggi	1977
4.	Pendidikan Teknik Mesin FPTK IKIP Padang	1983
5.	Magister Teknik Mesin UGM Yogyakarta	2002

##### B. Pendidikan / Pelatihan

No.	Jenis dan Tempat	Tahun
1.	Penataran Penasehat Akademis , IKIP Padang	1988
2.	Penataran Metoda Mengajar/Media Pendidian, FPTK IKIP Padang	1989
3.	Penataran Penilaian Hasil Belajar, IKIP Padang	1989
4.	CAD Internship Program, UI Jakarta	1990
5.	In country training CNC Phase II, UGM Yogyakarta	1992
6.	Out country training CNC-CAD/CAM, Hallein, Austria	1993
7.	On site training CNC- CAD/CAM, FPTK IKIP Padang	1993
8.	NC Programming, HEDS JICA-FT UNAND, Padang	1994

9.	Penataran Manajemen Mutu Terpadu, FPTK IKIP Padang	1995
10.	Penataran Bahasa C, HEDS JICA-USU, Medan	1996
11.	Penataran Pra-Pasca Sarjana, UGM Yogyakarta ( 6 bulan)	1997
12.	Pelatihan Program Ipteks, Vucer, Vucer Multi Tahun, Unit Jasa Industri, Sibermas dan Pengembangan Budaya Kewirausahaan, Padang	2005
13.	Diklat Movable Printing Program Editor Buku	2007
14.	Training of Trainers Metodologi Program Pengabdian kepada Masyarakat, DP2M Ditjen Dikti Depdiknas, Jakarta	2007

#### 10. Seminar, Workshop dan Lokakarya

No.	Jenis dan Tempat	Tahun
1.	Seminar Analisis dan Aplikasi Perpindahan Panas dan Massa menuju Era Industrialisasi, PAU UGM Yogyakarta	1992
2.	Seminar Pengembangan Sistem Evaluasi Keterampilan dalam Rangka Penciptaan SDM yang berkualitas	1993
3.	Seminar Internet dan Windows '95, AIESEC Unand	1996
4.	Seminar Hasil Penelitian Dosen Fakultas Teknik UGM 1997/1998, FT-UGM	1997
5.	Seminar Peningkatan Efisiensi untuk Meningkatkan Daya Saing Industri, STTP Padang	1998
6.	Pelatihan dan Lokakarya Peningkatan Mutu Bimbingan Dosen Terhadap TA / Skripsi dan Proyek Akhir Mahasiswa, HEDS JICA – FT UNP Padang	2000
7.	Lokakarya Kurikulum Program Studi Teknik Material S1 & Teknik Informatika S1, FTI –ITP Padang	2002
8.	Seminar dan Lokakarya Peningkatan Mutu Praktek Lapangan Kependidikan (PLK)	2003
9.	Workshop dan Lokakarya Nasional Pengembangan Kurikulum, Berbasis Kompetensi Program Studi Teknik Elektro	2004
10.	Seminar Evaluasi Penyelenggaraan Kegiatan Akademik	2006
11.	Seminar Evaluasi Diri, STMIK Indonesia, Padang	2006
12.	Seminar Nasional Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (PTK 2006)	2006

13.	Lokakarya Penyempurnaan Job Description Pimpinan dan Staf Jurusan, FT-UNP	2006
14.	Workshop Materi Ajar dan Strategi Pembelajaran Pemrograman Komputer, Sistem Mikroprosesor dan Sistem Pengaturan, Program Technological and Professional Skill Development Project, TE-FT UNP	2006
15.	Workshop Penyusunan Standard Operating Procedure, Program Technological and Professional Skill Development Project, TE-FT-UNP	2006
16.	Lokakarya Penyempurnaan Job Description Pimpinan dan Staf Jurusan , PHK A-1, Tek.Otomotif FT-UNP	2006
16.	Lokakarya Metodologi Program Pengabdian Kepada Masyarakat, DP2M Ditjen Dikti Depdiknas dg UNP Padang	2007

11. Riwayat Pekerjaan :

Dosen FT – UNP Padang 1984 s.d. sekarang

12. Pengalaman Sebagai Penatar / Instruktur :

- a. Penatar pada Penataran Komputer untuk Tenaga Administrasi FPTK IKIP Padang, 1991.
- b. Penatar pada Penataran Calon Instruktur Komputer di Dinniyah Puteri Padang Panjang, 1991
- c. Instruktur pada Pelatihan CNC CAD/CAM untuk kalangan PTS dan Industri di Sumatera Barat, 1992 dan 1995
- d. Instruktur pada Lokakarya Metodologi Program Pengabdian Kepada Masyarakat, DP2M Ditjen Dikti Depdiknas dg UNP Padang, 2007
- e. Instruktur pada Pelatihan ITC bagi para Staf Pengajar FT-UNP, 2007

13. Karya Ilmiah :

- a. Pengantar Panas dan Aplikasinya, 1990
- b. Pandangan Bantu dalam Gambar Teknik, 1990
- c. Pemanfaatan Komputer Sebagai Alat Bantu Gambar, Disain dan Manufaktur, 1994
- d. Pengantar Mekanika Fluida, 1995
- e. Mekanisme Transmisi Daya, 1995
- f. Metoda Elemen Hingga pada Deformasi Tegangan Satu Dimensi, 1997

- g. Program Simulasi Laju Pembakaran Bahan Bakar Padat Akibat Pengaruh Temperatur Dindingtungku, Jenis Dan Kandungan Unsur Serta Dimensi Dari Bahan Bakar, 2003
- h. Simulasi Pengaruh Temperatur Dan Kecepatan Aliran Udara Terhadap Laju Pembakaran Bahan Bakar Padat, 2004
- i. Studi Fraksi Hampa Dan Penurunan Tekanan Pada Aliran Dua Fase Melintang Horisontal Melintasi Sederetan Pipa Bersirip, 2007
- j. Analisis Perpindahan Panas Konduksi Dua Dimensi dengan Menggunakan Program Matlab, 2007
- k. Peningkatan Produksi Kompor Briket Dengan Sistem Pengaturan Pemasukan Udara Pada Ruang Bakar, 2007

Padang, Desember 2012

Drs. Refdinal, MT.









**DAFTAR HADIR SEMINAR  
HASIL AKHIR PENELITIAN HIBAH BERSAING TAHUN 2012**

Judul : Pengembangan Mesin Pembuatan Santan Kering dengan Menggunakan Sistem *Freezing Drying* Sebagai Bagian Dari Pengolahan Santan Terpadu

Hari/Tgl :

Ruang :

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	ANASKUL RICKEN M.Keg	Dosen	1
2	KASMAN BATUBARA		2
3	SURYA ADHANDOKO	MAHASISWA	3
4	NOPE SUARDI	MAHASISWA	4
5	DEYRI YONATAN	MAHASISWA	5
6	Primawati, S.Si, M.Si	Dosen	6
7	SEPTIAN RESTU SULWANDI	Mahasiswa	7
8	Wahyu kurnia	Mahasiswa	8
9	Jihad TUL IKRAM	mahasiswa	9
10	OKTRIA HERDIKA	Mahasiswa	10
11	RANDA OPI YOGA	Mahasiswa	11
12	AGA RAKASWI	MAHASISWA	12
13	Andres Euprandra	Mahasiswa	13
14	Tendean Pratama Putra	Mahasiswa	14
15	Agung Guntara	Mahasiswa	15
16	Nanda Rusdyan	Mahasiswa	16
17	Aghel Novrianandhas	Mahasiswa	17
18	Irawanta	Mahasiswa	18
19	Abdul Raziq	Mahasiswa	19
20	Arif Rahuman Hakim	Mahasiswa	20
21	Ichari MURCAHIBO	Mahasiswa	21
22	Peski Herovanta.	Mahasiswa.	22
23	Goklas Simanjuntak	Mahasiswa	23
24	Hanzah Guston Nahar	Mahasiswa	24
25	MUHAMMAD ZEIN	Mahasiswa	25
26	HENDRA FOSKI PUTRA	Mahasiswa	26
27	SYAIFUL bahri	Mahasiswa	27
28	Ridho Ikhsan	Mahasiswa	28
29	JEFRI ADRIAN	Mahasiswa	29

30	RIZKI RAHMATULLAH	Mahasiswa		30	
31	M. ACHMAD SYAH	Mahasiswa	31		
32	MUH. WANDIANSYAH	Mahasiswa		32	
33	DEDEL SAHARDI	Mahasiswa	33		
34	AHMAD FACHRURROZI	Mahasiswa		34	
35	Bulkia. Rahim	Teknis. T. MESIN	35		
36				36	
37			37		
38				38	
39			39		
40				40	

Padang, .....

Ketua Tim

Arwizet K, ST. MT